

NATURALEZA DE LAS ISLAS CANARIAS

Ecología y Conservación



NATURALEZA DE LAS ISLAS CANARIAS

Ecología y Conservación



NATURALEZA DE LAS ISLAS CANARIAS

E c o l o g í a y C o n s e r v a c i ó n

Editores

José María Fernández-Palacios • José Luis Martín Esquivel



NATURALEZA DE LAS ISLAS CANARIAS

Ecología y Conservación



Copyright de la obra © 2001

Publicaciones Turquesa S.L.

© Artículos: Respetivos autores

© Fotos: Respetivos autores/Publicaciones Turquesa S.L.

Dirección: José María Fernández-Palacios & José Luis Martín Esquivel

Selección fotográfica y dibujos: José Manuel Moreno

Edición: Publicaciones Turquesa

Apartado de Correos 686

38080 Santa Cruz de Tenerife

Tfno.: 922 247 961

Diseño: José Manuel Moreno, Antonio Delgado & Fátima Rodríguez

Maquetación: Antonio Delgado & Fátima Rodríguez

ISBN: 84-95412-18-7

Depósito Legal: M-33.310-2002

Fotomecánica: Contacto

Impresión: Varoprinter, S.A. Coslada (Madrid)

Segunda edición: Octubre 2002

Reservado todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea electrónico, mecánico, óptico o fotocopia, sin previo aviso del editor.

Índice de Materias

INTRODUCCIÓN

Capítulo 1

LAS ISLAS COMO EXPERIMENTO DE LABORATORIO	39
Características que hacen de las islas espléndidos laboratorios naturales	39
Tipos de islas	40
El poblamiento de las islas	40
Características de las especies insulares	41
Características de las comunidades insulares	42
Contexto ecológico de las Islas Canarias	43

SINGULARIDADES

Capítulo 2

MARCO BIOGEOGRÁFICO MACARONÉSICO	45
Características geográficas de la Macaronesia	45
Macaronesia: ¿mito o realidad?	47
La Endemicidad en la Macaronesia	50
Los ecosistemas de la Macaronesia	51

Capítulo 3

EL ORIGEN DEL ARCHIPIÉLAGO	53
Modelos de pluma térmica y derivados	53
. Modelo básico de pluma térmica (<i>hotstop</i>)	
. Modelo de blob o de pluma inclinada e intermitente	53
Modelos básicos en la tectónica	54
. Modelo de la fractura propagante	55
. Modelo de ascenso de bloques	55
. Modelo unificador	56
Conclusión	57

Capítulo 4

ESTRUCTURA GEOLÓGICA	59
Fases del crecimiento de las islas:	
Grandes ciclos de actividad y formaciones geológicas	60
. Fase submarina de pre-escudo: Los Complejos Basales	60
. Fase subaérea de escudo: Las Series Antiguas	60
. Fase subaérea diferenciada post-escudo: Las Series Recientes y algunas formaciones excepcionales	62

Capítulo 5		
VOLCANISMO RECIENTE Y RIESGO VOLCÁNICO		65
. ¿Por qué hay y continuará habiendo erupciones volcánicas en Canarias?		65
. ¿Dónde se produce el volcanismo de Canarias?		65
. <i>Rifts</i> triples		68
. El ¿cuándo? de las erupciones volcánicas en Canarias		69
. ¿Cómo se comportan las erupciones en Canarias?		69
El Riesgo eruptivo en Canarias		72
. Evaluación de los riesgos volcánicos		72
. El factor T (tiempo)		75
. Métodos de vigilancia		75
Capítulo 6		
MODELADO DEL RELIEVE		77
El sistema morfogénético de las regiones áridas de Canarias		77
El sistema morfogénético de las regiones semiáridas de Canarias		78
El sistema morfogénético del piso de monteverde		78
El sistema morfogénético de la región del pinar		78
El sistema morfogénético del piso del retamar-codesar y del Teide		79
Conclusiones		79
Capítulo 7		
LAS FORMAS DE MODELADO		81
Las condiciones morfogénéticas en el pasado: paleoclimas y variaciones del nivel marino		81
Las formas del modelado en Canarias		82
. El modelado sobre las formas volcánicas elementales		82
. Las grandes formas del modelado de Canarias		83
. Redes hidrográficas y tipología morfológica de los valles		83
Las formas litorales		84
. Los acantilados		84
. Costas bajas rocosas: plataformas de abrasión, rasas e islas bajas		85
. Costas bajas arenosas: playas y campos de dunas		85
Capítulo 8		
EL CLIMA		87
Las masas de aire protagonistas del clima de Canarias		89
Los tipos de tiempo más frecuentes en Canarias		89
Capítulo 9		
LOS PAISAJES VEGETALES		95

El paisaje vegetal a escala del Archipiélago	95
La vegetación en el paisaje a escala de una vertiente. El Norte de Tenerife	96
El paisaje vegetal de un macizo volcánico antiguo. Teno	96
El paisaje vegetal de una dorsal volcánica. Pedro Gil	97
El paisaje vegetal de un estratovolcán. San Juan de La Rambla-Teide	97
El paisaje vegetal canario a escala de un barranco. El Cedro	98
El papel de la vegetación en la organización del paisaje de un volcán histórico. Garachico.	99
Conclusiones	99
Capítulo 10	
EL MAR	103
Características Oceanográficas	103
Implicaciones biológicas	105
Capítulo 11	
PROCESOS ECOLÓGICOS ESENCIALES	111
Colonización	111
Poblamiento	112
Sucesión	113
Producción	113
Transporte y reciclado	115
Recapitulación	116
BIODIVERSIDAD	
Capítulo 12	
DIVERSIDAD TAXONÓMICA TERRESTRE	119
Las causas de la biodiversidad	122
Especiación	123
Introducciones	125
Capítulo 13	
DIVERSIDAD TAXONÓMICA MARINA	127
Agradecimientos	131
Capítulo 14	
EVOLUCIÓN EN ISLAS: LA METÁFORA ESPACIO-TIEMPO-FORMA	133
Espacio-tiempo-forma	133
La forma	133
. Exotismo	133
. Evolución paralela	134

. Radiación evolutiva espectacular	135
El espacio	135
El espacio en el tiempo	136
La forma en el espacio	138
. Biogeografía insular	138
. Dependencia del entorno	139
. Aproximación corológica	139
. Climas	140
Capítulo 15	
EVOLUCIÓN EN ISLAS: LA FORMA EN EL TIEMPO	141
. Cambios de la biota suministradora	141
. Cambios en la biota colonizadora	143
Especiación	144
. Anagénesis-Cladogénesis	146
. Especiación geográfica	146
. Otros tipo de especiación	147
Filogenias	147
Tipos de divergencia	148
Origen	149
Capítulo 16	
GENES, POBLACIONES Y ESPECIES	151
Biodiversidad genética: Introducción y concepto	151
Técnicas de análisis	151
Cuantificación de la diversidad genética	152
Factores determinantes de la variabilidad genética	152
Variación genética interpoblacional	153
Importancia de la diversidad genética	154
Agradecimientos	155
Capítulo 17	
LOS ECOSISTEMAS	157
Los ecosistemas terrestres	157
. Matorral costero	157
. Bosques termófilos	157
. Monteverde	159
. Pinar	160
. Matorral de cumbre	161
. Ecosistema litoral	161

. Dunas	161
. Barrancos	161
. Riscos	161
. Coladas	161
. El medio subterráneo	162
. Ecosistemas antrópicos	162
El interfaz tierra-mar	162
Los ecosistemas marinos	162
. El medio anquialino	162
. Fondos rocosos abiertos	162
. Paredes, cuevas y grietas	163
. Fondos arenosos abiertos	163
. Fondos de confites	163
. Sebadales	163
. Comunidades de fondos fangosos profundos	164
. Comunidades de corales	164
. Ecosistema pelágico costero	164
. Ecosistema pelágico oceánico o de alta mar	164
Capítulo 18	
ESPECIES AMENAZADAS	167
Factores de amenaza de la biota canaria	167
Los factores de amenaza en la actualidad	168
Importancia de los factores de amenaza sobre la flora y la fauna	168
Estado de la conservación de la biota canaria	170
. Taxones más amenazados de la flora vascular de Canarias	170
. Taxones más amenazados de la fauna de Canarias	170
Capítulo 19	
FRAGMENTACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES	173
Fragmentación de los bosques canarios	175
. Efectos de la fragmentación por carreteras en los bosques canarios	177
. Efectos sobre la fauna	177
Capítulo 20	
BRIÓFITOS, HONGOS Y LÍQUENES	181
Factores ambientales que influyen en la distribución de briofitos, hongos y líquenes	182
Distribución por pisos bioclimáticos	182
. Piso bioclimático inframediterráneo subdesértico	182

. Bosques de laurisilva y fayal-brezal (piso bioclimático termomediterráneo húmedo-subhúmedo)	183
. El pinar (piso mesomediterráneo)	183
. Comunidades arbustivas del piso supramediterráneo	184
Hábitats especiales	184
Conservación	184

Capítulo 21

FLORA VASCULAR NATIVA	185
Helechos (Pteridófitos)	186
Plantas superiores (espermatófitos)	186
La flora endémica	186
Características generales	187
Distribución regional e insular de la flora endémica	187
Origen de la flora	188
Afinidades biogeográficas	188
Flora y evolución	189
Distribución intra e interinsular	190
Flora nativa o endémica	194

Capítulo 22

FLORA MARINA	193
Composición de la flora marina	193
Hábitats de las plantas marinas	194
Tipos biológicos de las algas	194
Distribución vertical de las algas	195
Elementos biogeográficos de la flora marina	196
Corología insular	197

Capítulo 23

FLORA INTRODUCIDA	199
Un problema mundial y especialmente de las islas oceánicas	199
Características de las especies introducidas y mecanismos de invasión	201
Conclusiones y actuaciones	203

Capítulo 24

FAUNA INVERTEBRADA NATIVA TERRESTRE	205
Géneros endémicos	206
Radiación adaptiva	209

Capítulo 25	
FAUNA VERTEBRADA NATIVA TERRESTRE	213
Aves	213
Reptiles	215
Mamíferos	216
Capítulo 26	
FAUNA VERTEBRADA MARINA	219
Peces	220
Reptiles	225
Mamíferos	227
Capítulo 27	
FAUNA INTRODUCIDA	231
Invertebrados	231
Peces de agua dulce	232
Anfibios y reptiles	232
Aves	233
Mamíferos	234
Conclusiones	236

POBLAMIENTO Y ACTIVIDADES HUMANAS

Capítulo 28	
POBLAMIENTO E IMPACTO ABORIGEN	241
El poblamiento aborigen del Archipiélago	241
Las nuevas especies introducidas	243
La saturación del territorio insular	244
El impacto sobre los ecosistemas	245
Capítulo 29	
SERES HUMANOS Y ECOSISTEMAS: HACIA UNA HISTORIA ECOLÓGICA	247
Humanización y desarrollo coevolucionario	247
Canarias: De la diversidad ecológica a la diversidad cultural	247
Canarias como laboratorio de estilos de desarrollo coevolucionario	251
¿Un estilo de desarrollo coevolucionario en la actualidad?	252
Capítulo 30	
HISTORIA DEL AGUA	255

Primera etapa	255
Segunda etapa	256
Tercera etapa	256
Cuarta etapa	258
Capítulo 31	
LA AGRICULTURA	263
Evolución reciente, situación actual y perspectivas de la actividad agraria	264
Utilización del agua	266
Uso del suelo	266
Impacto paisajístico	267
La agricultura como actividad de reciclaje medioambiental	267
Recursos genéticos en la agricultura canaria	267
Capítulo 32	
LOS APROVECHAMIENTOS FORESTALES	269
Castañares	269
Eucaliptares	270
Bosques termófilos	271
Monteverde (fayal-brezal y laurisilva)	271
Pinares	272
Perspectivas futuras	274
Capítulo 33	
LA PESCA	275
Situación actual	275
Niveles de explotación y medidas de regulación de los recursos	261
Perspectivas de futuro de la pesca canaria	261
Capítulo 34	
LA MIRADA TURÍSTICA DE CANARIAS	283
Capítulo 35	
LA OBSERVACIÓN DE CETÁCEOS	289
Los cetáceos de las Islas Canarias	289
La actividad en la costa S-SO de la isla de Tenerife	290
. El área de observación	290
. Los cetáceos observados	290
. Empresas y operadores	291
. Las embarcaciones	291
. Las excursiones	292

. Potencialidades y limitaciones de la actividad	292
La regulación de la actividad en Canarias	293
Conclusiones y recomendaciones	294
Capítulo 36	
PERSPECTIVAS ENERGÉTICAS DE CARA AL AÑO 2020	297
La situación energética actual de Canarias	297
Entrada de crudo en las Islas Canarias	297
Consumo de combustibles en Canarias	298
La producción de electricidad en Canarias	298
. Potencia eléctrica instalada	298
. Energía eléctrica producida	299
La producción de energías renovables en Canarias	300
. Energía eólica	300
. Energía solar térmica	301
. Energía solar fotovoltaica	301
. Energía minihidráulica	302
Tendencias en el desarrollo energético de Canarias	302
. Demanda energética	302
. Producción energética	302
Límites en el empleo de las energías renovables en Canarias	302
Perspectivas energéticas para el año 2020	303
Capítulo 37	
EL VALOR ECONÓMICO DE LA NATURALEZA:	
LOS MOTIVOS DE OPCIÓN Y DE EXISTENCIA	305
La definición del valor económico	305
La obtención de los datos	306
El valor económico y sus componentes	306
Conclusiones	308
Agradecimientos	309
Capítulo 38	
CONTAMINACIÓN EDÁFICA Y DE ACUÍFEROS	311
Causas de la contaminación de suelos y aguas en Canarias	311
Efectos derivados del uso masivo de plaguicidas	312
. Acumulación de plaguicidas y sus residuos en el suelo	312
. Acción sobre organismos no-diana	312
. Contaminación de aguas subterráneas	313
Remedio y prevención del problema	313

. Agricultura sostenible	313
. El enfoque predictivo: modelos	313
. Índices de lixiviación: evaluación del riesgo	313
. Estudios a escala regional	314
Conclusiones	315
Capítulo 39	
EROSIÓN Y DESERTIFICACIÓN	317
Desertización y desertificación	317
La erosión del suelo	319
Capítulo 40	
LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	323
Fuentes de contaminación del aire	323
. Producción de energía eléctrica	324
. Refino de petróleo	327
. Medios de transporte	328
Inmisión de contaminantes	330
Capítulo 41	
LA CONTAMINACIÓN DEL LITORAL	333
Contaminación atmosférica	333
. Contaminación con material radioactivo	333
Contaminación con metales pesados	334
Contaminación por vertido de residuos orgánicos domésticos	334
Contaminación por derivados del petróleo	335
Otras fuentes de contaminación litoral	335
Capítulo 42	
EL IMPACTO DEL FUEGO EN LOS ECOSISTEMAS	337
Frecuencia, extensión y causas de los incendios en las Islas Canarias	337
El impacto del fuego en la vegetación	338
El impacto del fuego en los suelos, en el balance hídrico y en la erosión	339
Consideraciones finales	340
CONSERVACIÓN	
Capítulo 43	
LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA:	
ADMINISTRACIÓN Y RÉGIMEN JURÍDICO	345
Competencias y organización administrativa de	

la conservación de la naturaleza	345
El modelo de desarrollo de Canarias y el régimen jurídico de la conservación de los recursos naturales	346
Capítulo 44	
EL ÁMBITO INSULAR EN LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO	351
Las peculiaridades del escenario de la planificación en Canarias	351
. Un territorio limitado y frágil	351
. La dependencia del sector turístico como base de la economía insular	351
. Una evolución demográfica diferenciada	352
. Un asentamiento urbano muy potente y disperso	352
Los planes insulares de ordenación, un intento de integración de la planificación	352
Los grandes objetivos de la ordenación territorial en Canarias	353
. La racionalización de la ocupación y explotación del territorio insular	353
. La ordenación de la isla como espacio turístico	354
. La conservación de la calidad ambiental y paisajística	354
. La promoción de las actividades primarias	354
. La protección del patrimonio natural y cultural	355
. La consolidación de una nueva cultura de gestión del territorio	355
Capítulo 45	
GENES Y CONSERVACIÓN DE PLANTAS VASCULARES	357
Diversidad genética, poblaciones y conservación	357
La diversidad genética en Canarias	358
Conservación genética en Canarias y factores relacionados con la historia evolutiva de las poblaciones	360
Estrategias para la conservación de la diversidad genética en Canarias	361
. Conservación <i>in situ</i>	361
. Conservación <i>ex situ</i>	363
Consideraciones finales	365
Agradecimientos	365
Capítulo 46	
LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	367
Concepto de SIG. Importancia y potencialidades	367
El SIG como herramienta de planificación y gestión	367
Evolución y estado actual de los SIG en Canarias	369
Antecedentes de SIG en la Administración	371
Ejemplos actuales de SIG institucionales	372
. El SIG corporativo del Cabildo Insular de Tenerife: SIT Anaga	372

. El SIG del Plan Insular de Ordenación del Territorio Cabildo Insular de Gran Canaria	372
. SIGMA-C, SIG de Medio Ambiente de Canarias	373
Agradecimientos	374
Capítulo 47	
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LOS BOSQUES	375
Situación de los bosques canarios	375
Planteamientos y objetivos generales de la restauración ecológica de los bosques canarios	378
La Restauración forestal en la práctica. Casos de estudio	379
. Procesos de naturalización espontánea de bosques maduros	379
. Naturalización de talleres de monteverde mediante su conversión en montes altos	380
. Transformación de plantaciones de pino radiata en monteverde	380
. Integración ecológica de las repoblaciones de pino canario	381
Capítulo 48	
LOS PLANES DE RECUPERACIÓN DE LA FLORA EN LOS PARQUES NACIONALES	383
Situación de los bosques canarios	
. Los planes de recuperación	384
. ¿Cuál es el estado biológico de las especies?	384
. ¿Cuáles son las etapas críticas en el ciclo vital de las especies?	386
. ¿Cuáles son las causas biológicas de la variación en etapas de vida demográficamente sensitivas?	387
Las Restituciones	387
Capítulo 49	
LOS PLANES DE RECUPERACIÓN DE LA FAUNA	391
El plan de recuperación de la hubara canaria	391
. Actualizaciones realizadas dentro del Plan de Recuperación	393
. Consideraciones finales	394
El Plan de recuperación del Lagarto Gigante de El Hierro	394
. Actuaciones realizadas dentro del plan de recuperación	395
. Objetivos a medio y largo plazo	397
Agradecimientos	398
Capítulo 50	
LA RED CANARIA DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS	399

Capítulo 51	
CONSERVACIÓN EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS	407
La protección	407
La planificación	408
. Tipos de planes	408
. Zonificación	409
. Participación pública	409
. Estado actual del planeamiento	410
La gestión	410
. Administración en parques y reservas naturales	410
. Órganos de participación pública y colaboración	412
. Programas de gestión	412
Monitoreo	413
Epilogo	413
Capítulo 52	
EL BANCO DE DATOS DE BIODIVERSIDAD	415
El proyecto biota	415
El Software Atlantis	416
. Datos alfanuméricos	416
. Representación cartográfica	417
. Aplicaciones	417
El banco de datos como herramienta de conservación	418
. Especies prioritarias	418
. Espacios prioritarios	419
. Epilogo	420
EPILOGO	
Capítulo 53	
CONSERVACIÓN Y DESARROLLO: EL DIFÍCIL EQUILIBRIO	423
La naturaleza amenazada	425
Por qué conservar la naturaleza	426
¿Sostenibilidad?	427
BIBLIOGRAFÍA	431
ÍNDICE DE TÉRMINOS	459
RELACIÓN DE AUTORES	473

In Memoriam



Hay personas que ven pasar la vida como si no fueran parte de ella, pero las hay también que, inconformes con su destino, buscan protagonizar otra historia propia más ajustada a la apariencia de sus deseos. Nuestro amigo Juanjo era de estos últimos y su mirada amplia enfrentaba cada día como un nuevo reto, con tal capacidad para disfrutar de los detalles que los que compartimos con él pudimos impregnarnos de la sabia alegre y loca con que alimentaba su entusiasmo.

Nos conocimos en la montaña, una mañana veraniega en que él descendía del Teide donde había pasado la noche a la intemperie. Luego nos volvimos a encontrar en la Universidad como estudiantes de biología, y en aquellos años de juventud y sed infinita, mientras soñábamos con grandes descubrimientos y arriesgadas exploraciones, dimos nuestros primeros pasos en la espeleología al mismo tiempo que la ciencia nos envolvía con toda la leyenda que nuestros idealismo era capaz de construir.

Su vida fue intensa y muchos de sus sueños se hicieron realidad, pues consiguió hacer ciencia inmortal, de la que trasciende a las personas, escaló montañas y se adentró en profundas cuevas. Como espeleólogo exploró algunas grutas desconocidas de antemano, como una galería de la Cueva del Viento que hoy lleva su nombre, y como biólogo, su agudo ojo naturalista le hizo descubrir docenas de especies en varias expediciones científicas en Canarias y Galápagos. Pero lo más importante es que conquistó el aprecio de muchos amigos y conocidos, que lamentamos su muerte repentina sorprendidos por la sutileza con que el destino traza el camino de las personas al habernos permitido pocas horas antes de su trágico accidente una despedida frugal, en una reunión en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife donde todos los que allí estábamos ignorábamos lo que ocurriría poco después. Nuestro amigo vivió con prisa y murió joven, y dejó en nuestros corazones una huella que siempre perdurará. Esta obra trata sobre la conservación de la naturaleza y el medio ambiente en general, que fue también su preocupación en los últimos tiempos, de modo que está dedicada a su memoria.

José Luis Martín Esquivel / José María Fernández-Palacios



Foto: Fernando Cova
Playa de Benijo, Anaga, Tenerife



Presentación

JUAN JOSÉ BACALLADO ARÁNEGA

*VOLCÁN
Aires lejanos
explotan las piedras
se cierran los ojos
miedos antiguos
en el cielo rojo
un volcán
amanece*

*Chusy Hernández, de Canciones de Noviembre
Aguere 2001*

Quizás equivocadamente, se me ha designado para que –a modo de introducción o como recapitulación– exponga al gran público (científico y naturalista) unas disquisiciones, conclusiones, opiniones o pareceres, de lo que en los inicios de un nuevo siglo aparece como el reto primordial e inexcusable a emprender en Canarias: el **desarrollo sostenible**.

Esa caleidoscópica visión globalizadora que algunos me atribuyen no responde a otra cosa que a los años, la experiencia acumulada y a una educación espartana que tuvo mucho aporte del mundo rural. Todo ello, así como unos estudios universitarios muy clásicos y segados hacia un naturalismo de campo y gabinete con nostalgias de principios del siglo XX, me han dejado una impronta que, a fuer de sincero, no deseo sacudirme y son el sustento de mis mejores recuerdos.

Esta licencia que me he permitido de hablar de mí mismo es para explicar porqué –a pesar de los conocimientos adquiridos a posteriori, fruto del autodidactismo y del contacto con un conjunto de aventajados alumnos– afirmo que hoy existen en Canarias biólogos, naturalistas y profesionales más indicados que yo para llevar a cabo una síntesis de tamaño envergadura. Digamos que acepto el reto como un honor y como homenaje hacia el buen hacer de todos ellos, con un solo ruego: que mantengan firmes sus convicciones, que no claudiquen y que antepongan la mejor ética profesional en sus trayectorias, transmitiendo continuamente el mensaje a todo el tejido social.

Llega este libro en un momento crucial y al propio tiempo emblemático para Canarias, cuando quienes tienen las más altas responsabilidades –por mandato popular– de encauzar adecuadamente el desarrollo de estas islas, comienzan a vislumbrar la necesidad ineludible de cambiar sustancialmente el modelo imperante, que como muy bien concluyen Aguilera *et al.* (1994) ha convertido gran parte del territorio en un inmenso garaje o en un conjunto de parcelas urbanizables.

La obra que tengo en mis manos aparece conformada en cuatro grandes bloques: a) singularidades de Canarias; b) biodiversidad; c) poblamiento y actividad humana, y c) conservación.

El primero de ellos agrupa diez imprescindibles y básicos capítulos cuya finalidad es situar al lector en el auténtico contexto donde se desarrolla todo el tratado, las islas. Es, ni más ni menos, que el diseño del escenario tal y como lo vemos hoy en día a la luz de las más recientes investigaciones y conocimientos: el decorado de las Canarias, su origen y el marco biogeográfico donde están asentadas.

Las islas como experimento de laboratorio nos introduce en esos universos fascinantes o microcosmos de la biosfera en el espacio y en el tiempo –como lo denomina Loope (1989)– que son las islas oceánicas, enclaves cruciales para los modernos estudios evolutivos. El aislamiento, la simplicidad de las comunidades insulares, la imposibilidad de intercambios genéticos con las poblaciones de origen, etc., convierten a las islas en auténticos laboratorios naturales. La evolución rápida a través de los efectos fundadores, los cuellos de botella genéticos y la selección natural en situaciones generalmente favorables, son características de algunos grupos de especies en islas oceánicas.

Fernández-Palacios y Martín-Esquivel realizan un breve pero sustancioso repaso de esas fábricas de especies que tanto nos fascinan, analizando las características que definen *per se* a tan singulares espacios. Millones de años desde su aparición en los océanos del Planeta han propiciado interesantísimos y

variados procesos de colonización, produciendo y conformando diversos ecosistemas insulares que se han ido enriqueciendo con especies bien adaptadas a sus ambientes. Al igual que Hawai, Galápagos, Madeira y otras muchas, las islas Canarias son un extraordinario ejemplo de islas oceánicas. Todos conocemos cómo estos contenedores atesoran biotas con un alto porcentaje de endemicidad, o bien sirvieron de refugio a otras especies ya desaparecidas que disfrutaron de una más amplia distribución (paleoendemismos). Al abrigo de la feroz competencia que se libra en los continentes y del filtro/barrera que supone el mar, las comunidades insulares se nos muestran empobrecidas y disarmonicas, pero sus componentes aparecen diversificados en claros procesos de radiación adaptativa. Digamos que los nichos ecológicos estaban ahí, vacíos y en plena disponibilidad, y las especies se “desplegaron” para ocupar esas vacantes.

Otra característica llamativa en estos enclaves oceánicos es la aparición de formas no voladoras desarrolladas a partir de ancestros alados, lo que se aprecia perfectamente en aves dodo de Mauricio, cormorán de las Galápagos, escribano patillargo de Tenerife -*Emberiza alcoveri*- o algunas especies de codornices, con hábitos muy terrestres, conocidas sólo como subfósiles en Canarias y Madeira; y en insectos (mantis de género *Pseudoyersinia* o la “chicharra” *Calliphona koenigi* de Tenerife). Asimismo los casos de gigantismo no son raros, como se constata en Canarias con las ratas, tortugas y lagartos fósiles, así como con las mermaidas poblaciones actuales de lacértidos de El Hierro (*Gallotia simonyi*), La Gomera (*G. gomerana*) y Tenerife (*G. intermedia*), que con toda seguridad alcanzaron tallas mayores antes de la llegada del hombre y de los depredadores introducidos por él en las islas.

Se podría concluir con los autores, que si bien se tiene un conocimiento medianamente aceptable de los ecosistemas insulares canarios y de una buena parte de su biota, aún queda mucho camino por recorrer, por lo que sería necesario acelerar los estudios e investigaciones pertinentes de lo que ellos denominan “continentes en miniatura”, antes de que muchos de los organismos insulares desaparezcán.

Sobre el marco biogeográfico macaronésico, que abordan con rigor Fernández-Palacios y Dias, quizás haya que esperar unos años para que las investigaciones en curso sobre poblamiento y colonización a la luz de los estudios filogenéticos a nivel molecular, los “viajes” de ida y vuelta de las especies con los archipiélagos y continentes vecinos, los casos de doble o múltiple colonización en el tiempo, un mayor conocimiento paleobiogeográfico, los cambios en la biota suministradora que señalan Marrero y Ortega, y las investigaciones en curso sobre la fauna invertebrada terrestre de Azores/Madeira/Canarias, nos aclaren la validez del concepto Macaronesia, que los botánicos A. Engler y P.B. Webb acuñaron en el siglo XIX.

Como señala Machado (1992), “la intención que subyace en el insistente empleo del concepto ‘macaronésico’ en términos biogeográficos es reflejar aquello que hay de común en la fauna y flora de los archipiélagos que nos ocupan”. De acuerdo con Pérez de Paz (1992) y Machado: “La tipología biogeográfica no es un impedimento para continuar hablando de taxones o ‘elementos macaronésicos’, teniendo presente que con estos términos nos referimos al ‘componente mixto y de procedencia variada y remota’ que participó en el poblamiento común de estos archipiélagos y que, debido a los últimos avatares climáticos (glaciaciones en Europa y aridización en el norte de Africa)”, ha desaparecido casi por completo del dominio continental”.

“Lo singular y realmente importante desde el punto de vista de la conservación de los hábitats de estos archipiélagos (¡todos!) reside precisamente en este último aspecto: el hecho sorprendente de que en estas islas podamos encontrar vivos representantes de los patrones ancestrales que dieron origen a las actuales flora y fauna mediterráneas”.

Los autores de este capítulo se interrogan sobre el mito o realidad del concepto **Macaronesia**, concluyendo que sus límites y validez continúan en la actualidad poco claros. Estamos de acuerdo, pero no es menos cierto que aún se está lejos de resolver esta incógnita, incluso en aquellos enclaves que como Cabo Verde, parecen más distantes de este planteamiento. Santos (com.pers.) insiste en la importancia de la utilización de técnicas moleculares en investigaciones relativas a grupos de plantas con una notable especiación y evolución en los archipiélagos macaronésicos. El mismo autor pondera los estudios ya realizados en *Sonchus* (Kim et al. 1996), *Aeonium* (Mes et al. 1996) y *Echium* (Böhle 1996), poniendo de manifiesto el interés de los mismos y las importantes relaciones de los endemismos caboverdianos estudiados con los canarios. Santos destaca el hecho de que *Sonchus daltoni* (Asteraceae), o *Aeonium gorgoneum* (Crassulaceae), endémicos de Cabo Verde, derivan de algunos de los endemismos canarios, siendo estas islas la fuente original de dichas especies. La consideración de Macaronesia como región biogeográfica no puede basarse en especulaciones caprichosas sino en los conocimientos derivados de una investigación seria y rigurosa.

En este sentido y refiriéndose al archipiélago de Cabo Verde, Santos insiste en la necesidad de estudiar las comunidades vegetales caracterizadas por la presencia de *Euphorbia tuckeyana* (endemismo caboverdiano), la vegetación psamófila que cuenta con interesantes especies de distribución canario-caboverdiana y litoral sahariana, como *Traganum moquini* o *Polycarpaea nivea*, así como los restos de vegetación arbórea esclerófila, donde participaron de forma significativa especies de relaciones macaronésicas tan notables como *Phoenix atlantides*, *Dracaena draco* o el interesantísimo y cada vez más raro *Sideroxylum marginata*, emparentado con otras especies próxi-

mas de Canarias y Cabo Verde. Estas comunidades –siempre según Santos– hay que relacionarlas con la vegetación canaria de las clases fitosociológicas *Kleinio-Euphorbietea canariensis* (cardonales y tabaibales), *Oleo-Rhamnetea crenulatae* (bosques termófilos) y *Zygochloa-Polycarpetea* (vegetación de playas y dunas arenosas).

Para Fernández-Palacios y Dias, “los archipiélagos macaronésicos constituyen por encima de todo una unidad biogeográfica funcional: fueron punto de encuentro de diferentes rutas biogeográficas de varias épocas, de las que por el fuerte efecto de insularidad fueron capaces de retener secuencialmente diferentes elementos”.

Lo que pudo ocurrir con el poblamiento viene muy bien ejemplificado por la confluencia de esos cuatro posibles corredores o rutas que señalan los autores: Saharo-síndico (Cabo Verde o Canarias/Madeira), Paleo-Mediterráneo Terciario (Madeira/Canarias/Azores), Atlántico Americano (Azores) y Norte-Atlántico-Siberiano postglacial (Azores/Madeira).

Sobre el origen de las islas Canarias, Hernán y Anguita ponen de manifiesto la falta de acuerdo sobre un modelo que integre la mayoría de los datos conocidos (geoquímicos, geofísicos, tectónicos, etc.), realizando un repaso muy didáctico y documentado sobre los *modelos de pluma térmica y derivados*, así como sobre los basados en la *tectónica* (fractura propagante / ascenso de bloques).

Lo novedoso es que los autores –a la luz de los nuevos datos geofísicos, isotópicos (sobre la diversa procedencia de los magmas de Canarias) y de los rasgos tectónicos en las islas– han elaborado un modelo unificador que integra aspectos de las principales hipótesis mencionadas. Cuando escribo estas líneas aparece en la prensa local la noticia sobre esta teoría integradora, que “establece una conexión entre el volcanismo de Canarias y el de El Atlas basada en el hecho de que ambas regiones presentan los mismos tipos de estructuras tectónicas y los mismos tipos de rocas volcánicas”.

Remito pues al lector a los capítulos 3 y 4, en las que aparte del origen de Canarias se realiza un interesante repaso sobre la *estructura geológica del archipiélago*, un enclave excepcional para los estudiosos dada su gran complejidad.

Como también resulta esclarecedor la revisión de Carracedo sobre *volcanismo reciente y riesgo volcánico en Canarias*, poniendo de manifiesto la importancia que tiene el conocimiento de los problemas fundamentales relacionados con el origen y evolución del volcanismo canario, a la luz de las últimas investigaciones llevada a cabo en las islas occidentales y del estudio de los fondos oceánicos en el entorno de Canarias.

Vivimos sobre el volcán y lo tenemos tan asumido que,

prácticamente, no le concedemos la menor importancia. No cabe duda que la evaluación de los riesgos volcánicos, la vigilancia y prevención son necesarios a pesar –como indica el autor– de su bajísima probabilidad de ocurrencia.

Sobre el *modelado del relieve en Canarias*, Criado pone de manifiesto la importancia que tiene –para el cabal conocimiento de la geomorfología de un territorio– el “definir y clasificar las formas y determinar los procesos que las han generado”. Para ello nos ilustra sobre las variaciones de los sistemas morfogenéticos reconocibles en Canarias, estrechamente asociados a los pisos bioclimáticos. Resulta muy instructivo la ralentización de algunos procesos, la mayor o menor intensidad de la morfogénesis, la intensificación de otros, etc. Así, por ejemplo, el autor explica porqué los procesos morfogenéticos no están excesivamente bien representados en el piso del monte verde, donde “la meteorización de las rocas es esencialmente química y la arroyada no existe bajo cubierta vegetal”. Todo un paradigma de la extraordinaria importancia que reviste la conservación de nuestros bosques en orden a evitar la pérdida de suelos, que en Canarias es alarmante.

Prácticamente sin solución de continuidad Criado nos introduce en “*las formas de modelado en Canarias*”, para cuya mejor comprensión hay que retrotraerse al pasado, contemplando los grandes cambios ambientales y fluctuaciones climáticas pleistocénicas.

Victoria Marzol aborda con maestría “*el clima de Canarias*”, resaltando el hecho de que –desde el punto de vista de la dinámica atmosférica– “el archipiélago se halla en la transición del mundo templado, donde domina la circulación del Oeste, y el tropical en el que los vientos proceden del Este”. Nos desgana asimismo los factores atmosféricos y los geográficos (regionales y zonales), con la corriente oceánica fría como punto de conexión entre ambos.

El *régimen de alisios*, gobernado por el anticiclón de las Azores, es el tiempo que predomina en las islas, el “responsable” del tópico de “eterna primavera”, ya que origina el ambiente más agradable. Marzol nos habla de estos vientos del noreste, de la inversión térmica de subsidencia y del famoso y beneficioso *mar de nubes*. Como también de las *borrascas atlánticas* del Frente Polar, que dejan copiosas lluvias y vientos del noroeste; y del *tiempo sur* o sahariano, cálido y seco, que en ocasiones nos aporta toneladas de polvo del desierto.

Sobre estos tres tipos de tiempo, como señala la autora, pivota el clima de Canarias, aunque también deja constancia de la “enorme diversidad climática que existe”, en un territorio insular fragmentado, con una orografía muy contrastada, diferente altitud y orientaciones, lo que ha propiciado un **mosaico de ecosistemas azonales** con interesantes singularidades en flora y fauna.

Muy acertadamente, los coordinadores de esta obra enlazan unos capítulos con otros, ofreciendo una estructura coherente que ayuda a entender Canarias como un todo, aún dentro de la dispersión y peculiaridades del territorio. En este sentido “*los paisajes vegetales*” son magistralmente tratados por Arozena y Beltrán; un ejemplo de lo que analizo aparece escrito por las autoras en las conclusiones del capítulo 9: “La originalidad del paisaje de estas islas radica en la gran complejidad que presenta su geografía interna en espacios de tan escasa superficie”; ...“el volcanismo ha generado montañas con relieves particulares, que **diversifican enormemente las características climáticas regionales**; éstas crean discontinuidades ambientales de muy diferentes tipos y tamaños que, a su vez, provocan la existencia de **múltiples manifestaciones vegetales**, más o menos contrastadas”. (el subrayado es de quien suscribe).

Como puede apreciar el lector, volcanismo, clima y paisaje van de la mano, y el análisis por separado no hace sino poner de relieve sus interacciones y el resultado final que de ello se deriva.

Bajo el título “*El mar canario*”, Haroun plantea –a la luz de las más recientes investigaciones– un repaso de urgencia sobre las características oceanográficas del área circuncanaria y las implicaciones biológicas derivadas. No hay que olvidar que las islas Canarias se localizan en una zona de transición que aparece enclavada entre el área de afloramiento de aguas frías profundas, en el noroeste de África, y las aguas oceánicas abiertas de la rama oriental descendente del giro subtropical del Atlántico norte, cuya rama de dirección suroeste conocemos como corriente fría de Canarias.

Las aguas de Canarias son oligotróficas, con poblaciones muy pequeñas y de poca biomasa, lo que ocasiona una productividad del ecosistema muy limitada (Braun y Molina, 1984). La temperatura y salinidad aumentan a medida que nos alejamos de la costa africana; así, la diferencia de temperatura a lo largo del año entre las islas orientales y la más occidental –El Hierro– puede llegar hasta los 3° C, lo que indudablemente repercute en la composición de la biota marina, apareciendo en esta última isla un mayor número de elementos con afinidades tropicales.

Cierra este primer bloque de la obra el capítulo 11, “*Procesos ecológicos esenciales*”, magistralmente conducido por Machado. En él aborda los procesos básicos de colonización, poblamiento, sucesión, producción, transporte y reciclado, “que determinan o condicionan el funcionamiento de las islas Canarias como un biosistema natural, para luego comentar sobre la influencia que ha tenido el hombre sobre dicho funcionamiento”. El autor recapitula sobre lo escrito, poniendo sobre el tapete los más lacerantes errores que el hombre ha cometido y sigue perpetrando en un territorio tan frágil y finito.

Según sus palabras: “La sociedad canaria actual dista mucho de ser una sociedad ecológica, es decir, sustentada por los recursos del medio donde habita: las islas y el mar circundante”.

Con el capítulo 12 se inicia el bloque sobre biodiversidad. Báez, Martín-Esquivel y Oromí analizan la *diversidad taxonómica terrestre*, empresa todavía lejana de alcanzar, pues a la carencia de revisiones rigurosas de multitud de grupos faunísticos se une la necesidad de comenzar el estudio de otros y la continua aparición de especies nuevas. Últimamente han proliferado estimaciones al respecto, unas a la baja y otras por exceso, pero en lo que sí parece haber coincidencia es en el alto porcentaje de endemismos, que habla bien a las claras de la importancia de Canarias como uno de los archipiélagos oceánicos más ricos e interesantes del Planeta.

En la misma línea podemos afirmar que de la *diversidad taxonómica marina* de Canarias resta aún mucho por conocer. Existen grupos completos cuyo estudio apenas se ha iniciado y, de lo ya conocido, se hace necesario igualmente algunas revisiones rigurosas. Haroun y Herrera hacen un notable esfuerzo para reflejar lo que la dispersa bibliografía aporta, terminando con una reflexión sobre la presión humana en los hábitats marinos costeros. Desde hace años hemos venido insistiendo en ello, bien con proyectos de investigación sobre la biota marina, bien delimitando aquellas áreas costeras de mayor interés para su posible declaración como reservas marinas (Bacallado *et al.* 1989). La respuesta de la Administración y de la propia sociedad no está siendo la adecuada, a pesar de algunos logros como son las reservas de La Restinga (El Hierro) y la del archipiélago Chinijo (norte de Lanzarote).

En mi opinión, el meollo y esencia de este gran bloque sobre biodiversidad viene dado por el conjunto de tres acertados y novedosos capítulos: Cap. 14) *Evolución en islas: la metáfora espacio-tiempo-forma*; Cap. 15) *Evolución en islas: la forma en el tiempo*; y Cap. 16) *Genes, poblaciones y especies*. En los dos primeros, Marrero y Francisco-Ortega, siguiendo la idea sustentada por Croizat en los años sesenta, orientan su desarrollo expositivo entendiendo la evolución como la interacción de tres factores: **espacio + tiempo + forma**.

“Estos tres parámetros de forma interrelacionada condicionan y canalizan la variabilidad, diversidad o adaptabilidad de los seres vivos a su medio o entorno, tanto biótico como abiótico”.

Comienzan con la **forma** evidenciando los conocidos rasgos diferenciales de las biotas insulares: *exotismo* (curiosidades como el ya mentado dodo de Mauricio, las inflorescencias de los taginastes, etc.); *evolución paralela o convergente* (tendencia al gigantismo, leñosidad arborescencia, pérdida de la capacidad de dispersión, cambios en la biología reproductiva,

etc.); y *radiación evolutiva espectacular* (con múltiples y llamativos ejemplos en flora y fauna canaria, *Echium*, *Calathus*, *Helianthus*, etc.).

Los autores advierten entre líneas lo provisional de muchas de las afirmaciones que sobre biología insular tienden a generalizarse. La situación de Canarias tan cercana al continente africano y su larga historia evolutiva podrían explicar el carácter relicto de su flora que, como Marrero y Francisco-Ortega indican basándose en análisis de filogenia molecular, se ha sobrestimado.

El espacio lo conocemos, y aquí vuelve a surgir lo que ya hemos comentado para todo el territorio insular: **el mosaico medioambiental y ecosistémico** que propicia una diversidad muy peculiar. Recomendando la lectura de *espacio en el tiempo*, por lo que de clarificadora tiene la historia geológica de las islas para la cabal comprensión de la colonización y evolución de su biota, con toda seguridad colmada de extinciones y recolonizaciones.

Si como dice un conocido tango... ¡ que veinte años no es nada!, sí que 20 millones dan para mucho; y desde esa perspectiva encaran los autores *la forma en el tiempo*, analizando los cambios en la biotas suministradora y colonizadora, así como el fenómeno de especiación desde los puntos de vista filogenético (anagénesis y/o cladogénesis) y geográfico (alopátrica, peripátrica, parapátrica o simpátrica). Textos, ejemplos y esquemas facilitan la comprensión del fenómeno y abren un camino para la discusión y la polémica.

La avalancha de estudios filogenéticos a nivel molecular que ellos mismos señalan no ha hecho sino comenzar; sin embargo algunos resultados parecen indicar que “la colonización interinsular –al menos para las plantas vasculares– ha sido una de las rutas principales en la evolución de los grupos canarios”.

Bajo el título *genes, poblaciones y especies*, Pedro Sosa “introduce al lector en algunos de los aspectos y conceptos básicos relacionados con la diversidad genética y la genética de las poblaciones, aplicados fundamentalmente al área de la conservación biológica”. Por medio de técnicas bioquímicas (isoenzimas) y moleculares (variantes nucleótidas del ADN) “se puede analizar la variabilidad genética específica y como se distribuye y su estructura entre las diferentes poblaciones naturales”, lo que sin duda es una herramienta de trabajo para los programas de conservación y manejo. El autor deja claro que: “La población es la unidad básica de conservación de una especie, y debe, por tanto, constituirse como el nivel más razonable donde abordar un programa de conservación y recuperación”.

De vuelta sobre *los ecosistemas canarios*, Fernández-Pala-

cios, Vera y Brito nos exponen con suficiente detalle los ecosistemas terrestres (zonales, azonales y antrópicos) y marinos (bentónicos y pelágicos).

Aparte de la descripción clásica ya conocida por todos, se aportan datos ecológicos interesantes y se señalan algunos participantes en los diferentes niveles tróficos de los principales ecosistemas. Brito nos recuerda que: “las aguas que rodean Canarias son básicamente oceánicas y oligotróficas, lo que contribuye a limitar la capacidad productiva de los ecosistemas marinos”. La fragilidad por tanto se extiende de la tierra al mar.

A partir de aquí este tratado se centra (capítulos 20 al 27, ambos inclusive) en el análisis de los principales grupos de flora y fauna –tanto marina como terrestre–, aunque se echa de menos un apartado que cubra los aspectos más relevantes de la flora y fauna fósil de Canarias. Sobre el particular se ha avanzado mucho en la última década, con aportaciones más que notables; no hay que olvidar la existencia de tortugas terrestres (*Geochelone burchardi* y *G. vulcanica*), lagartos gigantes (*Gallotia goliath*) e incluso serpientes (*Boidae*). Asimismo se conocen reoedores endémicos extintos, tales como *Canariomys bravoii*, *C. tamarani* y *Malpaisomys insularis*; como también aves fósiles: pardelas (*Puffinus holeae* y *P. olsoni*), codorniz (*Coturnix gomeræ*), una especie de verdero (*Carduelis triasi*), el ya reseñado escribano patilargo (*Emberiza alcoveri*) y otras aún en estudio. Para todo ello remito al lector a los trabajos de García-Talavera (1990), Hutterer *et al.* (1998), López-Jurado y Mateo (1993), Rando *et al.* (1999), Alcover y McMin (1995), Rando y Perera (1994), Barahona *et al.* (1998) y otros muchos.

Igualmente son notables los trabajos que sobre el Cuaternario marino de Macaronesia en general y de Canarias en particular se han llevado a cabo en los últimos veinticinco años (Meco, 1977 y 1982; García-Talavera 1978, 1990, 1991 y 2000 entre otros). De los estudios paleobiogeográficos de las faunas de moluscos marinos fósiles de la Macaronesia se extraen importantes conclusiones sobre el origen, poblamiento y evolución de las biotas marinas de estos enclaves insulares.

Briofitos (464 especies), *hongos* (864 especies) y *liquenes* (1.147 especies), son tratados por González-Mancebo, Beltrán-Tejera y Losada, comentando los factores ambientales que influyen en la distribución de los mismos. Esa distribución es analizada por pisos bioclimáticos, sin olvidar aquellos hábitats especiales, “particularmente ricos y vulnerables”, como son las coladas de lavas recientes, cuevas, galerías, cursos de agua y fuentes.

La *flora vascular nativa* (helechos, plantas afines y plantas superiores) es objeto de un concienzudo análisis por parte de Santos, quien asegura: “La flora canaria es por su origen y por sus actuales relaciones, de carácter mediterráneo occidental

(europeo y norteafricano) aunque con un componente antiguo, tropical-terciario de origen mesoegeo y otro elemento africano extramediterráneo". La flora canaria, siempre según este autor, comprende 156 familias y 758 géneros (22 endémicos y otros 22 macaronésicos), con 570 especies endémicas y unas 400 introducidas. Ningún género macaronésico es compartido con las islas de Cabo Verde, manteniendo sin embargo con Madeira una gran afinidad.

De nuevo aquí se resalta la importancia que tiene la investigación de los yacimientos fósiles, así como los estudios paleontológicos en sedimentos y paleosuelos, como ayuda casi imprescindible para poder reconstruir de manera fidedigna el poblamiento y evolución de las floras insulares canarias.

Aunque como dicen Sansón, Reyes y Afonso-Carrillo, "...el conocimiento que se tiene en la actualidad sobre las plantas marinas canarias es todavía parcial...", el esfuerzo investigador es continuo y no es de extrañar que en pocos años se vayan ampliando los catálogos con aportaciones novedosas. Al propio tiempo se están trabajando otros archipiélagos macaronésicos, como son los casos de Salvajes (Parente *et al.* 2001) y Madeira, lo que sin duda añadirá nuevos e interesantes datos para el análisis biogeográfico. Así pues, en el capítulo 22 estos autores nos ofrecen un compendio actualizado sobre la *flora marina* de Canarias, a la que catalogan de "bastante diversa", con 621 especies de algas bentónicas. A mi juicio, la contribución más importante radica en el análisis que llevan a cabo sobre los hábitats, tipos biológicos, distribución vertical de las algas y su corología insular.

Sobre el gravísimo problema que aqueja a los ecosistemas insulares, la *flora introducida*, trata el capítulo 23 de González Martín y González Artilles, quienes de entrada plantean el confusonismo terminológico existente sobre el particular, aclarando conceptos tan al uso como: especies alóctonas, invasoras, "malas hierbas", ruderales, etc.. De hecho afirman que: "Para Canarias los estudios se han limitado a listados donde se mezclan especies supuestamente invasoras con otras ruderales, malas hierbas o meras adventicias".

Los diversos archipiélagos que, en razón de nuestro trabajo, hemos tenido el privilegio de visitar, como son los casos de Galápagos, Azores, Madeira, Cabo Verde, Mascareñas, Seychelles y otros, sufren sobremanera lo que podría considerarse como "la plaga bíblica" común a todos ellos y que cabe resumir en dos aspectos esenciales: alteración y destrucción de sus hábitats naturales e introducción de especies de flora y fauna alóctonas. Resulta significativo, como señalan los autores de este capítulo, que cerca del 41% de la flora vascular terrestre canaria son elementos introducidos (2.240, considerando el nivel taxonómico de variedad).

Hemos sido reiterativos al denunciar en repetidas ocasiones la carencia de una política de fronteras que controle la introducción de especies en Canarias. El resultado está a la vista: aparición y asentamiento de plagas, hibridaciones indeseables y consecuentemente merma de la biodiversidad endémica.

En la misma línea Rodríguez Luengo trata la *fauna introducida*, asegurando que se infravaloran las consecuencias que acarrea la introducción por parte del hombre de especies fuera de su área de distribución natural.

Tanto en flora como en fauna no hay que olvidar el "trasego interinsular" que, voluntaria o involuntariamente, se ha llevado a cabo desde siempre, y que actualmente se ha magnificado como consecuencia de la mayor facilidad y aumento de las comunicaciones, así como de la ignorancia e irresponsabilidad de gran parte de la sociedad canaria y de quienes nos tutelan.

Según Rodríguez Luengo más de un millar de especies de invertebrados y al menos 33 vertebrados han sido introducidos en Canarias. En algunos casos bien conocidos por todos, el daño que están infligiendo a la biota nativa justifica sobradamente su urgente control y/o erradicación (muflón, arri, ardilla moruna, ratas, miná común, cangrejo norteamericano, etc.).

La *fauna vertebrada nativa terrestre* es tratada por Delgado: 13 reptiles, 69 aves y 9 mamíferos; cada grupo es comentado por separado, poniendo de relieve el alto porcentaje de endemidad en reptiles (100%), la relativamente baja proporción de endemismos del nivel específico en aves (5 spp = 7,24%) y el más controvertido porcentaje en mamíferos (~33%).

No cabe duda que uno de los grupos más interesantes es el de los reptiles, representando un caso de evolución insular. Recientes descubrimientos de sendas especies de lagartos gigantes en Tenerife y La Gomera, junto a los trabajos emprendidos empleando modernas técnicas de análisis filogenéticos a partir de ADN mitocondrial, nos aclararán dudas no del todo despejadas. La posibilidad de nuevos descubrimientos en las islas aún no está cerrada, tanto de alguna nueva población aislada como de restos subfósiles.

Igualmente, el salto cualitativo en cuanto a investigación ornitológica se refiere está siendo muy notable. En la actualidad se conocen en el archipiélago 87 especies nidificantes (unas 12 son introducidas) y se han citado 322 aves migratorias (Martín y Lorenzo 2001).

Oromí y Báez, aventuran la cifra de 6.000 para las especies de *fauna invertebrada nativa terrestre*, aunque advierten de lo mucho que resta todavía por conocer, "pues el ritmo de descu-

brimientos en el último decenio ha sido de 59 especies nuevas de invertebrados por año, es decir una especie nueva cada seis días, además de novedosos hallazgos de elementos no endémicos". Los autores nos vuelven a recordar la "disarmonía faunística", menos acusada que en vertebrados así como la elevada proporción de endemismos 51% (3.054 especies endémicas) y casi un centenar de géneros exclusivos con casos de radiación adaptativa más que notables (*Dysdera*, *Dolichoilulus*, *Laparocerus*). Sobre este fenómeno exponen sus particulares puntos de vista basándose en modernos estudios cladísticos utilizando secuencias de ADN_m y ADN_r, resaltando un notable paralelismo entre las dataciones moleculares de las especies de algunos géneros de coleópteros y las edades de formación de las islas que ocupan.

De nuevo debemos señalar la gran importancia y necesidad de emprender revisiones rigurosas de todos los grupos de invertebrados terrestres, en especial de los artrópodos; si bien seguirán apareciendo nuevas especies, no es menos cierto que otras muchas "se caerán" de las listas.

Como ya han dejado claro Braun y Molina (1984), Aguilera *et al.* (1994) y Barton *et al.* (1998), las islas Canarias están ubicadas en una zona de transición que se sitúa entre una región de afloramiento de aguas profundas frías, en el noroeste de África, y las aguas oceánicas de alta mar que, por medio de la corriente de Canarias (rama descendente que fluye en dirección suroeste) aporta aguas frías procedentes de latitudes más septentrionales; si a ello se le suma el complejo modelo de variabilidad regional en las características ambientales del mar canario, así como la elevada diversidad de hábitats en relación con la orientación y la complicada geomorfología de los fondos, no es de extrañar –como afirman Brito, Falcón, Aguilar y Pascual al abordar el capítulo de *fauna vertebrada marina*– "que las islas Canarias presenten una rica y diversificada fauna marina vertebrada, tanto en lo referente a especies residentes como a las migratorias, que nos llegan de latitudes más septentrionales y también de sectores más tropicales". Los autores, con datos propios y al día, fruto de las investigaciones que llevan a cabo en la UDI de Ciencias Marinas de la Universidad de La Laguna, nos ofrecen las últimas cifras de especies de vertebrados marinos presentes en nuestras aguas: 82 para peces condríticos; 560 osteícticos; 6 reptiles (tortugas) y 27 mamíferos (un pinnípedo y 26 cetáceos).

El tratamiento grupo a grupo, las consideraciones biogeográficas, la casi nula endemidad, la distribución de las especies ícticas por grandes unidades ambientales o biocenosis, la distribución insular (islas orientales/occidentales), el apreciable contingente de especies macaronésicas, etc., es altamente clarificador de lo que realmente "se cuece" bajo el agua en estas latitudes subtropicales. Los autores señalan también el impulso experimentado en la investigación y conocimiento de la fauna vertebrada marina en la última década, augurando el

más que seguro aumento en el número de especies de osteícticos meso y batipelágicos, a medida que vayan prospectándose en detalle los fondos y aguas profundas.

Tal y como viene desarrollándose la obra que comento, es aquí donde encajarían los capítulos 18 y 19. En el primero, *especies amenazadas de Canarias*, García Casanova, Rodríguez Luengo y Rodríguez Piñero nos informan sobre los factores de amenaza de la biota canaria, tanto en el pasado –población aborigen y primeros compases de la conquista castellana– como en la actualidad, donde, como ya todos conocemos, sufrimos un desarrollo suplementario imposible de ser sustentado por un territorio tan frágil y limitado. No hace al caso repetir aquí lo que con mesura y buen criterio señalan los autores, especialistas en el tema, por lo que recomiendo su lectura. Si tenemos que insistir sobre el hecho del desconocimiento que todavía se tiene sobre la biología y el estatus poblacional de muchas especies de invertebrados marinos y terrestres, lo que ha dado lugar a algunos errores en lo que se refiere a su inclusión en listados y libros rojos con "categorías de amenaza" que no les corresponden. El rigor y la cautela deben imponerse por encima de todo.

El capítulo 19 trata la *fragmentación de los ecosistemas forestales canarios*, poniendo de manifiesto la brutal regresión de los bosques termófilos, la laurisilva y en menor medida el pinar. Se analizan las actividades causantes de la deforestación, fragmentación y alteración de estos bosques, cuya sobreexplotación masiva tuvo su punto álgido entre los siglos XVI al XVIII.

Delgado, Arévalo y Fernández-Palacios dan cuenta de como los ecosistemas primitivos de Canarias han devenido –como consecuencia de su acelerada transformación– "en un mosaico ecológico y paisajístico complejo, donde los restos de aquellos se intercalan con, y resultan aislados por, las zonas antropizadas, que incluyen áreas urbanizadas, espacios agrarios e infraestructuras de conexión". De nuevo se insiste aquí en la urgencia de más y mejores estudios detallados sobre las respuestas de los ecosistemas a los distintos niveles de fragmentación, antes de la toma de decisiones precipitadas que sólo conducen a errores, a esfuerzos inútiles y a conflictos sociales derivados.

El *poblamiento e impacto aborigen* abre el bloque dedicado a poblamiento y actividades humanas. Cabrera realiza, en base a los datos disponibles, un meritorio resumen sobre el poblamiento aborigen, su proceso adaptativo "que se prolongó durante, al menos, 2000 años", así como el impacto que presumiblemente ejercieron en los ecosistemas insulares, muy especialmente en los bosques termófilos.

Al propio tiempo se lamenta sobre "la escasez de yacimientos que permitieran una visión diacrónica de la evolución del

poblamiento desde las etapas iniciales hasta el contacto europeo, así como la carencia de estudios territoriales o de un número suficiente de excavaciones rigurosas y dataciones absolutas fiables, lo que ha propiciado la existencia de importantes lagunas en el conocimiento del devenir de estas sociedades a través del tiempo”.

Lo que pudo suceder con esas oleadas colonizadoras, su adaptación, explotación y dependencia del medio natural insular, la introducción de especies domésticas de flora y fauna, la caza y roturación de la vegetación el crecimiento poblacional, los primeros cultivos cerealistas, la ganadería trashumante, etc., así como la saturación del territorio insular y los cambios pertinentes en la organización social, son perfectamente retratados por el autor. No cabe duda de que hubo un cierto impacto en determinados ecosistemas (piso basal, bosques termófilos, barrancos, etc.) y, como señala Cabrera, probablemente “se habría alcanzado o incluso rebasado la capacidad de sustentación del medio”.

Con rigor y excelente criterio Sabaté ejecuta una “larga cambiada”, sustituyendo la propuesta inicial –el impacto europeo en los ecosistemas– por un camino que él mismo comienza a descubrir y que nos puede llevar a comprender la “evolución histórica de los ecosistemas y su mutua influencia con el proceso de humanización en Canarias”. Así aborda un capítulo que titula, “*seres humanos y ecosistemas: hacia una historia ecológica*”, muy conectado con otras aportaciones suyas, en particular las contenidas en Aguilera et al. 1994. Nos ilustra sobre el estilo de *desarrollo coevolucionario* que conocieron –durante un periodo de al menos veinte siglos– los ecosistemas insulares y los seres humanos (indígenas y campesinos), si exceptuamos los últimos 150 años. A lo largo del tiempo “la estrategia vertical y múltiple de los ecosistemas se desarrolló como un proceso histórico de carácter coevolucionario, generando fecundas adaptaciones locales y metabolizando incorporaciones exógenas”.

Y nos dice como este modelo “que integraba verticalmente la apropiación y gestión de todos los ecosistemas disponibles” de mar a cumbre, “quedó plasmada en los términos municipales” cuyas áreas se extienden igualmente de la cumbre al mar.

Los ejemplos isla a isla y sus modelos diferenciados, basados en gran parte en la mayor o menor dotación de recursos naturales y en sus singularidades geomorfológicas, son expuestos por Sabaté como si los hubiera vivido y, en mi opinión, con acertadísimas ideas. El epílogo, por desgracia, es el de siempre, el que se ha venido gestando en los últimos 50 años: un desarrollo no sostenible, no-coevolucionario.

Dos interesantes capítulos, *historia del agua en Canarias y la agricultura en Canarias*, van prácticamente de la mano, y, da-

das sus situaciones en los inicios del siglo XXI parece evidente que ambos “recursos” se agotan; el uso y abuso de lo que el territorio nos ofrecía y nos ofrece ha sido desbordado por encima de su capacidad de renovación, agua y suelo son los ejemplos más claros. Se ha tenido que recurrir a la desalinización del agua de mar, con una dependencia brutal del petróleo; al propio tiempo se abandona hasta la agricultura de subsistencia y se amplía en todos los campos nuestra dependencia del exterior.

Soler y Hernández nos cuentan, de primera mano y con el mejor de los conocimientos, la historia del “oro líquido” en Canarias, que se inicia –como muy bien escriben– en la isla del meridiano, allá donde el mítico Garoé daba de beber a los bimbaches.

Es una historia en cuatro etapas que todavía no ha terminado: “Las dos primeras abarcarían desde la irrupción del hombre en las islas hasta el año 1850, en la que los isleños se acomodaron al caudal del agua que ofrecía la isla donde habitaban. Durante los 150 años que comprenden los dos últimos periodos, la demanda que impuso el hombre con su desarrollo hizo primero que esta oferta fuera insuficiente, para seguidamente extraer de las entrañas de la isla hasta diez veces más de lo que ella le ofrecía”.

Isla a isla, caso a caso, los autores describen en detalle las opciones elegidas y el futuro más inmediato que este recurso les depara a cada una. Para mí todo pasa por poner límites al crecimiento.

De otra parte, Marrero y Capote nos dibujan lo acontecido desde la época aborigen hasta la actualidad, en lo que al agro canario se refiere; unas pinceladas sobre el pastoreo y cultivos cerealistas de los primeros pobladores, seguida de una amplia información de lo sucedido tras el periodo de la conquista: cereales, vid, hortalizas, frutales templados, caña de azúcar, vid, orchilla, barrilla y cochinilla son los prolegómenos de la posterior etapa *moderna* de producción agrícola de exportación, marcada por el plátano, tomate y, en menor medida, la papa temprana.

Quien escribe estas líneas estuvo ligado al desarrollo posterior de cultivos intensivos bajo invernadero, en especial los de flores, esquejes y plantas ornamentales, así como al de bulbosas a cielo abierto en zonas noroñas de medianías, que tan buenos resultados dieron con un mínimo consumo de agua.

La evolución reciente, situación actual y perspectivas de la actividad agraria, la utilización del agua, el uso del suelo, los recursos genéticos en la agricultura canaria y el impacto paisajístico, conforman un buen repaso de lo que los diferentes sectores agrícolas han supuesto y suponen para Canarias. Los autores reflejan el hecho de que: “La extensión de terreno cul-

tivada representa una tasa de unas 0,03 has por habitante y año (0,06 si se consideran las tierras en barbecho), uno de los índices más bajos de todas las comunidades autónomas españolas". Si a ello le añadimos los graves problemas de contingencia, competencia y costos, no es de extrañar que el sector agrícola esté en regresión, siendo necesario la búsqueda de alternativas y tecnologías que puedan llevarnos a una recuperación o mantenimiento de lo que aún nos queda. En frase muy canaria, la agricultura en las islas navega con la "proa hacia el marisco".

Sobre el uso descontrolado e intensivo de nuestros bosques, en especial el que soportaron desde finales del siglo XV hasta bien entrado el siglo XX, escribe Naranjo el instructivo capítulo: *Los aprovechamientos forestales*.

Nos recuerda que para Canarias estos aprovechamientos han consistido principalmente en carbón, leña, madera, resina, frutos, follaje, varas para cultivos, puntales para la construcción y sustrato mineral.

Aunque tenemos notables ejemplos en las islas centroccidentales, no cabe duda de que Gran Canaria, como señala Naranjo, es el caso más lacerante de aprovechamiento incontrolado, habiendo desaparecido la práctica totalidad del bosque termófilo y del monteverde.

Aquí son tratados también los castañares y eucaliptales introducidos, así como los bosques autóctonos termófilos – los primeros en "caer" – el monteverde (fayal-brejal y laurisilva) y el pinar; este último el más resistente y el mejor representado en la actualidad. El autor destaca la clara dependencia que tiene Canarias del exterior en materia forestal, el aumento de la extensión del monte en el medio natural canario, las políticas de reforestación etc., proponiendo –en el marco del uso sostenible– medidas modernas similares a la *ecocertificación*.

La dualidad geográfica de la *pescas en Canarias*, un sector que actualmente atraviesa una crisis de duración y solución impredecibles, es subrayada y analizada por Balguerías, quien nos habla de los recursos propios del litoral de las islas y del famoso "y nunca bien ponderado" banco pesquero canario-sahariano. Los primeros, basados en la pesca artesanal que explota "mas de una centena de especies diferentes que abarca tanto a las pelágicas (costeras y oceánicas), como a las demersales". Los segundos, la explotación de los caladeros africanos, tan cercanos, tan ricos y casi "tan nuestros" en épocas no demasiado lejanas.

Balguerías hace un buen resumen de la situación actual, y nos lleva de la mano para contarnos la polivalencia de nuestros artesanales (unas 1.140 embarcaciones) que lo mismo sirven para un roto que para un descosido, de las variadas artes utilizadas para la extracción de pelágicos costeros y demersales, así

como de la gran importancia que tienen para Canarias los recursos pelágicos oceánicos, especialmente los túndicos.

Salvo el conocimiento más o menos detallado que se tiene de la pesca de túndicos, el autor deplora la "dificultad para determinar con precisión la producción pesquera, ya que no existe ninguna organización estatal, autonómica, profesional o privada que se haya ocupado de recoger rutinariamente los datos necesarios para construir unas estadísticas suficientemente detalladas y fiables".

En cuanto a las pesquerías desarrolladas por los canarios en la costa noroccidental africana desde siempre, su situación actual después de la "mal pactada" descolonización del Sáhara que dejó a Canarias con el trasero al aire, y la expansión definitiva de la pesca industrial en el referido banco "canario-africano", Balguerías habla con conocimiento de causa, pues no en vano el Centro Oceanográfico de Canarias se ha encargado de llevar a cabo un seguimiento de todo ello. Las perspectivas de futuro no son muy halagüeñas; cuando escribo estas líneas acaban de fracasar las negociaciones de la Unión Europea con Marruecos, lo que ha afectado de lleno a los sardinales y artesanales canarios que operaban en la zona.

Justo cuando leo "*la mirada turística en Canarias*" de Santana Talavera, el Gobierno de Canarias estaba reunido en la pequeña isla de La Graciosa (Junio de 2001) para la aprobación del anteproyecto del texto de la Ley de medidas urgentes de Ordenación y del Turismo, con la que se trata de consolidar una **moratoria** descafeinada en un territorio que pide socorro por señas.

No voy a demonizar aquí al sector turístico, primera industria de las Islas, principal generador de empleo que, como muy bien señala Santana, tiene un gran peso sobre las decisiones políticas y financieras, amén de que influye de manera directa sobre gran parte de los residentes. Pero sí se puede argumentar que este *centro de vacaciones* está llegando a su saturación, que en territorio finito y frágil como el nuestro no soporta una mayor carga sin colapsar, que los "encantos" naturales (paisajes, flora y fauna, modos de vida, costumbres, comportamientos sociales e individuales, etc.) desaparecen, y que, en definitiva nuestras señas de identidad merman y se contaminan.

Debemos ser capaces de reconducir este recurso en la medida que todavía podamos, evitando la masificación y ofertando calidad ambiental y cultural. De todo ello nos habla el autor de este capítulo, cuya lectura recomiendo.

Para hablar de las *perspectivas energéticas de cara al año 2020* Calero nos recuerda dos graves aspectos que, a medio plazo, van a marcar los comportamientos sociales y la marcha de la economía mundial: el calentamiento global de la Tierra y

el agotamiento de los recursos petrolíferos. Al propio tiempo apunta tres claras necesidades ante un panorama preocupante que está a la vuelta de la esquina: a) medidas de ahorro energético, b) promoción del uso intensivo de fuentes de energías renovables y c) intensificación de la producción de energías a partir del carbón y nuclear.

Con esas premisas de fondo, el autor realiza un más que interesante recorrido sobre la situación energética actual de Canarias, donde el petróleo marca la pauta sobre dos sectores de consumo diferentes y predominantes: el transporte (marítimo, aéreo y terrestre) y la desalación, depuración y bombeo de agua. El consumo de combustibles, así como la producción de electricidad y de energías renovables en Canarias son tratados por Calero con datos contrastados, poniendo de relieve la vulnerabilidad del Archipiélago respecto del suministro de energías del exterior y apostando por esas energías renovables que tenemos tan a la mano: eólica y solar.

Es evidente, como argumenta León, que el medio ambiente y los espacios naturales proporcionan funciones para la sociedad humana. Aparte de la capacidad de asimilación de los ecosistemas para reciclar de forma natural los residuos, el medio alberga todo un mundo de diversidad biológica cuya aportación es crucial para la humanidad: plantas, animales y microorganismos suministran sustancias muy valiosas para la industria farmacéutica; proporcionan alimentos y material de construcción; son la base de todas las mejoras en las especies animales domesticadas y vegetales cultivadas; almacena y mantiene en circulación los nutrientes esenciales para la vida; absorbe y descompone los contaminantes; recarga los acuíferos (p.e. monteverde en Canarias, pluvisilvas, etc.); produce suelo y lo protege de la erosión y un largo etcétera. A todo ello hay que añadir el uso y disfrute de la naturaleza como paisaje, para solaz y recreo, para la práctica de deportes al aire libre y como oferta de valores naturales a viajeros y visitantes de todo tipo y condición.

Sobre el *valor económico de la naturaleza: los motivos de opción y de existencia*, se ocupa de ilustrarnos León, planteando cuál es el valor económico de los espacios naturales en Canarias. Nos define dicho valor económico en base "al papel que estos tienen para el funcionamiento de los ecosistemas y de la sociedad humana". En este capítulo hay un párrafo muy ilustrativo que reafirma el pensamiento que muchos de nosotros tenemos con respecto al cobro de tasas para el turismo masivo que utiliza esos espacios naturales; dice así: "El desarrollo económico de Canarias ha implicado un proceso de deterioro de los recursos naturales y ambientales, cuya valoración es necesaria, no sólo para contabilizar adecuadamente todos los costes sociales, sino también para tomar decisiones que conduzcan a la minimización de dichos costes, o bien, a la maximización del bienestar neto. El medio ambiente de Canarias ostenta las características de diversidad, fragilidad y sin-

gularidad, de las cuales cabría esperar que se derive un alto valor para la sociedad". Y, el autor añade una cita (León y González, 1995) sobre como "el turismo hace un uso intensivo de los recursos ambientales, por lo que el **valor de uso turístico** ha de considerarse con particular interés".

Canarias es un "punto caliente" en lo que a biodiversidad se refiere, con unos recursos genéticos importantes e insuficientemente conocidos y potencialmente explotables para la mejora de la calidad de vida. Recordemos aquí algún párrafo del artículo primero de la cumbre sobre La Tierra de Río de Janeiro (1992) en cuanto a la regulación del uso de los recursos genéticos: "Los objetivos de este acuerdo... son el mantenimiento de la diversidad biológica, el uso sostenible de los ejemplares que la componen y el reparto justo y equitativo de los beneficios del uso de los recursos genéticos".

Con la cita de "la primavera silenciosa" de Rachel Carson, Notario y Díaz se ocupan de la *contaminación edáfica y de acuíferos*, resaltando el papel de los suelos como elementos esenciales de los ecosistemas terrestres, "tanto por ser el soporte del crecimiento vegetal como por regular los procesos cíclicos de circulación de materia y energía". Los autores vienen a destacar la *actividad agrícola*, con el uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes, como la causa principal de contaminación de suelos y acuíferos. Los efectos derivados del uso masivo de estos compuestos, así como el remedio y prevención del problema se exponen con claridad, abogando por una *agricultura sostenible* basada en un empleo racional de los plaguicidas que minimice en lo posible su efecto sobre los ecosistemas. De acuerdo con los autores, el primer obstáculo con el que tropezamos son los propios agricultores, reacios a cambios y propensos al tratamiento por exceso.

Después de exponer muy claramente la diferencia entre dos conceptos utilizados a menudo de manera equívoca, desertización y desertificación, Rodríguez nos deleita con un inmejorable y didáctico capítulo *erosión y desertificación*—dibujando un panorama ciertamente preocupante en el que se aúnan la disminución de la potencialidad biológica del territorio insular y de su productividad, con la degradación cualitativa y cuantitativa de los suelos, en ambos casos muy ligados y condicionados por las actividades humanas. Los números cantan y no voy a repetirlos, pero sí insistir—como hace el autor—en la gravedad de la erosión hídrica y eólica de los suelos, la necesidad de una política más acertada de reforestación, la pérdida de biodiversidad, la sobreexplotación de los acuíferos, el abandono de los sistemas agrícolas tradicionales, etc., etc., que tanto tienen que ver con el deterioro generalizado del territorio.

Dos ligados capítulos están dedicados a la *contaminación* en el entorno insular; por un lado, González analiza concienzudamente la *contaminación atmosférica*, en la que aparte de las fuentes naturales (fermentaciones, descomposiciones, pro-

cesos biogénicos, erupciones volcánicas y otros), “muchas actividades del hombre –particularmente la generación de energía eléctrica, la producción industrial y el tráfico de vehículos– producen emisiones importantes de gases y partículas, capaces de proporcionar aumentos significativos en la concentración de contaminantes en la atmósfera”.

El autor afirma que, en cuanto a la cantidad de contaminantes, la fracción mayoritaria está constituida por el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y las partículas. Medios de transporte, centrales eléctricas, refinería de petróleos, fábricas de cementos, plantas de incineración, y otras actividades industriales son las que tienen mayor incidencia en la contaminación atmosférica. Sin embargo, González advierte que existen otros contaminantes atmosféricos que suelen producirse en menor cantidad, pero poseen una toxicidad mayor; la información disponible sobre los mismos en Canarias es prácticamente nula, pues como bien señala el autor no están recogidos en la legislación vigente.

De otra parte, Luque se ocupa de la *contaminación del litoral*, un tema de gran amplitud que el propio autor acota en orden a una mejor comprensión del mismo. Hay que tener en cuenta que el medio marino es el vertedero último de las actividades humanas. Retoma Luque la contaminación atmosférica, ofreciéndonos el dato de que “un 20% de las sustancias consideradas contaminantes en el medio marino proceden de la atmósfera (deposición)”, citando como ejemplos más importantes, la concentración del Plomo (derivada de la combustión de gasolinas) y las concentraciones de organoclorados (derivadas de los tratamientos fitosanitarios)”. El resto del capítulo analiza la contaminación con metales pesados, la originada por vertido de residuos orgánicos domésticos y la contaminación por derivados del petróleo.

De vital importancia, dado el desconocimiento generalizado sobre el particular, es el capítulo que cierra el grupo de contribuciones sobre actividades humanas y que está dedicado al *impacto del fuego en los ecosistemas canarios*. He de confesar que, en cierta medida, mi ignorancia sobre el tema me ha llevado –junto con otros colegas– a magnificar peyorativamente las consecuencias de algunos incendios forestales en Canarias con declaraciones catastrofistas. Disculpa nuestra actitud el hecho de que muchos de esos incendios afectaban de lleno a determinadas poblaciones de aves endémicas –como el pinzón azul– cuyas nidadas se veían especialmente afectadas en Tenerife y Gran Canaria, lo que podía comprobarse al año siguiente con la disminución de sus efectivos (esta especie nidifica tardíamente de junio a agosto, época de mayor riesgo de incendio).

Pues bien, Höllermann nos introduce en este crucial asunto con un párrafo que no me sustraigo al deseo de reproducir aquí: “Los incendios de origen natural han desempeñado des-

de siempre un papel importante en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas susceptibles a incendiarse, propiciando de hecho factores geocológicos positivos como la aceleración en la remineralización de la materia orgánica, la estimulación del crecimiento vegetal, un rejuvenecimiento natural o, sencillamente, aumentando la biodiversidad del sistema”. Evidentemente, como comenta el autor, las experiencias mediterráneas acerca del impacto de los incendios en ecosistemas y en sistemas socioeconómicos sólo son extrapolables a Canarias con gran precaución, dadas las peculiaridades ecológicas que ya todos conocemos. La frecuencia, extensión y causas de los incendios en el archipiélago son abordados por Höllermann desde la experiencia acumulada tras 15 años estudiando los ecosistemas afectados por el fuego en las islas.

El impacto del fuego en los suelos, en el balance hídrico y en la erosión también centran su atención. Hay que leerlo, y hay que concluir con él el que una reducción real de las actividades humanas perjudiciales podría ser más efectiva, de cara a la futura política de extinción de incendios, que la lucha directa contra las llamas. No olvidemos, que como subraya el autor, la intencionalidad y el descuido son probablemente responsables del 95% de los fuegos originados en Canarias en los últimos años. “Una alta frecuencia de incendios evita una completa regeneración de los bosques y matorrales, promueve la progresiva degradación de la vegetación y del suelo y puede llegar a resultar en un gradual agotamiento de los nutrientes y en una aceleración de la erosión”.

Sería de gran importancia apoyar la petición de Höllermann de un proyecto de investigación multidisciplinar a largo plazo sobre le tema que nos ocupa, lo que podría conseguirse con ayuda europea.

Estamos ahora en el bloque final que, como no podía ser menos, está dedicado enteramente a conservación, ordenación del territorio, restauración y recuperación de todo aquello que hemos venido contando y analizando: los ecosistemas naturales canarios.

Nos toca ahora arreglar nuestro “espacio común”, y ya se sabe, vivir en una casa en obras durante años es un reto y un sacrificio que muchos no están dispuestos a aceptar.

Para Ruano: “La riqueza del Medio Natural del Archipiélago Canario requiere de un conjunto normativo suficiente para su protección y de una organización administrativa eficiente y coordinada capaz de garantizarla”. En el capítulo 43, “*la conservación de la naturaleza: administración y régimen jurídico*”, este autor analiza las competencias y organización administrativa de la conservación de la naturaleza en Canarias. Evalúa las normas principales de conservación, que considera como las más avanzadas de todo el Estado, y nos habla de las funciones que tienen delegadas los cabildo insulares en materia medio-

ambiental —con posibilidad de convertirse en transferencia de servicios— lo que a su juicio es “un modelo novedoso de organización que responde mejor a la realidad física de Canarias: un Gobierno de la nacionalidad canaria y siete gobiernos insulares”, abogando por el consenso entre los tres niveles institucionales (administración autonómica, cabildos y ayuntamientos), en orden al fortalecimiento de las decisiones encaminadas a la consecución de un desarrollo sostenible. Como muy bien dice Ruano: “...el modelo territorial y urbanístico de Canarias será el que la propia Comunidad Autónoma quiera darse”.

En concordancia con el capítulo anterior, Beltrán desarrolla su trabajo, *el ámbito insular en la ordenación del territorio*, remarcando la ausencia de una línea eficaz de gobierno de ese territorio finito, frágil y fragmentado que son las islas Canarias, donde “la complejidad y descoordinación del marco competencial vigente está a la orden del día”.

La dependencia del sector turístico como base de la economía insular, la alta densidad poblacional, la dispersión de los asentamientos humanos (379 núcleos de población en Tenerife), el nulo control e incluso permisividad y convivencia con la autoconstrucción son puestos en la picota por el autor. Asimismo en este capítulo se recoge el sentir de toda una serie de personas, colectivos ecologistas e instituciones, que llevamos clamando desde siempre por una **planificación** seria y previa del territorio, así como una **coordinación** efectiva y sin fisuras de las diferentes administraciones, en orden al “establecimiento de procesos de integración y coordinación administrativa que eviten, en lo posible, el conflicto competencial”.

Partiendo del hecho de que los espacios naturales protegidos deben ser intocables, hay que sensibilizar a la opinión pública, al ciudadano de a pie de que vivimos en un territorio limitado y frágil; como bien señala Beltrán: “...no existen compartimentos estancos en estas áreas insulares, donde cualquier actuación tiene unas repercusiones territoriales de una u otra índole, lo que supone limitar, a veces de forma definitiva, la capacidad de realizar otras actuaciones”.

De nuevo, Francisco-Ortega y Santos vuelven a insistir y destacar la **diversidad genética** en Canarias y la necesidad de conservar el patrimonio genético vegetal, hoy en día severamente amenazado. El capítulo *genes y conservación de plantas vasculares* es abordado por los autores desde el conocimiento adquirido a través de estudios moleculares y trabajos experimentales empleando marcadores isoenzimáticos; según ellos: “la diversidad genética poblacional de muchos de los endemismos macaronésicos es bastante mayor que la que se ha detectado para otros archipiélagos oceánicos, y en muchos aspectos comparable a la existente en situaciones continentales”. Después de insistir en que la conservación del acervo genético de una especie solamente tiene sentido desde el punto de

vista poblacional, detallan los cuatro factores que influyen en la distribución y conservación de esa diversidad: la **migración** (intercambio de genes entre poblaciones), la **selección** (adaptabilidad a las condiciones medioambientales), la **deriva genética** (fluctuación alélica azarosa), y los **sistemas reproductivos** (autogamia/homocigosis - alogamia/heterocigosis).

Francisco-Ortega y Santos ponen el dedo en la llaga cuando afirman que “cualquier programa de conservación debería estar basado en estudios previos acerca de la diversidad genética de las poblaciones a preservar y cuales son los factores que inciden en su mantenimiento o erosión”. Asimismo, deploran los efectos negativos de las actividades humanas en los ecosistemas, lo que siempre trae aparejado un incremento de la erosión genética. En esa línea señalan las consecuencias negativas de la reducción del tamaño de las poblaciones y la movilización masiva del material vegetal endémico dentro de y entre las islas.

En otro orden de cosas, Naranjo destaca la importancia de *los sistemas de información geográfica (SIG)*, como herramienta de planificación y gestión, que, para variar, se iniciaron en Canarias con un notable retraso. Los grandes proyectos SIG tienen como objetivos básicos “la producción estándar de cartografía topográfica y la elaboración de los mapas temáticos e información necesaria para la toma de decisiones en el ejercicio de la Planificación y Gestión del Territorio”.

El autor comenta los ejemplos actuales de SIG institucionales en la Comunidad Autónoma de Canarias, tales como el SIG corporativo del Cabildo Insular de Tenerife, el del Plan Insular de Ordenación del Territorio del Cabildo Insular de Gran Canaria y el Sistema de Información Geográfica Medioambiental de Canarias (SIGMA-C); éste último con la confección de bases de datos sobre flora y fauna (proyecto Biota), cartografía corológica de la vegetación, ZEPAs (Zonas de Especial Protección para las Aves), Directiva de hábitats, etc.

Después de reiterar la enorme importancia y el gran valor y significación de los bosques canarios por su carácter relicto, por la biodiversidad endémica que atesoran, así como por su fragilidad y su papel como captadores de agua (“bosque esponja”) y regaladores del ciclo hidrológico, Fernández desarrolla con claridad y rigor el interesante capítulo dedicado a la *conservación y restauración ecológica de los bosques*. Nos recuerda, lamentablemente, la regresión brutal de nuestras formaciones boscosas originales a manos del hombre, siendo la Comunidad Autónoma con menor proporción de bosques (13% del territorio), y donde la laurisilva conserva sólo el 18% de su área primitiva, mientras que el pinar conserva el 70% de sus efectivos iniciales.

Aporta también el dato de que, en la actualidad, destacan

las formaciones alteradas, “predominando los bosques rejuvenecidos, empobrecidos en su composición y simplificados en su estructura”. La situación de los bosques canarios es detallada de forma muy ilustrativa por el autor, apoyándose en datos bien contrastados; la tabla que presenta sobre distribución por superficies de los bosques canarios en las islas centro-occidentales, relacionando áreas potenciales y actuales, nos da una idea de lo que hemos perdido. Resalta asimismo el empobrecimiento paralelo de la flora y fauna (en especial en el monte verde), la invasión de especies introducidas, así como el hecho de que: “... en el caso de las especies arbóreas de la laurisilva, la proporción de especies originales ha cambiado sustancialmente a favor de las más heliófilas y de carácter invasor en detrimento de las especies más umbrófilas, consideradas más nobles”.

Insiste Fernández sobre algunas cuestiones de gran importancia para encarar con garantías la conservación de los bosques insulares, tales como el grado de fragmentación, el de aislamiento, el carácter de la propiedad (pública/privada), la proporción de superficie forestal incluida en Espacios Protegidos, las repoblaciones (en especial las de pino canario), las formaciones arbóreas secundarias por expansión natural e incluso la polarización territorial (anillos de urbanizaciones frente a áreas marginales de reservas naturales) que según el autor “atenaza y amenaza la propia conservación de los espacios forestales que no son en absoluto impermeables a lo que ocurre fuera de los mismos”.

En una segunda parte, Fernández propone los principales objetivos y planteamientos generales para la restauración forestal en Canarias, a mi modesto entender una buena lección para poner en práctica y que debe ser tenida en cuenta.

Los planes de recuperación de la fauna en Canarias todavía parecen estar en pañales, pues tal y como reflejan Medina, Rodríguez-Domínguez y Quilis, aunque se han redactado las directrices de actuación para la puesta en marcha de los del Pinzón Azul de Gran Canaria o el Águila Pescadora, sólo se han desarrollado los referidos al Lagarto Gigante de El Hierro y a la Hubara Canaria. Está claro que deben establecerse prioridades, un protocolo de actuación y el apoyo permanente de las administraciones implicadas, una coordinación seria entre ellas y una independencia absoluta de “colores” y cambios políticos, amén de un efectivo asesoramiento por parte de científicos bien preparados. En Canarias estamos asistiendo últimamente a pequeños conflictos competenciales, celos profesionales, afán de protagonismo e incomprensión y disensión entre políticos, que sólo conducen a que las especies incluidas en futuros planes de recuperación vean mermodas sus posibilidades de salir adelante.

El Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias (Decreto

Legislativo 1/2000 de 8 de mayo) dispone que los Espacios Naturales Protegidos del Archipiélago “se integren en una Red en la que estarán representados los hábitats naturales más significativos y los principales centros de biodiversidad”. Así comienza Carralero el capítulo 50, dedicado por entero al análisis de esa red *canaria de espacios naturales protegidos*, a la que también se incorporan los Parques Nacionales de Canarias y aquellos otros espacios que recibieran una protección específica por organismos internacionales o supranacionales. Como enfatiza Carralero parodiando a Martín-Esquivel *et al.* (1995): “El diseño de la mentada Red se hizo con un objetivo muy concreto, promover un **desarrollo sostenible** que tuviera en cuenta la estrecha relación que hay en Canarias entre el turismo –como base de la economía– y la oferta natural de las islas para atraer dicho turismo”.

El autor realiza un repaso general de los espacios naturales canarios (145 espacios que ocupan unas 301.200 ha), recordando los antecedentes que condujeron a la actual situación.

Deberíamos sentirnos orgullosos de vivir en un territorio tan excepcional, en el que más el 40% de su superficie se encuentra bajo protección. Dos islas –Lanzarote y El Hierro– han sido reconocidas internacionalmente como Reserva de la Biosfera; de la red estatal de Parques Nacionales, 12 en concreto, cuatro de ellos se ubican en Canarias: Teide, Caldera de Taburiente, Timanfaya y Garajonay, este último Patrimonio de la Humanidad. La cogestión y cofinanciación, además de la participación de la sociedad, son las claves para el futuro de estos enclaves, representativos de los más emblemáticos ecosistemas que revelan la riqueza natural de nuestras islas. Asimismo las islas cuentan con 27 ZEPAS reconocidas y protegidas a nivel comunitario, y con dos Reservas Marinas de interés pesquero: La Restinga (El Hierro) y la del archipiélago Chinijo en Lanzarote, esta última la más extensa del Estado. Aún así, los espacios protegidos a nivel marino son insuficientes, lo que se aprecia día a día en la disminución de los recursos pesqueros litorales y en la propia degradación del cinturón costero.

Aunque el salto cualitativo haya sido importante, no es menos cierto que urge poner en marcha los planes directores y de uso y gestión de los espacios protegidos, salvaguardarlos a ultranza de la codicia empresarial e incluso acrecentarlos en la medida de lo posible. Sabemos que no es fácil ajustar todas las voluntades, pero Gobierno, Cabildos, Municipios y paisanos deben tomar conciencia de que nos estamos jugando un futuro que es en realidad el presente.

Ejemplo de afecciones a estos espacios los hay, y no son pocos: en Tenerife destaco el pretendido puente en el Barranco del Río (Parque Natural de la Corona Forestal), la reducción de los límites de la Reserva Natural Especial de Chinyero para permitir la ejecución de la vía de circunvalación de la isla por el norte, o el tan denostado tendido eléctrico que desde Granadi-

lla se quiere hacer llegar hasta Guía de Isora, afectando en gran medida a cinco espacios naturales emblemáticos. En Gran Canaria destaca la reducción de los límites del Paisaje Protegido de La Isleta y eliminación del LIC marino situado en su costa para permitir la expansión del Puerto; en Lanzarote el Parque Natural del archipiélago Chinijo tiene problemas con la caza y pesca ilegales; en Fuerteventura conocemos de extracciones de jable en el barranco del Pecenescal (Parque Natural de Jandia), amén del tan traído y llevado problema de Tindaya; en La Palma se están llevando a cabo extracciones mineras en el Monumento Natural de Montaña del Azufre; en La Gomera destaca la construcción de una fábrica de envasados de aguas en Taguluche y la conducción eléctrica que afectan al Espacio Natural Protegido, Monumento Natural del Lomo del Carretón; y en El Hierro se ha autorizado la construcción de una explotación agrícola “experimental” de cultivos tropicales con la destrucción parcial del Lajal de Las Lapillas.

Precisamente, Redondo y Martín-Esquível se ocupan en el capítulo 51 de la *conservación en las áreas protegidas* y la ejecución de medidas precisas que garanticen su preservación: “protección normativa, planificación de acciones de conservación, gestión de las mismas y seguimiento *sine die* (monitoreo)”.

Me quedo con el epílogo, en el que los autores dejan claro lo que acontece con los planes de uso y gestión así como con el necesario seguimiento:

“La conservación de los espacios naturales, bajo una perspectiva moderna se abre camino en Canarias de forma pausada. Sólo en los parques nacionales, con más tradición debido a su mayor antigüedad, están más avanzados en el proceso secuencial de protección, planificación, gestión y monitoreo. En los demás espacios hay una pobre implementación de acciones de gestión y monitoreo, en parte debido a que la administración de las áreas no se está desarrollando de la forma que la normativa vigente establece y, a estas alturas, cuando hace ya varios años que se aprobó la última ley de espacios naturales, aún no se han constituido la inmensa mayoría de las oficinas de gestión de los parques, ni se ha nombrado casi ningún director conservador”.

El hecho de que en la Cumbre de Río (1992) se llegara a la firma del Convenio sobre Diversidad Biológica a nivel planetario, a pesar de las reticencias de algunos países, nos da una idea de la enorme importancia que, al fin, la sociedad humana concede a tan preciado recurso. Hoy día muchos países, bien comunitariamente bien a título individual, han creado y puesto en práctica sus particulares estrategias en materia de biodiversidad. La Unión Europea ha desarrollado la suya y, en 1999, se aprueba la “Estrategia Española para la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica”, siguiendo en gran parte los dictados europeos. Como bien expone Machado (2000): “El creciente y promisorio aprovechamiento de los microor-

ganismos, los sorprendentes avances de la biotecnología y el arsenal de usos potenciales de las especies, abren nuevos horizontes a una sociedad que busca soluciones para sus problemas más acuciantes de bienestar y pervivencia. Algunas soluciones pueden encontrarse en los genes y por eso los genes –y las especies que los atesoran– son un recurso en alza”. El ser humano está revelándose cada vez más como organizador de la diversidad biológica. El es uno de los participantes con mayor éxito en el juego de la vida y cada vez tiene más poder para decidir cuanto tiempo va a querer seguir jugando (Gleich *et al.*, “Las cuentas de la vida”).

Para la conservación de esa diversidad biológica se requiere un buen conocimiento del conjunto de la misma, o sea de los recursos genéticos, de las especies, comunidades y ecosistemas con sus procesos ecológicos esenciales. En ese sentido, Martín-Esquível, Fernández Bisson, y Arechavaleta nos explican el *banco de datos de biodiversidad*, que en Canarias conocemos como “Proyecto Biota”, y que viene a reunir la información clara y actualizada sobre todas las especies marinas y terrestres que actualmente se conocen del archipiélago (base de datos taxonómica). En este capítulo vienen reflejados los seis objetivos primordiales en los que pivota el Proyecto, que además “crea un puente de colaboración entre las instituciones científicas y las administraciones públicas”. Los incentivos a las instituciones científicas revitalizan, como recogen los autores, el oficio de la taxonomía cuyo declive –en mi opinión– se debe principalmente al estancamiento de metodologías y a una larvada campaña de quienes ignoran el alto valor de una disciplina básica que vuelve a encontrarse en alza.

Como recoge el último punto de los objetivos: “Un banco de datos de biodiversidad constituye una herramienta eficaz para la rápida toma de decisiones de conservación y para el diseño de una política de conservación de los recursos naturales coherente y asentada sobre una sólida base de conocimiento”.

Cierra este libro, yo diría que a modo de epílogo, un capítulo en el que subyace el mensaje que se deriva del resto de la obra y que, de alguna u otra manera, todos han venido expresando en el área concreta de su especialidad, *Conservación y desarrollo: el difícil equilibrio* nos vuelve a ilustrar sobre lo que supone un desarrollo desordenado, no armónico o descompensado, rebasando con mucho el crecimiento endógeno basado en los propios recursos que las islas nos ofrecen. No hemos sabido orientar ese desarrollo; aunque algunos conocemos vías alternativas para hacerlo, otros –que tiene la sartén por el mango y el mango también– no permiten el cambio de modelo, pues nuestro sistema económico se mueve bajo la lógica del máximo beneficio privado en el menor tiempo posible. Como argumentan Martín-Esquível y Fernández-Palacios: “Cuando, como ocurre en Canarias, los recursos son valiosos y escasos el riesgo de insostenibilidad es mayor, por lo

que debe ponerse más énfasis en la planificación y en la reglamentación de las actividades que explotan bienes comunes con fines privados”.

Debemos ser capaces de conseguir y mantener un pacto bien aquilatado, estudiado y sin fisuras en torno al **desarrollo sostenible** de Canarias. Todo ello pasa también por mejorar sensiblemente la educación y cultura ciudadana, los patrones de comportamiento sociales y la auténtica solidaridad con las generaciones futuras. Hemos comenzado el nuevo siglo car-

gados de problemas que este libro se encarga de recordarnos, como también nos apunta posibles alternativas para solucionarlos y corregirlos. En un mundo clónico, globalizado, deshumanizado y de profundas transformaciones sociales, tenemos el compromiso de utilizar inteligentemente y con mesura la revolución tecnológica para poner en orden nuestra pequeña “aldea global”: 7.500 km² de vírgenes y promisorias lavas, transformadas a lo largo de millones de años en el más deseado de los paraísos. ¡Qué responsabilidad tan grande! ¡Cuánto de mi vida daría para que Olga –mi nieta– pudiera disfrutarlo!

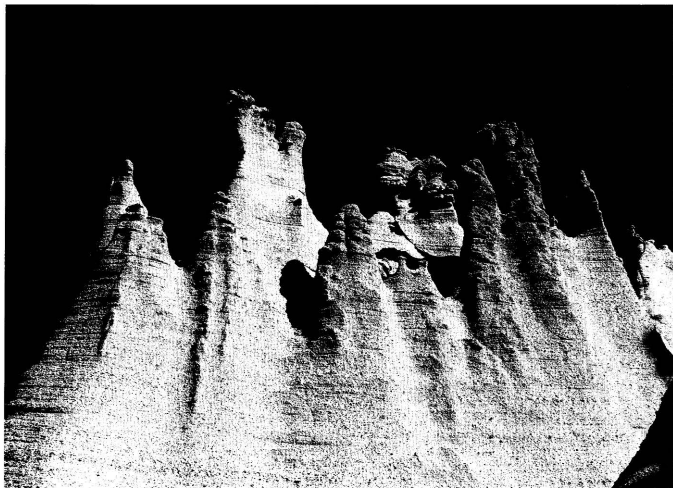


Foto: Fernando Cove
Paisaje Lunar, Tenerife

Introducción

1. Las islas como experimento de laboratorio

José María Fernández-Palacios y José Luis Martín Esquivel





Foto: José Manuel Moreno

Roques de Salmor, El Hierro

Capítulo 1

LAS ISLAS COMO EXPERIMENTO DE LABORATORIO

JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ-PALACIOS y JOSÉ LUIS MARTÍN ESQUIVEL



Pese a constituir sólo el 6 % de la superficie emergida del Planeta, considerando a Groenlandia como isla o apenas el 4 % si no se le considera, el papel de las islas en el avance de determinadas disciplinas científicas como la Biogeografía, la Ecología y la Evolución, ha sido crucial. Desde siempre las peculiaridades de la flora y fauna insulares han llamado la atención de los científicos, naturalistas o, simplemente, de los curiosos. Ello es así porque las islas constituyen un universo mucho más homogéneo que los continentes, de forma que pueden evidenciar fenómenos biológicos con una claridad que sólo se obtiene en tubos de ensayo. De hecho, cada biota insular constituye un experimento en sí misma, en la medida que es la respuesta a una serie de características físicas e históricas inherentes a la isla en la que se encuentra. Es como si la naturaleza hubiera diseñado toda una serie de experimentos y nuestra labor se limitara a analizar dichos resultados (Mayr 1967).

Esta atención de los científicos por las islas se plasma ya tempranamente en 1825 cuando el alemán Leopold von Buch, inspirándose en la flora de las Islas Canarias, postula una primera teoría de especiación geográfica. A mediados del siglo XIX, el británico Joseph Hooker, describe algunas características de la flora de las islas Galápagos, como su empobrecimiento, disarmonía y endemidad, resaltando la importancia de las islas en los estudios evolutivos. Estas mismas islas inspirarán a su colega y amigo Charles Darwin en su obra magna «On the origin of the species», en el que se aboga por primera vez por la evolución basada en la selección del más apto. A la misma conclusión llega su colega y competidor Alfred Russel Wallace, bajo el influjo del archipiélago indonesio, que compendia en su magnífica obra «Island Life» todo el conocimiento, geológico y biológico, que se poseía de las islas en aquel entonces, proponiendo una división de las islas aún no superada.

Tras una primera mitad de siglo no tan fructífera, la década de los sesenta devuelve a las islas su papel protagonista en los estudios biológicos. Por un lado, por la aportación de los norteamericanos Robert McArthur y Edward O. Wilson, con su clásico «The Theory of Island Biogeography» (1967) que supone un nuevo paradigma y que protagonizará durante casi

treinta años los elogios y las críticas de prácticamente todos los trabajos en Biogeografía y Ecología insular. Y por otro, la espléndida obra del norteamericano Sherwin Carlquist con los libros «Island Life» (1967) y «Island Biology» (1974), en los que recopila los conocimientos que se tienen de los seres que habitan las islas, remarcando determinadas tendencias evolutivas que tienden a repetirse.

Con el paso del tiempo, lejos de disminuir, la «nesofilia» se acrecienta entre los científicos, dando lugar un último cuarto de siglo tremendamente prolífico en trabajos relativos a islas. Aun cuando la mayor parte de los conocimientos en ecología insular quedan reflejados en artículos de revistas científicas, algunos autores plasman estos avances en libros, entre los cuales podríamos destacar algunos ya clásicos pese a su juventud, como «Island Biology» de Lack (1976), «Plants and Islands» de Bramwell (1979), «Island Ecology» de Gorman (1979), «Island Ecosystems» de Mueller-Dombois *et al.* (1981) o «Island Populations» de Williamson (1981), a los que se han sumado otros en esta última década como «Oceanic Islands» de Nunn (1994), «Islands, Biological Diversity and Ecosystems function» de Vitousek *et al.* (1995), «Island Evolution» de Grant (1998), «Evolution and speciation of island plants» de Stuessy y Ono (1998) o «Island Biogeography, Ecology, Evolution and Conservation» de Whittaker (1998), que han acabado por dotar al estudio de las islas de un cuerpo literario muy sólido.

CARACTERÍSTICAS QUE HACEN DE LAS ISLAS ESPLÉNDIDOS LABORATORIOS NATURALES

En este contexto cabría preguntarse ¿qué ha llevado a naturalistas y científicos a interesarse tanto por las islas? o más concretamente ¿cuáles son las características que diferencian a las islas de los continentes para hacerlas verdaderos laboratorios ecológicos y evolutivos?; ¿qué determina que los ecosistemas insulares sean más simples que los continentales, poniendo en evidencia procesos de difícil análisis en continentes?, o ¿qué condicionantes bióticos o abióticos disparan los procesos de formación de nuevas especies exclusivas de estas islas? Trataremos brevemente, en los siguientes párrafos, de contestar a estas preguntas.

En primer lugar, las islas constituyen espacios cuyos límites —la línea costera— están perfectamente definidos, trascendiendo a subactividades habituales en los continentes. Además, su tamaño, es muy limitado en comparación con los continentes, especialmente si atendemos sólo a las islas oceánicas, como las Canarias, objeto de este libro. Finalmente, el aislamiento característico de las islas, ya sea transitorio o permanente, ha posibilitado que ocurran en ellas a corto plazo una serie de fenómenos basados en la simplicidad de sus comunidades, al participar menos elementos en ellas que en áreas continentales comparables (efectos ecológicos) y otros, a largo plazo, fundamentados en la imposibilidad que tienen algunas especies, que por eventos azarosos colonizaron las islas, en intercambiar material genético con las poblaciones de origen (efectos evolutivos).

Entre las características propias de las especies insulares cabría considerar la endemización, el relictualismo, la radiación adaptativa, la pérdida del poder de dispersión, la dioecia, el gigantismo, el enanismo, la leñosidad, la pérdida de la capacidad defensiva y la extinción. Por su parte, entre las características propias de las comunidades insulares podríamos incluir la sucesión primaria recurrente, el empobrecimiento, la disarmonía, la relajación ecológica, y la invisibilidad de la comunidad. Un desarrollo breve de estos aspectos generales a todas las islas, requiere de una introducción a la tipología de las islas y a sus procesos de poblamiento.

TIPOS DE ISLAS

dejando al margen las pseudoislas, o zonas que sin ser islas (cimas de montañas separadas por valles, conjunto de lagos en un continente, fragmentos de bosques separados por cultivos, etc.) presentan atributos propios de éstas y por ello también son objeto de estudio de la biogeografía insular, ya en el siglo XIX Wallace propone una división de las islas reales, desde un punto de vista biogeográfico, aún plenamente vigente. Así, divide las islas en oceánicas, aquellas que surgen del mar producto de la actividad volcánica de los fondos marinos, generalmente situadas lejos de los continentes y separadas por grandes profundidades y que poseen una biota caracterizada básicamente por la ausencia de mamíferos —excepto murciélagos—, y en islas continentales, aquellas de materiales graníticos, que se caracterizan por poseer mamíferos en su biota. A su vez, las islas continentales pueden dividirse en recientes, que incluirían aquellas islas incluidas en la plataforma continental, pero separadas en la actualidad de éstos por brazos de mar poco profundos y estrechos y que presentan una fauna prácticamente idéntica a la de su continente más cercano, lo que avaloraría una separación reciente de éste, y antiguas, también llamadas fragmentos continentales, caracterizadas por estar situadas lejos de los continentes pese a su litología granítica, debido a la formación de una dorsal centrooceánica, y con la particularidad de la singularidad de su fauna.

Mientras que las islas continentales recientes han estado separándose y uniéndose consecutivamente a sus respectivos continentes en función de los cambios eustáticos en el nivel del mar debido a las glaciaciones, los fragmentos y las islas oceánicas si poseen un aislamiento secular, del que deriva la singularidad de los seres vivos que las habitan. Las superficies y las edades geológicas de los fragmentos continentales son mayores que la de las islas oceánicas, por lo que los procesos de aislamiento pueden durar muchas decenas de millones de años más, lo que se traduce en tasas muy altas de endemización (superiores al 90 % para la flora Nueva Caledonia, Madagascar o Nueva Zelanda). Las islas oceánicas, por su parte, contrarrestan su menor edad, pues éstas surgen y desaparecen en lapsos de tiempo muy breves tal vez del orden de 10 a 20 millones de años, con un aislamiento mayor que estos fragmentos.

Las Islas Canarias, como tendremos ocasión de ver en capítulos posteriores, son un excelente ejemplo de islas oceánicas, al igual que Islandia, Azores, Madeira y Cabo Verde en el Atlántico Norte, Ascensión, Santa Helena y Tristán da Cunha en el Atlántico Sur, las Mascareñas en el Índico o Hawái y Galápagos en el Pacífico. De islas continentales recientes son buenos ejemplos las Islas Británicas, Tasmania, Terranova, Tierra del Fuego, Sry Lanka, Sumatra, Java o Borneo, mientras que Madagascar, Nueva Zelanda, Nueva Caledonia o Cuba lo son de fragmentos continentales.

EL POBLAMIENTO DE LAS ISLAS

Mientras que las islas continentales, antiguas o modernas, ya poseen una biota propia en el momento de separarse de sus respectivos continentes, la biota de las islas oceánicas es necesariamente el producto de diferentes colonizaciones, bien de los continentes más cercanos o de otras islas emergidas previamente. La capacidad de poblamiento o colonización de una isla o un archipiélago oceánico, va a ser función de determinadas características i) geográficas, propias de las islas y del entorno en el que éstas se encuentran, ii) biológicas, inherentes a los individuos y especies que las han colonizado y iii) ecológicas, relativas a las comunidades insulares que han de ser colonizadas.

En primer lugar, los regímenes eólicos y corrientes marinas existentes en la zona van a condicionar el ritmo de llegada de las diásporas y, casi siempre, su lugar de procedencia. En el caso canario, los vientos Alisios y la corriente fría de Canarias, ambos con componente Noreste, han motivado que nuestra biota nativa comparta muchas especies con la zona mediterránea y sahariana. Además, esta capacidad de poblamiento crece con la superficie, altitud y edad geológica de las islas, al aumentar la probabilidad de llegada de las diásporas, mientras que decrece con la distancia al continente. Ha de tenerse así mismo en cuenta el papel determinante que han podido

jugar en el poblamiento bancos submarinos actualmente sumergidos, pero que constituían puntos de paso *–stepping stones–* en el proceso colonizador. No obstante, es preciso tener en cuenta que la edad geológica de las islas no condiciona necesariamente la antigüedad de la biota endémica que las habita, puesto que éstas han podido servir de último refugio a seres antaño más extensamente distribuidos, denominados paleoendemismos o especies relicticas, como es el caso de los árboles de la laurisilva canaria, o ésta se ha originado en islas actualmente desaparecidas, pero colonizó sucesivamente islas de más reciente formación, como parece ser el caso de parte de la biota hawaiana.

Los determinantes biológicos del poblamiento se centran fundamentalmente en el poder de dispersión de los organismos existentes en el *pool* continental y en el poder de colonización de los que logran arribar a las islas. En primer lugar, únicamente organismos con poder de dispersión a larga distancia, van a ser capaces de atravesar una barrera como la que constituye un brazo de mar. También juegan un papel de primera magnitud el tipo de reproducción del individuo recién llegado, ya que aquellos que posean una reproducción sexual habrán de aguardar la llegada del sexo opuesto, la existencia de mecanismos de reproducción asexual que les permita aguardar esa llegada –como la reproducción vegetativa de las plantas o la partenogénesis de algunos grupos de animales–, una tasa de natalidad adecuada que les posibilite superar rápidamente los efectos de la depresión por endogamia, una estrategia de supervivencia suficientemente amplia como para poder subsistir sin exigir grandes requisitos ambientales, o, finalmente, un importante poder competidor que le permita hacerse un hueco en la comunidad a invadir.

Este poder de colonización por el cual una especie llegada a una isla va a ser capaz de establecer una población autosuficiente va a depender así mismo de una serie de condicionantes ecológicos del lugar de arribada, como serían la existencia de condiciones ambientales adecuadas para sus requerimientos, la presencia, en el caso de las plantas, de vectores de polinización adecuados, la disponibilidad de recursos alimenticios o el grado de saturación o invasibilidad de las comunidades, por citar los más importantes.

CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES INSULARES

Podríamos dividir a las especies continentales que «esperan» la aparición de una nueva isla que colonizar en tres grupos en función de su poder de dispersión. En primer lugar estarían aquellas que carecen de mecanismos de dispersión a larga distancia y consecuentemente, nunca llegarán por sus propios medios a las islas, como ocurre por ejemplo casi todos los grandes mamíferos, a no ser que ya formarían parte de ella en el momento en que ésta se separó en el caso de las islas

continentales. En segundo lugar, estarían aquellas cuyo poder de dispersión a larga distancia les permite llegar, y eventualmente establecerse, sin dificultad, por lo que el resultado habitual, habida cuenta de que se mantendrá el flujo genético entre la población original y la insular, será el de una misma especie con distribución en el continente y en la isla. Este es generalmente el caso de los hongos, musgos, helechos, insectos voladores, aves, muchas plantas vasculares, etc.

A veces ocurre que aún cuando la especie en cuestiónizó en el pasado de una distribución mucho más amplia, por diferentes circunstancias históricas éstas ven en la actualidad restringida su distribución a una o pocas islas. Hablamos entonces de especies relicticas o paleoendemismos. El relictualismo suele ser una característica de muchas especies insulares debido fundamentalmente al efecto atemperador que ejerce el océano sobre el clima, suavizando los cambios derivados de las glaciaciones, y también por la posibilidad que encuentran en las islas de desplazarse altitudinalmente hacia la costa o hacia la cumbre, evitando los rigores de condiciones climáticas inadecuadas. Ello requiere que las islas alcancen una altitud determinada, pero en general los archipiélagos volcánicos suelen contar con islas altas que actuarían de refugio climático.

Finalmente, el tercer grupo de especies, el más interesante desde el punto de vista evolutivo, sería aquél que bien por haber estado ya en las islas en el momento de su formación, –islas continentales– o por haberlas alcanzado por su poder de dispersión gracias a algún evento azaroso –islas oceánicas–, sean incapaces de intercambiar material genético con su población de origen. En este último caso, se va a promover con el paso del tiempo la aparición de una serie de procesos evolutivos tendentes a la creación de nuevas especies derivadas de los ancestros que pudieron llegar a la isla. Estaríamos ante especies recientes o neoendemismos, pues éstas son producto de procesos de especiación ocurridos *in situ*, de manera que se trata de especies exclusivas de un lugar que nunca tuvieron una distribución más amplia en el pasado, y que casi nunca van a tenerla en un futuro.

Un resultado habitual, aunque no el único, de estos procesos de especiación tendente a la creación de neoendemismos es la radiación adaptativa, fenómeno por el cual un ancestro original de carácter generalista que logra colonizar una o varias islas, da lugar a la formación de nuevas especies, de marcado carácter especialista, que explotan nichos ecológicos diferentes en simpatria. Ejemplos espectaculares de radiación pueden ser los pinzones de Darwin de Galápagos, los muelleiros de Hawái, o los peces cíclidos del Lago Malawi.

Además, las especies insulares se caracterizan por presentar una serie de atributos producto de tendencias evolutivas que se repiten de forma constante en las diferentes islas del

Planeta, independientemente de su origen o ubicación física. Un primer atributo muy aparente es el cambio de tamaño que adquieren los organismos insulares frente a sus parientes continentales. Este cambio puede observarse como una tendencia al gigantismo en reptiles (tortugas gigantes de Galápagos y Aldabra, lisa gigante de Cabo Verde, lagartos gigantes de Canarias), aves (moas de Nueva Zelanda, ave elefante de Madagascar, dodos de Mascareñas) y roedores (ratas gigantes de Galápagos y Canarias), o hacia el enanismo en grandes mamíferos (elefantes enanos del Mediterráneo, hipopótamo pigmeo de Madagascar, reno enano de Spitzbergen, mamut enano de Wrangel, etc.). Los insectos sufren ambos tipos de metamorfosis. La causa última de estos cambios de tamaño sigue siendo controvertida, pero se debe a un compromiso entre la relajación ecológica que se experimenta en las islas por un lado y su falta de recursos por otro.

Otro atributo conspicuo de las especies insulares es la pérdida del poder de dispersión, que curiosamente en muchos casos posibilitó a sus ancestros llegar a las islas. Esta pérdida del poder de dispersión se traduce generalmente en aves (cormorán de Galápagos, dodos de Mascareñas, kiwi de Nueva Zelanda) e insectos (coléopteros, etc.) ápteros, o en plantas vasculares con reducción o desaparición total de estructuras dispersoras de semillas (*Bidens* en Polinesia). Tradicionalmente se ha atribuido esta tendencia evolutiva al ahorro energético en estructuras, una vez en las islas, innecesarias, aunque también a un subproducto del gigantismo en los animales alados.

Por último, también ha sido motivo de estudio y discusión el carácter basal o derivado de la tendencia a la lignificación observada en algunas especies vegetales en islas (taginastes y serrajas de Canarias, girasoles arbóreos de Santa Helena). Hoy en día, las evidencias moleculares han dejado claro que este carácter es derivado y por lo tanto otro atributo de las especies insulares. En este caso Carlquist (1974) atribuye esta tendencia al carácter benigno del clima insular, sin estaciones desfavorables para el crecimiento de las plantas.

Finalmente, el destino ineludible de todas especies hacia la extinción, se hace especialmente patente en las insulares. De hecho, hoy sabemos que un 80 % de las extinciones conocidas desde la expansión europea (aprox. desde el año 1600 hasta la actualidad), ha sido de especies insulares, valor que llega a alcanzar el 90 % si sólo se consideran las aves, pese a que las aves insulares sólo constituyen el 20 % del total. Dicho de otra forma, la probabilidad de que una especie insular se extinga es unas 40 veces superior a que lo haga una continental (Quammen 1996). El factor responsable de esta altísima vulnerabilidad es el escaso número y tamaño de las poblaciones de las especies endémicas, generalmente circunscritas a una única isla, cuando no a un único barranco o risco. En estas condiciones cualquier alteración del hábitat, ya sea natural o inducida por la actividad humana, se vuelve insuperable.

CARACTERÍSTICAS DE LAS COMUNIDADES INSULARES

El origen volcánico de muchas islas es el primer factor que condiciona la naturaleza de sus comunidades. Por un lado, éstas serán el resultado de un proceso de poblamiento progresivo que se dispara en el momento de la llegada de la primera diáspora. En este sentido, la destrucción parcial y esterilización de islas ya existentes, como el caso de Krakatoa en 1883, o la emergencia de nuevas islas como producto de la actividad volcánica submarina, caso de Surtsey en 1963, ha permitido abordar seguimientos rigurosos, aún en curso, de cuál es el orden y medio de llegada de las diásporas, así como su procedencia, o de cuáles son la naturaleza y la velocidad de los procesos ecológicos que dan lugar al poblamiento de las nuevas islas, ofreciendo elementos que están permitiendo construir una teoría ecológica al respecto (Fridrikson, 1975, Whittaker *et al.* 1989, Thornton 1995). Por otro lado, la actividad volcánica, al renovar constantemente el territorio insular, da lugar a procesos reiterados de sucesión ecológica, creando un marco inigualable para su estudio, máxime cuando los modernos métodos de datación geológica permiten la reconstrucción de cronosecuencias en las que comparar las variaciones estructurales y en composición de las comunidades con el paso del tiempo.

Como quiera que las reglas que rigen la organización de las comunidades son iguales en continentes que en islas, las comunidades insulares tenderán a repetir el modelo continental más próximo. No obstante, las diferentes capacidades de dispersión de los organismos continentales ante una barrera geográfica de primera magnitud como son los brazos de mar, conduce a que sólo una fracción de los mismos, pueda alcanzar las islas. Este aislamiento tiende por lo tanto a un empobrecimiento de las comunidades insulares—de hecho sabemos que existen menos especies por unidad de superficie en una isla que en el continente—. Esta selección en la dispersión implica que la biota llegada a las islas es únicamente una representación sesgada—constituida por aquellos organismos con poder de dispersión de larga distancia— de la biota continental. Va a ser pues a partir de estos «adrillos» con los que se tendrá que construir el «edificio» del ecosistema insular. Ello va a dar lugar a la formación de ecosistemas incompletos, es decir con nichos vacíos, como ilustra, por ejemplo, la general ausencia de grandes herbívoros y, consecuentemente, carnívoros en las islas oceánicas. Este concepto, que se conoce en biogeografía insular como disarmonía, promueve una serie de procesos ecológicos por parte de los recién llegados, tendientes a ocupar los nichos vacíos existentes, como los cambios de densidad, el cambio de hábitat, o incluso el cambio de dieta, procesos en general conocidos como relajación o liberación ecológica, fruto de la competencia atenuada existente en las islas en comparación con la que estas mismas especies han de soportar en las comunidades continentales.

Las comunidades insulares constituyen finalmente lugares especialmente vulnerables a los efectos de la introducción de especies exóticas, sobre todo cuando estas comunidades han sido alteradas en mayor o menor medida. Por ello son lugares magníficos en los que analizar los mecanismos implicados en la disminución, y eventual extinción, de las especies nativas a manos de las invasoras. Ello es fundamentalmente debido a la limitación del territorio insular que hace que muchas especies endémicas, de marcado carácter especialista, pues están perfectamente adaptadas al entorno en el que crecen, estén constituidas sólo por una o varias poblaciones de pequeño tamaño, y consecuentemente un *pool* genético muy limitado para adaptarse a cambios naturales o inducidos en su medio ambiente.

Dentro de este marco general, el archipiélago objeto del presente estudio presenta una serie de características singulares que le dotan de una personalidad propia en el contexto de las islas oceánicas del Planeta, personalidad que este libro intenta ayudar a reivindicar y divulgar. Sirvan los siguientes párrafos, dirigidos fundamentalmente a los que no hayan visitado nuestras islas, como texto introductorio a los 53 capítulos que conforman este libro, en los que se desgarnará paso a paso las peculiaridades y condicionantes que han dado lugar a una Naturaleza extraordinariamente rica y diversa.

CONTEXTO ECOLÓGICO DE LAS ISLAS CANARIAS

Las Islas Canarias (Fig. 1.1) están localizadas en el sector oriental del Atlántico Norte aproximadamente entre los 27° y 29° de latitud Norte y los 14° y 18° de longitud Oeste.

El archipiélago está constituido por siete islas mayores (de Este a Oeste: Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro), cuatro islas menores (Alegranza, Montaña Clara y La Graciosa, al Norte de Lanzarote, y Lobos al Norte de Fuerteventura), y muchos roques.

A pesar de su origen volcánico común, las Islas Canarias, presentan una gran contraste de condiciones geográficas que les permiten diferenciarse de forma importante (Tabla 1.1). Así tendríamos en primer lugar sus edades, que oscilarán entre los cerca de 20 millones de años que se le atribuyen a Fuerteventura y Lanzarote, a los setecientos mil años de El Hierro y a las pocas decenas de miles de años de los islotes. Asimismo, la preponderancia que en las diferentes islas hayan podido tener los procesos geológicos constructivos (vulcanismo) frente a los destructivos (erosión) durante las últimas centenas de miles de años, introducen otro carácter diferencial, que es traducible en la existencia de islas envejecidas de abrupta topografía (Gran Canaria y La Gomera) frente a islas rejuvenecidas con relieves menos acusados (Lanzarote).

Además, existen importantes diferencias en área (Tenerife es 7 veces mayor que El Hierro y unas 1.700 veces mayor que Montaña Clara) y en altitud (las isletas apenas alcanzan los 300 m, Lanzarote apenas los 600 m, mientras Tenerife es con 3.718 m, tras Hawai y la isla de Ross en la Antártida, la isla volcánica más alta del mundo). Incluso, la distancia al continente (cuatro veces mayor para La Palma que para Fuerteventura —ésta a sólo 95 km de Punta Stafford, Sahara Occidental—) o la profundidad del océano entre las islas (40 m entre Lanzarote y Fuerteventura por cerca de 3.500 m entre Tenerife y Gran Canaria, o La Palma y El Hierro) son asimismo elementos diferenciales a tener en cuenta.

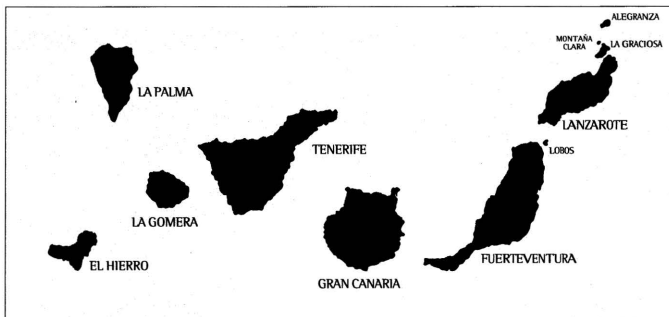


Figura 1.1

Islas Canarias.

Estas características geográficas diferenciales, contrapuestas a la existencia de fenómenos comunes a todas las Islas, como la importante altitud que alcanzan, la presencia de una inversión térmica en altitud en estas latitudes, la incidencia de los vientos Alisios dominantes y de la corriente fría de Canarias, la ocasionalidad de los vientos saharianos o de las tormentas atlánticas, etc. ha propiciado la existencia de una alta variabilidad climática que se traduce en la concurrencia de un número importante de mesoclimas diferentes en el Archipiélago. Podríamos ilustrar esta altísima variabilidad climática atendiendo a la variación que algunos parámetros climáticos como la temperatura, la precipitación, la humedad relativa o la insolación pueden adquirir en las Islas.

Así, en las Islas es posible encontrar rangos de variación térmica muy amplios, como ocurre, por ejemplo en Tenerife en donde la temperatura media anual puede oscilar en menos de 30 km de distancia desde los 22°C de la Punta de la Rasca, en su extremo meridional a los 1 ó 2°C del Pico del Teide, una diferencia, cuyo parangón continental supondría atravesar el continente europeo desde el Cabo Norte en Noruega hasta la isla de Creta en el Mediterráneo. Si atendemos a valores absolutos, de nuevo encontramos una alta variabilidad desde los 48°C de máxima absoluta registrados en Arrecife de Lanzarote a mediados del siglo pasado durante un evento de aire sahariano, hasta los -21°C de temperatura mínima absoluta registrada en Cañada de la Grieta, Tenerife.

Las precipitaciones que se recogen en el Archipiélago tampoco son ajenas a esta variabilidad, y sus montantes anuales pueden oscilar entre los 30 mm registrados en Tefía (Fuerteventura) y los cerca de 1.500 mm que se registran para las

medias a barlovento de La Palma. Incluso en una única isla, como Tenerife, pueden observarse diferencias que oscilan desde los 78 mm de la Punta de la Rasca hasta los 1.200 mm de Aguamansa. Todo ello sin tener en cuenta el fenómeno de la precipitación horizontal, que afecta fundamentalmente a las medianías de barlovento de las islas centrales y occidentales, y aunque cuyo aporte total es aún objeto de controversias, algunos autores afirman que puede llegar a duplicar o incluso triplicar la cantidad de precipitación vertical recogida en dichos lugares.

La humedad relativa y la insolación solar tampoco son ajenas a esta importante variabilidad. La primera puede oscilar en una ascensión de la costa a la cumbre por la vertiente a barlovento desde los 70-75% en la costa, a la saturación (100%) en las medianías bajo el influjo del mar de nubes, hasta alcanzar los 35-40% de las zonas de cumbre. La insolación, por su parte, presenta valores medios anuales cercanos a 8 horas de sol/día para la costa de sotavento y de 6 hs/día para la de barlovento, bajando hasta 4 hs/día para las zonas de medianías en el mar de nubes, para finalmente alcanzar 10 hs/día sobre 12 hs/día posibles en la cumbre de las islas más altas. Este último valor es realmente alto y justifica, junto a la transparencia de nuestra atmósfera, la instalación del observatorio europeo del hemisferio Norte en nuestras islas.

Esta alta variabilidad mesoclimática, junto con el aislamiento de las islas y el paso del tiempo, han dado lugar a una naturaleza excepcionalmente rica y diversa, organizada en forma de ecosistemas únicos, que ha hecho que estas islas hayan sido consideradas fuera de aquí como «continentes en miniatura» y dignas de visita desde el comienzo de las grandes expediciones científicas hasta nuestros días.

Tabla 1.1

Características geográficas de las Islas Canarias ordenadas en orden decreciente de superficie (Fuente: Fernández-Palacios 1999)

Isla	Área (km ²)	Altitud (m)	Perímetro costero (km)	Distancia al continente (km)	Edad (mill. de años)
Tenerife	2.034	3.718	269	284	7,5
Fuerteventura	1.655	807	255	95	20,5
Gran Canaria	1.560	1.948	197	196	14,5
Lanzarote	807	670	203	125	15,5
La Palma	708	2.426	126	416	1,5
La Gomera	370	1.487	87	333	12
El Hierro	269	1.501	95	383	0,8
La Graciosa	27,5	266	28	151	0,04
Alegranza	10,2	289	14	168	0,04
Lobos	4,4	122	9	123	0,05
Montaña Clara	1,3	256	4	159	0,03
Canarias	7.447	3.718	1.291	95	20,5

Singularidades

2. Marco biogeográfico macaronésico
José María Fernández-Palacios y Eduardo Díaz
3. El origen del Archipiélago
Francisco Hernán y Francisco Anguita
4. Estructura geológica
Francisco Hernán
5. Volcanismo reciente y riesgo volcánico
Juan Carlos Carracedo
6. Modelado del relieve
Constantino Criado
7. Las formas de modelado
Constantino Criado
8. El clima
Victoria Marzol
9. Los paisajes vegetales
María Eugenia Arozena y Esher Beltrán Yanes
10. El mar
Ricardo Haroun
11. Los procesos ecológicos
Antonio Machado





Foto: José Manuel Moreno
Montaña Clara

Capítulo 2

MARCO BIOGEOGRÁFICO MACARONÉSICO

JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ DE PASTOR Y EDUARDO DIAS

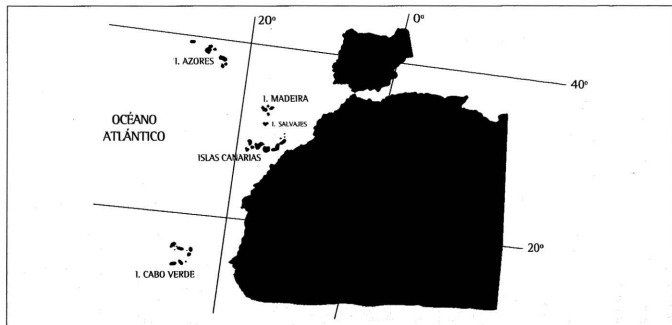


La Biogeografía es la ciencia que estudia la distribución espacial y temporal de los seres vivos, así como las causas que las originan. Entendemos por área de distribución la representación sobre un mapa de las localidades donde ha sido identificado una determinado rango taxonómico (género, especie, variedad, etc.) o ecológico (población, comunidad). Para conocer la distribución de un taxón a lo largo del tiempo, se utilizan los registros fósiles y los escritos, siendo a veces posible la reconstrucción de su trazo espacio-temporal. El establecimiento y comparación de las áreas de distribución de los seres vivos pone de manifiesto ciertas correspondencias en su distribución biogeográfica. Aunque dos áreas nunca son exactamente iguales, si es posible reconocer grupos de taxones de localización geográfica similar. Tales conjuntos de taxones permiten definir territorios biogeográficos (tanto florísticos como faunísticos) cuya jerarquía está basada en el nivel de endemecidad al que corresponde, pudiendo distinguirse, al menos, las siguientes unidades biogeográficas:

- I. *Reinos*, que poseen órdenes endémicos subdivisibles en:
- II. *Regiones*, que poseen familias o géneros endémicos, subdivisibles en:
- III. *Provincias*, que poseen géneros endémicos, subdivisibles en:
- IV. *Sectores*, que poseen especies endémicas subdivisibles en:
- V. *Distritos*, con subespecies endémicas.

CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA MACARONESIA

Desde comienzos del siglo pasado ya se hizo evidente para los naturalistas que nos visitaban el hecho de que el archipiélago canario comparte con otros archipiélagos de la mitad oriental del Atlántico Norte una serie de características geográficas, ambientales e históricas que han dado lugar a la existencia de un número importante de elementos florísticos y faunísticos similares. Ello dio pie a la utilización del término "Macaronesia" acuñado por el botánico británico Philip Barker Webb en 1845 para designar



Mapa de la región biogeográfica macaronésica.

esta región biogeográfica (para los geobotánicos) o subregión (para los zoogeógrafos) que incluiría a los archipiélagos de Azores, Madeira, Salvajes, Canarias y Cabo Verde (Fig. 2.1). Etimológicamente, el término Macaronésia es producto de la unión de los vocablos griegos "makarion" (feliz, afortunado) y "nesoi" (islas, insular), en clara alusión al nombre romano con el que se conocían las Islas Canarias, *Insulae Fortunatae* (Stearn 1973).

Esta región biogeográfica, perteneciente al reino Holártico, incluye una serie de archipiélagos que difieren en latitud, altitud, área, aislamiento y edad (Tabla 2.1). Éstos se distribuyen entre los 14,8° (Brava, Cabo Verde) y los 39,7° (Corvo, Azores) de latitud Norte, por un lado y entre los 13,4° (Roque del Este, Canarias) y los 30,9° (Flores, Azores) de longitud Oeste. La distancia al continente más próximo, es decir su aislamiento, varía entre los 96 km para las Canarias (Fuerteventura-Punta Stafford, Sahara Occidental), hasta los 1.370 km de Azores (San Miguel-Cabo da Rocha, Portugal), obteniéndose valores intermedios para Madeira de 630 km (Porto Santo-Cap Sim, Marruecos) y para Cabo Verde de 570 km (Boa Vista-Cap Vert, Senegal). No obstante, debe tenerse en cuenta que aunque para el resto de los archipiélagos la masa continental coincidiría con su fuente de poblamiento más importante, éste no es el caso de las Azores, pues su fuente primaria ha sido el archipiélago de Madeira, que dista unos 840 km de la isla azoreña más meridional, Santa María. Por otra parte, la isla de Corvo se encuentra a 1.925 km de Cape Race, Terranova, por lo que las Azores en cierta medida equidista de los continentes europeos y norteamericano.

Tabla 2.1

Algunas características geográficas de los archipiélagos macaronésicos.

	Azores	Madeira	Salvajes	Canarias	Cabo Verde
nº islas (> 1 km ²)	9	4	2	11	13
latitud (°N)	37-40	32-33	30	28-29	15-17
área (km ²)	2.388	815	4	7.447	3.580
altitud máxima (m)	2.351	1.846	154	3.718	2.835
aislamiento (km)	1.370	630	388	96	570
edad (mill. de años)	8.1	15	24-27	20.5	10.3

Las Canarias constituyen el archipiélago más extenso (7.447 km²) y elevado (3.718 m en el Pico Teide, Tenerife), aún cuando Azores, (2.351 m en Pico) y Cabo Verde (2.835 m en Fogo) son también considerablemente altos. Por su parte, las Salvajes, espacio natural protegido perteneciente administrativamente a Madeira, son con mucho el archipiélago más pequeño (13 km²), bajo (154 m) y antiguo (27 millones de años, Ma) lo que indicaría que está en las últimas fases de su desmantelamiento erosivo (García-Talavera, 1999).

Todos los archipiélagos tienen un origen volcánico, variando sus edades entre los 27 Ma de las Salvajes, los 20 Ma que se le atribuyen a las islas Canarias más viejas (Coello *et al.* 1992) y los 8 Ma de las Azores (Abdel-Monem *et al.* 1975). El archipiélago de Cabo Verde, tradicionalmente considerado como el más antiguo de la región (debido a la aparición de rocas con 100 Ma de antigüedad en la isla de Maio, que hoy sabemos se formaron bajo el mar por su contenido en fósiles marinos) es probablemente más joven que el canario, considerándose hoy en día que posee una edad entre 8 y 10 Ma (Bernard-Griffiths *et al.* 1975). Finalmente, decir que ha habido vulcanismo subaéreo histórico (últimos 500 años) en Azores (San Miguel, Terceira, San Jorge, Pico y Faial), Canarias (Lanzarote, Tenerife y La Palma) y Cabo Verde (Fogo) (Báez y Sánchez-Pinto 1983).

Por otra parte, el clima de la región dista mucho de ser uniforme, hecho evidente si tenemos en cuenta el amplio rango latitudinal (25°) que ésta abarca. La influencia del cuasi permanente Anticiclón de las Azores, posibilitando la influencia de los vientos Alisios sobre los tres archipiélagos septentrionales, va diluyéndose a medida que nos desplazamos hacia el Sur, en donde comienzan a adquirir relevancia las invasiones de aire sahariano (que inciden puntualmente sobre Madeira y Canarias, pero de forma relevante sobre Cabo Verde), así como el régimen tropical de vientos (monzones), claramente perceptible en las islas de sotavento de Cabo Verde (Maio, Santiago, Fogo y Brava). Consecuentemente, los climodiagramas de diferentes estaciones archipiélagas (Fig.

2.2), permiten observar la transición paulatina de Norte a Sur desde un clima típicamente atlántico en Azores, con la estación de lluvias abarcando prácticamente todo el año, a climas claramente mediterráneos en Madeira y Canarias, con una estación seca en verano, mucho más acentuada en Canarias, hasta llegar a invertirse este régimen en Cabo Verde con la época de lluvias claramente definida en el verano tardío, debido a la incidencia del monzón, y con un invierno seco.

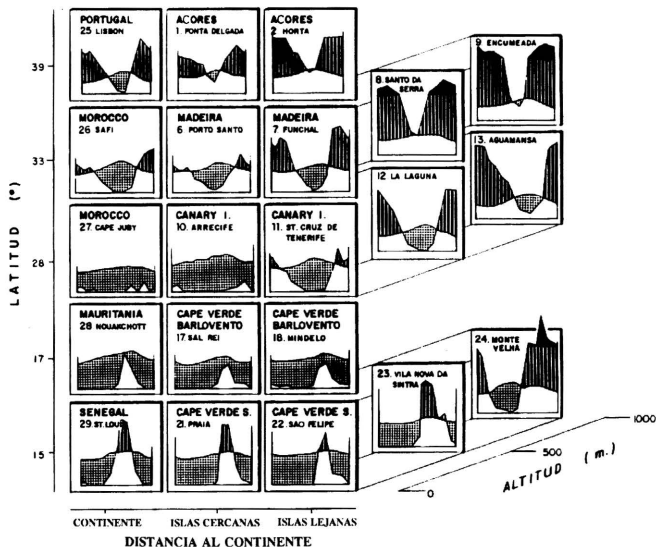


Figura 2.2

Climodiagramas (Walter) de diferentes estaciones meteorológicas de los cuatro archipiélagos y estaciones continentales próximas. Los datos de sus respectivas capitales (todas ciudades costeras) son: Horta, Latitud (L)=38.6°N, Temperatura media anual (T)=17.4°C, Precipitación anual (P)=1.022mm; Funchal, L=32.7°N, T=18.3°C, P=645 mm; Santa Cruz de Tenerife, L=28.3°N, T=20.9°C, P=290 mm y Praia, L=15.0°N, T=24.7°C, P=264 mm (Fuente: Nicolás *et al.* 1989).

MACARONESIA: ¿MITO O REALIDAD?

a entidad de Macaronesia como región biogeográfica es bastante discutida en la actualidad. Aún cuando la inclusión de los archipiélagos mencionados en una misma región biogeográfica fue aceptada de forma general durante más de un siglo, resulta evidente que al menos en lo que a la flora respecta, las relaciones biogeográficas de los archipiélagos son bien diferentes, comprendiendo desde una afinidad eurosiberiana-atlántica para las Azores, mediterránea para Madeira, mediterránea-sahariana para Canarias, hasta finalmente, una relación sahariana-sudanesa para Cabo Verde. Sólo recientemente, se ha resaltado esta heterogeneidad florística (Sunding

1979, Santos 1983, Nicolás *et al.* 1989), cuestionándose su entidad como región biogeográfica (Lobin 1982).

Además, al bloque inicial formado por los archipiélagos, algunos autores (Sunding 1979) incorporaron una estrecha franja del continente africano próxima a las Islas Canarias, denominada enclave macaronésico continental, que se extiende aproximadamente entre Agadir (Marruecos) y Nouadhibou (Mauritania), comprendiendo los valles y *uadis* del Antiatlas marroquí. El reciente descubrimiento de especies arbóreas típicamente macaronésicas como *Laurus azorica* y *Draacaena draco* en el Antiatlas (Santos *com. pers.*) refuerza indudablemente el papel que este enclave pudo jugar en el pobla-

miento de los archipiélagos. En esta misma línea, Kunkel (1993), que incluye en la región la costa del Algarve portugués (aunque de hecho, toda la costa atlántica de Portugal posee enclaves macaronésicos) dando con ello entrada al continente europeo en la región, y subdividiendo ésta, que denomina Gran-Macaronesia, en Lauri-Macaronesia, (Azores, Madeira, Canarias y Algarve, en alusión a la distribución de la laurisilva en los archipiélagos atlánticos) y Cabo Verde. Finalmente, el núcleo de la región lo forman los archipiélagos de Madeira y Canarias, que conforman lo que denomina Macaronesia Central. Lobin (1982), por su parte, propone la segregación de Cabo Verde de la región macaronésica y su inclusión en la región Sahara-síndica del Reino Palearctico, aspecto que Lüpnitz (1995) lleva aún más lejos al proponer la desaparición de la región macaronésica incluyendo también a Canarias en dicho reino (Fig. 2.3).

No obstante, como puede apreciarse, los límites y la validez del concepto Macaronesia continúan en la actualidad poco claros. Si por un lado parecen válidas las tendencias para limitar su ámbito a los tres archipiélagos septentrionales, o incluso exclusivamente a Madeira (con Salvajes) y a Canarias, por otro lado, parece evidente que la inclusión del enclave continental africano no es sostenible, ya que siguiendo el mismo criterio la costa atlántica de la Península Ibérica posee elementos relictuales comunes a Madeira, Canarias y Azores (*Culcita macrocarpa*, *Myrica faya*, *Hedera spp.*, *Rubia agostinhoi*, *Corema album*, etc.) para los que Palhinha (1966) crea la designación de endemismos macaronésico-hispánicos. Incluso, las Azores poseen una fuerte ligazón con ciertas costas noratlánticas europeas, con varios taxones endémicos o vicariantes comunes. Por otra parte, estos grupos de islas fueron pobladas por varias rutas continentales alternativas, noratlánticas, mediterráneas y africanas, muchas de las cuales dejaron de ser funcionales hace bastante tiempo. Sería pues de esperar que los enclaves paleoecológicos a lo largo de esas rutas mantengan especies comunes con estos archipiélagos.

Esta discusión acerca de la entidad biogeográfica de la Macaronesia no es exclusivamente nomenclatural, ya que por encima de todo subyace la intención de dotar de unidad a los archipiélagos involucrados, unidad que está presente pero que se torna difícil de expresar con datos. Ello ocurre porque estos archipiélagos constituyen por encima de toda una unidad biogeográfica funcional: fueron punto de encuentro de diferentes rutas biogeográficas de varias épocas, de las que por el fuerte efecto de insularidad fueron capaces de retener secuencialmente diferentes elementos. Así pues, el fenómeno que dota de unidad biogeográfica a la región macaronésica es el ser un enclave en el tiempo.

De aquí se desprende que difícilmente, con una dispersión geográfica tan amplia, extendiéndose por franjas climáticas tan distintas, puedan existir elementos biológicos comunes (apenas existe entre las plantas vasculares una especie endémica común a todos los archipiélagos, el drago (*Dracaena draco*). De hecho, cuando se analiza las relaciones interinsulares en función de la distribución de la flora en la región, se obtiene un agrupamiento (Fig. 2.4) en el que se puede obser-

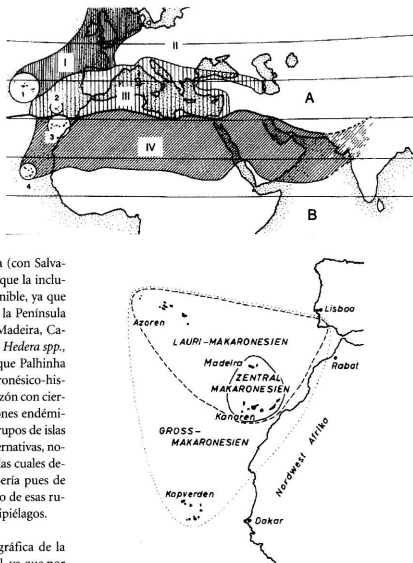


Figura 2.3

Dos aproximaciones alternativas a la adscripción biogeográfica de los archipiélagos atlánticos; el modelo propuesto por Lobin (1982) y Lüpnitz (1995) (arriba) y el propuesto por Kunkel (1993) (abajo). En la figura de arriba los símbolos hacen referencia a:

1. Azores / 2. Madeira / 3. Salvajes, Canarias y enclave continental / 4. Cabo Verde.
- I. Provincia atlántica / II. Otras provincias europeas / III. Región mediterránea / IV. Región saharo-síndica.
- A. Reino Holártico / B. Reino paleotropical.

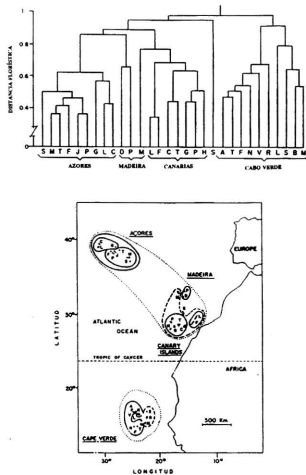


Figura 2.4

Fenograma resultante del análisis de la similitud florística interinsular y cartografiado de las distancias fenéticas sobre el mapa [Fuente: Nicolás *et al.* 1989].

var una estrecha similitud florística entre las islas cercanas de un mismo archipiélago, independientemente de sus diferencias en área y altitud, con la única excepción del archipiélago de Madeira que se quebraja al incorporarse la isla de Madeira a Canarias, y Porto Santo y las Desertas a las Azores. Por otra parte, el archipiélago de Cabo Verde forma una subunidad homogénea y bien diferenciada, mientras que la posición del pequeño archipiélago de las Salvajes no parece realista debido al bajo número de especies que allí se encuentran.

No obstante, cuando los archipiélagos son comparados individualmente entre sí, dejando al margen la oceanidad y dentro de ecosistemas semejantes (ver más adelante), si se encuentran taxones compartidos que solidifican esta semejanza biogeográfica. En todo caso, la estrecha correlación que existe entre la variación florística interinsular y las condiciones climáticas en la Macaronésia (Nicolás *et al.* 1989) parece postular la existencia de un gradiente de variación entre la región Macaronésica y el continente. Así, la actual flora maca-

ronésica es producto de un cambio dinámico con la flora continental, estando en equilibrio con su ambiente y para la cual el efecto selectivo del clima y de la dispersión a larga distancia son los factores primordiales que explican su distribución actual.

Poblamiento:

La aproximación más tradicional a la interpretación del patrón de poblamiento y distribución de la flora y fauna macaronésicas pone énfasis en el papel jugado por las discontinuidades espaciales y temporales (Sunding 1979). No obstante, otros autores (Nicolás *et al.* 1989) argumentan en favor de una aproximación alternativa, basándose en diferentes hechos: las islas macaronésicas son más jóvenes de lo que tradicionalmente se ha considerado por lo que los continentes africano, americano y europeo estaban ya claramente separados cuando las islas emergieron. Además, las limitaciones de la dispersión a larga distancia y de la colonización son probablemente menores a las que se han asumido tradicionalmente, fundamentalmente debido a:

(i) La existencia en nuestro entorno de un conjunto variado de bancos submarinos (Concepción, Dacia, Seine, Ampepe, Gran Meteor, etc.) que han aflorado como islas en la historia reciente, actuando como *stepping stones* que han conectado las islas entre sí y a éstas con los continentes (Palinha 1954, Tavares 1965, Dias 1989, García Talavera, 1999). Estos bancos se distribuyen entre la costa portuguesa y Madeira y Canarias formando una red de puntos colonizables con distancias entre sí que no excederían de 200 km, tramo más fácilmente salvable por aves o plantas con dispersión a larga distancia o por balsas flotantes. No obstante, esta vía no pudo utilizarse para la colonización de Azores y Cabo Verde, en mayor medida desconectados de estos paleoarchipiélagos, lo que tal vez podría ser una primera explicación de su pobreza desproporcionada en relación a los archipiélagos centrales (Dias 1996, Brochmann *et al.* 1997). No deja de ser significativo en la confirmación de esta hipótesis que la mayoría de las plantas llegadas a los cuatro archipiélagos por este corredor tengan una dispersión endozoocora (*Dracaena*, *Laurus*, *Myrsine*, *Viburnum*, *Hedera*, etc.). Este corredor indudablemente habría posibilitado la llegada de los elementos más antiguos, inicialmente a Madeira, y posteriormente a Canarias, que actuarían como centro de aglutinación y redistribución para los archipiélagos más extremos, sufriendo éstos, debido a ello un efecto de doble insularidad (Dias 1996).

A este respecto, los espectaculares avances de estos últimos años en los estudios filogenéticos moleculares, parecen confirmar la existencia de estos corredores interarchipiélagos, con origen tanto en Canarias como en Madeira (auténtico núcleo de la Macaronésia, compartiendo ambos archipiélagos cerca de 40 especies y 8 géneros vegetales endémicos) y que se extenderían hacia el Norte y Sur. Así tendríamos en primer lugar al corredor Madeira - Salvajes - Canarias, separadas 410 km, que explica para la dispersión y posterior evo-

lución de *Argyranthemum* y *Crambe*; así mismo el corredor Canarias - Cabo Verde, separadas 1.300 km, que aunque discutido (Brochmann *et al.* 1997), pudo servir de ruta de dispersión de la mayor parte de los géneros macaronésicos presentes en Cabo Verde con endemismos propios (*Aeonium*, *Echium*, *Sonchus* y tal vez *Lavandula*, *Limonium*, *Lotus* y *Policarpa*) y, finalmente, el corredor Canarias - Madeira - Azores, que pudo posibilitar la dispersión y posterior evolución de *Aeonium*, *Echium*, *Sideritis* y *Sonchus* hasta Madeira, así como de *Achyris* y *Pericallis* hasta Azores (Santos 1999).

(ii) La influencia casi constante de los vientos Alisios y de las corrientes marinas del Golfo y de Canarias. Estos dos últimos vehículos de dispersión, y también de estabilidad climática, dan pie a una de las mayores contradicciones en el poblamiento de la Macaronesia: los dos archipiélagos potencialmente colonizables por dispersión a larga distancia, poseen un número reducido de plantas especializadas en esta dispersión por mar y aire. Una posible explicación de este fenómeno radica en que la corriente de diásporas traídas por estos elementos proceden de mar abierto y no de los continentes próximos, sobrepasando por ello el tiempo de viabilidad para las semillas, considerado por van Steenis (1979) como el que permite recorrer de 200 a 500 km. En las Azores aún presenta alguna importancia este corredor (Días 1997) (*Solidago sempervirens*, *Cakile edentula*, *Spartina vesicolor*), que, sin embargo, está totalmente ausente en los demás grupos de islas.

(iii) La actividad volcánica existente en la mayoría de las islas crea constantemente nuevo territorio en disposición de ser colonizado por especies ya asentadas en las islas o por nuevas especies. Sin embargo, estos fenómenos poseen efectos antagónicos, ya que si bien por un lado surgen nuevos espacios favoreciendo la colonización de nuevas especies o incluso la aceleración de procesos de especiación, por otro lado, ciertas formas de erupciones explosivas a gran escala frecuentes en estos archipiélagos, pueden llegar a extinguir todas o casi todas las especies de una isla.

Por otra parte, la importante proporción de especies mediterráneas que se encuentran en la región macaronésica (Sunding 1979), la similitud existente entre endemismos macaronésicos y especies mediterráneas vicariantes (Humphries 1979) y el descubrimiento de plantas fósiles con características de especies vicariantes macaronésicas y Sudeuropeas, sugieren la existencia de un centro de dispersión Mioceno-Mediterráneo, que rodeaba el Mar de Tetis, y que pudo extenderse a través del Norte de África en el Pleistoceno durante los periodos glaciales. Además, la existencia de especies macaronésicas y vicariantes en el Oeste, Este y Sur de África, sugieren la posibilidad de un centro de dispersión africano tropical, que habría dado lugar en los márgenes del continente a la denominada Randflora (Bramwell 1986, Thiede 1994).

Así pues, podría considerarse que en Macaronesia confluyen cuatro corredores de poblamiento, con llegada a diferentes archipiélagos y con posterior dispersión interna, dependiendo de las disponibilidades ecológicas: i) un corredor Sahara-síndico, muy antiguo con fuertes tendencias xerofíticas que pudo tener como punto de llegada Cabo Verde o Canarias, extendiéndose al archipiélago de Madeira; ii) un corredor Paleo-Mediterráneo Terciario, que llegaba a Madeira a través de *stepping stones*, favoreciendo en la endozoocoria, conectando posteriormente a las Canarias y Azores con una mínima representación en Cabo Verde; iii) un corredor Atlántico-Americano de baja intensidad favorecido por la corriente del Golfo y los vientos del Oeste, afectando a las Azores y de muy baja presencia en los restantes archipiélagos más influidos por las corrientes africanas y, finalmente, iv) un corredor Norte-Atlántico-Siberiano postglacial, dominado por la ectozoocoria, con gran expresión en los ecosistemas húmedos de montaña azoreños (Juncáceas, Cyperáceas, *Sphagnum*), circuncrito a las atlánticas de Madeira y apenas representado en Canarias.

LA ENDEMICIDAD EN LA MACARONESIA

Entendemos por especies endémicas aquellas cuya distribución espacial está restringida a determinadas áreas, bien regiones, archipiélagos, islas o incluso comarcas dentro de éstas. Las islas volcánicas, fundamentalmente por el aislamiento al que se ven sometidas al surgir lejos de los continentes (de hecho, las Canarias son una excepción por su proximidad a la costa sahariana) son fábricas continuadas de especies nuevas o neoendemismos, que presentan una distribución restringida al lugar en el que han surgido o, si acaso, a islas vecinas. Además de esta riqueza en neoendemismos inherente a todas las islas o archipiélagos oceánicos, en Macaronesia concurren las condiciones adecuadas para albergar una rica representación de paleoendemismos, o especies relicticas que estando en la actualidad restringidas a estas áreas poseyeron en el pasado una distribución mucho más amplia, como puede atestiguar el registro fósil, llegando incluso en ocasiones a ser más viejas que las islas en las que actualmente se refugian (caso de los árboles de la laurisilva). Por ello, tal como veremos a continuación, la suma de ambos factores ha posibilitado que el nivel de endemividad en esta región biogeográfica sea importante, destacando en todo caso la radiación espectacular que han desarrollado algunos géneros florísticos (*Aeonium* (38 especies), *Lotus* (32), *Echium* (28), *Argyranthemum* (23), *Sideritis* (26), *Sonchus* (21), *Monanthes* (19), *Limonium* (18), *Satureja* (17), *Euphorbia* (15), *Cheirolophus* (15), *Pericallis* (14), *Achyris* (13) (Hansen y Sunding 1993 y capítulo 21) o faunísticos (*Laparocerus* (>80), *Attalus* (51), *Napaues* (50), *Dysdera* (43), *Hemicycla* (35), *Heger* (23) (ver capítulo 24).

No obstante, este fenómeno de especiación no es constante para toda la región biogeográfica. Mientras que en Madeira y Canarias, en lo que a plantas vasculares compete, el número de neoendemismos es claramente superior al de paleoendemismos, esta relación se invierte para Azores, en donde los neoendemismos están casi ausentes por completo, como se puede verificar al analizar el número de especies endémicas por familia: 29 endemismos aparecen aislados en sus respectivas familias y el número puede aumentar en un 50% cuando se admiten dos especies por familia. En lo que respecta a Cabo Verde, se ha propuesto que la pobreza de su flora endémica actual (65 especies), básicamente neoendemismos, puede atribuirse a su juventud, propiciada por sucesivos procesos de extinción debidos a la desertización provocada por la influencia del Sahara, que no permitió la supervivencia de elementos de floras anteriores que aprovecharan el relajamiento competitivo provocado por las extinciones para diversificarse, como indudablemente ocurrió en Madeira y Canarias, en donde los procesos de desertización, menos drásticos, no acabaron con toda la biota previa (Brochmann *et al.* 1977).

Una forma interesante de analizar la importancia del componente endémico en una isla, archipiélago o región, consiste en calcular el número de especies endémicas existentes por km² de superficie (Malato Beliz 1991) o, tal vez de forma más ilustrativa, su valor inverso (Tabla 2.2). En la región macaronésica, en lo que a plantas vasculares compete, el valor más bajo es el de Madeira (sólo 4,13 km² por especie endémica), mientras que el más alto es el de Cabo Verde (62,04), dentro de un rango delimitado por las islas de Brava (2,72) y Boa Vista (44,29). Para Azores se obtienen valores intermedios (34,01) en donde contrasta el bajísimo valor de

Corvo (0,46) con el de San Miguel (12,21). Finalmente, en Canarias (12,75) los bajísimos valores de La Gomera (1,50) y El Hierro (1,63) están compensados con el de Fuerteventura (15,54).

En conjunto, el área (km²) por endemismo obtenido en Macaronesia (13,83) es similar al de Hawai (14,45) y claramente inferior al de Galápagos (36,04) o Nueva Zelanda (165,64), todos ellos ejemplos clásicos de biotas singulares. Sólo Nueva Caledonia (6,53) posee un valor más bajo que el macaronésico como conjunto, aunque no que el de muchas islas por separado.

LOS ECOSISTEMAS DE LA MACARONESIA

unque apenas quedan restos muy fragmentados de la vegetación natural potencial en los archipiélagos de Azores, donde ha sido sustituida sobre todo por plantaciones de *Criptomeria japonica* y de pastizales para el ganado vacuno, o en Cabo Verde donde la desertificación junto a la introducción de exóticas (como *Lantana camara* o *Furcraea foetida*) han transformado por completo los paisajes originales, aún se puede intuir a grandes rasgos cual puede haber sido la distribución altitudinal de los diferentes ecosistemas zonales, es decir, aquellos con una distribución costa-cumbre.

Estos van a ser simultáneamente reflejo de unas condiciones ambientales características, en gran medida exclusivas de cada archipiélago, incluso de cada isla y de un pasado biogeográfico en cierta medida similar. El resultado posibilita que muchos de estos ecosistemas, aunque con características estructurales y funcionales propias, compartan sin embargo

Tabla 2.2

Área y número de endemismos vegetales (plantas vasculares), así como sus razones, para algunos territorios característicos (Fuentes diversas).

Región	área (km ²)	nº de especies endémicas	sp. endémicas / km ²	km ² por endemismo
Azores	2.344	69	0,029	34,01
Madeira	814	197	0,242	4,13
Canarias	7.447	584	0,078	12,75
Cabo Verde	4.033	65	0,016	62,04
Macaronesia	14.638	1.058	0,072	13,83
Hawai	16.615	1.150	0,069	14,45
Galápagos	7.856	218	0,028	36,04
Nueva Zelanda	268.000	1.618	0,006	165,64
Nueva Caledonia	16.330	2.500	0,153	6,53
Baleares	5.010	156	0,031	32,11
Córcega	8.750	279	0,032	31,36
Islas Británicas	308.000	17	0,001	18.117,65
Península Ibérica	582.000	986	0,002	590,26

muchas de las especies dominantes, o cuando ello no ocurre, lo hagan especies vicariantes. Su distribución altitudinal, no obstante, no puede sustraerse a la importante variación latitudinal existente (25°), de manera que no existe un modelo único de zonación ecológica, caracterizándose cada archipiélago por poseer uno propio.

La escasez en disponibilidad hídrica de las costas madeirenses, que se hace especialmente intensa en las costas canarias y sobre todo en las caboverdianas, posibilitan el desarrollo de versiones emparentadas de un matorral costero de carácter subdesértico y dominados por endemismos archipiélagos del género *Euphorbia* (*E. piscatoria* en Madeira, *E. anacoreta* en Salvajes, *E. balsamifera*, *E. obtusifolia* y *E. regis jubae* en Canarias o *E. tukeyana* en Cabo Verde). Este es, por su escasa altitud, el único ecosistema presente en las Salvajes. Aunque en Azores la disponibilidad hídrica no admite una versión predesértica del matorral costero, si se podría hablar de una versión atlántica de arbustos xero-mesofíticos con *Corema*, *Erica* o, incluso *Myrica*, además de especies suculentas como *Spergularia*, *Folpis*, *Crithmum* o *Plantago*.

Por otra parte, los bosques termófilos puntualmente representados en Azores (con *Dracaena* y *Picconia*), están extensamente presentes en los otros archipiélagos, en donde son comunes una serie de especies arbustivas de diferente origen, como *Olea*, *Dracaena* o *Sideroxylon* (*S. mirmulans* en Madeira, *S. canariensis* en Canarias o *S. marginata* en Cabo Verde). Canarias y Cabo Verde también comparten la vegetación de cauces de barrancos con *Tamarix* y *Phoenix*.

Una parte muy importante de las relaciones existentes entre los archipiélagos de Azores, Madeira y Canarias descansa indudablemente en la distribución en todas ellas del ecosistema por el que la región es más conocida: la laurisilva.

Originalmente distribuida en los bordes del Mar de Tetis, una serie de eventos climáticos (glaciaciones, desertización del Sahara, vaciamiento del Mediterráneo) motivó el desplazamiento paulatino de sus especies constituyentes hacia las islas atlánticas, que aún cuando no estuvieron completamente al margen de la influencia de tales eventos, indudablemente su ocurrir fue mucho más atenuado por el efecto atemperador del océano y por la posibilidad de la migración altitudinal en el seno de cada isla. Entre las especies arbóreas que alcanzaron las islas, sólo una fracción de las presentes en los bosques originales, mucho más diversos, pueden llegar a contabilizarse cerca de una treintena entre los tres archipiélagos septentrionales (Santos 1990) de las cuales varias son compartidas a nivel específico como *Laurus*, *Myrica*, *Ilex* y *Prunus*. Por su parte, Cabo Verde, al menos durante el Cuaternario, ha carecido de formaciones forestales pues la escasa altura de sus cumbres (con la excepción de Fogo) no les posibilitan un refugio frente a las prolongadas sequías (Brochmann et al. 1997).

Finalmente, frente a este panorama integrador, los ecosistemas de cumbre de los diferentes archipiélagos se caracterizan por ser exclusivos, no compartidos entre sí, posible reflejo de unas condiciones ambientales muy particulares, amén de un importante efecto de filtro en la dispersión, pues no en vano las cumbres son islas dentro de islas. Estos incluyen las turberas y cimbrales (con *Sphagnum spp.* y *Juniperus brevifolia* como especies dominantes) sólo posibles en las Azores y en la cumbre de Madeira (en esta última transformados en la actualidad en pastizales) gracias a la elevada precipitación existente; los brezales azoreños y madeirenses (con *Daboecia* y *Erica*), los pinares y los matorrales de leguminosas canarios (dominados por *Pinus* y *Spartocytisus*, respectivamente) o las estepas de gramíneas de Cabo Verde (con *Hyparhenia* y *Cenchrus*) (Santos 1983).

Capítulo 3

EL ORIGEN DEL ARCHIPIÉLAGO

FRANCISCO HERNÁNDEZ Y FRANCISCO ANGUIITA



No existe acuerdo unánime sobre el origen de Canarias por no disponerse de un modelo coherente con todos los datos existentes (geoquímicos, geofísicos, tectónicos, geocronológicos etc.). En una primera aproximación podríamos establecer dos grandes grupos de modelos entre los propuestos en las últimas décadas, por tanto, todos ellos enmarcados en el esquema de Tectónica Global o de Placas:

- 1) los que inciden en el papel preponderante de un penacho o pluma térmica del manto ignorando la tectónica regional, prescindiendo de ella, o, en el mejor de los casos, interpretándola como una consecuencia del magmatismo.
- 2) los que confieren a la tectónica un papel determinante, si no como responsable directa y única del magmatismo canario, sí, al menos, admitiendo que ésta ha sido clave en su control espacial y temporal.

MODELOS DE PLUMA TÉRMICA Y DERIVADOS MODELO CLÁSICO DE PLUMA TÉRMICA (HOTSPOT)

Los modelos del primer grupo se basan en la idea clásica de *hotspot* o punto caliente de Wilson propuesta para Hawái y de pluma térmica enraizada en la base del manto de Morgan (1971) quien incluyó a Canarias entre los archipiélagos formados según este modelo. El ascenso, a modo de columna o pluma, de material caliente del manto ocasionaría, ya en la astenosfera, fundidos que al surgir atravesando la litosfera móvil irían necesariamente dejando una traza volcánica lineal con edad creciente desde uno a otro de sus extremos. En el caso de las Islas Canarias al producirse bajo la placa litosférica africana, desplazándose hacia el Este, se formaría un *hotspot* en la superficie o reguero de islas progresivamente más jóvenes hacia el Oeste. Este modelo general se ha visto modificado en su aplicación a Canarias al no encajar con muchas de las observaciones geológicas locales destacadas por Anguita y Hernán (1975), concretamente: la falta de regularidad en el decrecimiento de las edades de Este a Oeste, la existencia de actividad volcánica reciente en ambos extremos del archipiélago (Lanzarote y La Palma) y, particularmente, el registro de hiatos o periodos de inactividad dilatados (de varios

millones de años) en algunas islas. En relación con estos aspectos, ¿cómo se entendería que La Gomera, una isla situada al Oeste de la cadena, no haya registrado actividad en los últimos 2,8 Ma y todas las situadas al Este de ella, presenten actividad reciente, en algún caso, incluso abundante? Posteriormente se señalaron nuevos inconvenientes a la hora de aplicar este modelo a Canarias, tales son la larga vida del volcanismo canario, su baja productividad y la gran variedad geoquímica que contrastan con las características del volcanismo hawaiano.

MODELO DE BLOB O DE PLUMA INCLINADA E INTERMITENTE

Para explicar las peculiaridades y resolver los inconvenientes antes señalados surge el modelo de *blob* (ampolla o burbuja) de Hoernle y Schmincke (1993) que constituye una sofisticación del modelo clásico de pluma térmica. Propone que el conducto o zona de ascenso de material caliente —es decir, la pluma sobre la que se asienta el punto caliente canario—, se encuentra inclinado y actúa de forma intermitente. La inclinación es hacia el Este, en la dirección del desplazamiento de la placa africana (nueva diferencia con Hawái donde la pluma se inclina en sentido contrario al del movimiento de la placa pacífica). Se ampliaría debido a esto el área activa en superficie (hasta más de 600 km de largo y 200 km de ancho). La intermitencia del volcanismo es explicada por el ascenso de ampollas de material más caliente y menos denso que el material circundante del manto (Fig. 3.1). Los ciclos o fases de actividad se producirían al llegar una de estas ampollas a la zona de la astenosfera, ya cerca de la base de la litosfera bajo cada isla, donde tiene lugar su fusión, mientras que un hiato, se iniciaría al agotarse la ampolla y duraría hasta la llegada de la siguiente que reiniciaría el volcanismo. Su tamaño (en general menos de 100 km de diámetro) sería responsable de la duración, del volumen total de materiales expulsados y de las tasas eruptivas de cada ciclo. También el tamaño de cada ampolla y, particularmente, la zona de ésta a partir de la cual se están generando magmas condicionarán su composición. Si se trata de la zona de borde de una ampolla los fundidos serán subsaturados en sílice, mientras que si es ya la zona de su núcleo más caliente, donde se alcanza un grado mayor de fusión parcial, los fundidos serán más saturados.

Sin embargo, este acomodación del modelo de pluma para Canarias, además de no explicar por qué el conducto inclina buza de modo contrario a como lo hace en Hawái deja sin resolver otros aspectos que se comentan más adelante.

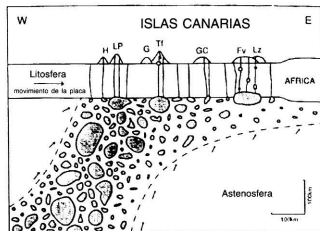


Figura 3.1

Modelo de *blob* o ascenso de ampollas de material mantélico profundo, de Hoernle y Schmincke (1993).

El modelo aún más reciente de Oyarzun *et al.* (1997) de *rolling hinge* o de la bisagra, es también una variante de pluma térmica, en este caso, de gran duración y extensión. Su inicio se sitúa ya en el Triásico-Jurásico y, por tanto, se supone efectivo al comienzo de la apertura del Atlántico. Localizada en un punto triple se caracterizaría en esta primera etapa por un magmatismo toleítico. Luego, en el Cretácico se tornaría alcalino y se canalizaría en dirección NNE, emitiendo un vector sublitosférico que desde la zona de Cabo Verde y Canarias -donde tiene lugar el ascenso de material profundo del manto- se prolongaría hasta el norte de Europa, más allá del Macizo de Bohemia. Sus autores incluyen, pues, en esta pluma mantélica en forma de bisagra el volcanismo de la Península Ibérica (Campos de Calatrava y Olot), de los macizos Central Francés y Renano, y del Graben del Rin (Fig. 3.2). Sin embargo, debe decirse que este modelo concede un cierto papel a la tectónica ya que todos los puntos donde la bisagra se hace fértil, es decir, donde hay manifestación de volcanismo, son posibles por la presencia de sistemas de *rift* que permiten la salida del magma a superficie. En cierto modo, esta hipótesis es una modificación y actualización del modelo de *rift* local canario de Fúster (1975) y ambos se basan en la existencia de densos enjambres lineales de diques inyectados en un régimen tensional durante la fase submarina de crecimiento de las islas. Dos son la objeciones principales a estos modelos de *rift*, la primera es que el suelo oceánico es de edad jurásica y no ha sido rejuvenecido posteriormente, y la segunda es que las direcciones principales de los enjambres de diques es muy distinta en cada isla.

Casi coincidiendo en el tiempo con este último, Carracedo *et al.* (1998) han vuelto a defender el modelo de pluma en su concepción clásica, pero situándola bajo las islas más occidentales, con lo que se mantienen todas las objeciones señaladas anteriormente.

Teniendo en cuenta los numerosos y variados inconvenientes que siempre han presentado los modelos de pluma mantélica, se entiende que algunos investigadores hayan defendido modelos alternativos.

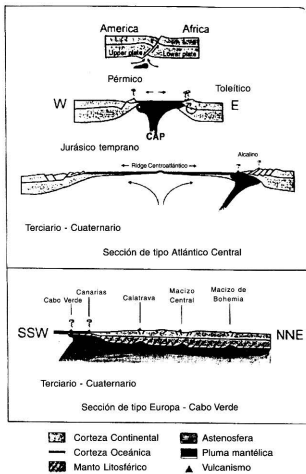


Figura 3.2

Modelo de *rolling hinge* o bisagra, una pluma mantélica que emite una prolongación o vector sublitosférico en dirección NE, de Oyarzun *et al.* (1997).

MODELOS BASADOS EN LA TECTÓNICA

El segundo grupo de hipótesis se caracteriza, como ya se dijo, por considerar las directrices estructurales regionales a favor de las cuales se ha abierto paso el volcanismo canario. Éstas se establecieron teniendo en cuenta la existencia de:

- ▶ grandes fracturas o zonas de debilidad deducidas por métodos geofísicos
- ▶ direcciones dominantes de enjambres lineales de diques
- ▶ alineaciones principales de centros de emisión
- ▶ fracturas directamente observadas sobre el terreno o deducidas
- ▶ alineaciones de varias islas

A partir del conjunto de observaciones se seleccionaron como directrices estructurales principales más fiables aquellas que se podían confirmar por dos o más alineaciones, como por ejemplo la directriz NNE-SSO deducida por la alineación de las islas de Lanzarote y Fuerteventura y por la dirección dominante de los diques del complejo basal de esta última isla (Fig. 3.3). Así se identificaron directrices estructurales «atlánticas», es decir, en conexión con la apertura del Atlántico o heredadas de ese momento, y directrices estructurales «africanas», relacionadas con la tectónica vecina del nordeste de África. Numerosos autores han defendido en algún momento la génesis del volcanismo canario como relacionada con uno u otro de estos entornos tectónicos, o con ambos. Podemos destacar dos modelos fundamentales: el de la fractura propagante y el de acortamiento y engrosamiento cortical por tectónica de bloques.

MODELO DE LA FRACTURA PROPAGANTE

El modelo de Anguita y Hernán (1975) presentaba como idea alternativa para explicar a grandes rasgos las edades decrecientes en sentido Este-Oeste del volcanismo, la propagación del magmatismo a favor de una fractura desde el continente,

concretamente desde la falla de régimen transcurrente y tensional del sur del Atlas. El proceso de fracturación se habría repetido en el tiempo extendiéndose a impulsos hacia el océano. El modelo establecía, además, que a cada impulso orogénico registrado en el Atlas sucedía una fase o gran ciclo magmático en Canarias (Fig. 3.3). La dirección de propagación de la fractura se ajusta aproximadamente a la de expansión del fondo oceánico y coincide con las directrices estructurales de las islas occidentales y centrales, mientras que las directrices estructurales de las islas orientales resultan ser paralelas a estructuras tectónicas existentes en el NO de África de edad Hercínica reactivadas posteriormente. La única prueba seria que se esgrimió en contra, fue el hecho de que la exploración sísmica no registró fracturación submarina en la zona intermedia entre el continente y las Islas Canarias pero tampoco consiguió explicar bien la existencia de bloques insulares levantados.

MODELO DE ASCENSO DE BLOQUES

Araña y Ortiz (1991) propusieron un modelo que relaciona el volcanismo submarino pre-terciario, primero con la apertura del *rift* meso-Atlántico y más tarde con la actividad esporádica de fracturas profundas. La baja velocidad, casi nula según algún autor, de la placa africana en este sector noroccidental habría producido una gran compresión en el área durante el Terciario debido al empuje y a la creación de nueva litosfera en el *rift*. Esta compresión máxima sería la causa del levantamiento de bloques, previamente individualizados en la zona de Canarias, a consecuencia del cual se produciría un acortamiento de la corteza de unos 40 km (Fig. 3.4). El acortamiento

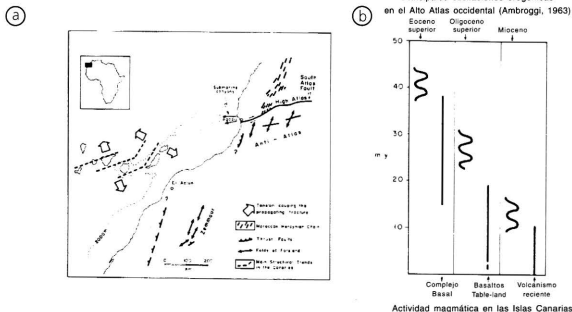


Figura 3.3

Modelo de fractura propagante, una propagación a impulsos hacia el océano de la Falla del Sur del Atlas, de Anguita y Hernán (1975). a) Directrices estructurales atlánticas. b) Actividad magmática en Canarias.

to tiene lugar donde se emparejan fallas transformantes (paralelas a los sistemas de fracturas transoceánicas) y fallas inversas (paralelas a las cuencas del borde africano y al *rift* meso-oceánico). El ascenso de los bloques originaria tensión en la base de la litosfera y descompresión a mayor profundidad, desencadenando así la generación de magmas, cuya erupción se produciría a favor de los mismos sistemas de fracturas que determinaron el ascenso de los bloques. Las islas se construyen, según este esquema, sobre los bloques ya levantados o coincidiendo con su levantamiento.

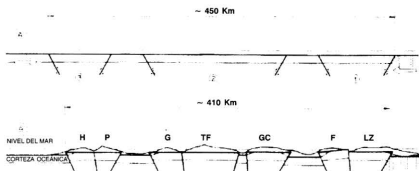


Figura 3.4

Modelo de acortamiento cortical por ascenso tectónico de bloques, de Araña y Ortiz (1991).

Para explicar un volcanismo tan intenso en un régimen esencialmente compresivo como el propuesto, se sugería que los ciclos volcánicos coincidían con alteraciones esporádicas en la expansión del fondo oceánico produciendo una dinámica tensional que habría alterado momentáneamente el marco compresivo general de la zona. Sin embargo, éste es el aspecto menos convincente del modelo (la coincidencia del magmatismo con períodos esencialmente compresivos). No se llegaba a precisar, tampoco, cuando tuvieron lugar estas alteraciones, ni la secuencia o el ritmo de ascenso de los bloques.

Hasta aquí, podía valorarse que todas las hipótesis comentadas presentaban aspectos interesantes y que todas, también, suponían un avance en el entendimiento de la génesis de las Islas Canarias, sin embargo, como se ha visto, dejaban rasgos importantes del volcanismo canario no bien explicados por ninguna de ellas. Esto, unido a la acumulación de nuevos datos de diversa índole obtenidos en los últimos años, ha llevado a Anguita y Hernán (2000) a elaborar un modelo unificador que integra aspectos de las principales hipótesis existentes: la pluma del manto, la fractura propagante y los bloques levantados.

MODELO UNIFICADOR

Este modelo tiene en cuenta los siguientes datos recientes:

- Los datos geofísicos, que convierten aún más en excepcional a la hipotética pluma térmica canaria. En Canarias no existe la intumescencia topográfica (batimétrica) ni tampoco la gravimétrica que sí se encuentran en otras supuestas plumas (por ejemplo en Cabo Verde). Además, aunque algunos cálculos del espesor elástico de la placa en la zona de Canarias podrían ser compatibles con un posible recalentamiento de la litosfera por una pluma (sólo 20 km según Watts 1994), otros resultan claramente incompatibles (48 km según Filmer y McNutt 1989 ó 35 km según Dañobeitia *et al.* 1994) lo que muestran es una litosfera fría no perturbada. Por otra parte, los estudios tomográficos del interior, tanto globales como regionales, no detectan una zona de material caliente específicamente restringida a Canarias; lo que pone de manifiesto (Hoernle *et al.* 1995) que es una anomalía en el manto en forma de una extensa capa de pluma enraizada, que incluye parte del noroeste de África y parte de Europa occidental y central.
- Los datos isotópicos de Sr-Nd-Pb aportados por diferentes autores, que indican que los magmas de las Islas Canarias son de procedencia muy diversa: manto primitivo, manto enriquecido y manto empobrecido astenosférico. Además, en contra de lo que algunos autores han querido interpretar, las relaciones He^3/He^4 y Sr^{87}/Sr^{86} , que se encuentran en el límite o son demasiado bajas para ser asignadas a una pluma.
- Los rasgos tectónicos en las islas, que son innegables. Por ejemplo, la presencia en la fase de crecimiento submarina de Fuerteventura de una secuencia plegada e invertida, zonas de cizalla dúctil y la inyección de un enjambre lineal de diques que requiere una enorme dilatación, sugieren la existencia de una sucesión de esfuerzos regionales compresivos transcurentes y de distensión. Tampoco está ausente la tectónica en el suelo oceánico de los alrededores de las islas. Por ejemplo, el desplazamiento de más de 80 km de la alineación magnética situada al Este de Lanzarote, o la identificación (Banda *et al.* 1992, ver capítulo 5) entre Tenerife y Gran Canaria de una falla de unos 50 km de longitud en parte transcurrente igual a las que se identifican en el vecino Atlas, son trazas claras de su pre-

sencia.

- Finalmente, la geología de el Atlas, que está ahora mucho mejor estudiada. Su mayor conocimiento ha puesto de manifiesto la presencia de un volcanismo importante, sobre todo en el Medio Atlas y en el Antiatlás, con características composicionales muy semejantes al de las Islas Canarias. Lo más sorprendente es que hasta tipos rocosos muy peculiares como las carbonatitas o las comenditas están presentes tanto en las islas como en el continente. No menos importante es el parecido en lo que se refiere a la tectónica, que es también muy semejante en el tipo de esfuerzos que a la han generado y coincide en edad con la observada en Canarias.

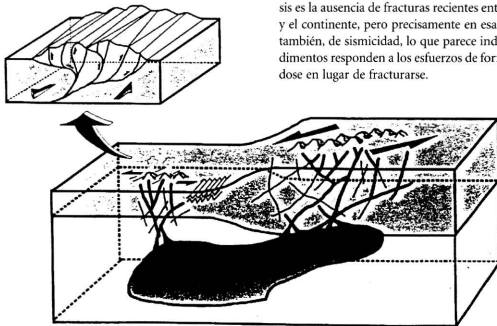
El modelo unificador recientemente presentado propone que la anomalía térmica en forma de capa no enraizada, detectada por Hoernle *et al.* (1995) no sólo bajo las Islas Canarias, sino bajo el Atlas y una zona mucho más extensa antes señalada, es la manifestación residual de una pluma fósil, que fue activa desde el Triásico y participó en la apertura del Atlántico pero de la que no queda más que un residuo sublitósferico en forma de capa. La idea de pluma fósil la avanzaron Wigger *et al.* (1992) para el Atlas. Este modelo establece, también, una conexión entre el volcanismo de las Islas Canarias y el de el Atlas basada en el hecho de que ambas regiones presentan los mismos tipos de estructuras tectónicas y los mismos tipos de rocas volcánicas (Fig. 3.5). Se mantiene la idea de alternancia de períodos de magmatismo en las islas y de compresión en el Atlas, es decir, las fracturas actúan como vías

que dan salida al magma en los períodos de distensión pero, ahora, se propone que son las responsables de la elevación de las islas en los de compresión al producirse estructuras en flor en régimen transpresivo. Las estructuras en flor son, en opinión de diversos investigadores que han trabajado en el continente vecino, las responsables de la elevación de la cordillera atlásica. El Atlas se inició como un brazo de rift abortado heredado de la apertura del Atlántico, pero su elevación tuvo lugar al transformarse las fallas tensionales de tipo rift jurásicas en cizallas y engrosarse y acortarse la corteza a partir ya, posiblemente, desde el Cretácico. Las estructuras en flor son identificadas también en el fondo oceánico de Canarias.

CONCLUSIÓN

El modelo unificador, de alguna forma, establece un cierto acuerdo entre los modelos principales. Del modelo de pluma acepta que el magmatismo tiene ese origen último pero al ser en la actualidad residual la pluma y haberse desenraizado ya del manto no conserva los rasgos geofísicos y geoquímicos característicos de las plumas. Con el modelo de fractura propagante coincide en asignar un papel determinante a la tectónica en el volcanismo, ya que la anomalía térmica será drenada sólo cuando y donde se produce la fracturación. El acuerdo con el modelo de ascenso de bloques se logra al admitir la existencia de levantamiento, si bien, en un régimen de esfuerzos distinto, no meramente compresivo, sino transpresivo, semejante al observado en el Atlas.

La única dificultad que podría encontrar la nueva hipótesis es la ausencia de fracturas recientes entre las Islas Canarias y el continente, pero precisamente en esa zona hay ausencia, también, de sismicidad, lo que parece indicar que ahí, los sedimentos responden a los esfuerzos de forma plástica, plegándose en lugar de fracturarse.



Esquema resumen del modelo unificador sobre el origen de las Islas Canarias de Anguita y Hernán (2000).

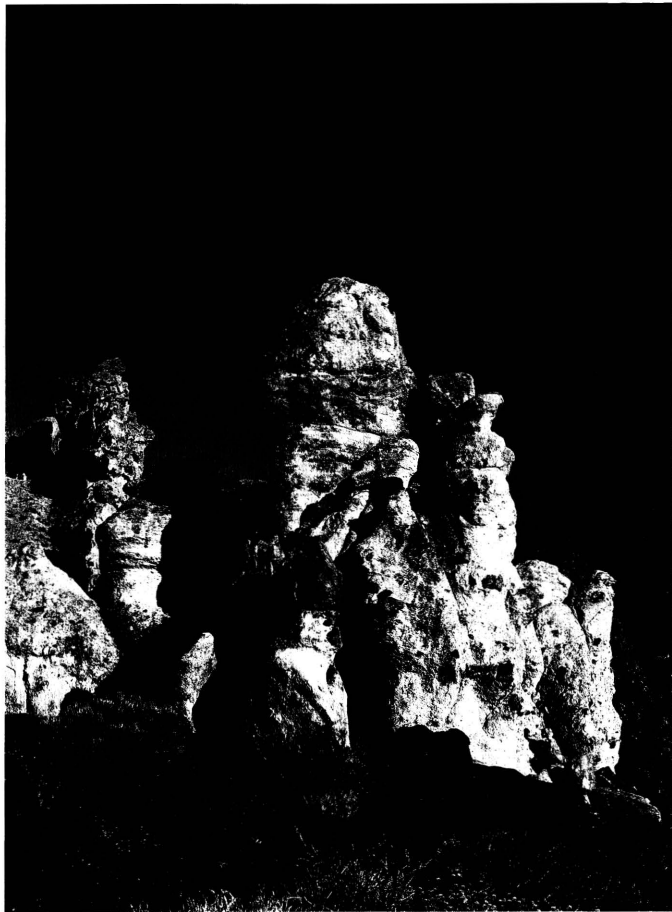


Foto: Fernando Cova
Roques de García, Parque Nacional del Teide, Tenerife

Capítulo 4

ESTRUCTURA GEOLÓGICA

FRANCISCO HERNÁN



Las Islas Canarias constituyen, por el volumen de materiales emitidos durante su formación y por la duración de su actividad volcánica, uno de los archipiélagos más importantes entre los localizados en el Océano Atlántico. Esta última, en algún caso, teniendo incluso solamente en cuenta el episodio subaéreo desde que comienza a surgir la isla, se prolonga durante más de 20 millones de años. Por ello han atraído la curiosidad de los geólogos y en general de los profesionales dedicados al estudio de las Ciencias de La Tierra desde hace unos 150 años. No es exagerado decir que se trata de uno de los archipiélagos más estudiados y también uno de los más complejos.

Una de sus particularidades es la de encontrarse situadas a 96 km del margen continental africano, en un borde de placa de los considerados como de tipo «pasivo» y, por tanto, no ribeteado por un cinturón sísmico y volcánico como el existente a lo largo del borde del Pacífico que constituye el mejor ejemplo de borde «activo». El volcanismo canario es, pues, un

rasgo excepcional y puntual, aunque no único; se encuentra también en las islas de Madeira y Cabo Verde, en la vecindad del margen noroccidental de África (ver capítulo 2).

En relación con la naturaleza del fondo sobre el que se asienta el archipiélago, la antigua polémica sobre el posible carácter continental de la corteza existente bajo las islas orientales parece definitivamente cerrada. Banda *et al.* (1981) reforzaron la idea previa de individualidad del substrato submarino al encontrar diferentes valores de profundidad de la discontinuidad de Mohorovicic (que separa la corteza del manto) bajo cada una de las islas orientales. Estos valores, menores a los que hasta entonces se conocían son compatibles con espesores de corteza oceánica. Sin embargo, sigue admitiéndose que bajo las islas más orientales pueda tener un cierto carácter transicional. Por otra parte, a partir de las alineaciones magnéticas impresas en el fondo oceánico, se sabe que la edad de éste en las proximidades de Canarias está en torno a los 160-175 Ma, es decir Jurásico Medio (Fig.4.1).

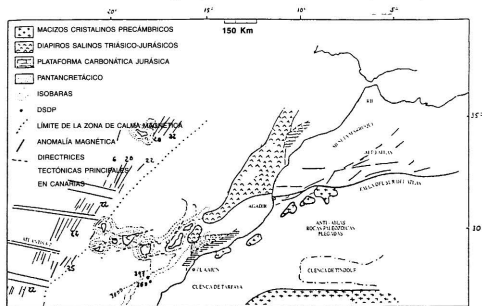


Figura 4.1

Marco geotectónico de las Islas Canarias.

Pero la verdadera construcción de las islas tuvo lugar mucho más tarde, levantándose cada una como construcciones independientes, desde las profundidades del borde de la plataforma y del talud continentales. Sólo Lanzarote y Fuerteventura son una excepción ya que constituyen un gran *ridge* o lomo alargado en dirección NNE y en la actualidad están separadas entre sí por el estrecho de La Bocaina, de sólo 40 m de profundidad. Cada isla tiene su propia historia individual, de modo que algunas están caracterizadas por la existencia de distintos periodos de actividad volcánica constructora, alternados con otros de reposo e intensa erosión, mientras que otras parecen haber seguido una evolución más continua. Por otra parte, de acuerdo con ideas que ahora están ya siendo aceptadas por todos los investigadores, en el desmantelamiento de las islas parecen haber tenido un papel muy importante fenómenos bruscos e intensos de deslizamiento de gran masa o grandes avalanchas relacionados o no con erupciones explosivas. La identificación de algunas formas, amplios valles, grandes golfos o depresiones calderiformes como huellas dejadas por grandes avalanchas había sido señalada en trabajos diversos ya clásicos, pero no habían sido estudiados en detalle y su existencia había quedado olvidada o incluso cuestionada. Recientemente, Watts y Mason (1995) mediante el uso de *scansonar* e ecosonda identificaron en el flanco submarino norte de Tenerife deslizamientos con una longitud de aproximadamente 100 km, una anchura de 120 km y un volumen total de unos 100 km³, lo que ha permitido apoyar la idea de que depresiones tales como el valle de La Rotava, el valle de Icod y la misma caldera de Las Cañadas hayan sido formadas mediante este proceso. A partir de este momento, se han sucedido los trabajos en los que se asigna este origen a otras formas similares como, por ejemplo, el valle de Güimar en el flanco sur de Tenerife, o las formas ovaladas de El Golfo y El Julan en El Hierro o Cumbre Nueva en La Palma.

La composición de las magmas es muy variada —aunque los tipos basálticos alcalinos dominan sobre los toleíticos—, y en cuanto a los diferenciados, oscilan desde riolíticos peralcalinos sobresaturados, más bien escasos, a traquíticos y fonolíticos muy subsaturados, más abundantes. Dicha variedad es sobre todo debida a la intervención de procesos generales de diferenciación, como la cristalización fraccionada y la contaminación a los que, a veces, se añaden otros procesos más particulares como mezcla de magmas y transporte gaseoso, estos últimos propuestos para explicar la presencia de algunos tipos de rocas de composiciones más especiales.

No es fácil hacer una descripción sintética y general válida para todas las islas, sin embargo, pueden establecerse unas fases o ciclos generales representativos del conjunto de todas ellas.

FASES DEL CRECIMIENTO DE LAS ISLAS: GRANDES CICLOS DE ACTIVIDAD Y FORMACIONES GEOLÓGICAS.

FASE SUBMARINA DE PRE-ESCUDO: LOS COMPLEJOS BASALES

La fase submarina es poco conocida, ya que sólo aflora en superficie en tres islas (Fuerteventura, La Gomera y La Palma) y en forma de secuencias con distinto grado de desarrollo. Estas secuencias son sólo una pequeña parte visible de la fase más antigua de la formación de Canarias, y forman parte de los llamados Complejos Basales, un término que alude a la complejidad estructural y la variedad de los materiales que los forman. También en Lanzarote se han detectado lavas submarinas, aunque a gran profundidad y gracias a un sondeo de exploración geotérmica realizado en los años setenta. La secuencia submarina está formada por sedimentos de tipo turbidítico terrígenos, cálcicos, calcareníticos lutíticos y limolíticos que dan lugar a capas alternantes de pocos centímetros de espesor y aspecto muy característico, y por lavas almohadilladas, hialoclastitas y brechas submarinas.

En Fuerteventura las rocas del complejo basal se localizan en un área amplia de la zona centro occidental, precisamente donde la secuencia sedimentaria está mejor desarrollada alcanzando hasta 1.400 m de espesor. La secuencia se muestra invertida en la zona sur, como formando parte de un gran pliegue inclinado, lo que puede indicar una fase tectónica muy temprana.

No se conoce con precisión cuando tuvo lugar el comienzo del volcanismo, pero la formación volcánica submarina de Fuerteventura presenta varias unidades, y parece que la más inferior está ya interestratificada con los sedimentos cretácicos más altos de la secuencia. En su unidad media se han encontrado ammonites de edad Cretácico Inferior Valanginiense-Hauteriviense lo que representa una edad entre unos 128 y 116 Ma (Robertson y Stillman 1979). Algunos niveles algo superiores han sido considerados de edad Cretácico Superior a Paleoceno (en torno a los 65 Ma), y otros aún más altos se han asignado al Oligoceno Medio Superior (alrededor de 30 Ma) al estar compuestos por sedimentos bioclásticos y volcánoclasticos y determinada fauna fósil (Füster y Aguilar 1965). La edad oligocena de este volcanismo submarino más tardío ha sido, además, confirmada por edades radiométricas. De admitirse todo esto significaría que el volcanismo submarino en la zona de Fuerteventura podría haberse ya iniciado hace 65 Ma, habiéndose prolongado por lo menos hasta hace 30 Ma.

Tampoco se conoce mucho de la fase submarina de las islas centrales y occidentales que puede llegar a representar hasta un 80% o más del volumen total de materiales de una isla. En La Gomera el complejo basal aflora en el norte, en una se-



Foto: José Manuel Moreno
Acantilado costero, El Hierro



Foto: Fernando Coia

Los acantilados costeros, constituyen el último refugio para muchas plantas y animales amenazados. Las Palmas de Anaga, Tenerife



Foto: José Manuel Moreno

© 2011 by the author. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of the publisher.



Los roques marinos albergan las principales colonias de aves marinas de Canarias. Roques de Salmor, El Hierro



Foto: José Manuel Moreno

Charco de Maspalomas, Gran Canaria

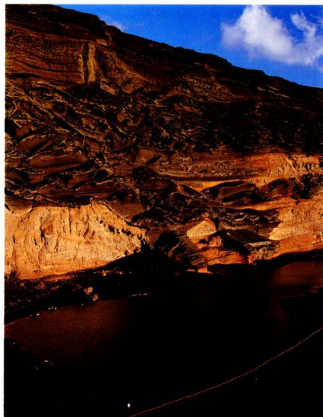


Foto: Sixto Cozzi

Laguna de los Clícos, El Golfo, Lanzarote



Foto: Sixto Cozzi

Salinas y Laguna del Janubio, Lanzarote

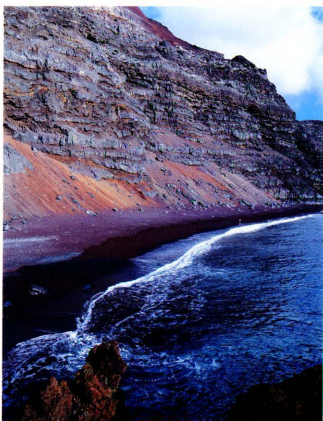


Foto: José Manuel Moreno

Playa del Verodal, El Hierro

Salinas, playas y lagunas constituyen hábitats de enorme interés científico



Foto: José Manuel Moreno
Riscos de Tamadaba, Gran Canaria



Foto: Fernando Cova
Teide-Pico Viejo, alta montaña canaria



Foto: Fernando Cova
Charcos marinos, Anaga, Tenerife



Foto: José Manuel Moreno
Arenales, Jandia, Fuerteventura



Foto: José Manuel Moreno
Barranco de la Caldera de Taburiente



Foto: Fernando Cova
Tubo volcánico, Tenerife





Foto: Sixto Cazzi

Arenales. Se encuentran, sobre todo, en las islas orientales. La vegetación es pobre y de tipo xerofítico. Dunas de Famara Lanzarote



Foto: José Manuel Moreno. Foto Izqda. Sixto Cazzi

Llanos terrosos-pedregosos. Comunes en Fuerteventura y Lanzarote. Formados por suelos calizos y arcillosos. La vegetación es pobre y xerofítica. Llano de Esquinzo, Fuerteventura. Izqda. Playa de Papagayo, Lanzarote.

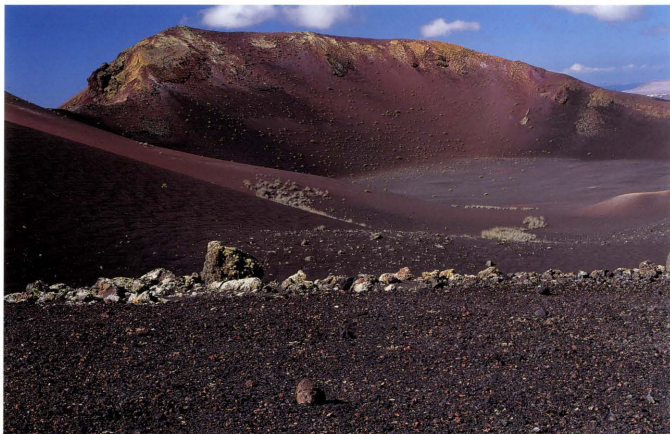


Foto: José Manuel Moreno

Malpaís y llanos arenosos de Timanfaya. Un hábitat de reciente formación, colonizado, sobre todo, por líquenes



Foto: Fernando Coca

Barrancos. Las paredes inaccesibles son importantes refugios para muchas plantas raras y endémicas. Barranco de Masca. Tenerife

cuencia submarina limitada a una estrecha banda en una zona reducida al oeste de Los Organos, donde pueden verse niveles finamente bandeados, tanto detríticos de grano fino como carbonáticos y jaspes (Cendrero 1971). Lógicamente, tienen que representar facies más distales que las localizadas en Fuerteventura. Las rocas volcánicas submarinas son lavas en las que se aprecian restos de estructuras almohadilladas y brechas asociadas.

En La Palma, las rocas del complejo se encuentran en el fondo de la Caldera de Taburiente y del Barranco de Las Angustias, donde se expone una secuencia submarina integrada en la parte inferior por 650 m de espesor, correspondientes casi exclusivamente a lavas almohadilladas, y en la superior por cerca de 1.150 m con más del 50% formado por brechas con fragmentos de estructuras almohadilladas y varios tipos de hialoclastitas (Staudigel y Schmincke 1984). Los materiales fragmentarios submarinos se interpretan, en buena parte, como formados por *debris-flows* deslizados por las pendientes del monte submarino durante su crecimiento, una vez que este alcanzó determinado desarrollo. Según los últimos autores citados, esta secuencia submarina podría haberse emitido muy rápidamente. En cualquier caso, es relativamente joven ya que entre la matriz intersticial de las lavas almohadilladas han sido hallados foraminíferos planctónicos y bentónicos de edad Mioceno medio a superior. Esto concuerda con lo sugerido por Schmincke (1987), a partir de datos de correlación sísmica y geocronológica, que la fase submarina en Tenerife podría haber durado algo más de los 4 Ma estimados para Gran Canaria.

Ambos tipos de materiales submarinos, sedimentarios y volcánicos, se encuentran en todos los casos intruidos por un enjambre de diques con una densidad que llega a representar entre el 50% y el 95% del volumen total de roca. El enjambre de diques es fundamentalmente lineal con dirección NNE-SSO en Fuerteventura. En La Gomera la pauta es aparentemente más compleja al superponerse muchos diques de fases posteriores, pero parece distinguirse también cierta pauta lineal preponderante. En La Palma se ha observado, además, la presencia de abundantes *sills* o diques horizontales con respecto al crecimiento del edificio submarino. En cualquier caso, la dirección principal de los diques del complejo basal es diferente en cada una de las islas.

También se puede observar, solapándose en parte con la intrusión filoniana, episodios de intrusión plutónica de composición muy variada (peridotitas, piroxenitas, gabros, gabros alcalinos, sienitas y, en Fuerteventura, además abundantes carbonatitas). La edad de las intrusiones plutónicas, es diversa y no está bien definida en parte por el metamorfismo sufrido por las rocas pero en Fuerteventura se han distinguido hasta cuatro episodios distintos. Algunas de las rocas plutónicas y filonianas representan las raíces profundas de

hipoabisales del volcanismo subaéreo. Coincidiendo con las últimas intrusiones debió tener lugar, la emergencia de las Canarias aunque esta no fue sincrónica en cada isla, ni la elevación de cada una fue tampoco de igual importancia.

FASE SUBAÉREA DE ESCUDO: LAS SERIES ANTIGUAS

El conjunto de materiales de los complejos basales se encuentra, la mayor parte de las veces, separado de los materiales claramente subaéreos por una marcada banda de erosión. Con frecuencia, sobre esta discordancia aparecen depósitos de conglomerados, lo cual evidencia un momento de denudación importante. Otras veces, el paso desde los materiales de la fase submarina hacia las coladas subaéreas se hace de forma aparentemente gradual, estando ambos conjuntos atravesados por multitud de diques.

Las series antiguas, denominadas también Basaltos de Meseta o Series I, representan la fase de escudo en el crecimiento de las islas. Son los materiales aflorantes más antiguos donde no se observa el complejo basal. Su característica más sobresaliente es la de constituir apilamientos de hasta unos 1.000 m de coladas basálticas subhorizontales o ligeramente inclinadas, con materiales piroclásticos intercalados en distinta cantidad según las islas. Entre las coladas de basalto se dan tipos muy variados: picritas, ankaramitas, basaltos olivínicos y piroxénicos, basaltos plagioclásicos y traquibasaltos. También hay materiales diferenciados de composición félsica traquítica a fonolítica constituyendo gruesas coladas o bien domos. La mayor parte de los materiales que constituyen la fase de escudo se originaron en erupciones de tipo fisural, muy tranquilas, fundamentalmente de tipo hawaiano o islándico y características de magmas muy básicos. Suelen encontrarse atravesadas por numerosos diques verticales de composiciones variadas similares a las de las coladas, y presentan una importante alteración ya que la erosión ha excavado escarpes muy inclinados a modo de barrancos profundos e impresionantes acantilados. Son buenos ejemplos el Barranco de Masca y el acantilado de Los Gigantes en Tenerife o el Barranco de Veneguera y el acantilado de El Andén Verde en Gran Canaria. El alto grado de erosión hace que no sea fácil imaginar las construcciones originales, aunque han sido generalmente descritas como volcanes en escudo, dorsales de centros alineados a lo largo de su eje o, según una idea más antigua, como mesetas basálticas. Sin embargo, estudios detallados permiten, en algún caso, llegar a obtener un mejor conocimiento de estas construcciones. Por ejemplo, Ancóchea *et al.* (1996) han puesto de manifiesto la existencia de tres grandes volcanes en escudo en la Serie Antigua de Fuerteventura. En casos como el de Fuerteventura se observan discordancias que evidencia la prolongada evolución de la fase de escudo, pero en otros como el de Gran Canaria, ésta parece haberse llevado a cabo de forma más continua y rápida.

La extensión y el volumen de materiales de esta primera fase subaérea es muy diferente en cada isla. En Lanzarote constituyen el Macizo de Famara en el norte y el de Los Ajaches en el sur. En Fuerteventura presentan una enorme extensión correspondiendo a los escudos solapados del norte, el centro y el sur, que ocupan la mayor parte de la superficie de la isla. En Gran Canaria ocupan una banda ancha al oeste que se extiende desde Agaete hasta Mogán, y también afloran en el fondo del Barranco de Arguineguín, así como en un área próxima a Agüimes en el suroeste. En Tenerife se encuentran en tres zonas principales: el Macizo de Teno al noroeste, el de Anaga al noreste y, de forma residual, el Macizo de Adeje en el sur. En La Gomera los más antiguos se localizan al noroeste —en la zona de Tazo y Alojera—, y al norte —en Hermigua—, y los materiales de las fases de escudo más modernas afloran en las paredes de prácticamente todos los barrancos radiales.

La edad de todas estas construcciones volcánicas varía para cada isla, pero se enmarca casi en su totalidad en el Mioceno. La más antigua es la de Fuerteventura de la que se conocen edades incluso superiores a los 20 Ma, prolongándose hasta los 12 Ma (Mioceno Inferior y Medio). También de edad Mioceno Medio pero de evolución más rápida, es la fase escudo de Gran Canaria cuyas edades se agrupan en torno a los 13-14 Ma; en lo que se refiere a las de Lanzarote y La Gomera, tuvieron lugar fundamentalmente durante el Mioceno Superior, mientras que la edad en la isla de Tenerife —algo más joven— se prolongó incluso hasta el Plioceno.

Una excepción viene representada por las dos islas más occidentales, La Palma y El Hierro, cuyas fases escudo, son mucho más recientes y se corresponden con el Plioceno Superior y el Cuaternario. En el primer caso está representada por dos volcanes, uno situado más al norte denominado Edificio Taburiente, en el que se ha excavado la conocida caldera del mismo nombre, y otro solapado a éste denominado volcán de Cumbre Nueva. En El Hierro, la fase inicial de escudo se encuentra cubierta en su mayor parte por materiales más recientes y ocupa la mayor parte de la isla. En cierto modo, podría decirse que estas dos islas muy jóvenes se encuentran actualmente completando esta fase.

FASE SUBAÉREA DIFERENCIADA POST-ESCUDO: LAS SERIES RECIENTES Y ALGUNAS FORMACIONES EXCEPCIONALES

En varias islas (Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria y La Gomera) después de la fase de escudo vino un largo período de tiempo en el cual no hubo actividad volcánica o ésta fue muy escasa. Tras este paréntesis de tranquilidad, a principios del Plioceno la actividad volcánica volvió a reanudarse manteniéndose ya ininterrumpidamente hasta la actualidad.

Este momento se caracteriza por una mayor heterogeneidad. Así, aunque siguen siendo abundantes los tipos basálticos, son muy importantes las basanitas y nefelinitas. Las rocas intermedias y las diferenciadas son muy abundantes en unas islas, pero muy escasas en otras. También los mecanismos de erupción o manifestaciones volcánicas comienzan a ser mucho más variados pudiendo decirse que se llegan a producir todos los tipos de actividad conocidos, pero puede afirmarse que la manifestación volcánica más representativa es la de tipo estromboliano que dio origen a los numerosos conos de cinder asociados a campos de lavas que hoy constituyen uno de los paisajes más típicos de Canarias. Tales conos suelen estar alineados según ciertas direcciones principales que varían, también, de una isla a otra. Precisamente, atendiendo a su grado de conservación y en algún caso a la presencia de niveles de playas antiguas, se establecieron sucesivas series (II, III y IV) que al no poder correlacionarse entre distintas islas y resultar algo ambiguas, han sido paulatinamente abandonadas, aunque conceptualmente se agrupan bajo la denominación de series recientes.

Además, merece la pena señalar la existencia de algunos episodios excepcionales en la evolución del volcanismo canario. Antes nos hemos referido a la desigual presencia en las islas de rocas diferenciadas (traquitas y fonolitas); a este respecto, las dos islas centrales (Gran Canaria y Tenerife) resultan ser muy diferentes, ya que en ambas se emitieron importantes volúmenes de ellas.

En Gran Canaria es de destacar, inmediatamente después de la fase de escudo basáltico y, por tanto, antes del hiato erosivo mencionado, un importantísimo episodio que se extiende desde los 13 a los 8 Ma aproximadamente, durante el cual se formaron enormes volúmenes de depósitos piroclásticos de flujo y coladas de composición inicialmente riolítica pero más tarde y más abundantemente traquítica y fonolítica, que ocupan un área muy extensa en los sectores central y suroccidental. Este complejo, inicialmente de tipo traquítico-sienítico y en sus últimas etapas de carácter fonolítico (Hernán 1976), equivale a las formaciones Tejada y Mogán-Fataga de Schmincke (1987). Probablemente, debido a la gran explosividad de las erupciones y al rápido vaciado de la cámara magmática situada a escasa profundidad, se produjo en la zona central (Tejada) una caldera de colapso de unos 15 km de diámetro medio. Lejos de representar el fin del episodio, el colapso fue seguido por un fértil volcanismo resurgente que rellenó y colmató la caldera originando dos secuencias de gran espesor, una en el interior y otra en el exterior de la caldera. En su núcleo, hoy excavado por estrechos barrancos que se extienden hacia la periferia, se exponen apófisis de rocas granudas sieníticas y un denso complejo de diques cóncavos también traquíticos y fonolíticos que, sin duda, es uno de los más sobresalientes entre los de su género (Schmincke 1967, Hernán y Vélez 1980).

Precisamente en Gran Canaria tuvo lugar otro episodio excepcional. Este se produjo tras el hiato o periodo de quiescencia que siguió al episodio diferenciado que acabamos de señalar. Se inicia aproximadamente a los 5 Ma y se prolonga hasta casi los 2,5 Ma durante el cual se llegó a desarrollar el estratovolcán Roque Nublo (Pérez Torrado 1992). En su fase inicial se originaron lavas de composición variada (basaltos, basanitas, traquitas y fonolitas) y domos fonolíticos, seguidas en su fase madura por erupciones explosivas de tipo vulcaniano-freatomagmático en su zona apical, que generaron depósitos piroclásticos de gran espesor conocidos como "aglomerados o Brechas Roque Nublo". Estos depósitos conforman el característico paisaje actual de las cumbres de la isla. Hoy no es visible más que en una pequeña parte del estratovolcán que llegó a alcanzar los 2.500 m de altura ya que en su fase final, sucesivos deslizamientos gravitacionales produjeron su desmantelamiento y originaron gigantes depósitos de avalancha en su ladera meridional.

En Tenerife, tras la fase de escudo basáltica localizada en Anaga, Teno y las inmediaciones de Adeje se produjo un gran episodio eruptivo que arrojó materiales de composición intermedia (traquibasáltico) y diferenciada (traquítico y fonolítico) en la zona central de la isla. Durante el periodo de tiempo que abarca desde hace aproximadamente 3 Ma hasta la actualidad se fue erigiendo un gigantesco edificio poligénico

de tipo estratovolcán, en cuyo desarrollo se dieron casi todos los tipos de actividad imaginables. Este edificio está coronado por la caldera de Las Cañadas de 14 km de diámetro máximo, cuya génesis sigue siendo objeto de arduo debate entre quienes la explican como el resultado de colapsos o hundimientos del techo de una cámara magmática somera, relacionados con erupciones de gran explosividad (Araña 1971, Martí *et al.* 1994, Martí *et al.* 1996), y quienes la describen como formada por sucesivos y rápidos deslizamientos de gran masa o avalanchas gigantes (relacionados o no con episodios explosivos) causantes de la forma abierta hacia el N de la caldera (Bravo 1962, Coello 1973, Navarro y Coello 1989, Carracedo 1994). Con posterioridad a su formación, el volcanismo resurgente, de composición predominantemente traquibasáltica y traquítica, rellenó parcialmente la depresión calderiforme y originó el reciente complejo estratovolcán Teide-Pico Viejo cuyas lavas discurrieron en todas direcciones.

En la fase post-escudo fueron frecuentes las manifestaciones volcánicas hidromagmáticas que, en muchos casos, originaron conos y anillos de tobas, sobre todo visibles en zonas del litoral de algunas de las islas. Excepto en La Gomera, donde no se registra actividad en los últimos 2,8 Ma, el volcanismo sigue vivo en todas las ellas. Las erupciones han persistido durante los últimos cinco siglos en tres islas (Lanzarote, Tenerife y La Palma) (ver capítulo 5).



Foto: José Manuel Moreno

Parque Nacional del Timanfaya, Lanzarote

Capítulo 5

VOLCANISMO RECIENTE Y RIESGO VOLCÁNICO



a intensa investigación realizada en los últimos años ha permitido que se vayan enfocando adecuadamente los problemas fundamentales relacionados con el origen y evolución del volcanismo de las Islas Canarias. A esto ha contribuido de forma decisiva el estudio detallado de las islas occidentales, las de más reciente formación y donde pueden observarse pautas y procesos esenciales para la comprensión del volcanismo del archipiélago.

La escasa información geológica que hasta hace poco se tenía de estas islas "menores" no se justificaba en forma alguna desde el punto de vista geológico. En los demás grupos de islas oceánicas, fundamentalmente las emblemáticas Islas Hawai, es precisamente la isla de Hawai, la más joven del archipiélago, la más estudiada y mejor conocida.

El otro aspecto fundamental es el estudio de los fondos oceánicos en el entorno de Canarias, lo que ha permitido obtener evidencia incontestable de procesos de destrucción masiva de los edificios insulares, proceso que contribuye a restaurar el equilibrio de estos edificios cuando crecen de forma excesiva, permitiendo la continuidad del volcanismo.

Estas recientes investigaciones explican buena parte de los problemas geológicos fundamentales de las Canarias y evidencian un claro paralelismo en su origen y evolución con los demás grupos de islas volcánicas oceánicas. Sin embargo ¿se ha avanzado suficientemente en relación con un problema esencial como es el conocimiento del volcanismo activo y la prevención de los riesgos asociados? Indudablemente debía ser ésta una cuestión fundamental en un archipiélago con casi dos millones de habitantes y más de diez millones de visitantes anuales, y con los recursos económicos provinientes de forma fundamental del sector turístico. La respuesta es, sin embargo, que aún no lo suficiente.

La escasa frecuencia de la actividad eruptiva en Canarias hace que se pierda percepción de su condición de zona volcánica activa, lo que dificulta la dedicación del esfuerzo económico y de investigación necesario. Los relatos y observaciones de las erupciones históricas son, en general, de escasa precisión, llegándose incluso a interpretar de forma errónea erup-

ciones muy recientes como la de 1730 en Lanzarote (Carracedo y Rodríguez-Badiola 1991, Carracedo *et al.* 1992), o la de 1677 en La Palma (Carracedo *et al.* 1996). No se ha dotado al archipiélago hasta hace pocos años de medios instrumentales capaces de registrar los parámetros esenciales que anteceden y acompañan a las erupciones volcánicas, por lo que se carece de experiencia suficiente al respecto. Esta experiencia, el conocimiento del comportamiento de la actividad eruptiva a través de estos parámetros (sismicidad, cambios en la temperatura del subsuelo, del campo magnético, de la gravedad, deformaciones del terreno, variaciones en la composición de los gases, etc.), especialmente en las fases que anteceden al fenómeno eruptivo, es absolutamente esencial para detectar correctamente la ubicación y características de una futura erupción en Canarias.

Podemos abordar el análisis de la situación actual de estos conocimientos sobre el volcanismo activo y el riesgo eruptivo en Canarias a través de un intento de contestar a cuatro preguntas esenciales.

¿POR QUÉ HAY Y CONTINUARÁ HABIENDO ERUPCIONES VOLCÁNICAS EN CANARIAS?

Es ésta una de las grandes cuestiones de la geología del archipiélago, al estar directamente relacionada con el origen de las islas y su posterior evolución geológica. El volcanismo no es un fenómeno de distribución general, sino que sucede en zonas muy determinadas del planeta. En este caso, se localiza en una zona concreta del Océano Atlántico, cerca del borde continental africano. Su continuidad ha permitido que los materiales volcánicos se apilen en cantidad suficiente como para formar edificios que han logrado emerger y seguir creciendo hasta cotas que superan los 3.700 m. Este proceso, que ha durado al menos 20 millones de años, debe con toda lógica continuar durante muchos millones de años más, incluso aumentando el número de islas que componen el archipiélago, cuyo número actual no es sino una instantánea geológica de su dilatada evolución (ver fig. 14.1).

Queda por contestar a las cuestiones del porqué del volcanismo y por qué precisamente en este lugar. Respecto a lo primero, la contestación puede ser bien sencilla: porque se gene

ra en este lugar magma, que es menos denso que el material del manto encajante (porque está más caliente, o es de distinta composición, o por ambas cosas). El resultado natural es que este magma ascienda y, si se genera en cantidad suficiente y con la continuidad necesaria, dé lugar a las islas.

Esta respuesta es, sin embargo, sólo parcial, porque no expresa porqué se genera el magma. La mayor parte del manto del planeta se comporta como un sólido. Su temperatura aumenta con la profundidad, pero también lo hace la temperatura de fusión, al incrementarse paralelamente la presión (Oxburgh 1980). El manto terrestre está formado por rocas compuestas de una mezcla de silicatos con diferentes puntos de fusión. Si la temperatura del manto en un punto subiera 100-300°C por encima de la que normalmente le corresponde en función de la profundidad, se produciría la fusión parcial de esas rocas. En Canarias, esta fusión sería en general de una tasa inferior a un 30% y se generarían los magmas de composición basáltica, que son los que han formado la mayor parte del volumen de las islas.

La cuestión es de dónde proceden esos 100-300°C de exceso de temperatura capaz de producir la fusión parcial de las rocas del manto. Muchas hipótesis se han formulado, pero pueden definirse fundamentalmente dos clases de modelos: los que no requieren o los que requieren una anomalía térmica del manto. Entre los primeros se incluye fracturas asociadas a la tectónica del Atlas (África continental) propagándose por el océano y generando magma a su paso y, en consecuencia las Canarias. También el levantamiento de grandes bloques de corteza, que manteniendo valores normales de temperatura rebajarían la presión, permitiendo la fusión y generación de magma. Ambos modelos tienen restricciones fundamentales (Carracedo *et al.* 1998 a, b).

El modelo generalmente aceptado actualmente parte de una anomalía del manto en la zona donde surgirán las Canarias. Esa temperatura mayor necesaria para la fusión parcial y generación del magma se origina porque llega a la base de la litosfera una corriente ascendente (una pluma) de material más ligero y caliente proveniente del manto, que se mantiene generalmente durante decenas de millones de años. Este modelo, generalmente denominado *punto caliente*, es similar al que se acepta que ha generado este tipo de islas volcánicas oceánicas. Al desplazarse la placa litosférica sobre esta pluma o punto caliente se formaría una alineación de islas volcánicas tanto más antiguas cuanto más lejos estén del punto de generación del magma (Wilson 1963). Este modelo explica el origen y evolución de las Islas Hawai y las Ca-

narias, aunque ambos puntos calientes difieren considerablemente en fertilidad e intensidad y las placas litosféricas respectivas en velocidad de desplazamiento, ambos parámetros muy inferiores en el caso de Canarias (Carracedo *et al.*, 1998 a, b).

La postulación de un punto caliente explica adecuadamente la existencia y permanencia del volcanismo en las Islas Canarias, contestando a la pregunta formulada.

¿DÓNDE SE PRODUCE EL VOLCANISMO DE CANARIAS?

Hasta hace pocos años se aceptaba de forma generalizada que el volcanismo se distribuye de una forma aleatoria en Canarias, de tal forma que las erupciones se han producido recientemente y pueden producirse indistintamente en cualquier punto del archipiélago. Esta idea refleja un concepto erróneo de la evolución geológica de las Canarias. La acción del mencionado punto caliente separa a las islas, al igual que en las Hawai y en los demás grupos de islas oceánicas, en dos grupos claramente diferenciados: 1) islas en *fase juvenil* de desarrollo (*shield-building stage*), aún directamente acopladas a la pluma que las alimenta, y 2) islas en periodo post-erosivo o de rejuvenecimiento (*posterosional stage*), desconectadas del punto caliente y con volcanismo residual (Stearns 1946). Entre ambas etapas existe un dilatado periodo (millones de años) de interrupción del volcanismo. La producción de magma y la frecuencia de erupciones en ambos periodos es mayor en el primero que en el segundo en varios órdenes de magnitud (ver capítulo 4).

En el caso de Canarias, esta división es también clara. Las islas de Fuerteventura-Lanzarote y Gran Canaria han pasado el periodo inicial de desarrollo, la fase de interrupción y están en el periodo de volcanismo residual post-erosivo. La Gomera está aún inmersa en el periodo de reposo eruptivo. En cambio, las islas de Tenerife, La Palma y El Hierro están en la fase juvenil de intenso volcanismo, especialmente las dos últimas (Fig. 5.1).



Figura 5.1

Separación de las Islas Canarias en diferentes grupos según su estado de evolución geológica (edad en millones de años).

Esta división nos permite una aproximación a la cuestión de dónde se ha producido recientemente el volcanismo y dónde puede estadísticamente suponerse que se localizarán, preferentemente, las próximas erupciones en Canarias. En efecto, las erupciones en los últimos miles de años se han concentrado fundamentalmente en las islas en estado juvenil de desarrollo, principalmente en La Palma y El Hierro y, en menor proporción, Tenerife. Es cierto que se han producido unas pocas erupciones en las islas en periodo post-erosivo, incluso en época histórica (Lanzarote, 1730 y 1824) pero este volcanismo residual de rejuvenecimiento es de una frecuencia mucho menor y, en consecuencia, de mucha menor probabilidad. La coincidencia de que en una isla tan claramente post-erosiva como Lanzarote se hayan producido dos erupciones en época histórica ha conducido a la errónea apreciación, aceptada incluso por algunos especialistas, de que es una isla de intenso y frecuente volcanismo. Sin embargo, este error se pone de manifiesto si consideramos que las erupciones inmediatamente anteriores en Lanzarote son probablemente las del Volcán Corona y del grupo de Los Helechos-Mña. Quemada, datadas respectivamente en 53 ± 5 y 72 ± 4 miles de años (Carracedo *et al.* en prep.). Las erupciones más recientes datadas en Fuerteventura tienen una edad de 35 mil años (Meco y Pomel 1985). En este periodo se han producido centenares de erupciones, muchas de similar o incluso mayor magnitud, en las islas en periodo juvenil de desarrollo.

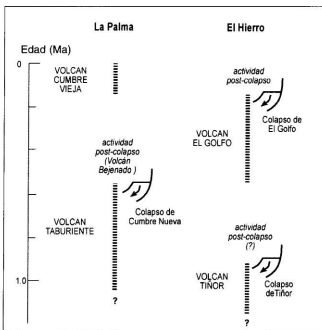


Figura 5.2

Aparente alternancia de la actividad euptiva entre La Palma y El Hierro.

La abundante y precisa datación realizada en los últimos años en las series volcánicas recientes de La Palma y El Hierro (Carracedo *et al.* 1997 a, b, c; Guillou *et al.* 1996, 1998) parece

indicar, aunque aún de forma tentativa, una alternancia de la actividad eruptiva en estas islas. Esta emigración *on-off* de una isla a otra (Fig. 5.2) se produce de forma muy rápida para un fenómeno geológico y parece estar en relación con pérdidas instantáneas de carga al producirse deslizamientos gravitatorios masivos en la isla en que cesa la actividad eruptiva. Es posible que se trate de cambios rápidos en el sistema de esfuerzos como consecuencia de la liberación de carga por efecto del deslizamiento, pasando de un sistema distensivo a otro compresivo y favoreciendo la emigración de la actividad eruptiva a la otra isla. Dos cuestiones parecen dificultar este modelo: la aparentemente excesiva rapidez de respuesta y la necesaria comunicación en la alimentación de magma entre ambas islas.

Este modelo explicaría, sin embargo, por qué siendo El Hierro la isla más joven del archipiélago presenta tan baja actividad en el periodo más reciente (Guillou *et al.* 1996), mientras que La Palma experimenta una intensa actividad en el mismo periodo (Figs. 5.3 y 5.4).

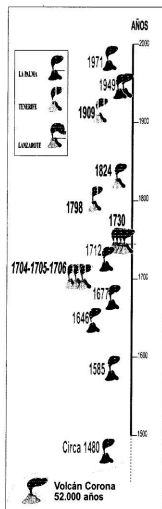


Figura 5.3

Erupciones históricas en Canarias.

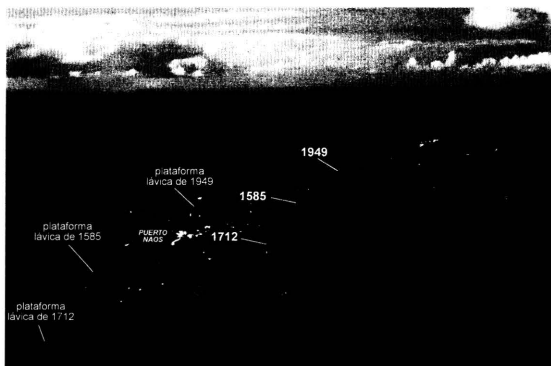


Figura 5.4

El flanco occidental del Volcán Cumbre Vieja (La Palma) ha concentrado la mayoría de las erupciones históricas de Canarias, incluyendo las dos últimas (1949 y 1971).

Puede concluirse que la historia geológica del archipiélago y su evolución actual explican la mayor ocurrencia de volcanismo reciente en las islas de Tenerife, La Palma y El Hierro, islas donde pueden producirse las próximas erupciones con una probabilidad mucho mayor que en el resto del archipiélago, especialmente en la isla de La Palma.

RIFTS TRIPLES

La actividad eruptiva reciente (últimos miles de años) en las islas en periodo juvenil de desarrollo se localiza preferentemente en bandas estrechas con una geometría regular en estrella de tres puntas con ángulos de separación de 120° (estrella "Mercedes-Benz"). La concentración de centros eruptivos en las ramas de estos *rifts* triples supone una acumulación de materiales volcánicos que origina crestas topográficas, denominadas localmente *dorsales*. Es en estas dorsales activas donde se han localizado la mayoría de las erupciones recientes y todas las de fecha histórica, con la excepción mencionada de Lanzarote (Fig. 5.5).

La existencia en Canarias de numerosas galerías para la explotación de las aguas subterráneas ha permitido el estudio de la estructura profunda de estos *rifts* activos. Esta privilegiada circunstancia es única, ya que los demás grupos de islas oceánicas carecen de esta facilidad, al ser abundantes sus recursos hídricos superficiales o no haberlos explotado con esta técnica. La observación a través de las galerías ha permitido

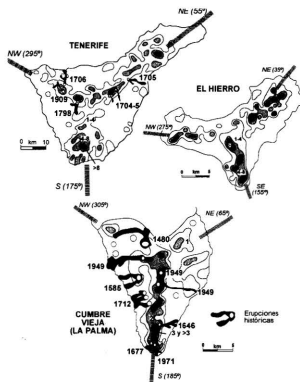


Figura 5.5

Concentración de las erupciones volcánicas recientes de Canarias en *rifts* triples.

comprobar que estos *rifts* están formados en el subsuelo por una apretada malla de diques –los conductos de salida del magma–, con mayor densidad en el eje de las diferentes ramas del *rift* (ver fig. 5.5). Este autor (1994, 1996 a, b) propuso un modelo que explica el origen de estos *rifts* triples por fracturación de mínimo esfuerzo causada por los empujes ascensionales del magma (Fig. 5.6).

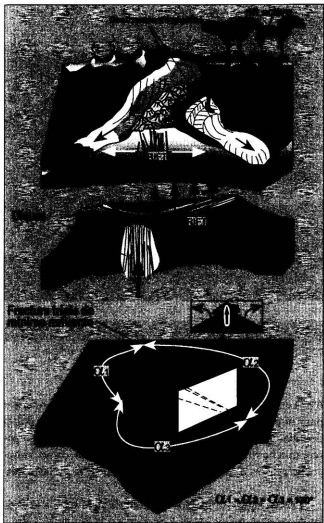


Figura 5.6

Sistema volcánico que integra los rifts activos, compuesto por los centros de emisión, el complejo intrusivo comagmático y las cámaras magmáticas. Este concepto (Saemundsson 1986) es más adecuado para comprender lo que es un volcán. La configuración de los rifts en estrella "Mercedes-Benz" se debe a la fracturación de mínimo esfuerzo provocada por el empuje ascensional del magma.

Durante la evolución de estos *rifts* se va produciendo una creciente anisotropía, originada por la creciente densidad de diques. Esto obliga a las siguientes erupciones a inyectarse entre los planos de la malla de diques, aumentando de forma progresiva la concentración de las erupciones en los *rifts* y,

por ello, la probabilidad de que las siguientes erupciones se localicen en estas zonas. Este modelo predice, en términos generales, que las erupciones se ubicarán preferentemente en los *rifts* o dorsales, como ha venido ocurriendo en los últimos miles de años (ver fig. 5.6).

En relación con el ¿dónde? de las erupciones en Canarias se puede, pues, concluir que: 1) preferentemente en las islas en periodo juvenil de desarrollo (*shield-stage*), especialmente en La Palma, como ya se ha indicado; 2) dentro de estas islas, en los *rifts* o dorsales. Estos *rifts*, edificios poligénicos activos, son los que deben, preferentemente, estudiarse y vigilarse. Son, con gran diferencia, los principales factores de riesgo eruptivo en Canarias.

EL ¿CUÁNDO? DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS EN CANARIAS

Es ésta, lógicamente, una de las cuestiones más importantes en la evaluación y prevención de los riesgos asociados al fenómeno eruptivo. Sin embargo, carece hoy de respuesta y, posiblemente, no la tenga en el futuro, al menos a corto plazo. La relativamente baja frecuencia de las erupciones en Canarias, el corto periodo histórico (ver fig. 5.3) y las dificultades en la datación de las erupciones pre-históricas por la escasez de restos carbonizados adecuados, hacen que cualquier aproximación estadística a la predicción de futuras erupciones carezca del necesario rigor científico. Es preciso, pues, hablar de detección temprana de erupciones, mediante las técnicas instrumentales en uso.

¿CÓMO SE COMPORTAN LAS ERUPCIONES EN CANARIAS?

Una ventaja de las islas oceánicas es que su volcanismo es, en general, muy restringido en sus mecanismos y relativamente poco peligroso en sus efectos, sobre todo si lo comparamos con el volcanismo de borde de placa.

En Canarias parece existir una mayor complejidad por la presencia de un edificio central de lavas más evolucionadas y con mecanismos eruptivos más explosivos. Sin embargo, en lo que respecta al volcanismo histórico, las erupciones en Canarias han sido exclusivamente de carácter efusivo, con magmas de naturaleza basáltica y mecanismos eruptivos muy similares al *estromboliano*. Este tipo de erupción se caracteriza por la emisión de piroclastos, que acaban conformando uno o varios conos volcánicos, y por el flujo de coladas (Fig. 5.7).

La longitud alcanzada por las coladas depende fundamentalmente de dos factores: a) la descarga de magma (que favorece el avance) y b) la solidificación (que incrementa la resistencia al avance). La pendiente también influye, pero no es un factor decisivo. Se trata, pues, de un impulso continuado causado por la descarga de lava lo que hace que las coladas avancen. Si éste se interrumpe, la colada se solidifica y detiene, incluso aunque fluya por una pendiente.



Figura 5.7

El volcanismo histórico de Canarias tiene mecanismos eruptivos sencillos [estrombolianos] y poco peligrosos, como ilustra la erupción del último volcán, el Teneguía (1971).

Al estar la mayoría de los centros de emisión en zonas altas y con fuertes pendientes (dorsales), las coladas parece intuitivamente que deberían llegar siempre al mar, y suelen hacerlo en la mayoría de los casos en La Palma (Carracedo *et al.*, 1997 c). No así en Tenerife, donde la mayoría de las coladas históricas no alcanzan la costa (ver figs. 5.4 y 5.5). Este hecho evidencia una menor descarga de lava en las erupciones históricas de esta isla.

El caso de la erupción de 1730 en Lanzarote es diferente. Es ésta una erupción en una isla en periodo post-erosivo, posiblemente precedida, como se ha indicado, por varias decenas de miles de años sin actividad volcánica. El volumen y la descarga de lava son atípicas por lo elevado, fluyendo hasta el mar incluso a pesar de las escasas pendientes (Carracedo *et al.* 1991, 1992). La secuela eruptiva que supone la erupción de 1824 tiene ya características normales y sólo uno de los tres centros de emisión logra impulsar sus coladas hasta el mar.

Estas consideraciones son importantes al evaluar el riesgo por flujo de coladas y evitar el error conceptual de que la longitud alcanzada por las coladas depende de la pendiente topográfica. El que las erupciones tengan la suficiente descarga

o tasa eruptiva (volumen de lava por unidad de tiempo) como para impulsar las coladas hasta el mar es importante por la densidad de población en la costa de las islas. Este riesgo parece mucho menor en Tenerife que en La Palma, como consecuencia de las diferencias en la descarga de lava mencionada.

Existen algunos procesos que complican la simplicidad de las erupciones históricas de Canarias. En la isla de La Palma, las erupciones prehistóricas e históricas parecen recurrir a domos fonolíticos anteriores, a los que se asocian para salir a la superficie (Fig. 5.8). Es posible que busquen la intensa fracturación de estos domos como vía de más fácil salida. Se producen así efectos notables, como la mezcla de magmas basálticos y fonolíticos y, en varias ocasiones, la formación de agujas fonolíticas que se desploman formando nubes ardientes de bloques y cenizas incandescentes. Este tipo de mecanismo, similar al *peleano* aunque de mucho menor magnitud, puede fácilmente reconocerse en las erupciones de La Palma: El Cabrito, Fuego, Mendo (prehistóricas), y en la de Jeday (1585), suponiendo un factor de riesgo añadido considerable.

Otro factor importante en el volcanismo reciente e histó-

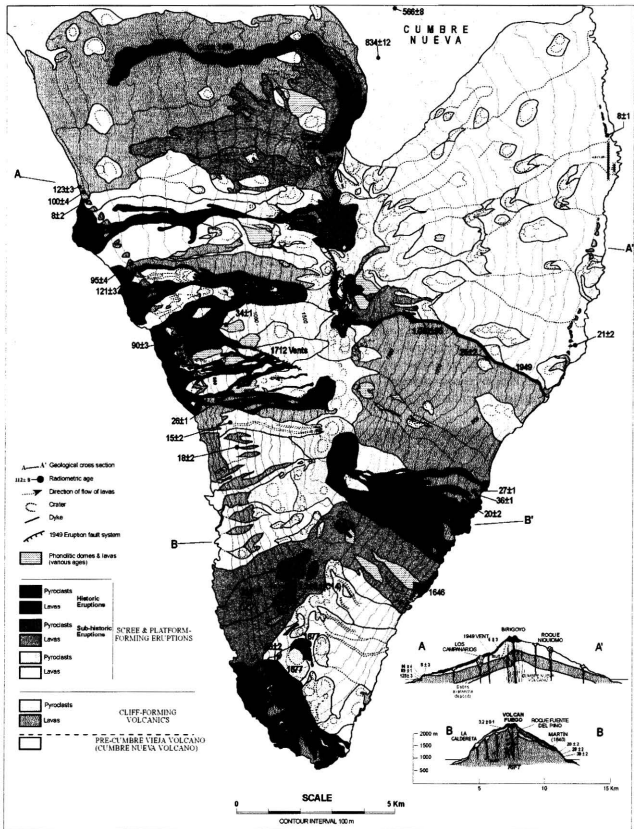


Figura 5.8

Mapa geológico del Volcán Cumbre Vieja, uno de los más interesantes de Canarias y de los más activos en su género del planeta, prácticamente desconocido hasta hace unos años.

rico de Canarias es la interacción durante la erupción del magma y el agua, freática o marina. Los conos freatomagmáticos litorales abundan en Canarias, identificándose fácilmente por su morfología, con una relación de aspecto (altura/anchura del cono) mucho menor, y su característico color amarillo, de alteración hidrotermal de los piroclastos basálticos (palagonitas). Procesos freatomagmáticos, con interacción del magma con aguas freáticas, ocurrieron en la erupción de 1949 en La Palma, dando lugar a explosiones de gran magnitud que produjeron el cráter del Hoyo Negro. Paradójicamente, las erupciones de 1677 y 1971, mucho más próximas al mar, no presentaron episodios freatomagmáticos. Este hecho ha permitido separar la erupción de 1677 del Volcán San Antonio, un cono freatomagmático con una edad superior a los 3.000 años (Carracedo *et al.* 1996).

Por último, es conveniente mencionar, por muy obvio que sea, que la mayor parte del volcanismo se localiza en el mar. Sólo cuando las islas finalmente emergen, el volcanismo se produce al aire, siendo, pues, una fracción del que se produce en el entorno del archipiélago, en su mayoría submarino. Al igual que en las Islas Hawai, los *rifts* existentes en Canarias se prolongan en el mar, abundando en ellos los conos volcánicos submarinos, de características muy parecidas a los subaéreos (Fig. 5.9).

Estas erupciones submarinas sólo pueden detectarse a través de la actividad sísmica que las precede y acompaña. Pueden ser las responsables de crisis sísmicas en los fondos marinos próximos a las islas que nunca produjeron erupciones subaéreas. La intensa actividad sísmica registrada en una alineación submarina entre Tenerife y Gran Canaria desde 1989 (Figs. 5.9 y 5.10) podría estar relacionada con una alineación volcánica detectada en esa zona (Schmincke *com. pers.*).

EL RIESGO ERUPTIVO EN CANARIAS: VIGILANCIA Y PREVENCIÓN

EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS VOLCÁNICOS

Para la evaluación de los riesgos asociados al volcanismo en las Islas Canarias hay que considerar los factores indicados. Su análisis nos conduce a que es La Palma, y concretamente la dorsal de Cumbre Vieja, la zona que concentra la mayor parte de los riesgos asociados al volcanismo de Canarias (Fig. 5.11). Este resultado se corresponde con la realidad, ya que es en este edificio volcánico donde se ha producido el mayor número de erupciones volcánicas, incluyendo las dos últimas habidas en el archipiélago (ver fig. 5.3). A este riesgo eruptivo hay que añadir el de la inestabilidad del

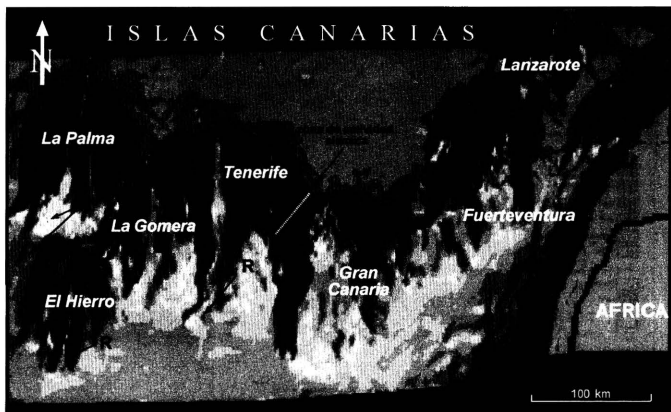


Figura 5.9

Las erupciones submarinas, sobre todo en la prolongación de los rifts, son muy abundantes en el entorno marino de las Canarias, al igual que ocurre en los demás grupos de islas oceánicas.

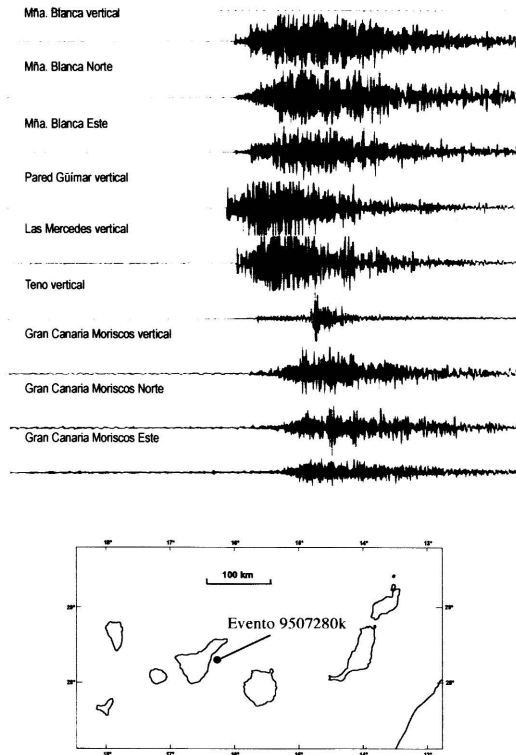


Figura 5.10

Red Sísmica para el estudio y vigilancia del volcanismo de Canarias [Estación Volcanológica de Canarias, IPNA-CSIC]. En la imagen se representa el registro del evento 9507280k: 28 Jul 95 23:19:22 horas. Lat.=28° 18,10', Lon.=16° 21,40' Profundidad=22,0 km).

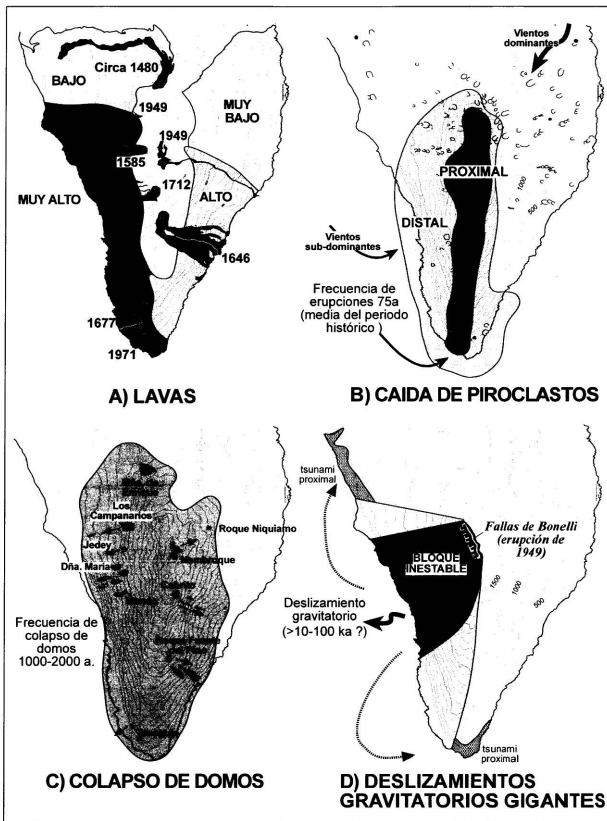


Figura 5.11

Diferentes riesgos asociados al volcanismo presentes en el Volcán Cumbre Vieja.

edificio (Fig. 5.11d), el único que podría presentar en el futuro geológico un deslizamiento gravitatorio similar a los ya ocurridos en Tenerife, El Hierro y La Palma (Carracedo *et al.* 1998 a, b).

EL FACTOR T (TIEMPO)

Uno de los problemas fundamentales en la relación de los geólogos con las autoridades responsables, los medios de comunicación y la población en general en lo relacionado con el fenómeno eruptivo y sus riesgos es el factor tiempo. En los procesos geológicos, por su lentitud, es generalmente necesario utilizar unidades de tiempo muy dilatadas, al menos de miles de años. Los parámetros probabilísticos se cifran generalmente en valores que trascienden con mucho las escalas con que medimos nuestra vida, e incluso la Historia.

Cuando se dice que una erupción volcánica puede ocurrir en unos pocos años, es indudablemente un riesgo a escala "humana", que hay que asumir y tratar adecuadamente. Sin embargo, si del estudio de la evolución de un edificio volcánico se deduce que es muy inestable y que podría producirse un deslizamiento gravitatorio gigante en unas decenas o incluso centenares de miles de años, este proceso deja de ser un riesgo real para transformarse en un tema de investigación científica.

El verdadero problema surge cuando se mezclan procesos con tiempos de probabilidad tan diferentes, lo que conduce con frecuencia al descrédito de la investigación científica, la pérdida de credibilidad de los científicos y la innecesaria inquietud de la población, que puede tener efectos económicos importantes en zonas turísticas. La complicación aumenta por la dificultad de establecer restricciones y dar contestaciones precisas. Por ejemplo: un edificio incipientemente inestable como la dorsal de Cumbre Vieja en La Palma (Figs. 5.8 y 5.11 d) debería continuar su evolución, ya de unos 125.000 años, durante decenas e incluso centenares de miles de años más, antes de un eventual colapso. La dorsal de Cumbre Nueva, su antecedente en la isla, creció durante al menos 300.000 años antes de colapsar produciendo el Valle de Aridane e iniciando la Caldera de Taburiente (Carracedo *et al.* 1997 a, 1998 a, b). Sin embargo, esta apreciación estadística se basa en sólo un ejemplo y, además, podrían producirse fenómenos colaterales que aceleraran el proceso o, por el contrario, que el edificio volcánico evolucionara hacia una configuración estable.

Como medida de precaución y teniendo en cuenta los efectos previsibles, los procesos que suelen denominarse de "extremadamente baja probabilidad y extremadamente altos efectos" siempre deberían estudiarse y vigilarse a pesar de su bajísima probabilidad de ocurrencia. Estos factores deberían siempre tenerse en cuenta en la adopción de medidas preventivas, especialmente de ordenación del territorio.

MÉTODOS DE VIGILANCIA

Aunque son muchas las técnicas existentes para la vigilancia y detección temprana de erupciones volcánicas, en la práctica son dos las más corrientemente utilizadas en volcanes oceánicos: la *sismicidad* y las *deformaciones del terreno*.

Las erupciones históricas de Canarias se han descrito en los relatos de la época como precedidas y acompañadas por seísmos, que localmente alcanzan una relativamente elevada intensidad y frecuencia. La actividad sísmica precede en muchos casos durante años a las erupciones, existiendo asimismo casos de actividad sísmica con características pre-eruptivas que no culminan en una erupción (tal vez intrusiones superficiales de magma o erupciones submarinas). Este hecho complica lógicamente la evaluación correcta de estos fenómenos.

La actividad eruptiva no tiene en Canarias un registro instrumental. En la actualidad existen en el archipiélago dos redes de estaciones sísmicas, con enlace telemétrico y tratamiento digitalizado y en tiempo real de las señales: la del Instituto Geográfico Nacional y la del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Fig. 5.10). Esta última red, dedicada a la investigación y observación del volcanismo activo, se ha configurado principalmente para la observación de las islas occidentales (Fig. 5.12).

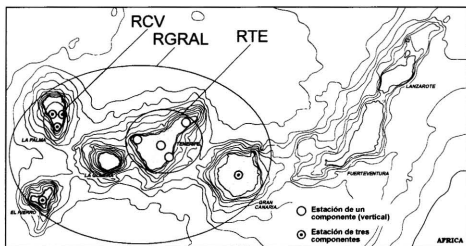


Figura 5.12

Red sísmica telemétrica y digital del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en Canarias. Esta Red registra, digitaliza y procesa en tiempo real la actividad sísmica. Su diseño responde a la observación del volcanismo en la zona occidental, más activa, del archipiélago.

Como complemento de esta red sísmica se ha establecido una red de estaciones para la medida de deformaciones del terreno en Cumbre Vieja (Fig. 5.13), mediante posicionamiento por satélite (McGuire y Moss 1997). Ambas técnicas pueden, tras varios años de observación, evaluar el estado de este edificio volcánico, detectar con antelación cualquier actividad eruptiva y determinar si el flanco occidental del edificio está experimentando algún tipo de desplazamiento.

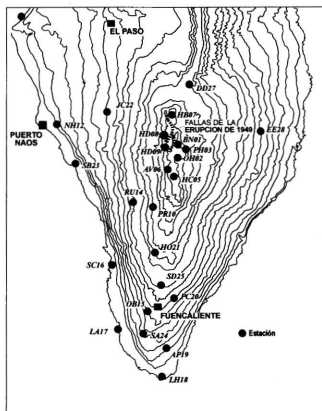


Figura 5.13

La inestabilidad del Volcán Cumbre Vieja ha aconsejado el estudio de las deformaciones del terreno, lo que se está haciendo desde 1995 mediante técnicas precisas de posicionamiento por satélite (GPS).

Capítulo 6

MODELADO DEL RELIEVE

CONSTANTINO CRIADO



El modelado de una isla volcánica resulta de la interacción entre las estructuras volcánicas, los sistemas morfogénéticos subaéreos y la acción del mar. Así terminan desarrollándose formas que en ocasiones son poligénicas, es decir modeladas en amplios lapsos de tiempos por sistemas morfogénéticos generados por paleoclimas de distinto signo; algunos procesos –por ejemplo los grandes deslizamientos de vertiente– están ligados a la naturaleza volcánica de los territorios y otros, por último, se deben a la morfodinámica marina.

El conocimiento de la geomorfología de un territorio exige definir y clasificar las formas y determinar los procesos que las han generado. En este trabajo hemos centrado la atención en la distribución de los sistemas morfogénéticos en el archipiélago y los cambios que han sufrido en el tiempo.

Los procesos elementales de erosión son el conjunto de fenómenos que meteorizan las rocas y transportan y depositan los fragmentos. Los procesos se combinan para dar origen

a los sistemas morfogénéticos que difieren según el ambiente bioclimático bajo el que se desarrollen. De esta forma, el modelado es controlado estrechamente por otros factores medioambientales, cargándose de sentido ecológico al situarse en una encrucijada de relaciones entre los factores geológicos, climáticos, biogeográficos y antrópicos. En el caso de Canarias, dado que las importantes variaciones bioclimáticas impuestas por la altitud y exposición determinan la aparición de hasta siete pisos bioclimáticos –a los que se asocian sus correspondientes sistemas morfogénéticos– nos ha parecido conveniente desarrollar el esquema planteado por Höllermann (1980) (Tabla 6.1).

EL SISTEMA MORFOGENÉTICO DE LAS REGIONES ÁRIDAS DE CANARIAS

Las características bioclimáticas ya reseñadas permiten la concreción de un sistema morfogénético árido. Los procesos de meteorización dominantes son la haloclastia y muy posiblemente la termoclastia; no se descarta un importante papel de la humedad atmosférica en la formación de pátinas.

Tabla 6.1

Esquema general de la distribución y características de la morfodinámica de las Islas Canarias (basado en Höllermann 1980) (*) ausente; (1) suave; (2) de mediano a fuerte; (3) muy intenso.

	CLIMA			MORFODINÁMICA ACTUAL						PISO			
	Nº MESES HÚMEDOS	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	METEORIZACIÓN MECÁNICA	METEORIZACIÓN QUÍMICA Y EDAFOGÉNESIS	TAFONIZACIÓN	MOVIMIENTOS RÁPIDOS DEL TERRENO	MOVIMIENTOS LENTOS DEL TERRENO	ARROYAMIENTO		PROCESOS-PLUVIO-TORRENCIALES	PROCESOS EÓLICOS	MORFOGÉNESIS ANTRÓPICA
?	?	0-4	3	*									TEIDE
3-6	300-600	4-10	3	3		1	1	1	1	2	1	1	CUMBRES
4-7	400-700	10-18	2	2	1	*	*	2	1	3		2	PINAR
6-8	550-1.000	13-18	*	3		*	*	*	*	2	*	*	MONTEVERDE
4-6	300-600	17-19	2	2		*	*	2	3	3		3	COSTAS DE BARLOVENTO
1-4	100-400	18-21	3	1		*	*	2	3	1	3	3	COSTAS DE SOTAVENTO
0-2	100-150	18-21	3	*				2	3	2	3	3	ÁREAS SEMIÁRIDAS

La dinámica de vertientes no es muy activa y se reconocen escasas pedreras actuales; los deslizamientos por pisoteo del ganado son abundantes. Los procesos de arroyada son muy eficaces, tanto los de arroyada difusa –generadores de *stone pavement*– como la concentrada que desarrolla una brutal acción erosiva en las áreas de *natrargids* (La Matilla, Fuerteventura; Teguiise, Lanzarote, etc.) con formación de *badlands*. El papel del viento es muy reseñable y colabora en los fenómenos de erosión de suelos y en el modelado de formas de acumulación. La actividad torrencial es escasa pero cuando se produce puede ser catastrófica.

EL SISTEMA MORFOGENÉTICO DE LAS REGIONES SEMIÁRIDAS DE CANARIAS

Las regiones semiáridas de Canarias se sitúan en los litorales de las islas occidentales, especialmente en la fachada a barlovento. Las temperaturas medias anuales están por encima de los 18°C, las precipitaciones pueden superar los 300 mm/año, siendo la evapotranspiración calculada superior a los 900 mm/año. Los vientos parecen jugar un papel menor que en las regiones áridas salvo en puntos localizados como en Punta de Teno, Tenerife.

A estas condiciones climáticas le corresponde una vegetación potencial de tabaibal-cardonal, con importantes variaciones florísticas, de porte y de densidad. Estas regiones están intensamente humanizadas, siendo el área preferente de cultivo del plátano. Sólo se pueden reconocer estas formaciones vegetales en los acantilados costeros –que marcan el límite de las fincas de platanera– o en aquellos sectores donde todo el piso morfogénico ocupa una fisiografía escarpada (Anaga y Teno en Tenerife, norte de La Gomera, norte de La Palma, etc.). Estas formaciones arbustivas se combinaron en su día con especies arbóreas del llamado piso termocanario seco.

En líneas generales la morfogénesis no es tan intensa como en las zonas más áridas, desapareciendo algunos tipos de procesos e intensificándose otros. Los procesos de meteorización son la haloclastia que, desarrollada en conjunción con una fuerte humedad atmosférica, genera importantes fenómenos de tafonización. La dinámica de vertientes está muy atenuada y sólo al pie de afloramientos rocosos muy diaclasados se observa la formación de conos de derrubios. La actividad torrencial es normal todos los inviernos y en ocasiones reviste especial importancia como ocurrió durante el famoso huracán de 1826 ó en abril de 1977 en el barranco de San Juan en Bajamar (Tenerife).

EL SISTEMA MORFOGENÉTICO DEL PISO DEL MONTEVERDE

parece en las islas centrales y occidentales, donde las condiciones climáticas ocupan permiten el desarrollo de formacio-

nes de monteverde (laurisilva y fayal-brezal). Tras la colonización europea de las islas, importantes áreas del piso comprendido entre 500 y 1.200 m fueron roturadas, activándose procesos morfogénicos que estaban ausentes por la presencia del bosque y cambiando sensiblemente las condiciones hídricas de los suelos. De la primitiva superficie ocupada por el monteverde hoy sólo se conserva un 10% en La Gomera, La Palma, Tenerife, El Hierro y puntualmente en Gran Canaria (Höllermann 1981).

El clima del piso del monteverde se caracteriza por temperaturas medias anuales entre 13-16°C; precipitaciones entre 570 mm y 1.000 mm año con una estación seca de 5 a 6 meses (Marzol *et al.* 1988). La presencia del mar de nubes, especialmente en verano, supone un aporte hídrico por precipitación horizontal que se estimó en 300 mm, pero que posiblemente sea bastante mayor (de julio de 1993 a julio de 1994 se contabilizaron en Las Lagunetas –Tenerife– 2.700 mm de precipitación de niebla), con lo cual si consideramos que la evapotranspiración calculada ronda de 680 mm a 755 mm (Höllermann 1981) y que la real debe ser menor por la disminución de temperatura impuesta por la sombra del bosque, podemos considerar que donde aún se conserva el monteverde no existe estación seca en la exacta acepción del término. Por otra parte, los efectos de la cubierta forestal son importantes para entender los descensos de insolación y temperatura bajo la bóveda arbórea.

Los suelos superficiales presentan una capacidad de absorción de agua muy notable, incluso con precipitaciones superiores a 100 mm/día. Por otra parte, la escorrentía superficial y los procesos de erosión son mínimos en los lugares donde el bosque de laurel no ha sido degradado (Höllermann 1981).

Los procesos morfogénicos no están excesivamente bien representados en el piso del monteverde. La meteorización del roquedo es esencialmente química predominando los procesos de hidrólisis, la fragmentación mecánica no se manifiesta salvo en afloramientos rocosos subterficiales. La arroyada no existe bajo cubierta forestal aunque es la responsable de la pérdida de suelos que se observa en áreas donde el bosque ha sido desalojado. La dinámica de vertiente se deja sentir sobre todo en aquellos sectores donde ha desaparecido la cubierta forestal mientras que las áreas de mayor pendiente sufren movimientos en masa, en ocasiones de notables dimensiones, durante los meses más lluviosos.

EL SISTEMA MORFOGENÉTICO DE LA REGIÓN DEL PINAR

Las zonas localizadas por encima de los 1.500 m a barlovento y entre los 400 m y los 2.200 m a sotavento están cubiertas por un bosque de *Pinus canariensis*. Las condiciones climáticas se caracterizan por unas temperaturas medias

anuales entre 12-16°C a barlovento y 14-18° C a sotavento, con una mínima absoluta de -7° C (Luis *et al.* 1990). Las precipitaciones son variables si bien en el límite superior del bosque se sitúan entre 350-500 mm (Höllermann 1978) y el periodo seco dura entre 5 y 7 meses, no recibiendo normales aportes de humedad derivados del mar de nubes.

No hay datos que permitan valorar los cambios geoccológicos que se producen desde el límite del monteverde al *timberline*, si bien éste está bien estudiado (Höllermann 1978). La radiación alcanza el 80% de la teórica y determina que las rocas se calienten hasta 58°C, mientras que tras el crepúsculo la temperatura puede descender a razón de 7°C/minuto (Jenkins y Smith 1990).

A falta de estudios detallados de la morfodinámica en el pinar podemos considerar la existencia de un incremento de la intensidad de los procesos morfodinámicos conforme ganamos altitud. Entre los procesos de fragmentación mecánica de las rocas estarían la termoclastia y en las áreas más elevadas la gelificación, mientras que el principal proceso de alteración es la hidrólisis con formación de haloisita (Fernández-Caldas *et al.* 1982). Los procesos de vertiente son más acusados formando canchales donde hay abruptos rocosos. El arroyamiento, en sus dos modalidades, tiene una mayor representación que en el monteverde, siendo los procesos torrenciales esporádicos pero de notable intensidad.

EL SISTEMA MORFOGENÉTICO DEL PISO DEL RETAMAR-CODESAR Y DEL TEIDE

Entre los 1.800 m y 2.200 m desaparecen los árboles debido a un conjunto de factores microambientales adversos (Höllermann 1978), apareciendo un matorral de retama (*Spartocytisus supranubius*), codeso (*Adenocarpus viscosus*) y otras especies (*Descurainia bourgaeana*, *Erysimum scoparium*, *Pteroccephalus lasiospermus*, etc). Su densidad es muy variable y, si bien existen sectores densamente cubiertos otros muestran el sustrato totalmente desprotegido.

Las precipitaciones rondan los 481 mm /año, con una media de 13 días de precipitación nivosos al año. La temperatura media anual es 9,5°C; la humedad relativa baja y la insolación elevada determinan una evaporación real superior a los

2.000 mm/año. El hielo en el suelo se produce 104 días al año. La penetración de la helada en el suelo alcanza los 8 cm. Por su parte en el estratovolcán Teide-Pico Viejo aumenta el número de días de helada a 160 y la nieve se mantiene hasta la primavera, especialmente en La Rambleta.

Sin embargo, la actividad periglacial es de retoque y los procesos semiáridos principalmente episódicos parecen ser más eficaces esculpiendo los paisajes actuales del alto Tenerife, dominando el periglacialismo allí donde la litología volcánica reciente impide el desarrollo de otros procesos. Así han sido descritos fenómenos de *pipkrake*, soliflucción –generadora de lóbulos y guirnaldas–, formación de suelos estriados y poligonales, así como una cierta gelificación (Martínez de Pisón y Quirantes 1981); otros procesos de interés son los *debris-flow* funcionales de la cara norte del Teide y quizás también de algunos puntos de la pared de Las Cañadas.

Es evidente la formación de *tafonis* en determinadas litologías –pumitas y brechas sálicas– siendo posible su vinculación a procesos haloclásticos y a la presencia patinas ferruginosas (Höllermann 1975). Los procesos eólicos parecen importantes en los llanos endorreicos muy ricos en materiales erodibles y sin una adecuada protección vegetal. Por su parte, el agua de fusión de nieves es capaz de generar algunas escorrentías al pie de la pared de Las Cañadas.

CONCLUSIONES

Las variaciones que presentan los sistemas morfogenéticos reconocibles en las islas Canarias permiten su ordenamiento siguiendo el ya clásico esquema de los pisos de vegetación. De hecho, la vegetación refleja buena parte de las interrelaciones dentro de los geosistemas y permite tener un razonable punto de partida para emprender investigaciones más avanzadas.

Por otra parte hay que destacar que este esquema ha sufrido múltiples variaciones como resultado de las fluctuaciones climáticas que tuvieron lugar a lo largo del Pleistoceno. Un conocimiento adecuado de las modificaciones de los sistemas morfogenéticos de las islas resulta básico para entender una buena parte de los cambios acaecidos en nuestros ecosistemas.



Foto: José Manuel Moreno
Betancuria, Fuerteventura

Capítulo 7

LAS FORMAS DE MODELADO

CONSTANTINO CRIADO



En el capítulo anterior pasamos revista a los sistemas morfogénéticos reconocibles en Canarias en la actualidad. Se trató pues de una visión actualista; es decir, la forma en que ahora se están modelando nuestros relieves, con acciones de determinados procesos erosivos o edafogénicos.

Sin embargo, el análisis de las formas de relieve derivadas de las acciones morfogénicas –formas de modelado– requiere un cambio de las escalas de comprensión. En primer lugar, las grandes formas de modelado que hoy podemos contemplar han podido necesitar grandes periodos de tiempo para alcanzar su desarrollo actual; en segundo lugar, el Cuaternario es una era geológica muy cambiante en cuanto a ambiente se refiere y esos grandes cambios ambientales –los grandes periodos glaciares– han afectado globalmente al planeta produciendo la instalación de sistemas morfogénéticos distintos a los que hoy podemos reconocer.

LAS CONDICIONES MORFOGÉNICAS EN EL PASADO: PALEOCLIMAS Y VARIACIONES DEL NIVEL MARINO

El clima de nuestro planeta ha sido muy cambiante a lo largo de los dos últimos millones de años y los últimos grandes cambios se han producido en fechas recientes a escala de tiempo geológico. Hace sólo 9.000 años, lo que ahora es el desierto de Sahara constituía una sabana arbolada albergando una fauna de grandes mamíferos; las tribus cazadoras que entonces habitaban la zona nos han dejado un amplio registro arqueológico e incluso gráfico en forma de grabados de la fauna. Hace sólo 18.000 años las regiones europeas sobre los 50°N se encontraban bajo un gran *ice-cap*, similar al que hoy ocupa Groenlandia, al tiempo que las montañas circunmediterráneas presentaban espectaculares lenguas y domos glaciares. Tales cambios modificaban los ambientes bioclimáticos de los territorios afectados y propiciaban grandes variaciones en los sistemas morfogénicos actuales.

La huella de los paleoclimas en el relieve de Canarias es más que evidente y conforme se dispone de datos más rigurosos –derivados del uso de dataciones absolutas, análisis sedi-

mentológicos, mineralógicos, etc.– se comienza a esbozar mejor una caracterización de los paleoclimas, su sucesión temporal y sus implicaciones morfogénicas. Dada nuestra latitud no fuimos afectados directamente por las glaciaciones, pero los cambios globales que de ellas se derivaron modificaron nuestros sistemas morfogénicos, intensificando algunos procesos y haciendo desaparecer otros; como es obvio, los cambios globales interglaciares también nos afectaron.

En Canarias podemos reconocer situaciones paleoclimáticas con precipitaciones más intensas y paleoclimas con precipitaciones más moderadas. El esquema difiere al que hemos presentado con anterioridad (Criado 1993), pero a medida que incorporamos nueva información ésta matiza e incluso modifica conclusiones provisionales previas.

a) Paleoclimas con precipitaciones más intensas:

Se trata de situaciones que parecen coincidir con los episodios glaciares. En esos momentos la circulación general del oeste trazaría trayectorias más bajas y los núcleos de bajas presiones serían más profundos que las actuales borrascas de aire polar. Así, unas precipitaciones de mayor intensidad que la actual serían capaces de elaborar sistemas de *alluvial-fans* en las islas orientales y, probablemente serían capaces de provocar movimientos en masa en laderas forestales de las islas occidentales. Hay fechas de ^{14}C que sitúan la última de estas crisis morfoclimáticas en fechas posteriores al 26.000 B.P. (Criado 1991). Los vientos serían fuertes y de componente norte, generando amplios campos dunares en las zonas costeras de las islas, especialmente en Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote.

Por todas las islas encontramos restos de depósitos torrenciales y conos y taludes de derrubios de ladera; el estudio de los cortes muestra una complejidad estratigráfica sólo explicable por un carácter poligénico, lo que debemos interpretar como el resultado de una superposición temporal de situaciones de morfogénesis más intensa, separadas entre sí por periodos de mayor edafogénesis. Así, las primeras interpretaciones que realizamos –basadas únicamente en criterios de forma– nos permitieron identificar sólo tres grandes crisis

morfogenéticas, cuando en realidad su número ha debido ser bastante mayor. Estos episodios de lluvias intensas –coincidentes según parece con episodios glaciares– determinarían una situación de frío en las cumbres de las islas occidentales, que provocaría la aparición de procesos, reconocidos en la pared de Las Cañadas, indicativos de una mayor gelifracción y cubierta nival (Martínez de Pisón y Quirantes 1981). Desgraciadamente no existen dataciones absolutas que permitan establecer una correlación clara con la última glaciación, por lo que, por el momento, se trata de una hipótesis razonable.

b) Paleoclimas con precipitaciones más moderadas:

Bajo estas situaciones el clima tendría un comportamiento similar al actual. Así, en las zonas de medianías de las islas occidentales existiría la suficiente humedad como para mantener una cubierta forestal y un predominio de los procesos de meteorización química y edafogénesis. En las zonas bajas disminuiría la actividad de las vertientes y, existiría aún la suficiente humedad para generar la edafización de los conos y taludes de derrubios, formándose suelos marrones.

En las islas orientales la disminución de la intensidad y, con toda probabilidad, del volumen de las precipitaciones generaría una mayor estabilidad morfogenética, así se paralizaría el funcionamiento de los *alluvial-fans* en las laderas de los valles, centrándose los procesos torrenciales en las *ramblas*. La erosión superficial pondría al descubierto los horizontes de acumulación de carbonatos generando la formación de costas calcáreas y los procesos edáficos se limitarían a una progresiva alcalinización de los suelos (Fernández-Caldas *et al.* 1984).

En las zonas de cumbre la disminución del frío y las precipitaciones nevadas conduciría a una atenuación de los procesos periglaciares, pasando a ser predominantes los procesos torrenciales y eólicos.

Otro factor de variabilidad morfogenética, afectando en este caso a los litorales son las variaciones que ha experimentado el nivel marino. Así, coincidiendo con las glaciaciones se producía una disminución del nivel del mar, de forma que para el último episodio glacial (entre 30.000-10.000 B.P.) el nivel del mar se situó a -130 m por debajo del nivel actual. Las implicaciones morfogenéticas fueron muy importantes ya que las plataformas continentales insulares quedaron emergidas y las arenas organógenas depositadas en ellas fueron eolizadas, generando importantes campos dunares de los que hay abundantes ejemplos en las islas. Este proceso se ha ido repitiendo a lo largo del Pleistoceno. Por otra parte, durante los periodos interglaciares, la fusión de los grandes *ice-caps* producía un ascenso del nivel marino hasta cotas superiores al nivel actual; sus huellas son reconocibles por la presencia de terrazas marinas y algunos acantilados no funcionales.

La clasificación y datación de los niveles marinos pliocuaternarios de Canarias es hoy objeto de investigación, usándose métodos modernos para su estudio, los cuales han relegado las tradicionales clasificaciones altimétricas. Hasta que no hayan concluido dichos proyectos será difícil escribir una síntesis. Sin embargo, se reconocen ya niveles marinos antiguos, de edad Pliocena elaborados con niveles marinos de hasta +30 m por encima del nivel actual; para el Pleistoceno y Holoceno, Meco (1997) ha definido y fechado el Jiandense (Pleistoceno) y el Erbanense (Holoceno Superior).

LAS FORMAS DE MODELADO EN CANARIAS

Al hablar de formas de relieve hemos de tener en cuenta siempre el concepto de escala espacial y temporal. Así, en líneas generales, cuando mayor es la forma de modelado más tiempo habrá necesitado para evolucionar. De este modo, las formas pueden encuadrarse en un sistema taxonómico; desde esta óptica debemos enfocar el análisis de las formas en las islas.

EL MODELADO SOBRE LAS FORMAS VOLCÁNICAS ELEMENTALES

Finalizada la actividad eruptiva comienzan a actuar los procesos exógenos para terminar desmantelando el relieve volcánico original. En las islas debemos considerar formas elaboradas sobre estructuras volcánicas del Terciario y Cuaternario.

En el primer caso, ha desaparecido totalmente la forma original. De este modo, no se reconocen conos, domos o coladas. De los centros de emisión sólo restan sus raíces, formando diques exhumados –casi siempre basálticos– cuando la erupción fue fisural o *necks* (pitones), casi siempre sálicos, cuando la erupción fue central. En ambos casos ha actuado la erosión diferencial, respetando el material consolidado en el interior de la chimenea y desalojando la roca encajante. Las coladas han perdido su morfología superficial original y en algunos casos, cuando ocupaban fondos de barranco, han sufrido la excavación de sus bordes, quedando en resalte y recibiendo el nombre de *mesas*.

Las formas volcánicas cuaternarias presentan rasgos morfológicos originales, si bien su grado de transformación varía según la antigüedad y el ambiente bioclimático en el que se encuentren asentadas. En principio, cuanto más reciente sea la estructura volcánica más volcánico será su relieve, pero esta afirmación está sujeta a múltiples matices. Así, en las islas orientales y zonas xéricas de las centrales y occidentales la conservación de los conos y malpaíses es buena incluso para formas volcánicas generadas hace 50.000 años. No es el caso, de las zonas de medianías en las islas centrales y occidentales, donde volcanes de edad histórica presentan importantes alteraciones sobre sus lavas y son asiento de una importante cubierta vegetal; tal es el caso del volcán de Garachico (Teneri-

fe), cuya erupción tuvo lugar en 1706. Volcanes más antiguos han sido profundamente alterados mostrando espesos suelos de tipo fersialítico que impiden reconocer las coladas, pero en cambio, han facilitado la conservación de los conos (montaña Abirmagen en Tenerife, pico de Osorio en Gran Canaria, etc).

LAS GRANDES FORMAS DE MODELADO DE CANARIAS

En las islas podemos reconocer varias grandes formas con ordenes de magnitud de la decena a varias centenas de km². Su origen y evolución, en algunos casos, es aún objeto de controversia científica.

El Golfo y Las Playas, en El Hierro, para unos son el resultado de la erosión marina (Fernández-Pello 1990), y para otros el fruto de grandes deslizamientos afectando a la parte submarina de la isla (Navarro 1990); los estudios detallados de los fondos marinos adyacentes a estas depresiones muestran la continuidad de los valles en áreas submarinas y la presencia de masas identificables con acumulaciones de derrubios; para La Orotava y Güimar (Tenerife) se ha esbozado la teoría de los valles intercolinas –que supone un menor crecimiento volcánico en el área donde se enclava la depresión–, aunque también se plantean hipótesis erosivas y grandes deslizamientos. Los reconocimientos submarinos desarrollados en el área muestran indicios de la presencia de grandes deslizamientos.

La llanura central de Fuerteventura, ocupa el interior de la isla dejando al este los *cuchillos*, labrados sobre estructuras de la Serie Antigua, y al oeste el macizo de Betancuria, modelado sobre el Complejo Basal. El origen de esta vasta depresión –que se alarga desde los llanos de Tefia, al norte, hasta el valle de Tarajal de Sancho, al sur– ha sido explicado según dos modelos. El modelo tectonista suponía que la depresión era una fosa tectónica, es decir un bloque hundido por fallas entre los *cuchillos* orientales y el macizo de Betancuria (Hausen 1958, Bravo 1962). El modelo erosivo plantea una génesis por erosión remontante a partir de los valles que, drenando hacia el este, hendían los flancos del escudo volcánico terciario del centro y sur de la isla; el avance del proceso determinaría el vaciamiento de las áreas de cabecera de los valles (Criado 1991), donde los trabajos geológicos más recientes han detectado una importante fracturación de los materiales que facilitarían su erosión y desalojo (Ancochea *et al.* 1993); obviamente, este funcionamiento erosivo debió producirse bajo paleoclimas más lluviosos que el actual.

La génesis de esta macroforma se produjo hace bastante tiempo, como lo demuestra que dentro de la depresión se produjeron erupciones volcánicas fechadas en $2,6 \pm 0,2$ Ma (Coello *et al.* 1992).

Las grandes calderas de erosión –Tejeda y Tirajana (Gran Canaria) y Taburiente (La Palma)–, son otro tipo de macro-

formas que han llamado siempre la atención de la comunidad científica. Hoy su génesis está clara y se asocia a importantes procesos de erosión torrencial, poligénicos y ligados a paleoclimas lluviosos, e importantes movimientos en masa –especialmente llamativos en Tirajana– favorecidos por la estructura geológica (Lomoschitz y Corominas 1997).

REDES HIDROGRÁFICAS Y TIPOLOGÍA MORFOLÓGICA DE LOS VALLES

Las formas de modelado de mayor impronta paisajística, al menos en las islas centrales y occidentales, son los barrancos. Sin embargo, la variabilidad morfológica de los barrancos es muy importante y obedece a influencias estructurales (litología, antigüedad de las estructuras, inclinación de los materiales volcánicos, etc.) y morfogenéticas (dinámica actual y paleomorfogénesis).

Las influencias estructurales son particularmente manifiestas en la configuración de las redes hidrográficas. Así, los edificios volcánicos complejos –tipo dorsal– van a presentar redes hidrográficas con cursos paralelos entre sí y perpendiculares a una crestería central que actúa como divisoria de aguas principal; este esquema se aprecia con claridad en Anaga (Tenerife), pero en cambio, dada la juventud geológica, es inapreciable en la Cumbre Vieja (La Palma) y Bilma (Tenerife), ya que la actividad volcánica reciente no ha permitido la presencia de barrancos bien desarrollados. En los macizos terciarios en forma de escudo –La Gomera, Gran Canaria y norte de La Palma– el drenaje se organiza en un esquema radial claramente influido por la disposición de los materiales volcánicos.

Con respecto a los valles presentes en las islas hemos reconocido un total de siete tipos diferentes:

1. Valle tipo Betancuria (Fuerteventura). Labrados sobre el enjambre de diques que intruye en el Complejo Basal, se caracterizan por presentar laderas de escasa pendiente con recubrimiento de costras calcáreas, a lo sumo accidentadas por la aparición de afloramientos rocosos de sienitas o gabros; los fondos de los valles están rellenos de aluviones de color rojizo, ricos en limos, resultado de la destrucción de los suelos que recubrían las lomas, y convertidos en terrazas por los cauces actuales. La edad de formación de estos valles es muy antigua ya que en los fondos de algunos de ellos –Ajui, Santa Inés y Los Molinos– se alojan coladas emitidas entre $5,0 \pm 0,3$ Ma y $2,85 \pm 0,25$ Ma (Coello *et al.* 1992). El ritmo de actividad actual es muy mediocre en función del clima árido reinante; sin embargo, los restos de los grandes *alluvial-fans*, observables en algunos sectores de la depresión central (Tuineje y Tarajalejo), que aparecen recordados por la incisión torrencial posterior y cementados por una costra calcárea señalan una intensa actividad torrencial en momentos difícilmente datables con exactitud pero, sin duda, anteriores al Pleistoceno Superior (0,69 Ma).

2. Valles en U de las islas orientales. Están labrados sobre las series basálticas I de Fuerteventura y Lanzarote (emitidas entre $15,8 \pm 0,8$ y $3,66 \pm 0,27$ Ma, Coello *et al.* 1992). En estos sectores el relieve muestra signos de haber sufrido una dilatada evolución; los interfluvios, a veces, aparecen reducidos a *cuchillos*, en ocasiones conectados entre sí o aislados. Las crestas y laderas aparecen muy descarnadas por la erosión –intensificada, al igual que en Betancuria, por el sobrepastoreo de las cabras–, a lo sumo conservan retazos de la cubierta edáfica o muestran la roca o la costra calcárea. En las laderas más bajas se desarrollan modestos *alluvial-fans*, testimonios de una fuerte torrencialidad, cuyas últimas manifestaciones, fechadas por ^{14}C en menos de 26.000 años, parecen coincidir con el último gran episodio glacial (Criado 1991). Estas formaciones aparecen recortadas por cauces tipo *rambla*, rellenas de gravas y arenas sueltas y funcionales únicamente en ocasión de lluvias de fuerte intensidad.
3. Valle tipo Oeste de Gran Canaria. Se trata de formas de gran amplitud. Las vertientes superiores suelen estar constituidas por grandes escarpes, subverticales, asociados a coladas fonolíticas o a mantos de aglomerados Roque Nublo. Las laderas medias muestran un aspecto menos conspicuo y presentan vertientes de fuerte pendiente con rellanos debidos quizás a antiguos niveles de incisión; por último, las laderas bajas aparecen empastadas por taludes y conos de derrubios de ladera, poligénicos y que enlazan con depósitos torrenciales tapizando el fondo del barranco. Variantes de este tipo de valle pueden ser encontradas en La Gomera.
4. Valle tipo Teno. Se han labrado sobre apilamientos de coladas basálticas miopliocenas, de poca potencia y sin apenas intercalaciones de capas piroclásticas. En este marco geológico el progreso lateral del valle ha sido muy mediocre, mostrando incisiones estrechas pero profundas –a veces superiores a los 500 m de desnivel–, con laderas abruptas, con pequeños rellanos –*fajanas*– desarrollados sobre coladas más resistentes, y paredones rocosos donde los *tafonis* están muy bien desarrollados.
5. Valle tipo Anaga. Difieren de los anteriores en que la geología muestra mayores variaciones litológicas, siendo más abundantes los afloramientos piroclásticos y estando presentes otras litologías como las traquifonolitas, bien como *neck* intrusivos o como coladas (normalmente constituyendo mesas o crestas). En este contexto el ensanchamiento ha sido mayor y la forma de los interfluvios varía entre las crestas –casi siempre sobre coladas basálticas– y las mesas de lavas o aglomerados sálicos. Las laderas medias presentan un mayor número de accidentes, con *fajanas*, diques exhumados y *necks*. En las partes más bajas aparecen importantes recubrimientos de derrubios de la-

dera –en ocasiones quizás derivados de movimientos en masa– que enlazan con depósitos torrenciales, poligénicos y aterrizados por los cauces actuales.

6. Valles cuaternarios. Aparecen modelando las regiones construidas por el volcanismo basáltico cuaternario. Se trata de incisiones de profundidad variable, a veces superiores a la centena de metros, pero de anchura modesta y separados por interfluvios en rampa (a veces aparecen rampas en interfluvios desarrollados sobre materiales pliocenos). Las laderas, muy empinadas, alternan *fajanas* sobre superficies de coladas con paredones. Los contactos entre coladas, normalmente constituidos por escorias, son asiento de procesos de formación de *tafonis*, al tiempo que los cauces a veces presentan fondos rocosos muy pulimentados y, en ocasiones, cascadas asociadas a la presencia de coladas compactas.
7. Valles complejos. Son la muestra de la dialéctica espacial que se establece entre procesos erosivos y constructivos de origen volcánico; ésta es típica de las áreas donde el volcanismo se ha desarrollado durante un amplio periodo de tiempo, mediando intervalos de inactividad. Así, solemos encontrar laderas superiores labradas sobre materiales miopliocenos y fondos constituidos por rellenos lávicos –basálticos casi siempre– que se han instalado dentro del vano erosivo preexistente; a veces los rellenos son antiguos y muestran sus superficies originales transformadas en suelos e incididas por cauces más recientes (Tegueste en Tenerife, Teror en Gran Canaria, etc.) aunque en ocasiones son muy recientes (Santiago del Teide en Tenerife).

LAS FORMAS LITORALES

Las formas litorales resultan de la interacción de la estructura geológica con los agentes hidrodinámicos (mareas, olas y corrientes litorales inducidas por el oleaje) y con los procesos subaéreos, situándose en una encrucijada de interacciones. En un litoral de naturaleza volcánica, se establece una dialéctica entre los procesos erosivos y los constructivos derivados de la llegada al mar de los materiales volcánicos, principalmente coladas.

Los litorales canarios son muy variados, existiendo importantes diferencias entre las islas occidentales y las orientales. En las primeras predominan las costas rocosas, fundamentalmente acantiladas; en las segundas, si bien los acantilados ocupan amplios espacios, las costas bajas arenosas, con playas y campos dunares están allí bien representadas.

Los acantilados

La variedad morfológica de los acantilados canarios abarca casi todos tipos reconocidos por la geomorfología litoral. Sobre

las series antiguas se desarrollan los principales acantilados de las islas: Famara (Lanzarote), La Entallada (Fuerteventura), Agaete-Güiguí (Gran Canaria), Anaga y Teno (Tenerife), La Gomera, norte de La Palma, y El Hierro. Se trata en todos los casos de grandes abruptos vinculados a la presencia del mar, con dimensiones que oscilan entre algo menos de 200 m (La Entallada) y poco más de 1.000 m (Risco Faneque, Gran Canaria); aunque con importantes variaciones internas, el aspecto suele ser el mismo: paredes casi verticales, con manchones de tonos más claros que evidencian la existencia de desplomes recientes, que a media altura se van cubriendo de vegetación y mostrando una sucesión de fajas, asociadas a los contactos entre coladas superpuestas; a veces, el desarrollo de numerosos *tafonis* le termina por dar un aspecto ruiforme.

La evolución de estos *megacantilados* no es homogénea ni uniforme. El reconocimiento desde el mar muestra las ya citadas cicatrices de los desplomes. Estos se producen no sólo por una sobreexcavación de las muscas labradas en el contacto entre el acantilado y el mar, sino fuera incluso de la acción directa del oleaje; así, el acantilado en ocasiones funciona por la distensión generada por la llamada al vacío; en otras, por el contrario, su relación con la acción erosiva del oleaje es evidente. A veces, el dinamismo reviste magnitudes colosales; en Majona (La Gomera), en 1949 se desplomó un paquete de un millón de metros cúbicos y en Gran Canaria el desplome de Punta de Las Arenas (tipo *debris-avalanche*) ha sido evaluado en 0,5 km³ (Criado *et al.* 1998). Tales dinamisismos son capaces de cambiar la fisonomía del litoral por amplios periodos de tiempo (el deslizamiento de Punta de Las Arenas se produjo hace más de 38.000 años y aún el mar no ha vuelto a recuperar el terreno perdido).

Acantilados más modestos, casi siempre inferiores a los 100 m de altura, se desarrollan sobre los materiales volcánicos cuaternarios y sobre el Complejo Basal; más simples y de menores dimensiones, su evolución casi siempre suele estar ligada a la excavación de la muesca basal por el oleaje. Modestos también son los acantilados desarrollados sobre los depósitos detriticos cuaternarios (derrubios de ladera y depósitos torrenciales); constituidos por un amasijo de bloques y cantos —más o menos heterométricos y desgastados por la erosión— emballados en una matriz de arenas con limos, son fácilmente descalzables tanto por el mar como por el arroyamiento, siendo este último proceso el que más activamente colabora a su destrucción.

COSTAS BAJAS ROCOSAS: PLATAFORMAS DE ABRASIÓN, RASAS E ISLAS BAJAS

Las plataformas de abrasión son el resultado de la erosión del mar sobre afloramientos de roca coherente (lavas, piroclastos antiguos, areniscas, etc). Suelen aparecer cerca del nivel del mar, aunque en ocasiones estén por encima de éste, pudiendo entonces corresponder a niveles marinos transgresivos.

En algunos puntos de Lanzarote (costa de El Rubicón), Fuerteventura (Punta de Jandía, costa de barlovento) —quizás también en Teno Bajo (Tenerife)—, el relieve muestra un aspecto poco usual. Se trata de zonas muy poco desniveladas bordeadas por una línea de costa acantilada en la que afloran terrazas marinas antiguas (plicocenas o cuaternarias); se trata de amplias áreas que fueron arrasadas por el mar cuando éste se encontraba a un nivel marino superior al actual (entre +8 m y +30 m); dado que estos fenómenos ocurrieron hace mucho tiempo, sobre estas paleoformas se han podido instalar *alluvial-fans* y depósitos eólicos.

Las *islas bajas* son un fenómeno típico de las regiones volcánicas y son el resultado del adelantamiento de la línea de costa por aportes volcánicos (Yanes *et al.* 1988). Estos son casi siempre coladas y normalmente caen por los acantilados, canalizadas por los barrancos, derramándose en abanico y generando deltas de lava. Hay numerosos ejemplos en nuestras costas (a excepción de La Gomera); es el caso del Malpais de La Corona (Lanzarote), Jacomar (Fuerteventura), Bañaderos (Gran Canaria), Isla Baja (Tenerife), Punta del Volcán (La Palma) y Hoya del Verodal (El Hierro). Al producirse la formación de una isla baja los antiguos acantilados pasan a ser inactivos y, poco a poco, la dinámica de vertientes tiende a formar conos y taludes de derrubios a su pie.

COSTAS BAJAS ARENOSAS: PLAYAS Y CAMPOS DE DUNAS

Son formas típicas de las islas orientales, si bien existen algunas representaciones en puntos de las occidentales.

En las islas orientales, un relieve en general más suave y una plataforma continental de mayor desarrollo, proporcionan el marco para la formación de grandes playas, con perfil transversal completo, incluyendo campos dunares. Los materiales sedimentarios que los constituyen en general son muy ricos en arenas carbonatadas (hasta un 90% en el jable de Corralejo, en Fuerteventura), con un porcentaje pequeño de granos de naturaleza volcánica; otras veces, como ocurre en Maspalomas (Gran Canaria), la arena es volcánica pero de composición sálica —de ahí su tono claro—. La abundancia de arena puede llegar a ser tan importante como para que las corrientes litorales lleguen a regularizar la costa (costa de Jandía, en Fuerteventura).

En ocasiones son los aportes eólicos los que alimentan las playas. Así parece ocurrir en algunas playas del sur de Corralejo y, muy probablemente, en Jandía (Costa Calma) y Playa Honda (Lanzarote). Los campos dunares no tienen una gran extensión superficial, pero cuentan con una importante variedad geomorfológica, con dunas asociadas a la vegetación (*nebkas*, *barjanas*, etc).

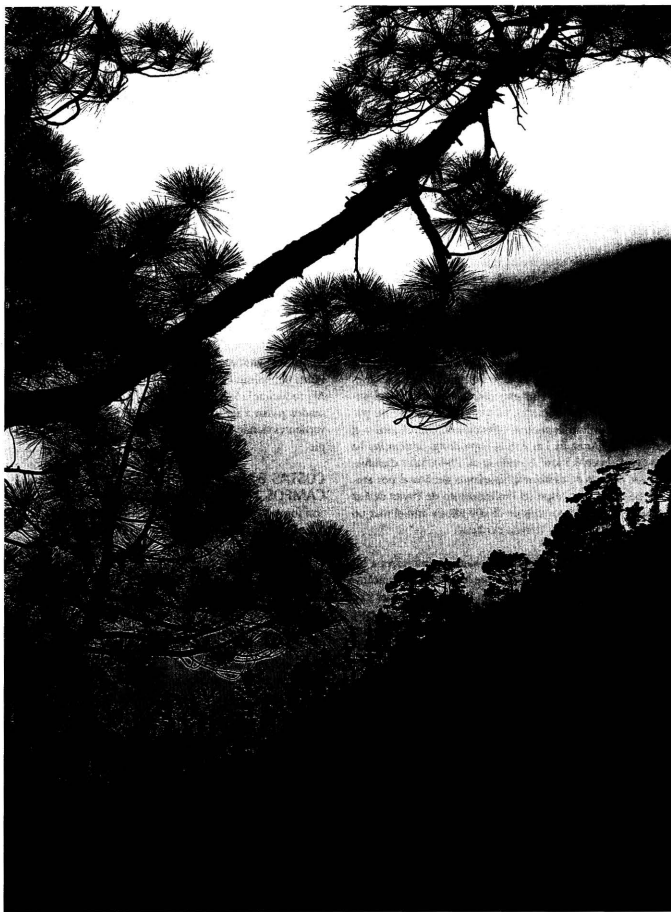


Foto: José Manuel Moreno

Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, La Palma

Capítulo 8

EL CLIMA

VICTORIA MARZOL



Los condicionantes que definen el clima de un lugar son dos y de diferente índole. Por un lado, las condiciones atmosféricas y, por otro, los factores geográficos regionales y locales. Las primeras poseen un gran dinamismo y movilidad y representan “el sentido vertical” del clima; los segundos, en cambio, son estáticos y significan “la horizontalidad” del clima, cómo se distribuye en el espacio geográfico, cómo varía de un lugar a otro. Ambos conforman un sistema abierto y complejo en el que los componentes tienen una interacción dinámica.

De los 2.000 metros, los vientos en esta región del Atlántico sean del cuarto cuadrante mientras que en la capa de aire más próxima a la superficie de las islas los vientos alisios son del primer cuadrante. El origen de estos últimos se halla en el flanco oriental del anticiclón de las Azores, centro de presión dinámico y reforzado térmicamente por la base, que experimenta un importante balance estacional ya que en invierno desciende hasta la latitud de Madeira y en verano se desplaza hacia el Norte hasta situarse frente a las costas gallegas o incluso francesas.

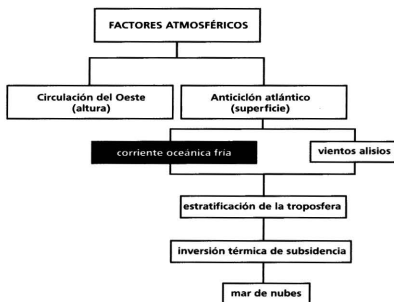


Figura 8.1

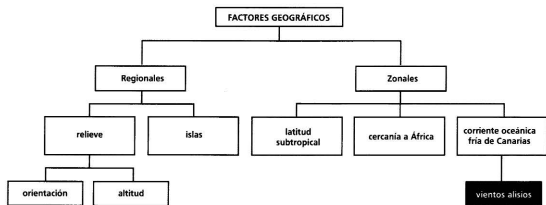
Esquema de los factores atmosféricos del clima de Canarias y su punto de conexión con los factores geográficos a través de la corriente oceánica fría.

Canarias, desde el punto de vista de la dinámica atmosférica, se halla en la transición del mundo templado, donde domina la circulación del Oeste, y el tropical en el que los vientos proceden del Este. Este hecho explica que en altura, a par-

En este momento se establece una relación de retroalimentación (*feedback*) entre los factores atmosféricos y los factores geográficos ya que de no existir una corriente oceánica fría, la de Canarias, no sería posible que el rasgo más sobresaliente de la estructura vertical de la troposfera fuera una inversión térmica de subsidencia; por otro lado, no habría corriente oceánica fría de no existir los vientos alisios del anticiclón atlántico, que retiran las aguas superficiales para permitir el ascenso de las más profundas (Fig. 8.1). Es un bucle negativo (*negative feedback*) porque sus efectos tienen la finalidad de mantener el equilibrio atmosférico.

Producto de esa relación entre ambos tipos de factores, el descenso del aire superior y el enfriamiento del aire superficial por su contacto con las aguas más frías, la estructura de la troposfera en Canarias es de una gran estabilidad en la que destaca la inversión térmica de subsidencia. Finalmente, a consecuencia de esa inversión térmica las nubes ven impedido su desarrollo, resultando una nubosidad baja y estratiforme, formada fundamentalmente por estratocúmulos.

En el caso de los factores geográficos es necesario diferenciar dos escalas espaciales: la zonal, protagonizada por la latitud en la que se encuentra Canarias, los 28°N, y la escala regional, al tratarse de un territorio formado por siete islas, con una orografía muy contrastada y donde la altitud y la orientación del relieve de cada una de ellas son fundamentales para explicar y entender la enorme diversidad climática que existe (Fig. 8.2).

**Figura 8.2**

Esquema de los factores geográficos del clima de Canarias y su punto de conexión con los factores atmosféricos a través de los vientos alisios.

El relieve es el causante del diferente reparto espacial de los elementos climáticos, sobre todo de la precipitación, temperatura, humedad relativa y nubosidad. Sin lugar a duda, la singularidad del clima de Canarias es esa variedad de ambientes y el rápido cambio de las condiciones meteorológicas de un lugar a otro. Este hecho desaconseja el uso y aplicación de ciertas clasificaciones a este territorio tan compartimentado y sugiere utilizar la escala topoclimática.

En una distancia lineal de no más de 12 km, entre la costa norte y la cumbre de Tenerife, la temperatura disminuye 9,3°C, dos décimas más en el caso de la vertiente oriental; eso supo-

ne un gradiente medio de 0,4°C/100 metros de ascenso (Tabla 8.1). Si fijamos la atención en las diferencias de la pluviosidad según los factores geográficos altitud y orientación, en la vertiente norte de Gran Canaria las lluvias aumentan a razón de 50 mm cada 100 metros desde la costa hasta los 500 m y se incrementan a un ritmo de 72 mm/100 m desde las medianías a la cumbre coincidiendo con la franja en la que el mar de nubes entra en contacto con la isla. Ahora bien, al descender por la vertiente sur, las lluvias van disminuyendo primero de forma brusca (137 mm cada 100 m) y después a un ritmo de 30 mm cada 100 m hasta llegar a la costa. En definitiva, la vertiente protegida de los vientos húmedos recibe la mitad de las lluvias que la septentrional (Tabla 8.2).

Tabla 8.1

Variación de la temperatura media mensual en tres localidades de Tenerife según la altitud y orientación.

Estación	Puerto de la Cruz	Izaña	Güímar
Altitud (m)	120	2.367	120
Orientación	Norte	Cumbre	Este
T. media anual (°C)	19,0	9,3	19,2
Enero	16,5	4,3	16,1
Febrero	16,5	4,9	16,3
Marzo	16,9	5,9	17,1
Abril	17,4	6,9	17,5
Mayo	17,7	9,8	18,5
Junio	19,4	13,4	20,1
Julio	20,9	18,0	21,9
Agosto	22,0	17,9	22,7
Septiembre	22,4	14,1	22,8
Octubre	20,8	10,1	21,4
Noviembre	19,2	7,0	19,3
Diciembre	17,6	4,6	17,3

Fuente: I.N.M.

Tabla 8.2

Variación de la precipitación anual en Gran Canaria según la orientación y altitud.

Localidades	Altitud (metros)	Orientación	Precipitación media anual (litros/m ²)	Gradiente pluviométrico (litros/m ² /100 m)
San Felipe	16	Norte	167,9	
Mondragones	427	Norte	375,3	50,5
La Retamilla	1.370	Norte	1053,2	71,9
S. Bartolomé de Tirajana	887	Sur	390,7	- 137,2
Ayagaure	227	Sur	165,5	- 34,1
Maspalomas	12	Sur	92,9	-33,8

Fuente: Servicio Hidráulico de Gran Canaria

LAS MASAS DE AIRE PROTAGONISTAS DEL CLIMA DE CANARIAS

a masa de aire más frecuente en la región de Canarias es la *tropical marítima* que, por su origen oceánico, tiene una humedad relativa en torno al 70% y una temperatura media de 20-23°C. Por su base se encuentra refrescada puesto que se desplaza sobre las aguas frías de la corriente de Canarias. Esta masa de aire es simultánea con el anticiclón de las Azores y los vientos alisios; su rasgo más característico es la notable estabilidad atmosférica generada por la inversión térmica al dificultar cualquier movimiento vertical del aire. En definitiva, esta masa de aire es la responsable del buen tiempo, tan popular, de las islas Canarias.

Hay algunos días al año, pocos, en los que las temperaturas disminuyen y el cielo se cubre de oscuros nubarrones que descargan importantes precipitaciones. En esos momentos el aire que se aproxima a las islas es el aire *polar marítimo*, del Atlántico norte, que se hace acompañar de las borrascas y sus frentes perturbados. Cuando esto ocurre, la diferente altitud de cada una de las islas es fundamental en la distribución espacial de las lluvias. Esta situación atmosférica de inestabilidad, donde el aire húmedo sufre acusados movimientos verticales que aceleran su saturación y condensación, puede desembocar en la llegada de un aire muy frío del norte, con origen en el centro y norte de Europa, que provoca precipitaciones sólidas en las cumbres de La Palma, Tenerife y Gran Canaria.

Cuando las temperaturas aumentan y se percibe sequedad en el ambiente es porque el aire que llega hasta el archipiélago es el *tropical continental*, procedente del vecino desierto del Sahara. En ocasiones, ese aire transporta pequeñas partículas de las arenas del desierto que ocasionan una disminución de la visibilidad.

Estas tres masas de aire, que se suceden unas a otras en su llegada hasta el archipiélago canario, son las responsables del carácter efímero del tiempo y, en definitiva, del clima de esta región. Ese carácter pasajero del tiempo atmosférico —no hay dos días seguidos con el mismo tiempo— no impide detectar una repetición de ciertos estados de la atmósfera.

Atendiendo a la concepción movilista, defendida por Max Sorre a principios del siglo XX, de que el clima es la sucesión habitual de los tipos de tiempo atmosférico sobre un lugar y haciendo uso del método sinóptico, en Canarias se pueden distinguir tres tipos de tiempo fundamentales y un abanico de situaciones atmosféricas de transición.

LOS TIPOS DE TIEMPO MÁS FRECUENTES EN CANARIAS

El tiempo predominante en Canarias es el del régimen de los vientos alisios. Es tan frecuente que sus rasgos dominantes —vientos suaves, ligera nubosidad, temperaturas agradables, ausencia de lluvias, etc.— se utilizan para definir el clima de las islas Canarias. Ahora bien, existe un número de días al año, escasos, en los que estas condiciones atmosféricas tan estables cambian notablemente; cuando eso ocurre se producen importantes precipitaciones o, por el contrario, el archipiélago se ve sometido a los efectos del calor proveniente del vecino continente africano. En definitiva, es más adecuado decir que el clima de Canarias es el resultado de la suma y la alternancia de tres tipos de tiempo:

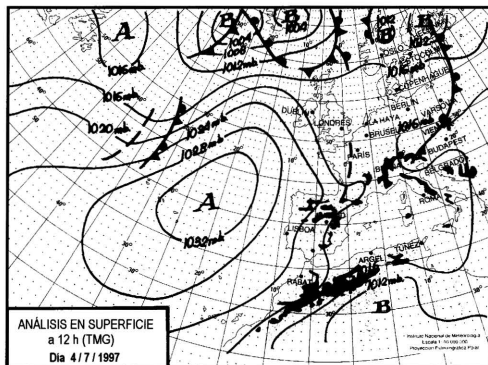
- 1) el régimen de alisios, el más frecuente y que origina el ambiente más agradable.
- 2) las borrascas atlánticas, el más inestable y lluvioso, pero bien acogido por los isleños porque es la única forma de aporte de agua.

- 3) el tiempo sahariano, el más cálido y seco, también el más opresivo para los habitantes.

El primero de ellos, el *régimen de alisios*, se da cuando el archipiélago canario está bajo los efectos del anticiclón de las Azores (Fig. 8.3). En esos días, el viento que sopla es el alisio del noreste, mundialmente conocido por su importante papel en el descubrimiento del Nuevo Mundo, con una velocidad media moderada, alrededor de 20-22 km/h. Este tiempo es más frecuente en verano, cuando el anticiclón atlántico se retira hacia la costa portuguesa. Lo más llamativo en la estructura vertical de la baja atmósfera de estos días es la existencia de una inversión térmica de subsidencia en torno a los 1.000 metros de altitud, cuya misión fundamental es la de aumentar la estabilidad atmosférica y la de impedir el desarrollo vertical de la nubosidad; como consecuencia de ella, tan sólo se forma una nubosidad estratiforme (estratocúmulos) denominada mar de nubes.

Figura 8.3

Mapa de superficie de un día con régimen de alisios en Canarias (4 de julio de 1997). Fuente I.N.M.



Esta nubosidad afecta de manera muy diferente a cada isla según la altitud y disposición de sus relieves. En aquellas que se superan los 1.500 metros de altitud, este estrato nuboso queda detenido: es el caso de las vertientes norte de Tenerife, Gran Canaria, La Gomera y El Hierro, y en la vertiente este de La Palma.

El efecto más claro de este estancamiento es el de "efecto invernadero" ya que suaviza el régimen térmico diario de los sectores situados por debajo de la nube al actuar ésta a modo de filtro, tanto de las radiaciones solares diurnas como de las irradiaciones terrestres nocturnas; también impide la difusión de la humedad relativa del aire hacia las capas medias de la troposfera. Las diferencias de los valores termométricos medios del Puerto de la Cruz con respecto a la costa de Güímar, en el norte y este de Tenerife respectivamente, o entre Mazo y Tazacorte, en el este y oeste de La Palma, son un buen ejemplo de este efecto. Al comparar las temperaturas medias de estas últimas localidades se observa cómo el mar de nubes filtra los rayos solares y la costa oriental de La Palma tiene siempre uno o dos grados centígrados menos que la occidental, que suele estar totalmente despejada; durante la noche, esa misma nubosidad impide la pérdida del calor terrestre y Mazo es más cálido que Tazacorte (Fig. 8.4). En definitiva, el régimen térmico de los lugares situados por debajo del mar de nubes es menos contrastado, unos 3 ó 4°C, que aquéllos que no lo están.

Otra consecuencia, en este caso en la franja de contacto entre la nube y la isla, alrededor de los 800-900 m de altitud, es el aporte de un importante volumen de agua a la superficie terrestre proveniente de las gotitas de agua que transporta la nube y que se adhieren a las masas arbóreas; además, esta nubosidad genera una notable humedad ambiental que favorece el mantenimiento de un bosque y sotobosque densos. Investigaciones realizadas para cuantificar el agua obtenida por este contacto demuestran que en condiciones óptimas es cinco veces superior al volumen de agua obtenido a través de la lluvia convencional.

Un tercer efecto del mar de nubes es la disminución de la insolación en los sectores afectados por él. Al ser el mar de nubes un fenómeno atmosférico típico del régimen de alisios y éste ser más frecuente en verano, la nubosidad tiene mayor espesor y se encuentra a menor altitud durante esta época del año. Por este motivo es más fácil su estancamiento por el relieve y el resultado más visible es la disminución del número

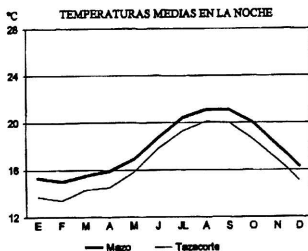
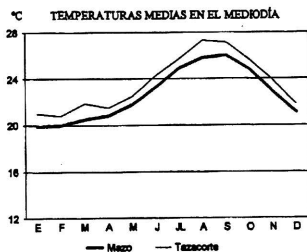


Figura 8.4

Diferencias térmicas entre la costa occidental y oriental de La Palma por efecto de la nubosidad. Fuente INM.

de horas de sol, como ocurre en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria (Fig. 8.5).

Casi todas las *situaciones de inestabilidad atmosférica* y de mal tiempo en Canarias proceden del Atlántico y vienen en forma de borrasca; es entonces cuando se produce la irrupción de aire húmedo y fresco del Noroeste que trae consigo lluvias.

Este tipo de tiempo se da, fundamentalmente, desde principios de noviembre hasta mediados de la primavera y para ello es necesario que el anticiclón de las Azores se retire hacia el centro del Atlántico y que se aproxime una borrasca del Frente Polar; en ese momento desaparece la inversión térmica de subsidencia, típica del régimen de alisios, y los vientos rolan al Noroeste. En las capas altas se forma una vaguada o un embolsamiento de aire frío que aumenta la inestabilidad regional (Fig. 8.6).

Estas condiciones, unidas a la orografía contrastada de algunas islas, provocan que la nubosidad alcance un considerable desarrollo vertical (cumulonimbos) y descargue importantes volúmenes de agua de lluvia. Un ejemplo de esta "perturbadora" inestabilidad atmosférica regional ocurrió los días 10 y 11 de abril de 1977, cuando se acercó hasta el oeste de las islas una importante depresión, de 995 hPa; en altura se correspondía con un embolsamiento de aire frío (-20°C a 5.000 metros y -51°C a 9.000 m de altitud). Durante esos días cayeron las lluvias más voluminosas de las conocidas en los últimos cincuenta años. En El Escobonal, situado en el este de Tenerife, la media anual es de 330 mm pero en 48 horas cayeron 383 mm; en Vilaflor, a 1.410 m, con una media anual de 469 mm, el 11 de abril de 1977 se recogieron 360

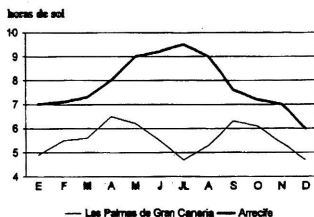


Figura 8.5

Diferencia en el número de horas de sol al mes entre las ciudades de Las Palmas de Gran Canaria, afectada por el mar de nubes, y la de Arrecife, Lanzarote, que no lo está. Fuente: INM

mm. También es característico en esos momentos que se alcancen las mayores intensidades conocidas de la lluvia (75 mm en 10 minutos en La Laguna, ciudad que quedó sumergida bajo las aguas y el lodo después de los 260 l/m² caídos en esas fechas).

Las siete fechas recogidas en la tabla 8.3 reflejan la importancia de la intensidad de estas lluvias diarias, que a veces son superiores a lo que habitualmente cae en todo un año (caso de Tamaraceite) y siempre duplican o triplican la media de ese mes. Los efectos de estas acusadas intensidades dependen mucho de la existencia de una cobertura vegetal que los mitigue o los intensifique.

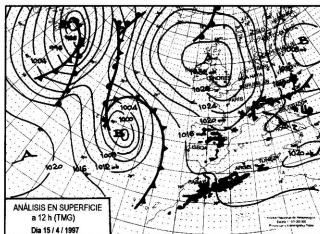
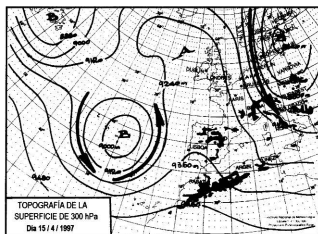
Tabla 8.3

Relación de la lluvia máxima caída en 24 horas con respecto a la lluvia media anual y mensual en varias localidades de Canarias (1950-1980).

Localidad	Isla	Precipitación media anual	Precipitación media mensual*	Máxima en 24 horas	Fecha
Izaña	Tenerife	563,7	118,0	360,0	11-11-1950
Valleseco	Gran Canaria	858,4	86,6	350,0	24-10-1955
La Retamilla	Gran Canaria	1053,2	188,3	428,6	18-11-1962
Los Sauces	La Palma	580,0	119,8	250,0	16-01-1957
Tamaraceite	Gran Canaria	275,0	40,3	300,0	24-10-1962
Vallehermoso	La Gomera	372,4	58,2	216,5	24-11-1968
San Mateo	Gran Canaria	544,7	86,9	246,0	12-02-1971

*Corresponde a la media mensual del mes en el que se produce la máxima en 24 horas.

Fuente: I.N.M. y Servicio Hidráulico de Gran Canaria. Extraído de Marzol (1988).

**Figura 8.6**

Mapas de superficie y de 300 hPa del día 15 de Abril de 1997. Cuando predomina la inestabilidad atmosférica sobre Canarias la borrasca superficial coincide con un embolsamiento de aire frío en las capas altas. Fuente: I.N.M.

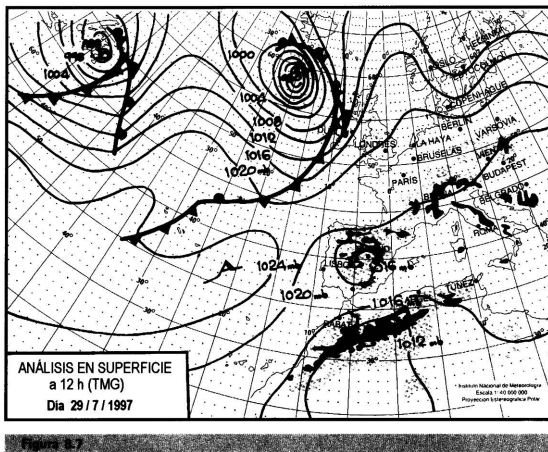
El tercer tipo de tiempo se produce cuando el aire cálido y seco del desierto del Sahara llega hasta el archipiélago canario. En las islas se denomina a esta situación *tiempo sur* porque los rasgos que posee son totalmente opuestos a los del régimen dominante de los alisios. Para que este tiempo se dé es necesario, de nuevo, que el anticiclón de Azores se retire hacia el centro del Atlántico y que desde el Sahara llegue una masa de aire seca, a pesar de tener que atravesar para ello 96 kilómetros sobre las aguas oceánicas frescas.

Este tipo de tiempo, si bien aparece en cualquier momento del año, tiende a ser más frecuente en los meses invernales (Dorta 1997) aunque sus efectos en estos meses no son tan notorios como en el verano. En el primer caso el origen se halla en un anticiclón térmico situado en el suroeste europeo y cuyas isobaras circulan sobre el Sahara antes de llegar a Ca-

narias; en el segundo caso, el verano, es una baja presión térmica de escasa potencia situada sobre Marruecos y Mauritania (Fig. 8.7). Las temperaturas pueden alcanzar los 40,0°C en verano y subir de 5 a 6°C en invierno.

Cuando este tiempo ocurre, la humedad relativa disminuye hasta porcentajes insignificantes (10%), los vientos son débiles del Este y Sureste, la nubosidad es muy escasa (predominan los altostratos) y las diferencias térmicas diarias aumentan a consecuencia del calor diurno y de la fuerte irradiación nocturna.

La estructura vertical de la atmósfera durante estos días es de una gran estabilidad pero por motivos diferentes a la que se produce en el régimen de alisios. El diagrama termodinámico refleja una curva de estado con un gradiente muy débil.



El mapa de superficie del 29 de julio de 1997 representa la situación habitual de los días con tiempo sahariano. En esta fecha se sobrepasaron los 30°C en algunos sectores del litoral y en Izaña, a 2.367 m de altitud había 26,1°C. Fuente: I.N.M.

Por ejemplo, el 29 de julio de 1997 la temperatura en la costa sur de Tenerife era de 27,5°C y en Izaña, a 2.367 m de altitud, el termómetro marcaba 26,1°C; esos valores suponen que el gradiente era de 0,06°C cada 100 m cuando lo normal es medio grado por centenar de metros. A veces también aparece una inversión térmica superficial que afecta sólo a la capa de aire más próxima al suelo; ésta ocasiona la degradación de la calidad del aire por la turbiedad proporcionada por la calima sahariana a la que hay que añadir la acumulación de los gases contaminantes, de origen antropogénico, en los primeros metros de aire. Este aumento de

la contaminación atmosférica, en el caso de las dos capitales provinciales, se agrava por los contaminantes propiamente urbanos.

En definitiva, el clima del archipiélago canario es el resultado de la estrecha relación que hay entre la atmósfera y los factores geográficos zonales. Con posterioridad, los condicionantes regionales, fundamentalmente la altitud y orientación del relieve, serán los responsables de la enorme variedad de ambientes climáticos que se pueden distinguir en cada una de las islas y de las diferencias entre unas islas y otras.

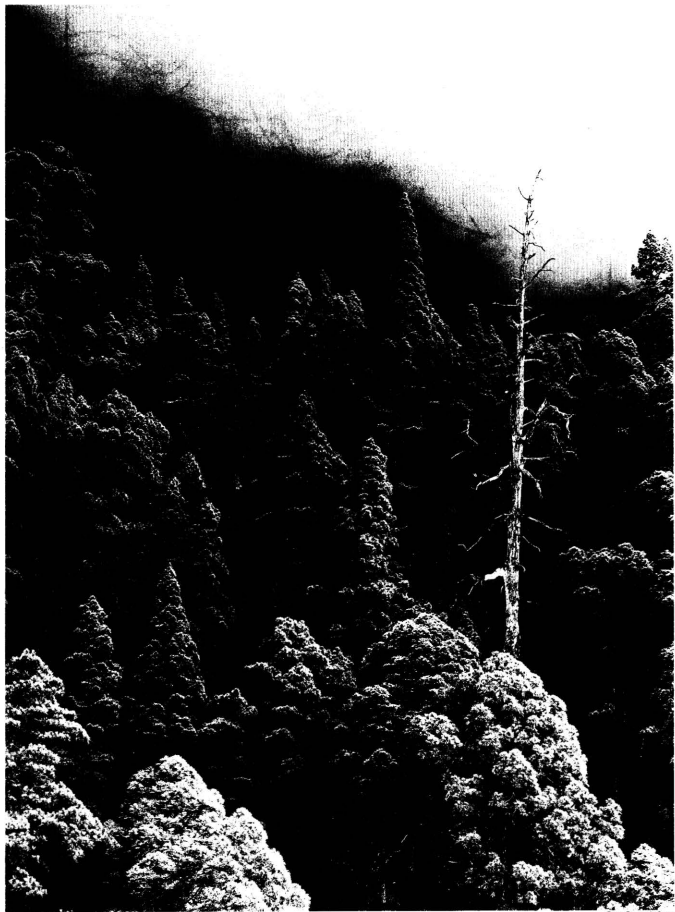


Foto: Fernando Cove

Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, La Palma

Capítulo 9

LOS PAISAJES VEGETALES

MARÍA EUGENIA AROZENA ESTHER BELTRÁN YANES



Desde el punto de vista geográfico, el paisaje se entiende como la organización territorial que presenta el aspecto de la superficie terrestre. El término paisaje es, por lo tanto, inherente a cualquier territorio y, según sea su elemento fisonómicamente dominante —lo natural, lo agrario, lo urbano, etc.— variarán las técnicas de estudio y las fuentes de información utilizadas, cuyos resultados han de ser siempre interpretados y valorados desde una perspectiva común, proporcionada por el fundamento geográfico.

La organización territorial que caracteriza a un paisaje manifiesta una estructura jerárquica de unidades espaciales estrechamente interrelacionadas, de superficie variada. Cada mosaico reconocible es un elemento de otro mayor y, a su vez, cada una de sus piezas encubre otro *puzzle* de menores dimensiones, cuyos integrantes sólo son identificados al acercarnos y observar con más detalle (Martínez de Pisón 2000). Además, esta organización es siempre exclusiva de cada sitio. No existen dos paisajes exactamente iguales porque sus estructuras territoriales son también siempre diferentes. Así, la variada localización y extensión de los volcanes y los barrancos, de las ciudades, los caseríos y los campos de cultivo, de los matorrales y los bosques determinan diferencias en la fisonomía de cada isla; por ello, aunque las piezas sean las mismas, si se modifican su tamaño y su orden, cambia el mosaico resultante.

Si al término paisaje se le añade el de vegetal, se pretende hacer referencia al protagonismo que tiene la vegetación en la organización territorial de la fisonomía de un espacio. En la mayor parte de las tierras emergidas, salvo las muy frías y las muy secas, este protagonismo suele ser muy elevado, pues, junto a las formas de relieve, la vegetación es el elemento mejor caracterizador del paisaje de un lugar, tanto por contribuir a su aspecto formal, como por ser el mejor sintetizador y, por tanto, la mejor expresión de las relaciones entre lo inerte y lo vivo. Desde esta perspectiva, el componente vegetal es clave para la caracterización del particular paisaje canario, y el conocimiento de su estructura territorial a diversas escalas —su geografía— permite comprender la dimensión espacial de la

interrelación de factores que constituyen la urdimbre de esa fisonomía; es decir, contribuye al entendimiento de cómo funciona un paisaje, lo que constituye el fundamento de la ordenación del territorio.

EL PAISAJE VEGETAL A ESCALA DEL ARCHIPIÉLAGO

A escala de análisis necesaria para contemplar de una vez la totalidad de las islas que integran el Archipiélago Canario permite observar que la cubierta vegetal juega un papel secundario en la caracterización del paisaje y que éste se define por una serie de montañas que emergen individualmente del océano. Por lo tanto, es la existencia de estos relieves lo que rompe la monotonía de la superficie del mar y la importancia de la vegetación se limita a un matiz de este paisaje montañoso, que corresponde a la mancha forestal, el único tipo de vegetación visible a esta distancia.

A esta misma escala, podemos afinar más y reconocer que existen diferencias entre las montañas, pues unas son de planta circular, otras longitudinales o triangulares; unas bajas, otras altas y unas terceras de altitud intermedia; algunas son cupuliformes, otras de tendencia piramidal y otras tienen una estructura de tejado a dos aguas. Los vientos alisios, relacionados con la dinámica atmosférica regional dominante en las islas (ver capítulo 8), generan sobre los distintos relieves unas discontinuidades climáticas guiadas por la altitud, que se reflejan en la localización y la extensión de los bosques en cada montaña, por lo que ese matiz vegetal es espacialmente variable. Así, en las islas bajas (Lanzarote, Fuerteventura e isletes), el componente vegetal del paisaje no tiene ningún protagonismo a esta escala, pues no tienen laderas suficientemente altas como para que el mar de nubes tenga incidencia regular en ellas; en las de altitud intermedia (Gran Canaria, La Gomera y El Hierro) los bosques diversifican el paisaje interno, caracterizando sus cumbres; por último, la mancha forestal de las islas más altas (Tenerife y La Palma) constituye una neta franja altitudinal entre dos áreas aparentemente desprovistas de vegetación, por estar sometidas a estrés hídrico —la más baja— y térmico —la más alta—. Por otro lado, en relación con la

dirección NE-SW del alisio, la forma de la montaña introduce variaciones en la disposición y en la extensión de las formaciones forestales, con un mayor desarrollo en sentido N-S, como en La Palma, o E-W, como en el resto de las islas.

LA VEGETACIÓN EN EL PAISAJE A ESCALA DE UNA VERTIENTE. EL NORTE DE TENERIFE

na vez observado el panorama general, al aproximarnos irán apareciendo interiores sucesivos, en los que el paisaje presentará características variables. En primer lugar, si nos centramos en una isla concreta, se aprecia que la vegetación tiende a contrarrestar el protagonismo que las formas de relieve tienen en la fisonomía del territorio. Así, las discontinuidades paisajísticas introducidas por los espacios forestales pueden tener una importancia similar a la de las grandes unidades morfoestructurales, que caracterizan sectores topográficos muy contrastados. El protagonismo de un elemento sobre el otro dependerá, sobre todo, del tipo de relieve, pues cuanto más variada topográficamente sea una isla, su paisaje estará mejor diferenciado internamente por su orografía que por su vegetación, como es el caso de la isla de Tenerife, o de La Palma; por el contrario, cuando una isla tiene un relieve general más homogéneo, las variaciones de la cubierta vegetal introducen las discontinuidades más relevantes del territorio, como ocurre en La Gomera, constituida en su totalidad por un macizo volcánico antiguo.

Cuando "el todo" es la vertiente principal de una isla, se puede analizar con más detalle y se observa que los principales cambios del aspecto de un territorio se deben a su componente vegetal y el relieve ya sólo interviene de un modo secundario. En primer lugar, las áreas que parecen desprovistas de vegetación en una panorámica general se revelan desde esta perspectiva como unidades integrantes del paisaje vegetal, aunque en ellas éste se caracterice por matorrales con follaje poco denso. En segundo lugar, la mancha forestal aparentemente homogénea se diversifica ahora al descubrir en su interior dos conjuntos espaciales que están diferenciados porque sus bosques están compuestos por planifolios –la laurisilva– o por aciculifolios –el pinar–. La vertiente se muestra, por tanto, como una rampa con un paisaje estructurado por cuatro grandes franjas de vegetación paralelas a la costa, que está salpicado por formas de relieve menores, como los barrancos o los volcanes, que no rompen esa organización general del paisaje.

En este nivel de aproximación es cuando comienza a ser evidente el efecto de la intervención del hombre en el territorio. Ésta se manifiesta en la modificación de la organización del elemento vegetal del paisaje, pues consiste fundamentalmente en la sustitución de la vegetación por elementos fisonómicos de carácter socio-económico, como parcelas agrícolas, núcleos de población, infraestructura viaria, polígonos industriales, etc. La localización de este tipo de perturbacio-

nes del paisaje vegetal es muy variable, pero, tradicionalmente ha afectado de un modo particular a las áreas de contacto entre el matorral de costa y el piso forestal más bajo, es decir, a las medianías, y más recientemente a los espacios costeros.

A esta misma escala podemos apreciar variaciones de esta estructura general, introducidas por el tipo de relieve, en las que, en relación con el clima, actúa como factor de cambio del componente vegetal del paisaje y no como elemento directamente diversificador de la fisonomía del mismo. Desde este punto de vista, la vertiente norte de la isla de Tenerife (Luis 1994) constituye un magnífico ejemplo.

EL PAISAJE VEGETAL DE UN MACIZO VOLCÁNICO ANTIGUO. TENO

a diferente localización de la actividad eruptiva a lo largo de la historia volcánica de la isla ha provocado la existencia de distintas morfoestructuras que se suceden de E a W a lo largo de la fachada septentrional de Tenerife. En los extremos se sitúan los macizos volcánicos antiguos de Tenos y Anaga, en los que, debido al continuado desmantelamiento erosivo ocurrido con escasa interferencia de la actividad eruptiva durante millones de años, dominan los barrancos y los acantilados y apenas existen formas volcánicas originales. Las líneas de cumbres de ambos macizos apenas superan los 1.000 metros de altitud, por lo que en ellos no se pueden desarrollar los dos pisos de vegetación superiores de la cliserie general, y su paisaje vegetal se limita a la existencia de dos unidades principales:

a) Desde el nivel del mar hasta una cota variable entre 200-400 m de altitud se desarrolla una formación arbustiva, muy afín a las estepas de succulentas de las regiones áridas intertropicales, cuya principal característica es la adaptación a la semiaridez. El ambiente climático es fruto del bajo volumen de las precipitaciones anuales, así como de su irregular régimen, además de una elevada insolación que contribuye a las elevadas temperaturas. La vegetación que puede desarrollarse en esas condiciones es un matorral, generalmente poco denso, cuyos componentes tienen formas achaparradas y superficies foliares pequeñas, a veces sustituidas por espinas. Los elementos florísticos característicos son las tabaibas (*Euphorbia balsamifera* y *E. obtusifolia*), y el cardón (*E. canariensis*), de ahí su nombre de tabaibal-cardonal; junto a ellas aparecen otras especies muy bien representadas localmente, como *Neochamaelea pulverulenta*, *Ceropegia dichotoma*, *Schizogyne sericea*, *Kleinia nerifolia*, *Euphorbia aphylla*, etc.

b) Entre 700 y 1.300-1.500 m se localiza un bosque hígrofilo, siempreverde y muy cerrado, cuya existencia se explica por las excepcionales condiciones de humedad y de regularidad térmica proporcionadas por el mar de nubes del alisio. Del mismo modo que los bosques de los archipiélagos macaronésicos septentrionales, el monteverde canario se emparenta

florísticamente con los bosques subtropicales que vivían en torno al Mediterráneo durante la Era Terciaria, por lo que tienen carácter relictivo, y, particularmente el canario, se relaciona ecológicamente con los actuales bosques de niebla de la montaña intertropical. Este bosque es pluriespecífico y en él se pueden encontrar hasta 21 especies florísticas arbóreas distintas, que pertenecen a diversas familias, entre las que destaca la de las lauráceas; pero este rasgo no resta homogeneidad al aspecto del bosque, debido a las similitudes existentes entre las diversas especies, especialmente en sus hojas lauriformes. En su estado óptimo, el estrato arbóreo tiene una gran densidad y un elevado porte, así como un sotobosque pobre, constituido sobre todo por helechos; en estas condiciones el bosque crea su propio clima local, umbrío y húmedo, favoreciendo así la abundancia de briófitos y líquenes.

de materiales eruptivos y por un predominio de los conos volcánicos frente a los barrancos, lo que ocasiona que alcancen una altitud superior a los 1.000 m, que aumenta progresivamente hacia el centro de la isla hasta alcanzar los 2.000 m, y que su relieve sea bastante menos accidentado que el de los macizos antiguos. Como consecuencia, su paisaje vegetal es más variado que el de aquellos, pues incluye un piso de vegetación más, el pinar.

En los 1.200-1.400 m de altitud se establece el límite inferior del pinar, una comunidad forestal adaptada a un recrudescimiento de las condiciones climáticas –menor humedad y más frío invernal que en el área de monteverde–, motivado por la ausencia del mar de nubes provocada por la altitud. El pinar es un bosque relativamente cerrado e integrado exclusivamente por una especie arbórea (*Pinus canariensis*) y por un sotobosque

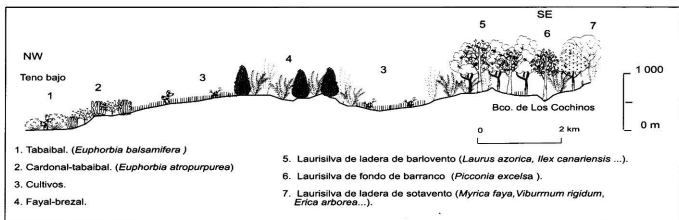


Figura 9.1

Perfil de vegetación en el macizo volcánico antiguo de Teno.

El paso del matorral al bosque se efectúa mediante una formación arbustivo-arborescente, representada de un modo particular por el sabinar (*Juniperus turbinata* ssp. *canariensis*), en el que con frecuencia se integran especies de las comunidades colindantes.

Estos espacios están afectados también por el proceso general de antropización del paisaje, pero, como consecuencia del carácter muy accidentado del relieve en los macizos antiguos, aquélla ha estado dificultada y su efecto paisajístico, sobre todo por lo que respecta a su continuidad espacial, es menor que en otros sectores de la vertiente (Fig. 9.1).

EL PAISAJE VEGETAL DE UNA DORSAL VOLCÁNICA. PEDRO GIL

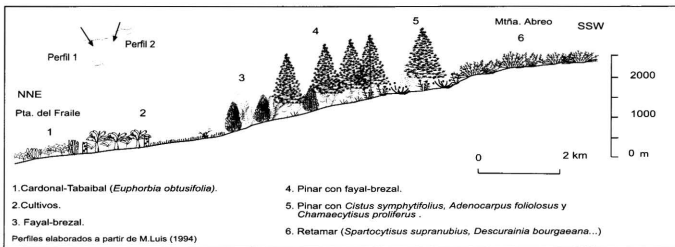
La prolongación temporal de la actividad volcánica reciente hacia el centro de la isla de Tenerife ha determinado que los macizos antiguos enlacen con las dorsales volcánicas de Pedro Gil, en el este, y Bilma, en el oeste. Estas unidades geomorfológicas se caracterizan por una mayor superposición

que pobre, constituido por jaras (*Cistus symphytifolius*), escobones (*Chamaecytisus proliferus*), etc. El pinar canario presenta similitudes fisonómicas con los bosques de coníferas típicos del piso forestal más alto de la zona templada.

Por otro lado, el efecto de una presión antrópica más intensa y continua en el espacio y en el tiempo –favorecida por una topografía general más suave– ha alterado profundamente la estructura original del aspecto del territorio, de manera que hoy éste se define por una gran relevancia del componente socio-económico del paisaje, mientras que la vegetación sólo le proporciona entidad a las áreas cimeras de la vertiente (Fig. 9.2).

EL PAISAJE VEGETAL DE UN ESTRATOVOLCÁN. SAN JUAN DE LA RAMBLA-TEIDE

En el contacto entre las dos dorsales ha tenido lugar una espectacular concentración de la actividad volcánica reciente, por lo que las diferencias geomorfológicas que existen entre las dorsales y los macizos antiguos tienen aquí su máxima expresión y se llega a alcanzar una altitud de 3.718 metros

**Figura 9.2**

Perfil de vegetación del estratovolcán San Juan de La Rambla-base de El Teide.

y una gran importancia relativa de los edificios volcánicos, mientras que los barrancos dejan de ser un elemento fisonómico. Esta área central de Tenerife se diferencia, entonces, de las dorsales por ampliar el escalonamiento vegetal un nivel altitudinal más, el del matorral de montaña, pues la modificación por parte del hombre de la estructuración del paisaje es prácticamente la misma.

Aproximadamente a los 1.800-2.000 m se localiza un matorral de variado grado de densidad, integrado por ejemplares de porte semiesférico y tendencia almohadillada, en el que dominan la retama (*Spartocytisus supranubius*) y el codoso (*Adenocarpus viscosus*), junto a las que aparecen con desigual protagonismo *Descourainia bourgaeana*, *Pteroccephalus lasiospermus*, *Echium wildpretii*, *Erysimum scoparium*, etc. Las condiciones climáticas a esta altitud llegan a ser extremas: la sequedad, atmosférica y edáfica, es muy fuerte y las temperaturas experimentan notables contrastes diarios y anuales. La relación geográfica de este tipo de vegetación es mixta; por un lado, con los matorrales de leguminosas de la alta montaña mediterránea y, por otro, con los de la alta montaña intertropical (Fig. 9.2).

EL PAISAJE VEGETAL CANARIO A ESCALA DE UN BARRANCO. EL CEDRO

Cuando el estudio del paisaje vegetal se aborda a un nivel de cierto detalle, cada uno de los grandes tipos de vegetación deja de ser parte de un panorama y se presenta como una forma interiormente estructurada, con piezas constituyentes. Desde esta perspectiva, esas "piezas constituyentes" corresponden casi siempre a modificaciones internas de un mismo tipo de vegetación y éstas suelen corresponder a variaciones del porte y de la densidad de la cubierta vegetal, aunque,

en algunos casos, estos rasgos no se alteran y las piezas del puzzle sólo se identifican mediante los cambios de la composición florística.

Ante este evidente protagonismo, las formas de relieve reconocibles a esta escala sólo tienen interés fisonómico en los espacios con escasa vegetación. Fuera de ellos la topografía actúa únicamente como factor de diversificación de las condiciones climáticas locales, de la profundidad y continuidad del suelo y del aprovechamiento humano y, como consecuencia, condiciona la organización espacial de la vegetación y del paisaje; esta relación es tan estrecha que donde el relieve es poco accidentado, el paisaje vegetal tiende a ser más homogéneo. Desde el punto de vista del uso del territorio por parte del hombre, a esta escala se hacen patentes, incluso, las modificaciones ligeras del paisaje vegetal provocadas por intervenciones poco intensas o que han cesado antiguamente y que, por tanto, no suponen una sustitución artificial de la vegetación por elementos fisonómicos de otro tipo.

La articulación espacial del monteverde en el interior del barranco de El Cedro (Aroza 1987), en la isla de La Gomera, constituye un magnífico ejemplo del mosaico vegetal a esta escala. El bosque se localiza en la cabecera de un barranco de dirección general NE que es tributario del Valle de Hermigua, a una altitud comprendida entre 875 y 1.450 m, por lo que disfruta de la influencia regular del mar de nubes del alisio. La discontinuidad más evidente de las características del bosque es la que diferencia los sectores más expuestos de los más abrigados; mientras que en las cumbres de las divisoriales con los barrancos colindantes los mayores grados de intensidad del viento, de la insolación y de la evapotranspiración provocan una reducción del porte y de la densidad de la masa arbórea, así como una mayor importancia relativa de las especies más

resistentes, en el fondo de la vaguada, donde las nieblas se remansan frecuentemente, dominan los planifolios más exigentes en humedad, cuyos ejemplares conforman un bosque alto y cerrado, muy húmedo y umbrío.

El mismo efecto de esta relación entre la topografía y las condiciones ambientales locales se aprecia, a una escala más detallada, entre los fondos de los afluentes de disposición perpendicular al cauce principal y los interfluvios que los separan; pero, si nos aproximamos aún más, observamos que estos interfluvios secundarios introducen nuevas variaciones, entre sus laderas abiertas al NE y las expuestas al SW, más abrigadas de la dirección dominante del viento, si bien éstas se evidencian ya sólo en la diferente proporción en que aparecen los ejemplares de las múltiples especies arbóreas que componen el monteverde (Figs. 9.3 y 9.4)

Esta organización interior del bosque, tan ligada a la topografía interna del barranco, está localmente alterada en diferente grado por la intervención antrópica, cuyo efecto es muy variable en función de los distintos tipos de interacción de la intensidad del aprovechamiento con el tiempo transcurrido desde que comenzó la recolonización vegetal y con las diferentes condiciones ambientales determinadas por las formas de relieve elementales.

EL PAPEL DE LA VEGETACIÓN EN LA ORGANIZACIÓN DEL PAISAJE DE UN VOLCÁN HISTÓRICO. GARACHICO.

pesar de ser un fenómeno restringido a unas pocas islas, las erupciones volcánicas de edad histórica (ver capítulo 5) han provocado la existencia de unos territorios que, aunque generalmente tienen escasa superficie, a escala insular provocan marcadas interrupciones del paisaje vegetal y están caracterizados por un gran protagonismo de las formas de relieve. A diferencia de las tratadas hasta ahora, estas discontinuidades de la vegetación tienden a atenuarse con el tiempo por deberse a la ausencia inicial de suelo en una corteza terrestre recién creada.

Sin embargo, la colonización vegetal de estos volcanes no es homogénea y ello se refleja en una particular organización espacial de la vegetación. Los cambios del paisaje vegetal se centran no sólo en la composición florística y recubrimiento de la vegetación, sino también, en determinados casos, en la alternancia de distintos grupos de vegetación que, a escala de detalle, pueden llegar a ser fisonómicamente tan importantes como las de las formas de relieve. En primer lugar, el grado de ocupación de la vegetación y la riqueza florística es superior en las coladas lávicas que en los edificios piroclásticos de la misma edad, debido a que aquellas ofrecen un sustrato más estable y más masivo, que retiene mejor la fracción fina cerca de la superficie, favoreciendo la conservación de la humedad y la presencia de nutrientes; a estas desigual-

dades hay que añadir las derivadas de la gran importancia relativa de los talófitos en las coladas y de los cormófitos en los piroclastos, más móviles. En segundo lugar, la morfología superficial de las coladas, en concreto la existencia de oquedades superficiales, así como el tamaño y la profundidad de éstas, contribuye a la diversificación de la colonización vegetal, reteniendo fracción fina en superficie, o favoreciendo su acumulación en sectores más profundos, donde es menos aprovechable por los cormófitos primocolonizadores. En tercer lugar, donde las condiciones climáticas locales son favorables y las plantas no están sometidas a estrés hídrico ni térmico –como es el caso de gran parte del volcán Garachico, en la isla de Tenerife (Beltrán Yanes 1996)–, tanto en el interior del cono como de la colada, pueden existir también cambios de las características del componente vegetal; éstos se deben a la influencia desigual de las condiciones puntuales del clima en relación con las diferencias de orientación que existen entre los flancos opuestos del volcán o, incluso, entre los de la pared de un canal lávico (Fig. 9.5)

Por, existen situaciones en las que la vegetación se convierte en el principal elemento caracterizador del paisaje de los volcanes históricos, anulando la gran relevancia que tienen en ellos las formas de relieve; son casos excepcionales, siempre relacionados con aportes de terreno externo y más antiguo que se superponen al de la erupción histórica. Algunos de estos volcanes, como los de Arafo, Fasnía y Siete Fuentes, en la isla de Tenerife, se formaron en el interior de cuencas hidrográficas previas a las erupciones y obstaculizaron el drenaje de las mismas, de manera que el comportamiento hídrico de los sectores superiores a ellos fue el característico de las áreas endorreicas. Con el tiempo, la escorrentía fue capaz de abrir brechas en los lugares de mayor debilidad, se recuperó el drenaje y parte de estas aguas torrenciales, de circulación espasmódica y muy poco frecuente, corre hoy sobre corteza terrestre de edad histórica, abandonando en ellos materiales de acarreo. La carga abandonada es más rica en elementos finos y en nutrientes que la corteza recién creada y, además, contiene un capital biológico inexistente en ésta, por lo que en estos lugares la perturbación de la sucesión primaria ha tenido como resultado un paisaje muy similar al de las áreas externas al volcán.

CONCLUSIONES

El mismo modo que en la mayor parte de los territorios, el Archipiélago Canario tiene un paisaje vegetal jerárquicamente ordenado, en el que a cada rango de esa organización le corresponde una escala de análisis diferente. La originalidad del paisaje de estas islas radica en la gran complejidad que presenta su geografía interna en espacios de tan escasa superficie; complejidad que aumenta progresivamente al descender del archipiélago a un barranco y que se evidencia en el elevado número de discontinuidades y en el apretado ritmo

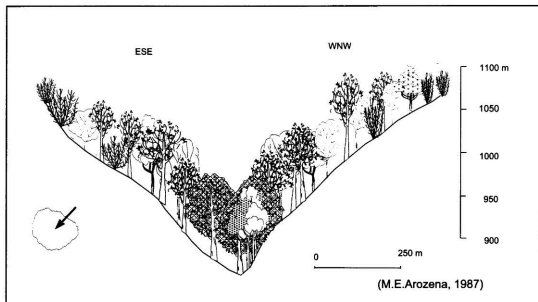


Figura 9.3

Perfil transversal del barranco principal.

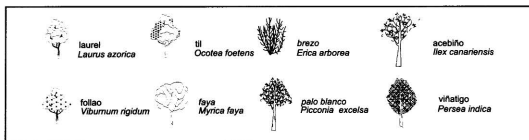
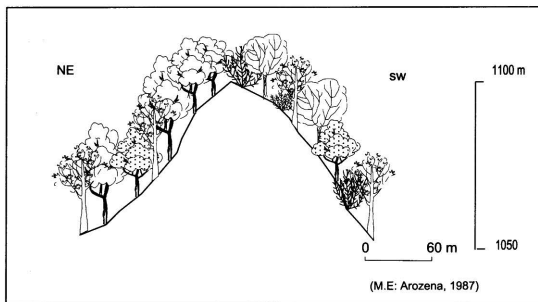


Figura 9.4

Perfil transversal de un interfluvio secundario.

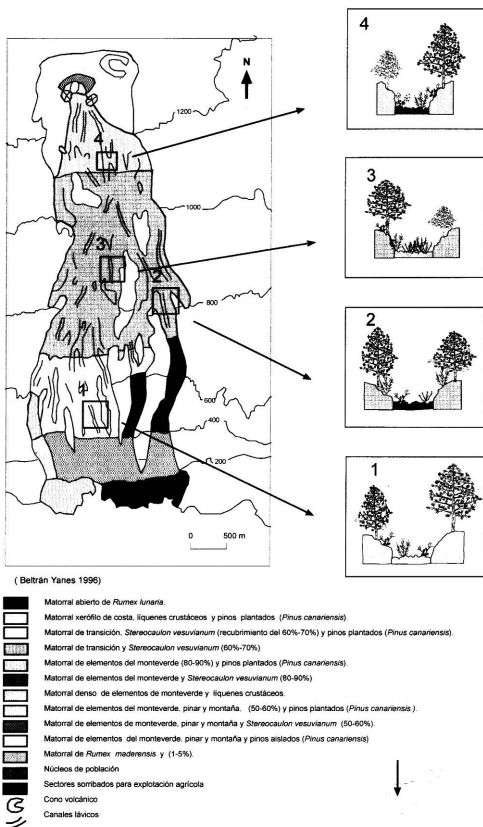


Figura 3.3

El paisaje vegetal del volcán de Garachico.

con que distintas unidades de pequeño tamaño se suceden en el espacio.

La raíz de esta estructura espacial está en el fenómeno volcánico. En primer lugar, a una latitud y en una situación oceánica concretas, el volcanismo ha generado montañas con relieves particulares, que diversifican enormemente las características climáticas regionales; éstas crean discontinuidades ambientales de muy diferentes tipos y tamaños que, a su vez, provocan la existencia de múltiples manifestaciones vegetales, más o menos contrastadas. Pero, además, el volcanismo no ha limitado su papel a

originar islas montañosas, pues sigue siendo activo y proporcionando una fisonomía particular a algunos espacios, y los episodios eruptivos ocurridos recientemente en algunas islas contribuyen a hacer más compleja la geografía de la vegetación insular, al introducir temporalmente nuevas variaciones en él. Por último, es necesario hacer intervenir a la poderosa acción del hombre, capaz de alterar y de hacer desaparecer en poco tiempo el resultado fisonómico de un proceso que comenzó a gestarse hace millones de años en el fondo del océano y que ha pasado por algunas fases de relaciones biogeográficas entre determinadas masas terrestres que hoy ya no son posibles.

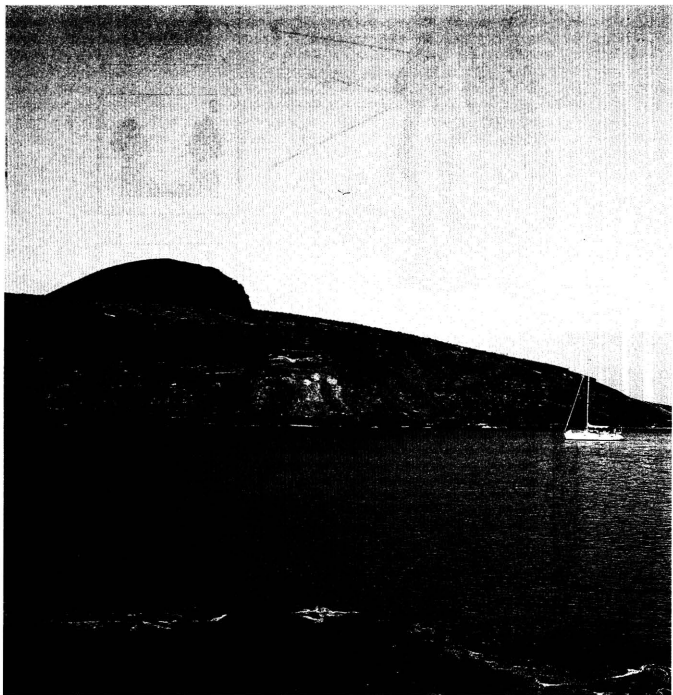


Foto: José Manuel Moreno
Islote de Alegranza

Capítulo 10

EL MAR



El efecto combinado de la situación geográfica del archipiélago canario y su naturaleza volcánica determina que las aguas que lo rodean presenten unas características particulares de gran interés, tanto en lo que se refiere a sus propiedades hidrológicas como a una serie de fenómenos oceanográficos asociados a nivel mesoescalar (entre 100 y 400 km).

Estas características oceanográficas particulares, que están siendo investigadas con mayor intensidad en los últimos años, permiten explicar en gran medida los patrones de distribución geográfica de muchas especies marinas en las costas canarias, y, al mismo tiempo, tienen importantes repercusiones socioeconómicas, sobre todo en lo que se refiere a las pesquerías (especies pelágicas) y a la gestión de los recursos costeros litorales (marisqueo, distribución espacial de especies bentónicas, espacios marinos protegidos, etc.).

CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS

El archipiélago canario está situado en el Océano Atlántico Noreste, entre los paralelos 13-19°W y los meridianos 27-30°N, siendo la distancia más próxima a la costa africana de unos 96 kilómetros (Punta de La Entallada en Fuerteventura y Punta Stafford en el Sahara Occidental). Las islas están distribuidas transversalmente respecto a la Corriente de Canarias, con canales de separación entre ellas relativamente cortos y de gran profundidad (salvo entre Lanzarote y Fuerteventura). Por su naturaleza volcánica y juventud, la mayoría de las islas carecen de una plataforma insular extensa, siendo el conjunto Lanzarote - Fuerteventura y las islas de Gran Canaria y La Gomera las que presentan plataformas más amplias, sin duda como consecuencia de su mayor edad (Schmincke 1982, Brito 1984).

Las condiciones oceanográficas de una zona están generalmente determinadas por la combinación de los regímenes de corrientes, mareas y oleaje, así como por la distribución horizontal y vertical de la temperatura y salinidad del mar (Pelegrí 1997). Estos regímenes van a delimitar diversos fenómenos litorales, como puede ser el transporte y la difusión de larvas planctónicas, contaminantes y vertidos a lo largo de

la costa. Además, junto con las condiciones meteorológicas, determinan el diseño de las estructuras costeras (acantilados, bahías, playas, etc.) y de las plataformas marinas (tanto emergidas como submergidas). En general, las costas de las islas occidentales (La Palma, El Hierro y La Gomera), sobre todo las del norte y oeste, son muy acantiladas y carecen casi de playas, la mayoría de las cuales se encuentran en la desembocadura de los barrancos principales y están formadas por cantos rodados (*callaos*) de diverso calibre. En las islas más orientales (Lanzarote y Fuerteventura) se presentan costas bajas, con extensas playas de arena, principalmente biogénicas (arenas claras, *rubias*), más abundantes en las vertientes sur. En las islas de Tenerife y Gran Canaria se producen situaciones intermedias, con costas acantiladas en los sectores norte y oeste, mientras que la vertiente sur es menos accidentada, con playas más o menos extensas, tanto de *callaos* como de arena (volcánica y biogénicas). Las islas de La Palma y El Hierro prácticamente no poseen plataforma marina y en muchos sectores costeros es posible alcanzar los 200 m de profundidad a muy poca distancia de la costa (100-200 m); por el contrario, entre Fuerteventura y Lanzarote existe una extensa plataforma insular de menos de 200 m que engloba ambos edificios insulares y los islotes del Archipiélago Chinijo.

En las Islas Canarias, el régimen de mareas es de carácter semidiurno (Bruno 1993). Su rango medio oscila alrededor de 1 m y su rango máximo puede alcanzar valores algo superiores a 2,5 m, especialmente en las grandes mareas vivas de febrero y septiembre. Las corrientes de marea son el resultado de los desplazamientos de agua asociados a los cambios de nivel de la marea; mediciones efectuadas en este sentido al norte de Las Palmas de Gran Canaria por Bruno (1993) dieron valores medios de 0,06 m/s y máximos de 0,1m/s. Como consecuencia de la marcada orografía litoral y la escasa amplitud de mareas en Canarias son muy escasas las franjas intermareales de gran extensión que quedan emergidas durante la bajamar, y, por lo tanto, los ambientes de charcos intermareales y rasas litorales están poco representados.

Uno de los componentes principales del giro oceánico subtropical del Atlántico Norte es la denominada Corriente de Canarias, que se ubica entre los 15 y 30°N con una extensión

de unos 1.500 km y con una velocidad media de 0,1-0,2 m/s, aunque su localización geográfica muestra una gran variabilidad estacional (Stramma y Siedler 1988). Esta corriente geostrofica (corriente marina originada a partir del movimiento rotatorio de La Tierra) se ve modificada a su paso entre las islas produciendo diversos fenómenos oceanográficos de gran interés (*efecto isla*). Los más evidentes son la aceleración del flujo en los canales interinsulares y la formación de una zona de alta turbulencia en la zona adyacente al Sur de las islas (Aristegui *et al.* 1989). Sin embargo, el desarrollo de remolinos ciclónicos y anticiclónicos a sotavento de las islas son los fenómenos de mayor importancia oceanográfica del efecto isla, por su gran influencia en la formación y transporte de materia orgánica en la región canaria (Aristegui *et al.* 1997). Por una parte, los remolinos ciclónicos provocan el bombeo de nutrientes y el ascenso del máximo de clorofila profundo hacia la superficie, lo que implica la existencia de importantes fuentes localizadas de productividad primaria en las aguas oligotróficas canarias (Fig. 10.1).

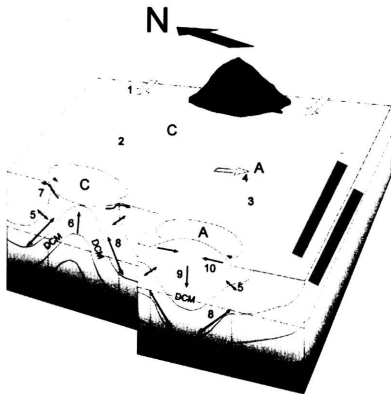


Figura 10.1

Diagrama esquemático de los flujos vertical y horizontal asociados con remolinos ciclónicos (C) y anticiclónicos (A) generados a sotavento de Gran Canaria. (1) Flujo superficial medio y dirección del viento; (2) advección de agua costera rica en clorofila durante la formación del remolino ciclónico; (3) atrapamiento por un remolino anticiclónico de agua rica en clorofila aflorada en la costa africana; (4) intercambio lateral de clorofila entre la periferia y el centro del remolino; (5) mezcla diapycnal; (6) ascenso de la termoclina; (7) advección radial externa; (8) mezcla isopycnal y hundimiento de la termoclina; (9) advección radial interna. DCM= Máximo de clorofila profundo (Modificado de Aristegui *et al.* 1997).

Por otra parte, los remolinos parecen desempeñar un papel relevante en el transporte horizontal y en la distribución de clorofilas originadas tanto cerca de las islas como procedentes de la costa africana (van Camp *et al.* 1991). Las aguas ricas en clorofila, derivadas de afloramientos locales cercanos a los flancos de las islas, se incorporan a los remolinos ciclónicos en formación y posteriormente son transportadas corriente abajo; los remolinos anticiclónicos también pueden atrapar agua rica en clorofila cuando interactúan con filamentos procedentes del afloramiento africano (masas de agua de escasa anchura con unas características en cuanto a concentración de nutrientes y biomasa planctónica muy similares al afloramiento y desde el cual se se originan), y esta clorofila también es arrastrada hacia el sur y al mismo tiempo se van hundiendo conforme el remolino se aleja de las islas (Aristegui *et al.* 1997). Otro fenómeno importante derivado de la interacción de las islas con la Corriente de Canarias es la formación a sotavento de la mayoría de las islas (La Palma, Tenerife, Gran Canaria y Fuerteventura) de estelas más o menos largas de aguas calmadas y más cálidas (van Camp *et al.* 1991).

La acción de los vientos alisios durante gran parte del año condiciona un flujo de corriente eólica (corriente marina originada por la acción del viento) que se dirige hacia el Suroeste; para vientos alisios medios de unos 5 m/s, las corrientes eólicas tienen una velocidad aproximada de 0,2 m/s y con ráfagas de viento más intensas, se pueden estimar celeridades en torno a 0,5 m/s. La combinación de las corrientes geostroficas, eólicas y de marea tiene como consecuencia que la velocidad típica de la corriente en las proximidades de Canarias sea inferior a 0,3 m/s, mientras que la velocidad máxima puede ser superior a 1 m/s (Pelegrí 1997).

Las variaciones estacionales en el régimen de vientos alisios determina la aparición de fenómenos de afloramientos (*upwellings*) más o menos intensos a lo largo de la costa noreste africana (van Camp *et al.* 1993, Hernández-Guerra *et al.* 1993), los cuales tienen una gran influencia en las características de las aguas canarias, sobre todo alrededor de las islas orientales y, en menor medida, en Gran Canaria. Estos afloramientos son más patentes entre los meses de julio y septiembre, siendo más intensos cerca de Cabo Jubi y de Cabo Bojador (Hughes y Barton 1974, Molina y Laatzén 1986).

La temperatura superficial del agua en el archipiélago canario oscila entre los 16-18°C

de mínima en los meses de invierno y los 23-25°C de máxima durante los meses de verano (Fig. 10.2) (Mascareño 1972, Pavón-Salas *et al.* 2000). Sin embargo, se pueden producir fenómenos particulares en determinadas estaciones litorales, donde la temperatura presenta valores extremos algo mayores, especialmente como consecuencia de una batimetría particular que provoque el aislamiento de masas de agua más o menos extensas. En general, la estructura térmica de la capa superficial de agua se caracteriza por la presencia de una termoclina estacional, presente desde finales de primavera y verano, a una profundidad variable entre 50-120 m en las islas occidentales (Braun 1981). A finales de otoño y hasta la llegada de la siguiente primavera desaparece esta termoclina estacional, alcanzando la capa de mezcla unos 100 m de espesor; hacia los 800 m se detecta una termoclina permanente (Mascareño 1972). Por lo que respecta a la salinidad, los valores anuales se sitúan en las aguas canarias entre 36 y 37 por mil, siendo menos salinas en Lanzarote y Fuerteventura (Llinás *et al.* 1994).

Los resultados de diferentes estudios (de León y Braun 1973, Braun 1981, Llinás *et al.* 1994) permiten deducir que, con la excepción de los silicatos, las concentraciones de nutrientes en la capa fótica de las aguas canarias son muy bajas (aguas oligotróficas), con valores muy constantes a lo largo del año. Así, por ejemplo, para los nitratos y nitritos se obtuvieron valores indetectables o muy bajos en superficie que tienden a aumentar con la profundidad, alcanzando valores comprendidos entre 1,38 $\mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ en El Hierro y los casi 4 $\mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ en Lanzarote y Fuerteventura a 150 m de profundidad, probablemente como consecuencia de la menor actividad biológica a dicha profundidad; una distribución análoga se observó tanto para los silicatos como para los fosfatos (Llinás *et al.* 1994). Es decir, los valores de nutrientes en las aguas superficiales están fuertemente condicionados por los procesos productivos locales, observándose indicios de la existencia de un gradiente longitudinal Este-Oeste en aguas subsuperficiales. La magnitud de la penetración de las aguas afloradas (sobre todo en primavera y verano) en las islas de Lanzarote, Fuerteventura y en menor medida en Gran Canaria, evidencia la importancia de este fenómeno como aportación de nutrientes a las aguas normalmente oligotróficas del archipiélago (Hernández-Guerra *et al.* 1993, Llinás *et al.* 1994, Aristegui *et al.* 1997).

Por lo tanto, es posible observar en los valores de la temperatura del agua y también en los de la salinidad y la concentración de nutrientes, un marcado gradiente longitudinal desde las cercanas costas africanas hasta las islas más occidentales (Mascareño 1972, Brito 1984, Pavón-Salas *et al.* 2000) con oscilaciones máximas Este-Oeste de 1,88°C de temperatura y de 0,403 por mil de salinidad en las aguas subsuperficiales (Llinás *et al.* 1994). Estas variaciones se producen como consecuencia de la interacción de las aguas del Atlántico central con las afloradas en la costa noroeste africana, como se ha puesto de

manifiesto en diversos trabajos a meso y a gran escala (Mascareño 1972, Fukumori *et al.* 1991, van Camp *et al.* 1991). Además, hay que sumar los efectos derivados de la presencia de las Islas sobre estas tendencias generales, que determinan las características particulares en las plataformas costeras de cada una de ellas (Hernández-Guerra *et al.* 1993, Llinás *et al.* 1994, Aristegui *et al.* 1997).

Otro parámetro hidrológico de gran importancia en las costas canarias es el oleaje. El régimen de oleaje en Canarias es el resultado de la combinación del oleaje generado localmente (los alisios envían hacia las costas del primer cuadrante una media de 350 olas por hora) y de aquel generado por tormentas lejanas, por lo general localizadas en regiones más al norte del Atlántico Central y que provocan las situaciones denominadas localmente *mar de fondo* o *reboso* (también conocidos por *swell*). Las condiciones normales en las islas corresponden al oleaje derivado de los alisios, mientras que las condiciones extremas corresponden a éste último fenómeno. En este sentido, Rodríguez (1992) cita un oleaje de 9 m de altura asociado a un mar de fondo derivado de una tormenta lejana, con una altura significativa (definido como el promedio del tercio de las olas con mayor amplitud) de unos 5 m.

IMPLICACIONES BIOLÓGICAS

A partir del efecto combinado de los diferentes parámetros hidrográficos analizados (corrientes, temperatura, salinidad, concentración de nutrientes, etc.) tanto a nivel mesoescalar como a gran escala, se puede extrapolar que las costas canarias presentan una gran variabilidad en las características oceanográficas de sus aguas. Esta variabilidad queda reflejada en un marcado gradiente longitudinal Este-Oeste derivado de los afloramientos en la cercana costa africana y, también por un "efecto isla" que provoca la aparición de diversos fenómenos mesoescales, como pueden ser pequeños afloramientos locales, giros ciclónicos y anticiclónicos a sotavento de las islas, y estelas de aguas cálidas en las islas mayores.

En este sentido, la distribución de las masas fitoplanctónicas y zooplanctónicas parecen estar condicionadas por las características particulares de cada isla (Hernández-Guerra *et al.* 1993) que determinan la formación de filamentos ricos en pigmentos en las costas noroeste de diversas islas (Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife-La Gomera), la mayoría de los cuales terminan formando parte de giros anticiclónicos aguas abajo. Además, el efecto isla provoca la aparición de pequeños afloramientos o sitios de enriquecimiento locales, por lo general en la costa oeste de la isla (como el observado por Molina y Laatz (1989) para Fuerteventura), a los cuales se asocian pequeños filamentos de agua superficial con concentraciones superiores de pigmentos que se pueden desplazar hasta más de 100 km de la costa en dirección noroeste. Gómez y

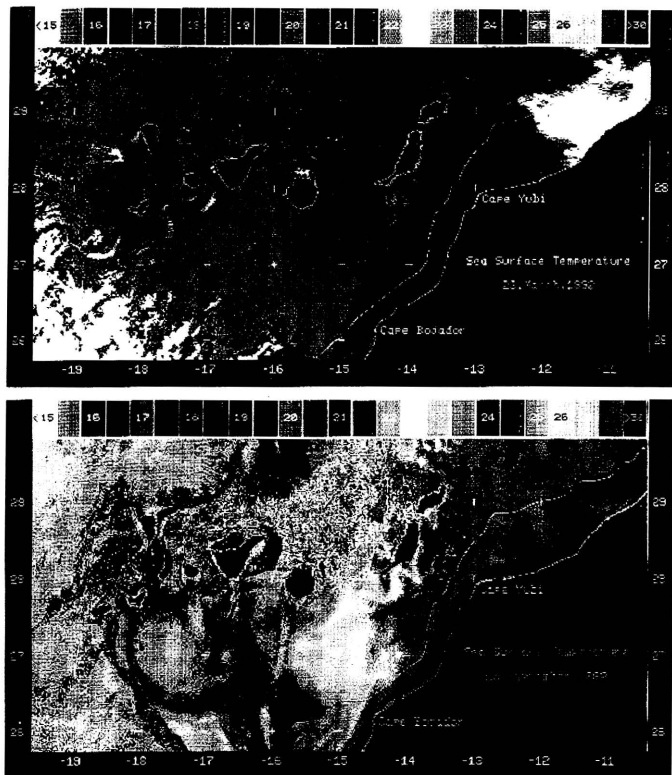


Figura 10.2

Imágenes de temperatura superficial del mar correspondientes a los meses más frío (marzo) y cálido (septiembre) del ciclo anual alrededor de las Islas Canarias. En estas imágenes SST (Sea Surface Temperature) cada color corresponde a una temperatura determinada (ver escala). Las dos líneas blancas a lo largo de la costa africana indican las isóbatas de 0 y 200 m respectivamente, considerando a la última como el borde de la plataforma continental. (Modificado de Pavón-Salas *et al.* 2000).

Hernández-León (1998) describen una productividad primaria mayor y una acumulación de mesozooplankton en la zona de turbulencia de la isla de Gran Canaria, mientras que en la zona de calma al abrigo de la isla la densidad de individuos fue notoriamente menor.

Por lo que respecta a las comunidades bentónicas también se observa una clara influencia de los parámetros oceanográficos en los patrones de distribución de especies y comunidades marinas. En este sentido cabe señalar cómo la mayoría de las praderas de fanerógamas marinas (sebadales de *Cymodocea nodosa*) están situadas en las costas este y sur de las islas, siempre en localidades protegidas de los vientos alisios (Pavón-Salas *et al.* 2000). Otro estudio sobre las comunidades de *Cystoseira abies-marina* en las islas de Lanzarote, Tenerife y El Hierro, pone de manifiesto la gran similitud de dichas comunidades en las dos últimas, mientras que Lanzarote posee una composición florística diferencial (Medina *et al.* 1995). Igualmente, el análisis biogeográfico realizado por Prud'homme van Reines y van den Hoek (1990) revela una cierta divergencia entre la flórmula marina de Lanzarote y Fuerteventura respecto a las restantes islas.

De igual manera, se puede vislumbrar una distribución heterogénea de especies icticas, con mayor número de peces con afinidad tropical en las islas occidentales y en las costas sur de todas las islas (Brito 1991, Falcón *et al.* 1996). Brito y Falcón (1990) destacan la abundancia del pez tropical Tamboril espinoso (*Chilomycterus atringus*) en las islas occidentales, sobre todo en El Hierro, siendo mucho más escaso en las islas orientales.

A su vez, muchas de las actividades del sector pesquero en Canarias están condicionadas por las características oceanográficas reinantes en la zona (Bas 1995). En este sentido, merece la pena destacar las abundantes poblaciones de pequeños peces pelágicos asociados a los afloramientos africanos, sobre todo de sardina (*Sardina pilchardus*) (ver capítulo 33). Respecto a la pesquería de los grandes migradores de la familia Túnidos se conoce, a partir de los registros de captura, que las primeras capturas a lo largo del año se hacen en El Hierro (generalmente en mayo) y posteriormente se van extendiendo a las otras islas desde el oeste hacia el este, siendo las últimas capturas las correspondientes a las islas de Lanzarote y Fuerteventura en los meses finales de año.

Capítulo 11

PROCESOS ECOLÓGICOS ESENCIALES



Los ecosistemas son sistemas abiertos e históricos que funcionan en virtud de procesos físicos y biológicos que ocurren en su seno o alrededor. En ellos se produce, acumula y renueva biomasa, en cuyo proceso participa materia que ha de ser incorporada, liberada, transportada y eventualmente reciclada. Además, los seres vivos que operan en el ámbito de un ecosistema nacen, viven y se reproducen en él, lo abandonan o se incorporan en determinado momento. Su presencia y actividad provoca el cambio –sucesión ecológica– que autoorganiza el ecosistema de modo irreversible según la flecha del tiempo. Asimismo, las alteraciones geológicas y climáticas concurren en este desarrollo que, a mayor escala temporal, acaba por tener expresión evolutiva, produciendo modificaciones e innovación en el material genético disponible. Y así la vida continúa gracias a que –y haciendo que– los ecosistemas funcionen.

El concepto de “proceso ecológico esencial” proviene del ámbito de la Ecología aplicada y está directamente vinculado a la doctrina conservacionista. La Estrategia Mundial para la Conservación (IUCN, PNUMA y WWF 1980) define los procesos ecológicos esenciales como “aquellos que son gobernados, apoyados o intensamente arbitrados por los ecosistemas y que son indispensables para la producción de alimentos, la salud y otros aspectos de la supervivencia humana y del desarrollo sostenido”. Uno de los tres objetivos fundamentales de la conservación se centra precisamente en mantener los procesos ecológicos esenciales y los sistemas vitales.

Sin menoscabar el interés de este enfoque antropocéntrico, se analizarán los procesos ecológicos bajo una perspectiva menos aplicada, considerando esenciales aquellos procesos básicos que determinan o condicionan el funcionamiento de las islas Canarias como un biosistema natural, para luego comentar sobre la influencia que ha tenido el hombre sobre dicho funcionamiento. En este sentido, se hace necesario analizar estos macro-procesos a diferente escala, tanto en lo temporal como en el ámbito geográfico. La práctica ausencia de datos cuantitativos y consolidados sobre el funcionamiento de los ecosistemas canarios, obliga a abordar ambos casos de forma cualitativa. No obstante, esperamos que ello ofrezca al lector unas claves con las que interpretar o intuir mejor la realidad de las Islas bajo una perspectiva quizás novedosa.

COLONIZACIÓN

La colonización es el proceso según el cual la vida –o una especie– se instala en un hábitat o territorio. A nivel de especie y tal como se verá en el apartado siguiente, se trata de un fenómeno natural, común y rutinario que depende de varios factores:

- ▶ la capacidad o amplitud ecológica de la especie;
- ▶ el poder acceder al lugar o territorio (depende, en parte, del punto anterior);
- ▶ que las condiciones ecológicas del lugar le sean favorables;
- ▶ que su “nicho” esté vacante;
- ▶ que los primeros individuos o propágulos no sean destruidos al inicio (depredadores, granívoros, otras contingencias, etc.).

Un caso particular de colonización es aquél que se da en ambientes inicialmente estériles; es decir, aquéllos que van a ser poblados por la vida por primera vez. Las condiciones de habitabilidad de tales ambientes suelen ser desfavorables para la mayoría de las especies y no es infrecuente que su colonización esté restringida a seres unicelulares (bacterias y prototistas) o, a lo sumo, líquenes. En general, las especies con capacidad para asentarse en estos ambientes extremos son pocas y de biología particular (especialistas u oportunistas).

En contraste con tierras continentales, el poblamiento o colonización progresiva de lavas vírgenes u otros materiales volcánicos (cineritas, escorias, etc.) se puede considerar un proceso ecológico esencial en islas volcánicas como las Canarias. El propio poblamiento del archipiélago se inició de este modo y, dado que el volcanismo sigue activo y modificando el paisaje insular –18 erupciones en los últimos 550 años–, es un proceso plenamente vigente.

Existe un detallado estudio sobre la colonización de estas lavas históricas (González-Mancebo *et al.* 1996) que refleja cómo diversos factores repercuten en la celeridad del proceso: edad, litología y quimismo del sustrato, proximidad a terrenos antiguos, pluviometría, dirección de los vientos dominantes, etc. El factor más decisivo es sin duda la humedad, que incluso supera en importancia a la edad de la colada.

Martín Esquivel (1991) elabora un modelo para Timanfaya, en la isla de Lanzarote (Fig. 11.1) en el que destaca, sobre todo en zonas próximas al mar, la presencia de una fauna invertebrada lavícola. Estos animales (escarabajos, un grillo, colémbolos, etc.) se instalan antes de existir producción primaria *in situ*, explotando la materia orgánica (polen, detritus, etc.) que cae a modo de maná (cf. Ashmole y Ashmole 1988).

El líquen *Stereocaulon vesuvianum* es capaz de aprovechar precipitaciones ocultas como el rocío y es un buen ejemplo de especie pionera colonizadora de campos de lava. Su metabolismo, además de tomar y fijar nitrógeno a partir de la atmósfera, produce sustancias químicas que atacan el sustrato y contribuyen a formar un incipiente suelo sobre el que podrán asentarse plantas vasculares.

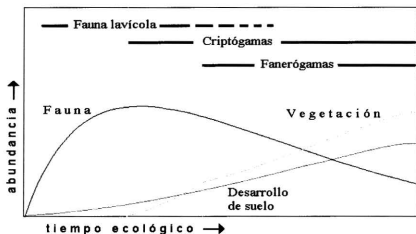


Figura 11.1
Colonización de lavas en Timanfaya, Lanzarote (según Martín 1991).

La secuencia normal de colonización es: algas unicelulares y cianobacterias ► líquenes ► briófitos ► plantas vasculares. Sólo en ambientes muy húmedos, el proceso se ve realmente acelerado por las cianobacterias fijadoras de nitrógeno, así como por el eventual desarrollo de micorrizas en fases posteriores y en presencia de plantas leñosas (cf. Poli 1970, Smathers y Mueller-Dombois 1974). También favorece a la colonización vegetal de las lavas la deposición eólica de polvo procedente de otros ambientes más o menos próximos, siendo en Canarias de particular importancia la tierra que proviene de África cuando sopla el harmatán (aprox. 60-100 toneladas/km², s. Höllermann 1982).

Salvo por la transformación mecánica de los campos de lava o la retirada de picones y arenas, el hombre ha tenido poca influencia directa sobre estos procesos.

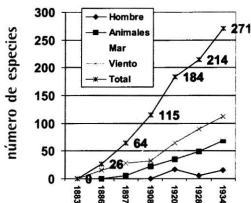


Figura 11.2
Ritmo de colonización de plantas según su medio de dispersión en el grupo insular de Krakatoa después de su explosión en 1883 (van Leeuwen en Poli 1970).

POBLAMIENTO

En una escala mayor, el poblamiento de las islas puede contemplarse como una sucesión de colonizaciones exitosas. Evidentemente, las especies que se asientan en islas oceánicas como las Canarias, tienen que salvar la distancia que las separa de su lugar de origen (África, Europa, otra isla, etc.) bien por sus propios medios (volando o nadando) o de modo pasivo, arrastradas por el viento o las aguas, como polizones en el estómago de las aves (p.ej. semillas ornitócoras) o sobre su cuerpo (Fig. 11.2). No todas las especies tienen igual capacidad—o suerte—dispersiva, siendo ésta la razón principal que explica las disarmonías que se aprecian en las faunas y floras insulares.

MacArthur y Wilson (1967) postularon una teoría biogeográfica según la cual en ambientes insulares se produce un equilibrio dinámico entre las inmigraciones y las extinciones. Al margen de su incierta bondad, esta teoría viene a recordar que la colonización es un proceso natural y continuo, más intenso en sus comienzos (primera colonización) y más ralentizado a medida que los ambientes se saturan de especies.

El proceso natural de inmigración de nuevas especies a Canarias ha sido sustancialmente alterado por el hombre. Se han destruido numerosos hábitats—particularmente limnéticos y litorales—que servían de soporte a las aves migratorias, reduciéndose el flujo genético vinculado a este vector de transporte. Por otra parte y mucho más relevante, es el hecho de que el hombre y su actividad comercial constituyen hoy el principal vector de introducción de seres vivos a las islas, disparando el ritmo de nuevas colonizaciones a cotas muy por en-

cima de las naturales. Así, por ejemplo, según datos de Kämmer (1982) el número actual de plantas vasculares introducidas y asilvestradas (820 especies) comprende el 37% de la actual flora canaria. Se desconoce este dato para animales invertebrados, aunque debiera rondar el millar de especies (ver capítulo 12) pero el 27% de la fauna vertebrada presente también es introducido (ver capítulo 27). Y esto ha ocurrido en apenas 500 años de historia.

Es razonable suponer que la incorporación de tal cantidad de especies exóticas ha llevado aparejada la extinción de algunas nativas, pero no a los niveles postulados por la teoría del equilibrio de MacArthur y Wilson. La extinción de especies nativas en Canarias se debe en mayor medida a la destrucción, reducción o alteración directa de los hábitats naturales, que a la competencia o depredación ejercida por las especies introducidas. Éstas se han asentado sobre todo en los hábitats alterados y de manufactura antrópica, aunque muchas hayan conseguido integrarse en las biocenosis naturales (haraganes, rata negra, conejo, etc.) (Tabla 11.1).

Tabla 11.1

Algunas especies invasoras expansivas en las islas Canarias.

PLANTAS

Tojo	<i>Ulex europaeus</i>
Haraganes	<i>Ageratina adenophora</i> y <i>A. riparia</i>
Tuneras	<i>Opuntia</i> spp.
Piteras	<i>Agave</i> spp.
Hierbas elefante	<i>Pennisetum</i> spp.
Caña	<i>Arundo donax</i>
Amapola americana	<i>Escholzia californica</i>
Tabaco moro	<i>Nicotiana glauca</i>
Zarza	<i>Rubus ulmifolius</i>
Albahaca	<i>Dittrichia viscosa</i>
Trebolina	<i>Oxalis pes-caprae</i>
Tártago	<i>Ricinus comunis</i>

ANIMALES

Hormiga argentina	<i>Linepithema humile</i>
Cucaracha común	<i>Periplaneta americana</i>
Escorpión	<i>Centruroides gracilis</i>
Cangrejo americano	<i>Procambarus clarkii</i>
Rana común	<i>Rana perezi</i>
Cotorra de Kramer	<i>Psittacula krameri</i>
Gorrión moruno	<i>Passer hispaniolensis</i>
Musaraña	<i>Suncus etruscus</i>
Rata negra	<i>Rattus rattus</i>
Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
Ardilla moruna	<i>Atlantoxerus getulus</i>
Muflón	<i>Ovis musimon</i>

El proceso de colonización de las islas sigue activo y es fundamentalmente de origen antrópico. Consecuentemente, las islas Canarias disponen cada vez de más especies en términos netos (mayor biodiversidad), lo que tiene lógicas implicaciones en otros procesos ecológicos esenciales.

SUCESIÓN

a sucesión ecológica es un proceso universal según el cual unas especies desaparecen (o sus efectivos disminuyen) y son reemplazadas por –o simplemente se instalan– otras nuevas a medida que las condiciones ambientales en el lugar cambian, y así la biomasa y diversidad aumentan (o disminuyen cuando la sucesión es regresiva). Este desarrollo normalmente progresivo y lineal de la complejidad en el seno del ecosistema es provocado por la acción de las propias especies, modelado por las contingencias y a menudo influido por procesos geológicos o climáticos de largo alcance. El sistema permanece aunque las especies cambien, y el resultado no está predeterminado en modo alguno.

La sucesión ecológica opera en el ecosistema a partir de estados juveniles y energéticos con alta tasa de renovación, llevándolo a situaciones más reposadas y con baja tasa de renovación. El ecosistema tiende, pues, de forma natural hacia un estado óptimo en el que se emplea el mínimo de energía en mantener el máximo de biomasa –e información (cf. Margalef 1978)– permitido por las condicionantes ambientales: radiación, nutrientes, temperatura, disponibilidad de agua, etc. Próximo a alcanzar este estado óptimo, la sucesión se ralentiza y llega teóricamente a detenerse si hay suficiente estabilidad ambiental. Entonces, la sucesión no genera más cambios en la complejidad estructural del sistema o en la composición de especies, tomando el relevo otro proceso, la evolución, pero a una escala temporal mucho más larga.

Cualquier explotación, cualquier *input* brusco de energía, o cualquier transformación de las condiciones físicas del entorno retrotraen a un ecosistema desarrollado a condiciones más juveniles. Pero cuando cesa el estrés o perturbación causante de tal regresión, la sucesión se reaviva, aunque varíe su ritmo de progresión, dependiendo de si hubo o no amputación de recursos.

En el apartado segundo se trató del poblamiento de lavas estériles por especies pioneras, un caso particular de sucesión primaria. Lo más común, sin embargo, es que la sucesión –llamada secundaria– opere sobre terrenos previamente poblados (con suelo y un banco de semillas) que han sufrido un trauma o estrés. No obstante, los condicionantes ya enumerados para la colonización son plenamente válidos y, en cierto modo, la sucesión puede contemplarse como una secuencia de colonizaciones (Fig. 11.3).

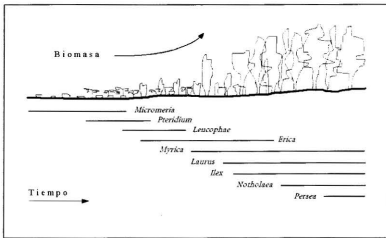


Figura 11.3
Sucesión hipotética en laurisilva en Teno (Tenerife).

PRODUCCIÓN

a materia viva es autopoyética y consume energía en mantenerse así como en aumentar y reproducirse, generando más materia viva. La parte de la energía transformada en biomasa (por unidad de superficie o volumen y tiempo) es la producción neta, y si se le suma la consumida durante dicho proceso, obtendremos la producción bruta o flujo de energía endosomática total del ecosistema.

En ecosistemas jóvenes hay mucha producción neta y acumulan biomasa, mientras que en los que alcanzan la madurez, la biomasa, que es máxima, se mantiene más o menos constante y se consume en su seno todo lo que se produce.

En este sentido, sólo las especies que ya se encontraban en el lugar, próximo a él, o con acceso a él, son potenciales en una sucesión, de modo que es posible que la fragmentación de los hábitats naturales mediante barreras ecológicas o físicas y la destrucción del *continuum naturalis* haya podido coartar algunos procesos sucesionales al impedir el tránsito y mero acceso de determinadas especies. La incorporación de especies exóticas en una sucesión la condiciona, ya que son las propias especies las que básicamente configuran el proceso. El resultado será distinto, obviamente, pero la sucesión, como proceso ecológico esencial, ha operado sin mayores problemas.

El hombre es hoy el principal factor de rejuvenecimiento en los ecosistemas naturales y agrosistemas de Canarias, y, consecuentemente, continuo incitador del proceso sucesional. Es una lástima que apenas existan estudios ecológicos sobre el particular, y que los pocos trabajos realizados hasta la fecha no profundizan en los aspectos dinámicos (Suárez 1994) o adolecen de un enfoque fitosociológico (Pérez de Paz *et al.* 1994).

Son muchos los factores que concurren en la producción biológica de los ecosistemas; desde la radiación solar, temperatura, agua disponible y sustancias minerales, hasta las propias especies y sus diferentes estilos metabólicos. Lógicamente, estos parámetros varían de forma natural debido a la ubicación y heterogeneidad de las islas, exposición de las vertientes, altitud, etc. Existen unas pocas mediciones de producción primaria neta en Canarias (Tabla 11.2) que, en el caso de la laurisilva, ofrecen valores bajos en comparación con bosques equiparables de otras regiones.

La producción biológica persiste mientras haya productores –nativos o introducidos, igual da–, nutrimento y condiciones ambientales propicias. Cualquier alteración de los múltiples parámetros que la conforman tiene repercusión sobre el funcionamiento trófico global del sistema, que seguirá produciendo, pero de manera y en cantidades distintas, comprometiendo otros procesos que dependen directamente de la producción.

El hombre ha tenido incidencia sobre la producción biológica al alterar los sistemas naturales isleños:

Tabla 11.2

Producción primaria neta en algunos ecosistemas canarios (basado en datos de Fernández-Palacios *et al.* 1992).

COMUNIDAD	Cardonal-tabaibal	Laurisilva	Pinar canario	Matorral de cumbre
Altitud de la estación (m)	50	780	1.150	2.300
Pluviometría anual (mm)	157	906	900	482
Temperatura media (°C)	19,4	15,1	12,6	9,5
Biomasa* (Tm/ha)	7,9	279,6	477,5	12,9
Producción (Tm/ha/año)	1,2	8,6	8,9	2,5
Eficiencia (% energía lumínica)	0,03	0,32	0,25	0,05

*Biomasa (aérea) expresada en peso seco

- ▶ Degradando los sistemas por sobreexplotación;
- ▶ Degradando los sistemas por contaminación o perturbación física (derrumbes, incendios, etc.);
- ▶ Alterando los procesos de transporte;
- ▶ Transformando los sistemas naturales en agrosistemas;
- ▶ Suplantando los sistemas naturales por otros marcadamente artificiales (i.e. urbanizaciones).

Los aprovechamientos forestales (talas, entresacas, recogida de cisco y pinocha, etc.) muy intensos o repetidos a ritmo excesivo, no dan tiempo a que el sistema natural se reponga vía sucesión ordinaria. Se pierden elementos materiales y las condiciones microambientales son alteradas, resultando el suelo el componente más frágil y perjudicado en todo el conjunto. La materia orgánica mermada no se regenera; se produce una xerificación antropogénica del suelo (Bollhardt in Höllermann 1982, p. 210) y la producción biológica se resiente.

Similar impacto ha tenido el sobrepastoreo de cabras, ovejas y otro ganado mayor (burros, camellos, etc.), máxime cuanto que la flora natural canaria evolucionó sin la presión selectiva de grandes herbívoros. Las comunidades naturales sujetas a este tipo de estrés soportan menos biomasa y la desertificación en determinadas zonas áridas insulares —en la isla de Fuerteventura, por ejemplo— se ve notoriamente potenciada. Además, todo ello favorece la pérdida de suelos por desplomes, corrimientos o simple erosión debido al viento o los aguaceros. El 40% de los suelos en Canarias padecen erosión acelerada superior a 13 Tm/ha/año, que, en casos extremos, puede llegar a 75 Tm; es decir, la pérdida de un espesor de suelo orgánico de 8,5 milímetros al año (Águilera *et al.* 1994, p.133).

Bajo cualquiera de las circunstancias adversas expuestas, los ecosistemas naturales dejan de acumular suelo o incluso lo pierden, lo que, en ambos casos y bajo la perspectiva antropocéntrica, ha de considerarse como una alteración importante y negativa de un proceso ecológico esencial vinculado a la producción. Según la FAO, la formación de 10 mm de suelo fértil puede requerir de 100 a 400 años (IUCN, PNUMA y WWF 1980).

Por otra parte, el hombre ha generado agrosistemas para poderlos explotar a su mejor conveniencia. Estos ecosistemas son llevados hacia una alta productividad (producción por unidad de biomasa), retrotrayéndolos a etapas juveniles, favoreciendo a las especies cultivadas (eliminación de competidores y plagas) y eventualmente forzando el sistema con más agua (nateros, gavias, regadío), nutrimento (abonos) o condiciones ambientales propicias (más temperatura en invernaderos, protección frente a los vientos, etc.).

La producción de los cultivos va a sujetarse, pues, a la fertilidad de los suelos, calidad de las aguas e insumos externos (que dependen de factores económicos). El mantenimiento de la fertilidad de los suelos es un proceso que está vinculado a la producción y al reciclado de elementos nutritivos, como se verá a continuación. En los cultivos tradicionales que rotan y emplean la técnica del barbecho, se aprovechan los procesos naturales de referertilización, mientras que en los cultivos de regadío se opta, por lo común, por forzar el sistema tecnológicamente.

En Canarias se ha transformado mucho terreno natural en agrícola, pero la mayor parte —sobre todo en las medianías— está abandonado en la actualidad o se pierde bajo usos incompatibles (60.000 has de suelo agrícola perdido desde 1950). Por otro lado, terrenos completamente yermos —p. ej. malpaisés— se han convertido en agrosistemas altamente productivos —no sin gran esfuerzo (abancalado, aporte de suelo, irrigación, etc.)— a la vez que se intensifica la productividad de aquellos más selectos mediante la construcción de invernaderos. La producción agrícola ha pasado en las últimas décadas de lo extensivo a lo intensivo, y algunas islas son exportadores netas de producción vegetal (Tabla 11.3).

TRANSPORTE Y RECICLADO

Uno de los procesos ecológicos esenciales en el ecosistema es el reciclado de los elementos constitutivos de los seres vivos, so pena de coartar o incluso abortar la sucesión y producción de todo el conjunto. En este proceso participan redes complejas de seres vivos que engarzados en un circuito trófico (productores ▶ consumidores ▶ descomponedores ▶ mineralizadores ▶ productores) que permitirá la ulterior liberación de los componentes minerales implicados en el mundo orgáni-

Tabla 11.3

Producción orientativa de algunos cultivos al aire libre en la isla de Tenerife.

	Platanera (sur)	Tomates (sur)	Papas (norte)
Cosechas al año	1	1	2
Producción primaria neta (Tm/ha/año)	29	22	7
Equivalente pluviométrico de la irrigación (mm.)	1.752	860	100
Precipitación (mm)	> 200	> 200	400

co, aunque estos se vean a menudo retenidos como necromasa, acumulándose por periodos más o menos largos de tiempo. En climas con una aridez estacional pronunciada, como ocurre en gran parte de Canarias, el fuego suele ser un factor ecológico positivo, ya que bajo condiciones naturales acelera la remineralización de la materia orgánica y estimula el crecimiento vegetal. El pinar canario incorpora el fuego en su proceso de reciclado y dinámica vegetal (Höllerermann 1993 y ver capítulo 42), pero la frecuencia con que se producen los incendios en la actualidad (provocados o fortuitos) es muy superior a la natural y, en tales circunstancias, el fuego llega a producir efectos acumulativos perversos (pérdida de mineralomas).

El grueso de la descomposición y mineralización de la materia orgánica corresponde a hongos y bacterias que, salvo por decapitación de suelos, deshidratación o contaminación severa, llevan a cabo su cometido sin mayores contratiempos, y más rápido cuanto más calor y humedad exista.

Las partículas contaminantes se incorporan al metabolismo del ecosistema, que las procesa, aparcas o destruye a su ritmo propio¹. Sólo cuando el ritmo de incorporación de los contaminantes –exceso de dosis– sobrepasa la capacidad natural del sistema, éstos actúan a modo de estrés y pueden comprometer el funcionamiento global llegando a implantar una regresión. Particular incidencia tienen las llamadas moléculas “recalcitrantes” –tipo plástico, DDT, etc.– creadas por la industria del hombre y que son muy poco biodegradables. Por fortuna, las islas Canarias no reciben prácticamente contaminación transfronteriza –descontado el litoral– y los focos importantes de contaminación aérea son pocos y muy localizados (refinería, centrales térmicas y tráfico de las capitales)(ver capítulos 40 y 41). El régimen de vientos exporta al océano la mayor parte de nuestra contaminación.

Además del aire, el agua es el otro vector de transporte esencial en los ecosistemas. La alteración del ciclo natural del agua por parte del hombre es quizás, el impacto más notable sobre el reciclado y la propia producción de los ecosistemas. Los sistemas agrícolas se han visto favorecidos a costa de los naturales.

Es conocido que el régimen local de lluvias se altera tras la pérdida de masa forestal en las laderas, y, sobre todo que las precipitaciones horizontales –captación de agua a partir de las nieblas– cesan. La regresión o desaparición de laurisilva en las islas² ha llevado aparejada una merma en los nacientes y agua disponible en superficie (ver capítulo 30). A estos he-

chos se suma además el normal entubamiento de las escorrentías y cursos de agua para fines agrícolas y urbanos. El resultado conjunto es un cuadro desalentador para los ambientes naturales. Al detraer agua de un ecosistema se altera un importante circuito de transporte, a la vez que se reduce su propia producción.

Por otra parte, el hombre canario extrae agua del interior de la isla mediante galerías y pozos, poniendo en circulación importantes volúmenes que son empleados en la agricultura y uso doméstico. Estas aguas, a veces fósiles o procedentes de bolsas con intrusión marina, cuentan frecuentemente con una alta proporción de sales (bicarbonatos, cloruros, etc.) y acaban por afectar la fertilidad de los suelos de cultivo por salinización o sodificación (unas 450.000 has, s. Aguilera *et al.* 1984). La mayor parte de los contaminantes agrícolas o urbanos son lixiviados y pasan al subsuelo, incorporándose al gran ciclo biogeoquímico del agua que, a la larga, acabará por llevarlos a ese gran “sumidero” que es el mar. Con todo, no es infrecuente que se aprovechen aguas ya utilizadas o contaminadas (pozos, etc.) propagando sustancias nocivas o microbios patógenos que, en estos casos, inciden más en la salud y actividades del hombre, que en los ambientes naturales.

RECAPITULACIÓN

olonización, poblamiento, sucesión, producción, transporte y reciclado, son procesos esenciales que, como no podía ser menos en Ecología, están íntimamente engarzados e interrelacionados. Todos son igualmente importantes para el ecosistema, pero interesa al hombre conocer cuál de ellos se ve más afectado por sus actividades, llegando a incidir en su propio bienestar.

La sociedad canaria actual dista mucho de ser una sociedad ecológica, es decir, sustentada por los recursos del medio en donde habita: las islas y mar circundante. El insumo de energía, materiales y alimento al archipiélago es constante y necesario, y hoy el bienestar de la sociedad depende en primer término de los circuitos económicos internos y externos, más que de los ecológicos locales. Cierto es, que la fragmentación de los hábitats, el libre trasiego de genes, la erosión y la profunda alteración del circuito del agua han tenido y tienen mucho impacto sobre el territorio y la vida vegetal y animal que soporta, pero los procesos ecológicos esenciales siguen y seguirán operando al margen del triste resultado presente.

Si quitáramos al hombre de Canarias de un plumazo, sería

¹ De cara al hombre, los procesos de depuración de contaminantes, producción de oxígeno, etc. se engloban en los llamados “servicios ambientales” de los ecosistemas. En Canarias, el mar circundante es el principal prestador de estos servicios; no los sistemas terrestres.

² En Gran Canaria quedan apenas 200 ha de relictos de laurisilva (Suárez 1994), mucho menos del 1% de su extensión original.

sólo cuestión de tiempo –de mucho tiempo, eso sí– que la naturaleza recuperase el mismo aspecto que tuvo antes de su llegada. La biomasa se recompondría, y si mediara tiempo suficiente, todo vestigio de civilización acabaría por desintegrarse. Los procesos ecológicos aquí comentados serían los responsables de realizar tal prodigio. Pero con una salvedad. Las especies endémicas que se hayan extinguido, extinguidas quedan y, a su vez, muchos de los animales y plantas introducidos harán de las islas su nuevo hogar. Este cambio sí es irreversible. En Canarias, a diferencia de lo que suele ocurrir en territorios continentales, la biodiversidad ha aumentado con la actividad del hombre, pero a costa de una merma en biodiversidad endémica.

Una evaluación de los procesos ecológicos esenciales nos conduciría a centrar la atención sobre el irresponsable y nulo control que se ejerce sobre la introducción de material biológico a las islas, no sólo por motivos conservacionistas (prioridad a la biodiversidad endémica), sino también económicos. La regla del diezmo (Williamson y Fitter, 1996) vaticina que

una de cada diez especies importadas aparecen en el medio silvestre, que una de cada diez de éstas se establece y prospera, y que una de cada diez de las establecidas, se convierten en plaga.

Por otro lado, y a pesar de la intensa actividad agrícola, la producción biológica en las islas ha mermado en su conjunto, siendo recuperable en muchos casos una vez eliminado el estrés que la sujeta. La mayor merma productiva se debe, no obstante, a pérdida de suelos –irreparable en el perfil temporal del hombre– y a una determinada e histórica asignación de usos al suelo, no exenta de torpezas.

Finalmente, cabe resaltar el ciclo del agua, tanto como factor de producción como por su papel en el transporte y reciclado de nutrientes y contaminantes. Es como la savia del ecosistema, sea este natural o agrario. Así, pues, si preocupan los procesos ecológicos esenciales en Canarias, la atención pública debería centrarse con perspectiva ecológica en una política de fronteras (inexistente) y la actual política de aguas.



Foto: José Manuel Moreno

Eristalis tenax



Foto: José Alfredo

Lotus maculatus

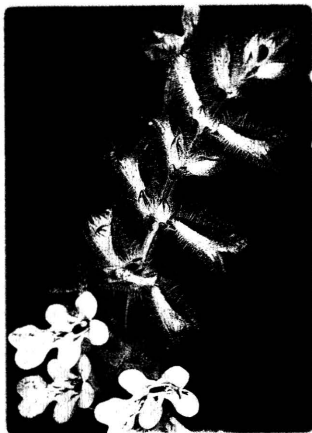


Foto: Julio Rodrigo

Salvia herbanica



Foto: Domingo Trujillo

Pipistrellus moderensis

Biodiversidad



12. **Diversidad taxonómica terrestre**
Marcos Báez, José Luis Martín Esquivel y Pedro Oromí
13. **Diversidad taxonómica marina**
Ricardo Haroun y Rogelio Herrera
14. **Evolución en islas: La metáfora espacio-tiempo-forma**
Águedo Marrero y Javier Francisco Ortega
15. **Evolución en islas: la forma en el tiempo**
Águedo Marrero y Javier Francisco Ortega
16. **Genes, poblaciones y especies**
Pedro Sosa
17. **Los ecosistemas**
José María Fernández-Palacios, Angel Vera y Alberto Brito
18. **Especies amenazadas**
José García Casanova, Juan Luis Rodríguez Luengo y Cristóbal Rodríguez Piñero
19. **Fragmentación de los ecosistemas forestales**
Juan Domingo Delgado, José Ramón Arévalo y José María Fernández-Palacios
20. **Bríofitos, hongos y líquenes**
Juana María González Mancebo, Esperanza Beltrán-Tejera y Ana Losada Lima
21. **Flora vascular nativa**
Arnoldo Santos
22. **Flora marina**
Marta Sansón, Javier Reyes y Julio Afonso-Carrillo
23. **Flora introducida**
Manuel González Martín y Francisco González Artilés
24. **Fauna invertebrada nativa terrestre**
Pedro Oromí y Marcos Báez
25. **Fauna vertebrada nativa terrestre**
Guillermo Delgado
26. **Fauna vertebrada marina**
Alberto Brito, Jesús M. Falcón, Natacha Aguilar y Pedro Pascual
27. **Fauna introducida**
Juan Luis Rodríguez Luengo

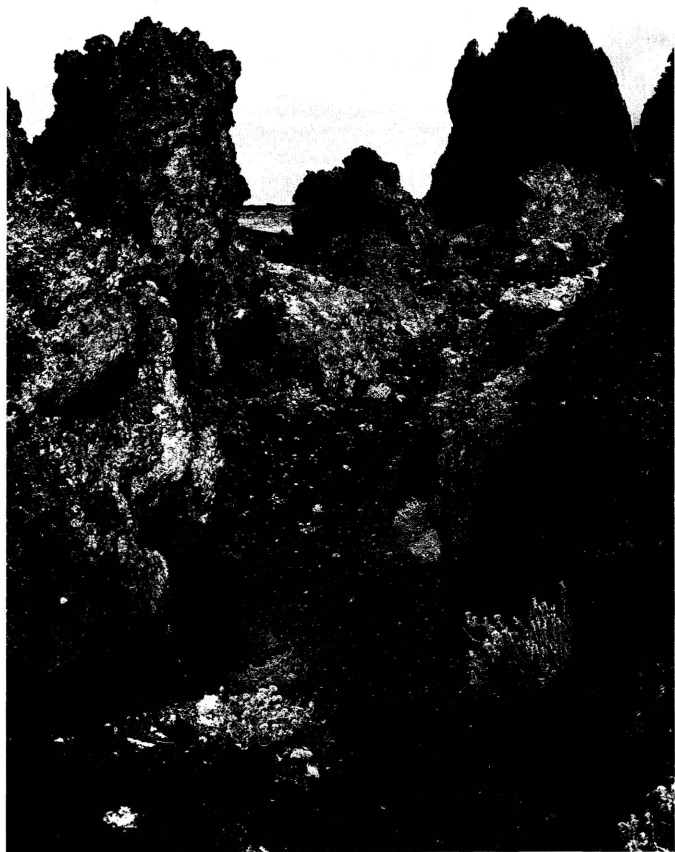


Foto: José Manuel Moreno

Parque Nacional de Timanfaya, Lanzarote

Capítulo 12

DIVERSIDAD TAXONÓMICA TERRESTRE

MARCOS BÁEZ, JOSÉ LUIS MARTÍN ESQUIVEL Y PEDRO OROMÍ



Los primeros trabajos sobre la flora y la fauna de Canarias fueron realizados a principios del siglo XIX por diversos naturalistas europeos (Bory de Saint-Vincent 1803, Ledru 1810, Webb y Berthelot 1835-1850). Desde entonces, la biota terrestre de estas islas ha sido objeto de abundantes estudios, plasmados en miles de artículos publicados sobre todo en los últimos cincuenta años. Aunque todavía siguen apareciendo especies desconocidas de la flora y fauna locales, la mayoría de los grandes grupos han sido ya estudiados y su actual conocimiento puede considerarse como muy aceptable.

La correcta evaluación de la biodiversidad canaria precisa de un catálogo o listado de especies completo, que por el momento no se ha elaborado. Existen trabajos de este tipo sobre determinados grupos como los hongos (Beltrán *et al.* 1992), los briófitos (Losada Lima y González Mancebo 1992) y las plantas vasculares (Hansen y Sunding 1993). Sin embargo, nunca se ha publicado un cálculo serio de la diversidad animal, excepción hecha de los vertebrados y de unos pocos órdenes de invertebrados. La tarea es ardua pero está en marcha actualmente; mientras tanto, la revisión de la bibliografía más relevante y muchos años de recopilación de abundantes datos, nos permiten esbozar una primera aproximación a la biodiversidad del archipiélago canario (Tabla 12.1). Se incluyen en esta relación todas las especies existentes actualmente en

el archipiélago, tanto nativas como introducidas, siempre que estén asilvestradas. Una apreciación más adecuada de la biodiversidad sería considerando solamente las especies nativas. Sin embargo, no hay certidumbre de la cantidad de especies introducidas salvo en algunos grupos muy concretos, y por lo general poco extensos (gimnospermas, mamíferos, anfibios). No se incluyen los organismos unicelulares ni las algas.

En ciertos grupos la cantidad de especies indicada en la tabla 12.1 es una subestimación del número real existente. Se trata de grupos insuficientemente estudiados en los que de forma continua se citan o describen nuevos taxones; son precedidos por un signo + ante la cifra conocida. En el caso de grandes grupos como coleópteros o dípteros, el número de especies proporcionado en la tabla es sólo aproximativo al no existir un catálogo actualizado de los mismos.

El número de endemismos indicado en la tabla 12.1 se refiere a las especies exclusivas del archipiélago canario, no incluyéndose por lo tanto los endemismos macaronésicos compartidos con Madeira, Azores o Cabo Verde. Las referencias bibliográficas aportadas son sólo los artículos más importantes sobre cada grupo, o bien los que expresamente hacen referencia a su diversidad específica; se han consultado muchos otros para obtener los resultados que se exponen.

Tabla 12.1

Número de especies terrestres de los hongos, plantas y animales de las Islas Canarias, con indicación del número y porcentaje de especies endémicas.

	Total spp	Especies Endémicas	Porcentaje endemidad	Referencias
FUNGI				
Eumycota				
Mastigomycotina / Zygomycotina	19	0	0	Beltrán <i>et al.</i> 1992
Deuteromycotina	121	36	30,0	Beltrán <i>et al.</i> 1992
Ascomycotina	190	49	26,0	Beltrán <i>et al.</i> 1992
Basidiomycotina	687	9	1,3	Beltrán <i>et al.</i> 1992
Lichenes	1.100	30	2,7	Hafellner 1995
Total Fungi	2.117	124	5,8	

PLANTAE**Bryophyta**

Anthocerotopsida	6	0	0	Losada-Lima 1992
Marchantiopsida	144	2	1,4	Losada-Lima 1992
Bryopsida	350	4	1,1	Losada-Lima 1992

Pteridophyta

Lycopsida	3	0	0	Hansen y Sunding 1993
Sphenopsida	1	0	0	Hansen y Sunding 1993
Filicopsida	56	2	4,0	Hansen y Sunding 1993

Spermatophyta

Gymnospermae	9	1	11,1	Hansen y Sunding 1993
--------------	---	---	------	-----------------------

Angiospermae

Monocotiledoneae	339	22	6,5	Hansen y Sunding 1993
Dicotiledoneae	1.584	497	31,4	Hansen y Sunding 1993

Total Plantae

	2.492	528	21,1	
--	-------	-----	------	--

ANIMALIA**Cnidaria**

Hydrozoa	1	0	0	
----------	---	---	---	--

Platyhelminthes

				(¹)
Turbellaria	2	0	0	Malmqvist <i>et al.</i> 1995
Trematoda	21	0	0	Gijón <i>et al.</i> 1985
Cestoda	28	0	0	Castillo y López 1989, Roca <i>et al.</i> 1987

Nematoda

	+200	6	3	(²)Bello 1966, Astasio <i>et al.</i> 1987, 1989, Gadea 1965
--	------	---	---	---

Rotifera

	3	0	0	Richard 1898
--	---	---	---	--------------

Nemertinea

	1	0	0	Moore y Moore 1972
--	---	---	---	--------------------

Mollusca

Gastropoda	334	247	73	Ibáñez 1994
Bivalvia	1	0	0	Malmqvist <i>et al.</i> 1995

Annelida

Polychaeta	1	0	0	(³) Hartmann-Schröder 1988
Oligochaeta	+50	0	0	Grimm 1978, Talavera 1990
Hirudinea	3	0	0	Malmqvist <i>et al.</i> 1995
Tardigrada	1	0	0	Gadea 1961

Arthropoda

Chelicerata

Merostomata

Scorpiones	1	0	0	Armas y Báez 1988
------------	---	---	---	-------------------

Arachnida

Pseudoscorpiones	50	27	54	Mahnert 1997
Opiliones	5	4	80	Rambla 1994
Acari	290	83	28	Pérez-Iñigo 1988
Palpigradi	1	0	0	Condé 1991
Schizomida	1	0	0	Martín Esquivel y Oromí 1984
Araneae	+430	300	70	Wunderlich 1991
Solifugae	1	1	100	Pieper 1977

Crustacea

Anostraca	1	0	0	(⁴)
Cladocera	17	0	0	Röben 1976
Ostracoda	27	0	0	Beyer <i>et al.</i> 1997
Copepoda	10	2	20	Röben 1976, Schmincke 1971
Isopoda	66	40	60	Rodríguez 1991
Amphipoda	19	17	89	Stock 1989, 1990; Stock y Vonk 1990

Myriapoda

Pauropoda	14	0	0	Scheller 1979
Diplopoda	79	56	70	Enghoff 1992
Chilopoda	31	7	22	Eason y Enghoff 1992
Symphyla	6	0	0	Scheller y Báez 1989

Hexapoda

Diplura	6	0	0	Sendra 1989
Protura	2	0	0	Szeptycki 1993
Collembola	+200	10	5	(¹)Gama 1988, Fjellberg com. pers.

Insecta

Archaeognatha	3	1	33	Mendes 1982
Zygentoma	13	6	46	Mendes <i>et al.</i> 1993
Ephemeroptera	6	2	33	Alba-Tercedor <i>et al.</i> 1987
Odonata	10	0	0	Báez, 1985
Blattaria	27	14	52	Bland <i>et al.</i> 1996, Izquierdo 1997
Mantodea	11	7	63	Kaltenbach 1979
Isoptera	5	2	40	Lamb 1980
Phasmatodea	1	0	0	Báez 1996
Orthoptera	83	31	37	Bland <i>et al.</i> 1996
Embioptera	2	0	0	Báez 1996
Dermaptera	24	16	66	Oromí y Arechavaleta 1996
Psocoptera	61	19	31	Baz 1991, Lienhard 1996
Mallophaga	10	0	0	Martin 1990
Anoplura	6	0	0	Báez y Rodríguez 1986
Hemiptera	801	232	29	Heiss y Báez 1990, Lindberg 1953
Thysanoptera	97	24	25	zur Strassen 1983
Planipennia	40	18	45	Ohm y Holzel 1984
Coleoptera	1.968	1.160	59	Machado y Oromí, 2000
Strepsiptera	6	1	15	Luna de Carvalho 1985
Siphonaptera	15	1	7	Beaucornu <i>et al.</i> 1989
Diptera	1.040	331	31	(²)
Trichoptera	19	11	57	Botosaneanu 1981
Lepidoptera	610	190	31	Báez 1998
Hymenoptera	820	194	23	(³) Hohmann <i>et al.</i> 1993

Ectoprocta

Phylactolaemata	3	0	0	Massard y Geimer 1990
-----------------	---	---	---	-----------------------

Chordata

Pisces	6	0	0	Domínguez 1984.
Amphibia				
Anura	2	0	0	Klemmer 1976
Reptilia				
Squamata	14	13	92	Pleguezuelos 1997
Aves	82	4	4	Emmerson <i>et al.</i> 1994
Mammalia	20	3	15	Trujillo 1991, Hutterer <i>et al.</i> 1992

Total Animalia

TOTAL BIOTA TERRESTRE	12.317	3.077	39,9	30,2
------------------------------	---------------	--------------	-------------	-------------

¹ Platyhelminthes: Entre los Turbellaria dulceacuicolas hay *Archilopsis unipunctata* y abundantes individuos del grupo de *Dugesia gonocephala*. Todos los Trematoda y Cestoda citados son parásitos internos de reptiles y aves.

² Nematoda: El grupo mejor estudiado es el de las especies fitoparásitas, de las que se conocen más de 200, la mayoría introducidas (Bello 1966). Además se han citado unas 15 especies muscícolas (Gadea 1965) y 9 oxiuros parásitos de reptiles, de ellos 7 endémicos (Astasio *et al.* 1987 y 1989).

³ Polychaeta: La única especie no marina es *Namanereis hummelincki*, encontrada en aguas freáticas interiores de Fuerteventura. No es endémica.

⁴ Crustacea Anostraca: La especie cosmopolita *Artemia salina* es conocida en salinas artificiales de varias islas.

⁵ Collembola: Se conocen más de 200 especies incluidas en unas 20 familias (Fjellberg com. pers.)

⁶ Las cifras proporcionadas en los grupos Diptera e Hymenoptera han sido elaborados por consulta de múltiples artículos y datos propios de los autores.

En resumen, la biodiversidad terrestre del archipiélago canario se puede cuantificar actualmente en 12.317 especies. De ellas 2.117 pertenecen al reino de los hongos (incluyendo líquenes) con sólo un 5,8% de endemismos; y 2.492 a las plantas, de las que 528 son endémicas (21%); entre estas últimas destacan las dicotiledóneas con 1.584 especies y agrupando el 94% de los endemismos citados. Y el mayor reino es el de los animales, con un total de 7.708 especies, de las que 3.077 son endémicas (39,9%), siendo el grupo de los Hexápodos el mejor representado (5.886 spp.) y el que agrupa el 74 % de dichos endemismos (2.270 spp.).

LAS CAUSAS DE LA BIODIVERSIDAD

La riqueza taxonómica de organismos superiores en Canarias es particularmente elevada, aun tratándose de un archipiélago oceánico; sólo entre los endemismos, las 3.729 especies registradas en el medio terrestre de Canarias representan un valor medio de una especie endémica por cada 2 km² de superficie. En grupos como los moluscos, el archipiélago es una de las cinco faunas insulares conocidas más ricas en endemismos (Fig. 12.1), y la flora canaria es, junto con la de

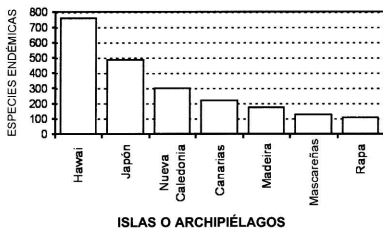


Figura 12.1

Cantidad de especies endémicas de caracoles terrestres en las islas y archipiélagos más ricos del mundo. Fuente: S.M. Wells (WCMC 1992), Eldredge y Miller (1995) y este artículo.

Madeira, la que muestra la mayor variedad de formas endémicas por unidad de superficie en el ámbito de la región bioclimática mediterránea (Fig. 12.2). Pero además se da la circunstancia de que muchos géneros de invertebrados y plantas se encuentran muy diversificados, con varias especies endémicas incluso en una misma isla. El 28% de los

endemismos se concentra en los 56 géneros con más de 10 especies endémicas conocidas (41 en la fauna y 16 en la flora), y en el caso de la flora el cuarenta por ciento de las especies pertenecen sólo a los 16 géneros más ricos en endemismos¹.

En una estimación llevada a cabo por Peck (1997) sobre las Islas Galápagos, se citan 213 líquenes, 204 briófitos, 658 plantas vasculares, 2.257 animales invertebrados y 97 vertebrados. Aunque Peck contabiliza únicamente las especies terrestres indígenas, los valores son netamente inferiores para todos los grupos a excepción de los ácaros (bien estudiados a diferencia de Canarias) y las aves marinas. En el archipiélago de Hawaii, considerado como uno de los enclaves insulares con mayor biodiversidad, se ha calculado la presencia de unas 15.000 especies terrestres (Eldredge y Miller 1995). Estos valores absolutos no son mayores en términos relativos si se tiene en cuenta que las Canarias forman un archipiélago menos dividido y disperso, y de aproximadamente la mitad de superficie que Hawaii.

En el ámbito de la Macaronesia, las islas Azores y de Cabo Verde son considerablemente más pobres que Canarias; sólo Madeira tiene valores comparables e incluso superiores en términos relativos, pues a su gran diversidad absoluta se suma la reducida superficie y escasa división insular. Con respecto a estos y otros archipiélagos del atlántico oriental, las cifras de diversidad de Canarias resultan en varios grupos muy diversificados, superiores a lo esperado como consecuencia de la simple aplicación de la recta especies-área (Sergel y Báez 1990). Es interesante entonces indagar sobre cuáles son las causas que han contribuido a que en Canarias se dé la actual riqueza en especies.

En esencia, las causas pueden ser de índole artificial (introducciones) o de índole natural. Estas pueden ser a su vez de dos tipos: factores intrínsecos debidos a la propia competencia interior en el seno de las comunidades, que ha estimulado divergencias evolutivas (radiación adaptativa) en muchos géneros (ver capítulo 24), y factores extrínsecos. La condición archipelágica es uno de estos últimos—quizás el más evidente—y explica la diferenciación entre las poblaciones de distintas islas por simple deriva genética, pero hay otros más sutiles que también contribuyen a fomentar la especiación, como los debidos a la historia geológica, geomorfológica y climática de cada isla en particular.

¹ *Aeonium* (28 spp.), *Aichryson* (10 spp.), *Argyranthemum* (19 spp.), *Cheilolophus* (14 spp.), *Convolvulus* (10 spp.), *Crambe* (10 spp.), *Echium* (23 spp.), *Helianthemum* (9 spp.), *Limonium* (13 spp.), *Lotus* (17 spp.), *Micromeria* (14 spp.), *Monanthes* (9 spp.), *Pericallis* (12 spp.), *Sidentis* (22 spp.), *Sonchus* (17 spp.) y *Teline* (10 spp.)

ESPECIACIÓN

os edificios volcánicos insulares se han ido construyendo en episodios eruptivos de diversa intensidad y características. Algunos han sido extremadamente potentes y es casi seguro que han ocasionado extinciones masivas; otros han afectado sólo a sectores muy localizados de las islas, que unas veces seccionaban hábitats enteros y otras conectaban zonas antes separadas. La distribución de varias especies en Tenerife, con formas vicariantes en Teno y Anaga, se ha asociado a la barrera creada por las lavas de las erupciones del Teide que

vicariantes a ambos lados en géneros de blatarios (*Lobopectera*), homópteros (*Tachycycius*), coleópteros (*Wolltinerfia* y *Domene*) y araneidos (*Dysdera*) (Oromi y Martín 1992). Igualmente, la existencia de "islas bajas" separadas por acantilados más o menos verticales ha permitido que en ellas se desarrollen formas exclusivas: es lo que ocurre por ejemplo con los escarabajos tenebriónidos *Pimelia fernandezlopezi* en Puntallana (La Gomera) o *P. estevezi* en Arenas Blancas (Gran Canaria). Podemos reconocer entonces, además de la fragmentación debida a la existencia de islas en el seno del archipiélago, una fragmentación secundaria provocada por los eventos geomorfológicos.

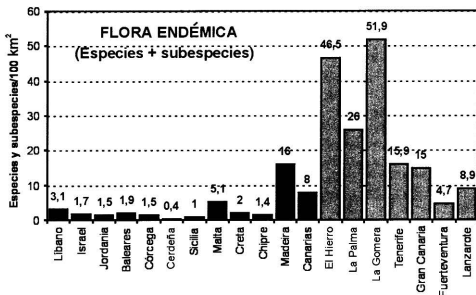


Figura 12.2

Cantidad de especies y subespecies de la flora por cada 100 km² en la región bioclimática mediterránea. Se han representado sólo los países con mayor densidad, y en el caso de Israel, Libano y Jordania, sólo se ha considerado una superficie de 10.000 km² para cada uno, que es la zona encuadrada en la región mediterránea según Quézel (1985). Fuente: ver Médail y Quézel (1997) para todos los lugares menos Canarias y Madeira, cuya información proviene de Hansen y Sunding, 1993.

asolaron el norte de la isla en una franja de cumbre a costa (Machado 1976) (Tabla 12.2). Otras veces, la propia actividad efusiva también ha puesto en contacto protoislas antiguamente separadas por brazos de mar, como probablemente ocurrió con Anaga, Teno y Adeje en Tenerife (Ancochea *et al.* 1990) y con Jandía y el resto de la isla en Fuerteventura (Barcells *et al.* 1994).

Los cambios geomorfológicos ligados a procesos resistáticos o biostáticos también han jugado un destacado papel en este sentido. No sólo la formación de barrancos, sino también los depósitos de materiales impermeables en el subsuelo, han podido aislar zonas antes conectadas. El medio subterráneo de la península de Anaga está aislado del medio subterráneo del resto de Tenerife por una barrera de arcillas que impide el trasiego de las especies troglóbias, de modo que hay formas

La variabilidad paleoclimática se ha reconocido como una de las causas de biodiversidad al favorecer la aparición de distribuciones alopatricas. Así se han propuesto teorías como la del "refugio pleistocénico" (Haffer 1969), o la "renovación pulsante" (Vrba 1993), que han hecho que se generalice la idea de que los procesos de fragmentación de bosques además de provocar extinciones, también pueden presentar un estímulo para la especiación y la consiguiente renovación de la biota a partir de las formas supervivientes.

Canarias ha estado lo suficientemente alejada del frente de avance de los hielos durante las glaciaciones pliocénicas y pleistocénicas, como para que no le afectaran directamente, pero lo suficientemente cerca para presumir que sus efectos debieron ser perceptibles. Sólo en los últimos 25.000 años se tiene constancia de la existencia de paleoclimas con precipi-

Tabla 12.2

Especies endémicas vicariantes en los macizos de Teno y Anaga (Tenerife).

	ESPECIES ENDÉMICAS DE TENO	ESPECIES ENDÉMICAS DE ANAGA		
FAUNA	Mollusca	<i>Napaeus tenoensis</i>	<i>Napaeus helvulus</i>	
	Stylommatophora	<i>Napaeus roccellicola</i>	<i>Napaeus doliolus</i>	
		<i>Hemicycla glyceia silensis</i>	<i>Hemicycla adansoni</i>	
		<i>Hemicycla mascaensis</i>		
	Arthropoda Arachnida	<i>Pholcus mascaensis</i>	<i>Pholcus knoeseli</i>	
		<i>Spermophorides tenoensis</i>	<i>Spermophorides esperanza</i>	
		<i>Oecobius erjoensis</i>	<i>Spermophorides heterogibbifer</i>	
	Arthropoda Myriapoda		<i>Oecobius iguestensis</i>	
			<i>Oecobius hidalgoensis</i>	
			<i>Dolichoilulus blancatya</i>	
		<i>Dolichoilulus ingeae</i>		
		<i>Dolichoilulus hyaena</i>		
		<i>Dolichoilulus insularis</i>		
		<i>Dolichoilulus quasimystax</i>		
Arthropoda Hexapoda		<i>Dolichoilulus dendromystax</i>		
		<i>Dolichoilulus mystax</i>		
		<i>Folsomides semiparvulus</i>		
		<i>Loboptera anagae</i>		
		<i>Loboptera cavernicola</i>		
		<i>Guanchia tenerifensis</i>		
		<i>Cardiophorus fernandezii</i>		
		<i>Cardiophorus mateui</i>		
	FLORA	Spermatophyta Liliacea	<i>Aeonium mascaense</i>	<i>Aeonium volkerii</i>
			<i>Cheirolophus canariensis</i>	<i>Aeonium ciliatum</i>
		<i>Limonium fruticans</i>	<i>Cheirolophus tagananensis</i>	
		<i>Limonium perezii</i>	<i>Cheirolophus anagensis</i>	
		<i>Pimpinella rupicola</i>	<i>Limonium macrophyllum</i>	
		<i>Lotus mascaensis</i>	<i>Pimpinella anagodendron</i>	
		<i>Sideritis brevicaulis</i>	<i>Lotus dumetorum</i>	
		<i>Sideritis nervosa</i>	<i>Sideritis macrostachya</i>	
		<i>Sonchus tuberifer</i>		
		<i>Teline salsoloides</i>	<i>Sonchus tectifolius</i>	
			<i>Teline linifolia</i>	

taciones, unas veces más moderadas que en la actualidad y otras más intensas², desarrollados a la par que los periodos glaciares e interglaciares (ver capítulo 7). Pero los cambios climáticos más antiguos (a lo largo del Pleistoceno), que llegaron a provocar importantes regresiones y transgresiones en las selvas tropicales de África (Mayr y O'Hara 1986), también tuvieron que notarse en Canarias. Esto sin duda ha debido

provocar variaciones en la extensión de los bosques, sobre todo en la laurisilva y sus diversas facies sucesionales. Podemos imaginar en las épocas de mayor precipitación una situación donde la laurisilva ocupaba una extensión mayor a la actual, y en las épocas más secas un escenario opuesto, en el cual quedó acantonada en los macizos y barrancos más húmedos. Esta distribución en mosaico del bosque pudo favorecer la espe-

² La abundancia en las islas orientales de cantidad de nidos subfósiles de abejas –posiblemente del género *Eucera* o *Anthophora*–, evidencian la antigua existencia de climas menos secos que en la actualidad.

ciación en las formas que sobrevivieron al cambio ambiental refugiadas en estos reducidos. La distribución actual en la laurisilva de Tenerife del género de diplópodos *Dolichoilulus* apoya esta posibilidad: seis especies viven en el bosque del macizo de Anaga, una en el de Teno, otra en la Ladera de Tigaiga—al norte de la isla— y otra en los altos de Gúimar—al sur de la isla— (Enghoff y Báez 1993). Lo mismo ocurre con la distribución en la misma isla de varias especies del género de plantas *Cheirolophus*, que ocupa diferentes áreas escarpadas del límite del bosque termo-esclerófilo en Anaga (*anagensis* y *taganensis*), Teno (*canariensis*) y altos de Arafo (*metlesicisii*) (Gómez Campo *et al.* 1996).

Coincidiendo con el máximo avance de las glaciaciones también se dieron cambios en el nivel del mar. El último episodio glacial acacido (entre 30.000 y 10.000 años BP) supuso un descenso de hasta 130 m por debajo de su posición actual (ver capítulo 7 y Rohling *et al.* 1998), lo cual sin duda provocó que Lanzarote y Fuerteventura estuvieran unidas por un corredor de tierra ubicado en el actual estrecho de la Bocaina. Al contrario, durante períodos interglaciares, el nivel del mar pudo estar más alto, como demuestra la presencia en Jandía de playas levantadas a 30 m de altura (Criado 1991), aunque posiblemente en su elevación también hayan intervenido movimientos epirogénicos. Machado (1992) estima que la incipiente diferenciación que observa entre las poblaciones de los carábidos *Nesarpalus solitarii*, *Cymindis moralesi* y *Philorhizus notatus* de la península de Jandía y del resto de Fuerteventura puede deberse a una divergencia reciente (<22.000 años) en un tiempo en que ambos territorios estuvieron segregados por un brazo de mar.

Pero las sucesivas crisis áridas también pudieron provocar que algunas especies higrófilas colonizaran los hábitats subterráneos en busca de refugio ante unas condiciones ambientales cambiantes en superficie. Un fenómeno bien conocido en Europa y Norteamérica donde el retroceso de los glaciares se ha considerado como la causa de aparición de muchos troglobios (Vandel 1964). En Canarias se conoce más de 120 especies adaptadas a la vida subterránea, algunas de las cuales carecen de congéneres epigeos, lo cual da fe de extinciones pretéritas en los hábitats superficiales. Aunque en algunos casos se ha propuesto que la colonización hipogea pudo deberse a un cambio adaptativo (especiación parapátrica), en otros la colonización debida al cambio climático parece una hipótesis más razonable (Martín y Oromí 1989).

El análisis del efecto de los paleoclimas en la biota de distintas regiones africanas ha permitido constatar que las especies más antiguas filogenéticamente se han desarrollado en ambientes climáticos estables durante millones de años, y sólo las más modernas provienen de zonas climáticamente inestables, como por ejemplo los hábitats de montaña (Fjeldsá y

Lovett 1997). Si como hemos dicho Canarias ocupa una de estas últimas regiones, es de esperar cierta modernidad en su fauna y flora. Lo cierto es que aparte de algunas especies que se han catalogado como relicticas, cuya divergencia se produjo en tiempos más o menos remotos, los estudios moleculares de varios géneros de plantas (Baldwin *et al.* 1998) y de animales (Emerson *et al.* 1999) parecen apoyar la modernidad.

Mientras la fragmentación archipelágica explica la existencia de géneros con distintas especies en diferentes islas, la radiación adaptativa y la fragmentación provocada en cada isla por eventos geológicos, geomorfológicos y climáticos, explican la existencia de varios géneros con distintas especies en una misma isla. Las especies congénéricas que se distribuyen por hábitats vecinos y diferentes probablemente se ha originado por radiación adaptativa, mientras que si ocupan distintas áreas de un mismo hábitat, su origen se debe más bien a fenómenos de especiación alopatrica ligados a cambios ambientales externos, aunque en las plantas la especiación simpátrica por poliploidía es también relativamente frecuente. En los géneros más diversificados posiblemente se han dado todas estas formas de diferenciación, pudiendo llegar a tener especies en distintas islas, especies en distintos hábitats y especies diferentes en un mismo hábitat; un caso extremo de esta última situación es la del género de arañas *Dysdera*, que tiene hasta seis especies distintas conviviendo en el medio subterráneo de la Cueva del Viento (Tenerife), y un total de 42 especies endémicas repartidas por diferentes hábitats de todas las islas.

INTRODUCCIONES

La introducción de especies también es una de las causas de aumento de biodiversidad taxonómica. En la flora vascular es particularmente importante, pues de las casi dos mil especies conocidas, un 40% ha llegado a las islas en los últimos cinco siglos como consecuencia de las actividades humanas (ver capítulos 21 y 23). A esta cifra habría que sumar las especies ajardinadas y no asilvestradas, que rondan las 1.300.

En cuanto a la fauna, no se tienen datos precisos de cuántas especies de invertebrados se han introducido durante este período histórico. A partir de la información proveniente de los grupos mejor estudiados y de un conocimiento global de la fauna de Canarias, Oromí y Báez (ver capítulo 24) han estimado en más de un millar las especies invertebradas introducidas por el hombre.

Excluir las especies introducidas del recuento global de biodiversidad rebaja un poco las cifras más arriba expuestas, pero realza la importancia de las especies endémicas con respecto a la biota nativa, cuya proporción se elevaría hasta un 50% de la fauna y un 35% de la flora.



Foto: Sergio Iturriz
El Golfo, El Hierro

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2021

Capítulo 13

DIVERSIDAD TAXONÓMICA
MARINA

El estudio de los organismos marinos que pueblan el archipiélago canario, tanto en lo que se refiere a los que habitan en sus costas como en las aguas cercanas, está fundamentado principalmente en diversas expediciones científicas que han visitado las islas en los siglos pasados. La primera lista de algas marinas de Canarias aparece en la obra de Bory de Saint Vincent (1803). Posteriormente, el canario Viera y Clavijo (1866-69) en su monumental obra "*Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias*" relaciona, entre otras, unas 93 especies diferentes de peces y unas 12 especies de crustáceos decápodos utilizando ya la nomenclatura lineana. Sin embargo, se puede considerar la obra de Webb y Berthelot (1836-1850) como un hito que marca el inicio del estudio sistemático de las especies marinas presentes en Canarias. En ella se relaciona una gran cantidad de especies pertenecientes a grupos taxonómicos tan diversos como son foraminíferos, macroalgas, crustáceos decápodos, moluscos bivalvos y peces. Tras esta obra, se sucedieron otros trabajos, que en mayor o menor medida contribuyeron a aumentar el conocimiento de la flora y fauna marina, y es a partir de la segunda mitad del siglo XIX, cuando toman auge las grandes expediciones oceanográficas en el Atlántico centro-oriental, como las llevadas a cabo por los buques *Challenger* (1873-76), *Travailléleur* (1882), *Talisman* (1883), *Corsaro* (1884), *Michael Sars* (1910), *Dana* (1920-22, 1928-30), las organizadas en los yates del Príncipe Alberto de Mónaco (*Princesse Alice I*, *Princesse Alice II* e *Hirondelle*) entre 1895-1914. Ya en este siglo, deben destacarse las publicaciones de Boergesen (1925-1930) que recoge una serie de monografías sobre macroalgas, recolectadas sobre todo en las islas de Tenerife y Gran Canaria, y las campañas oceanográficas organizadas por diversos países europeos en los buques *Thalassa* (1960-61), *Discovery* (1962-69), *Atlantide* (1945-46), *Galathea* (1950), *Meteor* (1967-75) y la del *Walther Herwig* (1970). Muchas de estas expediciones establecieron estaciones de estudio en las costas canarias o en las aguas cercanas, incrementando el conocimiento de la flora y fauna marina canaria, especialmente el de las especies pelágicas y el de los ambientes profundos.

Una mención especial merecen las expediciones CANCAP del buque oceanográfico holandés *Tydeman* (1976-86) al Atlántico Norte (desde Marruecos hasta Senegal y los archipié-

lagos macaronésicos) (van der Land 1987), cuyo material recolectado se encuentra depositado en el *RijksMuseum* de Historia Natural y en el *Rijsherbarium* de Leiden, e incluso en la actualidad continua siendo objeto de intenso estudio.

La creación de los diferentes centros de investigación canarios: la Facultad de Biología (Universidad de La Laguna), el Laboratorio de Canarias (Instituto Español de Oceanografía), el Museo de Ciencias Naturales (Cabildo Insular de Tenerife), el Instituto Canario de Ciencias Marinas (antiguo Centro de Tecnología Pesquera de Taliarte) y la Facultad de Ciencias del Mar (Universidad de Las Palmas), facilitó la formación de grupos de investigación, expertos en diferentes aspectos de la biodiversidad y conservación de los ecosistemas marinos canarios. En consecuencia, durante los últimos 20 años la producción de trabajos científicos y los avances en el conocimiento de la biodiversidad marina del archipiélago han sido muy notables.

La reciente publicación de varios libros de índole científico-divulgativo sobre determinados grupos faunísticos: peces (Brito 1991), crustáceos decápodos (González-Pérez 1995) y moluscos bivalvos (Gómez-Rodríguez y Pérez Sánchez 1997), ha permitido por una parte actualizar los catálogos respectivos y al mismo tiempo recopilar la dispersa bibliografía existente sobre ellos.

En la tabla 13.1 se recoge la información disponible sobre número de especies marinas citadas para Canarias, si bien es evidente que el grado de conocimiento sobre la biota marina es mucho menor comparado al de la biota terrestre y todavía existen muchas especies nuevas, no descritas en los fondos marinos canarios.

La sistemática que aparece reflejada en esta tabla está basada en van den Hoek *et al.* (1995) para los grupos fotoautotróficos, mientras que los grupos heterotróficos se presentan según la propuesta de Ruppert y Barnes (1996). Los números asignados a cada grupo taxonómico están basados en las publicaciones existentes, sin considerar todas aquellos grupos taxonómicos existentes en las costas canarias que todavía no han sido publicados o que están en periodo de estudio por los

diferentes especialistas. Sin embargo, en determinados casos se han incluido las estimaciones realizadas recientemente

por Machado (1998), las cuales permiten una primera orientación sobre la importancia relativa del grupo considerado.

Tabla 13.1

Número de especies marinas de protistas, hongos, plantas y animales presentes en Canarias, con indicación del número y porcentaje de especies endémicas.

	Total spp.	Especies endémicas	Porcentaje endemidad	Referencias
MONERA				
Bacteria				
Eubacteria	465	0	0	O'Shanahan <i>et al.</i> 1985, Díez del Pino 1986, Soria Fuentes 1986, O'Shanahan <i>et al.</i> 1990 y 1996, O'Shanahan & Monzón Moreno 1991, Déniz <i>et al.</i> 1993, Real <i>et al.</i> 1994, 1997.
Cyanophyta	25	0	0	Reyes <i>et al.</i> 1994, Ojeda, 1985
Total Monera	71	0	0	
PROTISTA				
Dinophyta	191	0	0	Ojeda 1998
Heterokontophyta				
Bacillariophyceae	145	0	0	Ojeda 1985, 1990 y 1996
Dictyochophyceae	1	0	0	Ojeda 1985
Phaeophyceae	> 118	0	0	Haroun y Afonso-Carrillo 1995
Haptophyta	5	0	0	Ojeda 1985 y 1990
Chlorophyta	> 113	0	0	Haroun y Afonso-Carrillo 1995, Ojeda 1985, 1990.
Rhodophyta	> 334	6	1,8	Haroun y Afonso-Carrillo 1995
Rhizopoda (Fora)	34	0	0	Webb y Berthelot 1836-1850 (en González Donoso 1982)
Total Protista	> 1.006	6	0,59	
FUNGI				
Eumycota				
Deuteromycotyna	4	0	0	Kohlmeyer 1967
Ascomycotina	19	0	0	Kohlmeyer, 1967, Sanson <i>et al.</i> 1990, Kohlmeyer y Volkmann-Kohlmeyer 1998
Lichenes	2	0	0	Champion y Sánchez Pinto 1978
Total Fungi	25	0	0	
PLANTAE				
Angiospermae				
Dicotiledoneae	10*	1	10	Hansen y Sunding 1985
Monocotiledoneae	3	0	0	Haroun y Afonso-Carrillo 1997
Total Plantae	13	1	8	
ANIMALIA				
Poryfera	99	0	0	Cruz y Bacallado, 1982 a, 1982 b, 1984 a, 1984 b, 1995, Bacallado <i>et al.</i> 1984

Cnidaria				
C. Hydrozoa	31	1	3,2	Izquierdo <i>et al.</i> 1986 a, 1986 b, 1990
C. Scyphozoa	33	0	0	Hernández y Jiménez 1992 b 1995, Hernández <i>et al.</i> 1991 a, 1991 b, 1996, 1997
C. Anthozoa	150**	0	0	Brito 1985, Ocaña 1994
Ctenophora				
	4	0	0	Wirtz 1995
Platelmintos				
C. Turbellaria	4	0	0	Wirtz 1995
C. Trematoda	30	0	0	Núñez Fraga <i>com. pers.</i>
C. Cestoda	2	0	0	Martín y Carrillo 1991
Nemertinea	1	0	0	Hernández y Gibson en prensa
Gastotricha	2	0	0	Núñez Fraga <i>com. pers.</i>
Nematoda	30	0	0	Núñez Fraga <i>com. pers.</i>
Rotifera	1	0	0	Fernández-Palacios Barber <i>et al.</i> 1983
Acanthocephala	225	0	0	Hernández Martín <i>com. pers.</i>
Kinorhyncha	3	0	0	Núñez Fraga <i>com. pers.</i>
Sipuncula	14	0	0	López Rondón 1986
Equiura	2	0	0	Wirtz 1995
Priapulida	1	0	0	Núñez Fraga <i>com. pers.</i>
Mollusca				
C. Polyplacophora	7	3	42,85	Strack 1987
C. Gastropoda	672	> 40	> 5,95	Nordsieck y García-Talavera 1979, modific.+; Cervera <i>et al.</i> 1988, Hernández y Jiménez 1996, Moro <i>et al.</i> 1995, 1997, Ortea 1990, 1995, Ortea y Llera 1988, Ortea & Valdez 1991, Ortea y Martínez 1992, Ortea y Pérez 1992, Ortea <i>et al.</i> 1996, 1997
C. Bivalvia	214	2	0,93	Gómez-Rodríguez y Pérez Sánchez 1998, modific.**
C. Scaphopoda	9	0	0	Nickles 1979
C. Cephalopoda	24	0	0	Hernández-García y Martín 1994, Franquet y Brito 1995, Hernández-García 1995
Annelida				
C. Polychaeta	107	5	4,7	Bertelsen 1986, Núñez 1991, Núñez <i>et al.</i> 1996, 1997
C. Oligochaeta	10	0	0	Núñez Fraga <i>com. pers.</i>
C. Hirudinea	2	0	0	Núñez Fraga <i>com. pers.</i>
Arthropoda				
C. Arachnida	1	0	0	Machado 1998
C. Pycnogonida	12	1	8,3	Munilla-León <i>et al.</i> 1988
C. Remipedia	1	1	100	Schram <i>et al.</i> 1986
C. Branchiopoda	4	0	0	Machado 1998
C. Ostracoda	6	0	0	Kornicker y Illiffe 1995
C. Copepoda	312	0	0	Lozano <i>et al.</i> 1988
C. Cirripedia	16	0	0	Pérez Sánchez y Moreno Batet 1991, Martín y Carrillo 1991, Wirtz 1995
C. Malacostraca				
O. Stomatopoda	6	0	0	Barquín y Moreno 1992
O. Euphausiacea	32	0	0	Lozano <i>et al.</i> 1988, Hernández y Jiménez 1994
O. Decapoda	277	0	0	González-Pérez 1995, Fransén y Wirtz 1997, Barquín <i>et al.</i> 1998

O. Mysidacea	17	3	17,64	Wittmann y Wirtz en prensa
O. Amphipoda	180	6	3,33	Thurston 1976 a, 1976 b, Cejas y Brito 1984, Rondé-Broekhuizen y Stock 1987
O. Isopoda	2	0	0	Wirtz 1995, Thorsen <i>et al.</i> 1998
C. Hemiptera	1	0	0	Machado 1998
C. Coleoptera	1	1	100	Machado 1987
Hemichordata	1	0	0	Bacallado <i>et al.</i> 1984
Chaetognata	21	0	0	Hernández 1991, Hernández y Jiménez 1992a, 1998
Echinodermata				
C. Asteroidea	15	0	0	Bacallado <i>et al.</i> 1984
C. Ophiuroidea	11	0	0	Bacallado <i>et al.</i> 1984, Herrera <i>et al.</i> 1993
C. Echinoidea	15	0	0	Bacallado <i>et al.</i> 1984, Pérez Sánchez y Moreno Batet 1991
C. Holothuroidea	34	0	0	Pérez Ruzafa <i>et al.</i> , 1992 a y b
C. Crinoidea	7	0	0	Mortensen 1927
Bryozoa	132	0	0	Aristegui 1984, 1986, 1987, 1989
Entoprocta	1	0	0	Núñez Fraga <i>com. pers.</i>
Phoronida	1	0	0	Ocaña <i>et al.</i> 1991
Brachiopoda	16	0	0	Logan 1983, 1988, 1993
Urochordata				
C. Ascidiacea	34	0	0	Ríos y Brito 1984, Ríos 1985.
C. Thaliaceae	3	0	0	Lozano <i>et al.</i> 1988
Pisces				
Chondryctios	66	0	0	Brito 1991, Brito <i>et al.</i> 1998
Osteichthios	499	5	1	Brito 1991, Brito <i>et al.</i> 1995, 1996, 1998, Franquet y Brito 1995, Jiménez 1997; Montero <i>et al.</i> 1995, Rico <i>et al.</i> 1995
Reptilia	4	0	0	Pleguezuelo 1997
Aves	16++	0	0	Emmerson <i>et al.</i> 1994
Mamalia				
O. Mysticetos	6	0	0	Martín <i>et al.</i> 1995
O. Odontocetos	19	0	0	Martín <i>et al.</i> 1995
O. Focidos	1	0	0	López-Jurado <i>et al.</i> 1995
Total Animalia	3.447	> 68	> 2,97	
TOTAL BIOTA MARINA	4.562	> 75	> 1,49	

§ Excluyendo a los Coliformes y *Streptococcus* fecales detectados en aguas residuales urbanas.

* Considerando a *Limonium ovalifolium* como una planta asociada a hábitats marinos, ya que en determinadas localidades esta especie queda sumergida durante las mareas vivas.

** El número actual de especies está en revisión.

+ Los diferentes grupos de moluscos están actualmente en proceso exhaustivo de revisión y/o recopilación bibliográfica; especialmente en lo que se refiere a los Opisthobranchios.

++ Contabilizando solamente a las aves marinas nidificantes y sin considerar el gran número de especies migratorias, donde destaca las aves limícolas invernantes.

Tras el análisis de los datos derivados de la bibliografía científica más actual sobre la biota marina de Canarias, hay tres hechos importantes que merecen ser destacados: a) la gran dispersión de las publicaciones científicas sobre

organismos marinos presentes en las costas canarias o en su entorno marino; b) la desproporción que se puede observar en el grado de conocimiento para ciertos grupos taxonómicos, tanto desde el punto de vista florístico como faunístico,

debido principalmente a la existencia o no de especialistas de esos grupos concretos y c) el bajo porcentaje de especies endémicas, lo que pone de manifiesto el valor diferencial que tienen los ecosistemas insulares desde el punto de vista biogeográfico para su biota marina o para su biota terrestre.

La presión humana sobre los hábitats marinos es cada vez más intensa y es indudable la repercusión negativa que esta tiene sobre la diversidad biológica. La edición del libro "*Fauna marina amenazada en las Islas Canarias*" por Bonnet y Rodríguez (1992) constituye una nueva llamada de atención sobre la importancia de la biota marina y la necesidad de preservar las especies y los ecosistemas marinos de las costas canarias. En este sentido, la desaparición del Ostrero Unicolor (*Haematopus meadewaldoi*) en el presente siglo (Emmerson *et al.* 1994), junto con la rareza de algunas otras especies (p. ej. *Patella candei candei*, etc.) viene a resaltar el evidente riesgo de desaparición que ya tienen diversas especies marinas en las costas canarias. La reciente revisión realizada por Sterrer (en prensa) para la biota de Bermuda pone de manifiesto la extinción o el inminente peligro de desaparición de diversas especies pertenecientes a grupos tan diversos como son esponjarios, los zoantidios, gasterópodos, bivalvos, equinodermos o aves marinas. De igual manera, diversos ecosistemas litorales de las Islas Azores se han visto afectados negativamente por actividades humanas (Morton *et al.* 1998). Otros ejemplos en diversas islas del planeta confirman la fragilidad de la biota marina presente en sus ecosistemas litorales.

Es preciso un mayor esfuerzo coordinado entre las diferentes administraciones implicadas en la gestión de los recursos renovables para poner salvaguardar aquellos ecosistemas

y especies marinas representativas de nuestro litoral. En este sentido, la Gestión Integral de la Zona Costera (Pullen 1997) está considerada como un elemento primordial para asegurar un desarrollo sostenible y al mismo tiempo el mantenimiento de los valores naturales que poseen las áreas costeras y marinas bajo jurisdicción nacional. Es indudable que para conservar la biota marina es preciso recopilar la *información* disponible (hábitats, comunidades y especies), y estructurarla de tal forma que se puedan identificar los lugares que revisten un mayor interés desde el punto de vista conservacionista. La gestión de estos espacios marinos protegidos precisa de información sobre el funcionamiento de los ecosistemas considerados, pero sobre todo del grado de vulnerabilidad de hábitats particulares, de comunidades y de especies a las diferentes actividades que se puedan desarrollar en el área (Norse 1993, Hiscock 1997).

AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este capítulo no hubiera sido posible sin la colaboración desinteresada de numerosos colegas y especialistas, que en mayor o menor medida fueron aportando datos y reseñas bibliográficas, algunas de ellas de difícil acceso. Entre ellos merecen una mención especial los siguientes: D. José María Hernández Otero, Dña. Fátima Hernández Martín, D. José S. López Rondón, Dña. Alicia Ojeda Rodríguez, D. Santiago Hernández León, D. Alberto Brito Hernández, D. Leopoldo O'Shanahan Roca, D. Jorge Núñez Fraga y D. Leopoldo Moro Abad, los cuales nos han permitido bucear en mayor o menor medida en aquellas áreas del mundo marino que les son más familiares.



Foto: Aguedo Marrero

Bentayga y Roque Nublo, Gran Canaria

Capítulo 14

EVOLUCIÓN EN ISLAS: LA METÁFORA ESPACIO-TIEMPO-FORMA

AGUEDO MARRERO Y JAVIER FRANCISCO-ÓRTEGA



Aunque en sentido geográfico estricto las islas se definen como territorios pequeños rodeados de mar, en el ámbito ecológico y evolutivo los procesos que ocurren en los archipiélagos oceánicos y los que ocurren por ejemplo en un sistema de lagos de una región determinada (o de arrecifes en los mares tropicales, de distintas enseñas a lo largo de una costa, de las cumbres más altas en un sistema montañoso, etc) pueden ser equivalentes.

Uno de los planteamientos de las ciencias evolutivas es el estudio de la enorme diversidad biológica existente en nuestro planeta, no sólo en cuanto a su catalogación y sistemática sino en los mecanismos que han intervenido en su evolución. En este sentido, y desde la época de Darwin y Wallace, se han reconocido siempre a las islas como los mejores lugares de la Tierra para estudiar tales procesos, ya que en las mismas se encuentran ecosistemas más simples y mejor delimitados que en los continentes (Eliasson 1995, Grant 1998 y ver capítulo 1). Pero por otra parte, la evolución en las islas difiere en muchos aspectos de los eventos continentales, dado que las circunstancias no son similares. Por ejemplo, las especies colonizadoras de islas se van a encontrar, en muchos casos, con un ambiente nuevo y con menor presión competitiva. Otra característica de los sistemas insulares es su alta vulnerabilidad, siendo fácilmente perturbables dándose en los mismos una alta tasa de extinción (Kaneshiro 1995).

La evolución en islas se entiende desde los mecanismos que intervienen en los cambios a nivel de la estructura genética de los taxones, que llevan a la diversificación de los tipos genéticos y en definitiva a la especiación. Pero para una buena comprensión de estos procesos también se ha de entender desde los cambios que tienen lugar en las islas y en su entorno próximo: emersión de los territorios insulares, historia volcánica de cada isla, formación o dilución de gradientes ambientales o de barreras ecológicas, cambios climáticos o variaciones en la biota suministradora continental (Kingdon 1990); así como de las características de la biota colonizadora: biología reproductiva, plasticidad genética, longevidad o recambio generacional, etc. (Marrero 1992 a). Es a través de este marco global y dinámico desde donde nos aproximaremos a la comprensión de los procesos evolutivos en islas y en concreto en

Canarias, porque son todos estos factores los que en definitiva conducen o son responsables de la diversidad biológica existente.

ESPACIO-TIEMPO-FORMA

En los años sesenta el italiano León Croizat propone la metáfora «espacio-tiempo-forma» como base para aproximarse a la historia de la vida sobre la Tierra. Este autor entendía la evolución como la consecuencia de la interacción de tales factores: **evolución = espacio + tiempo + forma**. La Panbiogeografía de Croizat (1964) hace énfasis en estas tres dimensiones principalmente a través de la corología y biogeografía, de la paleontología y de la taxonomía y sistemática, respectivamente. Estos tres parámetros de forma interrelacionada condicionan y encausan la variabilidad, diversidad o adaptabilidad de los seres vivos a su medio o entorno, tanto biótico como abiótico. Hemos orientado nuestro desarrollo expositivo teniendo en cuenta todos estos factores según el enfoque de Croizat. Así, analizaremos las distintas manifestaciones a través de: la forma, el espacio, el espacio en el tiempo, la forma en el espacio y la forma en el tiempo. Este último aspecto será tratado en el capítulo siguiente.

LA FORMA

La vida en las islas presenta una serie de rasgos diferenciales que llamaron siempre la atención de viajeros, exploradores y naturalistas, interés que se ha mantenido siempre en los biólogos evolucionistas desde Darwin y Wallace. Estos rasgos han sido sintetizados por Grant (1998) en tres aspectos: exotismo, patrones convergentes y radiación evolutiva especular.

1) Exotismo

Las formas insulares como exotismo o curiosidades de la naturaleza ofrecen ejemplos espectaculares como los dodos en las islas Mascareñas o el dragón de Komodo, de Indonesia, pero su listado es bastante más extenso (Carlquist 1974, Grant 1998) y caracteriza sobre todo a una época prelineana-darwiniana. En Canarias se pueden citar como formas exóticas la presencia en nuestras latitudes de especies ar-

bóreas típicamente tropicales como el aderno y delfino (*Myrsineae*), el marmulán (*Sapotáceas*) o el mocán (*Teáceas*), entre otras. Igualmente podemos mencionar a los dragos canarios (*Dracaena draco* y *D. tamaranae*) o las formas espectaculares o exóticas de las inflorescencias de ciertos taginastes (*Echium*). Pero en general, este aspecto de las floras insulares suele estar más relacionado con mitos y leyendas, como es el caso del mítico drago y su famosa sangre, sin olvidar el legendario garo o el árbol de las manzanas de oro del Jardín de las Hespérides, las Afortunadas o las Purpurarias.

2) Evolución paralela

La tendencia a la evolución paralela y/o convergente se repite con frecuencia en distintas islas. Bajo condiciones similares, distintas especies de muy distinto origen tienden a seguir pautas evolutivas semejantes (Carlquist 1974).

- **Tendencia al gigantismo:** En Canarias se observa en varias especies de lagartos como en el lagarto canario (*Gallotia stehlinii*), el mayor existente en Canarias, el lagarto de El Hierro (*Gallotia simonyi*), o los recientemente descubiertos lagartos de Tenó (*G. intermedia*) y de La Gomera (*G. gomerae*), especies relacionadas con el grupo de *G. gallotii* y cuya tendencia al gigantismo se muestra de forma independiente en distintas islas. Otros casos incluyen a las ratas gigantes (*Canariomys* y *Malpaisomys*), o a las tortugas gigantes (*Geochelone* spp.), actualmente extintas (ver p. e. García Talavera 1999). En la flora los ejemplos de gigantismo quedan generalmente enmascarados y vienen relacionados con la leñosidad. Un forma notable y reconocida la ofrecen los dragos canarios, aunque en este caso se trate más bien de un carácter relicto de viejas formas Terciarias Tetianas, y no una consecuencia de la evolución en islas.

- **Leñosidad-arborescencia en géneros y familias que son herbáceas en los continentes:** Esta tendencia, defendida como efecto de la insularidad por Carlquist (1974), ha resultado ser controvertida en cuanto a carácter derivado o primitivo (Bramwell 1976). En el caso de Canarias se estima que aproximadamente el 70% de los endemismos son leñosos, donde quedan incluidas las especies de los géneros: *Argyranthemum*, la alianza *Bencomia* (*Bencomia*, *Dendriopterium* y *Marcetella*), *Isoplexis*, la mayor parte de las especies de los géneros *Echium*, la alianza *Dendrosonchus* (*Babcockia*, *Lactuconchus*, *Sonchus* subgen. *Dendrosonchus*, *Sventenia*, *Taekholmia*), *Hypericum*, *Convolvulus*, *Plantago*, etc. En algunos grupos se ha aportado evidencia de su origen en las formas herbáceas continentales, como en *Echium*, alianza *Bencomia*, alianza *Aeonium* (*Aeonium*, *Aichryson*, *Monanthes*, *Greenovia*), la alianza *Dendrosonchus* o en *Isoplexis* (Böhle et al. 1996, Mes et al. 1996, Kim et al. 1996, Helfgott et al. 2000), en *Pericallis* incluso se ha evidenciado un origen múltiple de la leñosidad (Panero et al. 1999). En otros casos como en *Plantago* no parece ser así. En este género se ha destacado la tendencia a la

leñosidad en distintas islas como Canarias, Juan Fernández, Hawái, Santa Helena y Rapa, pero existen otras formas leñosas del entorno mediterráneo y norte de África, afines a las macaronésicas (Bramwell 1976, Rahn, 1996).

En cualquier caso, el fenómeno de gigantismo y la tendencia a la leñosidad se han de tomar con precaución, porque aunque destacan de forma notoria en las biotas de islas, estas tendencias también se pueden encontrar en ciertas zonas, más o menos aisladas y concretas de las áreas continentales, como en las altas montañas del este de África, el entorno del Mar Rojo y Golfo de Adén, la región de El Cabo, etc.

- **Predominancia del color blanco o pálido en las flores:** Esta tendencia queda algo atenuada en Canarias donde también domina el color amarillo. Al contrario, los ejemplos de flores rojas y especialmente llamativas son muy escasos. Este hecho se relaciona con el efecto de filtro en la colonización, que da lugar a muestras disarmonicas en las islas, y donde los pocos casos de flores rojas o llamativas han podido perder sus polinizadores naturales (Olesen 1985). Especies que muestran flores rojas o llamativas y que pudieran estar ligadas a la ornitofilia son *Canarina canariensis*, *Isoplexis* spp., *Lavatera* (*Navaea*) *phoenicea*, *Lotus berthelotii* y afines, *Scrophularia calliantha* y *Teucrium heterophyllum*.

- **Pérdida de la capacidad de dispersión:** Esta tendencia parece ser común en muchos de los organismos (plantas o animales) que colonizan islas, y se acentúa con el tamaño y la edad de las mismas. Este hecho se ha querido ver en distintos aspectos como en el incremento del tamaño del fruto en plantas, mientras que en animales se ha relacionado con la tendencia hacia el apterismo. En ambos casos se da la tendencia o el paso de estrategias-r (generalistas) a estrategias-K (especialistas). Para las plantas endémicas de Canarias se ha comentado el alto porcentaje de especies con buenos mecanismos de dispersión (Bramwell 1986), pero se hace necesario la realización de estudios más concretos. El apterismo resulta más conspicuo en insectos (en carábidos suponen hasta el 86% de las especies endémicas), pero la mayoría de estos casos no se pueden considerar como efecto de la evolución en islas, estando más relacionados con el tipo de hábitat (Machado 1992). No obstante, según este autor el apterismo en los carábidos de los géneros *Paradromius* y quizás *Brosicus*, sí parecen estar relacionados con la insularidad. En ortópteros se cita como caso de apterismo insular el del género endémico *Arminda*, pero para otros muchos casos no parece ser así, existiendo apterismo tanto en los representantes insulares como en los continentales (Báez 1984).

- **Cambios en la biología reproductiva:** Una tendencia de la flora de islas oceánicas hace referencia al alto nivel de dioecia (Carlquist 1974), que alcanza un 15% de la flora endémica de Hawái y un 12% de la de Juan Fernández, mientras

que la media de la flora continental se estima en torno a un 3%. Sin embargo en otros archipiélagos como Canarias y Galápagos se sitúa en torno al 2%. No obstante se hace necesario destacar que al menos el 50% de la flora canaria tiene mecanismos alternativos de algamia, tales como sistemas de incompatibilidad polen-estilo, protandria y la existencia de flores unisexuales. Estos mecanismos han llevado a algunos autores a considerar la algamia como el sistema sexual predominante de la flora del archipiélago (Francisco-Ortega *et al.* 2000).

- **Bajos niveles de diversidad genética:** Los estudios de isoenzimas de islas oceánicas indican que en la mayor parte de las situaciones la diversidad genética de las mismas es mucho menor que la continental (Crawford y Stuessy 1997). Esta situación se ha comprobado en la mayor parte de los estudios de flora vascular, realizados en islas del Pacífico (diversidad genética total, $H_T = 0,064$, frente al valor continental de $H_T = 0,149$). El caso de Canarias es bastante peculiar, ya que los datos de diversidad genética para 53 especies endémicas de 13 géneros, dan valores que duplican los de otros archipiélagos ($H_T = 0,146$) (Francisco-Ortega *et al.* 2000, y ver capítulos 16 y 45). Posibles motivos para esta situación en Canarias son su proximidad al continente africano y su larga historia evolutiva.

3) Radiación evolutiva espectacular

Este hecho ha sido reconocido en muchos trabajos de flora y evolución en Canarias (ver por ejemplo Marrero 1992 a). Para la flora vascular merece señalar los casos de *Aeonium* (Crasulaceae) con 35 especies, *Sideritis* (Lamiaceae) con 24, *Echium* (Borraginaceae) con 23 ó *Aryanthemum* (Asteraceae) con 19 especies. En general, bajo estos grupos de radiación subyacen una serie de características que les propician su colonización y radiación en islas. En este sentido, Eliasson (1995) hace énfasis especial en la familia de las Asteráceas para la cual señala: (1) su enorme diversificación y amplia distribución, (2) el comprender principalmente malas hierbas, (3) disponer de frutos adaptados a la dispersión a larga distancia, y (4) presentar una alta plasticidad genética. Las Asteráceas, además de ser la familia mejor representada en la flora vascular canaria, contiene hasta nueve géneros endémicos que incluyen unas 37 especies, además de otras 110 especies endémicas (ver capítulo 21).

Esta radiación resulta también notoria en lagartos (género *Gallotia*) para el cual se han descrito 6 especies y 8 subespecies (ver capítulo 25), pero aún resulta más espectacular en la microfauna. Por ejemplo, la familia Carabidae (coleópteros) aporta hasta diez géneros endémicos y más de 140 especies exclusivas, donde el género *Calathus* constituye un buen ejemplo de radiación tanto inter como intrainisular, con más de 10 especies en Tenerife (Machado 1992). Otros ejemplos notables en coleópteros se tienen en el género *Laparocerus*

(Curculionidae), endémico de Macaronesia, con más de 60 especies en Canarias y en *Attalus* (Malachiidae) con más de 40 especies, todas endémicas. De igual forma, la familia Cicadellidae (hemipteros) ofrece una espectacular radiación en Macaronesia con 5 géneros y más de 50 especies endémicas, donde sólo el género *Erythroneura* presenta unas 22 especies endémicas (Báez 1984). Otros casos citados por este autor y que merece resaltar incluyen al género *Cardiophorus* (coleóptero) con unas 28 especies endémicas, *Cyphopterus* (hemipteros) 20, *Guanchia* (dermáptero) 10 ó *Dysdera* (arácnido) con unas 10 especies. Por su parte, en el grupo de los moluscos el género *Insulivitrina* (babosas) presenta hasta 15 especies, cada una endémica en una única isla (Alonso *et al.* 1990), y el género endémico de caracoles terrestres *Hemicycla* presenta sólo en Tenerife 12 especies exclusivas (ver capítulo 24).

La diversificación insular implica, en muchas ocasiones, una diferenciación tan notable que resulta difícil establecer su relación con los taxones de la biota continental suministradora (Carlquist 1974). Este hecho unido a los casos anteriormente vistos de flora exótica, gigantismo, tendencia a la leñosidad, etc., llevó a pensar que la flora de las islas oceánicas, y en concreto la canaria, presentaba un carácter relictual. Sin embargo, la mayoría de las islas oceánicas son relativamente recientes. Las dataciones geológicas las sitúan hacia el Terciario, y en muchos casos incluso en los últimos tres millones de años, con lo que la idea de un carácter relictual para la flora de estas islas se ha venido cuestionando (Crawford y Stuessy 1997). En Canarias, este carácter relictual se ha reconocido en muchas ocasiones, idea que se apoya además, en los niveles bajos de ploidia y en las amplias distribuciones disjuntas (Bramwell 1976, Sunding 1979, Cronk 1992). Estas disyunciones relacionan la flora canaria con determinadas floras terciarias tetianas, extinguidas en el continente, o incluso con las más viejas floras del Paleoceno o Cenozoico-Gondwánicas. Todo esto unido a la historia geológica del Archipiélago Canario, que en varias islas rebasa los 15 millones de años, confiere a estas islas un cierto grado de excepción. Pero por otra parte, en ciertos casos, tal carácter relictivo se ha sobrestimado, como lo prueban los resultados del análisis de filogenia molecular que muestran muchos grupos como derivados de los correspondientes continentales (ver capítulo siguiente).

EL ESPACIO

El espacio en las islas oceánicas viene definido por el conjunto del territorio insular, aislado del continente y fraccionado en islas, islotes y roques, lo que favorece la especiación. El archipiélago canario lo forman 7 islas mayores, 4 islotes y 6 roques principales, con una superficie aproximada de 7.500 km². Este territorio archipiélagico es además esencialmente oceánico, es decir que nunca estuvo unido al continente (Carracedo *et al.* 1998), lo cual condiciona el hecho de que la colonización constituya un evento clave, donde el efecto fun-

dador resulta de especial interés en el proceso evolutivo. El territorio insular además de fraccionado es agreste, presentando elevadas pendientes con cotas máximas muy elevadas donde la erosión va creando profundos barrancos y potentes cantiles tanto marinos como de interior (ver capítulos 6 y 7). Ello determina a su vez las incidencias climáticas, fuertes diferencias de exposición, niveles de inversión térmica, etc., y en definitiva, fuertes contrastes ambientales lo cual se traduce en una diversidad excepcional.

EL ESPACIO EN EL TIEMPO

Se ha señalado en muchas ocasiones que la historia geológica puede ser de gran importancia para la composición de los sistemas biológicos y la dirección evolutiva en una isla (Eliasson 1995). Las islas Canarias comienzan a emerger hace unos 20 millones de años (Michel-Thomé 1985), pero estas emersiones han ido sufriendo posteriores cambios debido no sólo a las sucesivas erupciones sino también a los avances y retrocesos de la línea de costa, principalmente durante las fases glaciares y los consecuentes cambios en el nivel del mar, a los efectos erosivos, procesos de emersión y subsidencia y, finalmente, a los procesos volcánico-tectónicos (ITGE 1990, Carracedo *et al.* 1998).

Si pudiéramos observar en una película de alta velocidad la formación del archipiélago desde sus orígenes, observaríamos la aparición de algunas islas, su posterior y progresivo desmantelamiento por erosión y vuelta a reconstruir en edificios de mayor envergadura, al tiempo que irían surgiendo otros nuevos. Veríamos que islas como Tenerife, Fuerteventura o Lanzarote se conformarían por la unión de otras más antiguas: la unión de Teno, Anaga y Adeje, darían lugar a Tenerife, la unión de Jandía, Gran Tarajal y Tetir a Fuerteventura, mientras que la unión de Femés y Famara darían lugar a Lanzarote (Ancochea *et al.* 1990, Barcells *et al.* 1994). También podríamos observar cómo en los periodos glaciares más acentuados el descenso en el nivel del mar provocaría la emersión de la plataforma litoral de Lanzarote y Fuerteventura, uniéndose en una gran y única isla, la denominada isla de Mahan (García-Talavera 1997), o como distintas bajas marinas, que pudieran ser auténticas islas en tales periodos, volvieron a desaparecer bajo las aguas. La Palma y El Hierro surgen en la última fase de esta historia, en los últimos 2 millones de años (Fig. 14.1).

Esta historia tiene gran importancia en cuanto a la evolución y el evento colonizador porque: (1) las islas más antiguas se convierten en puentes de colonización, (2) las antiguas tierras bajas, hoy rasas sumergidas, ofrecían mayores áreas «blanco» y (3) el hecho archipelágico se convierte en un multiplicador y acelerador del proceso evolutivo, por los mecanismos de especiación alopátrica y/o peripátrica.

Dentro de cada isla los procesos geológicos asociados a

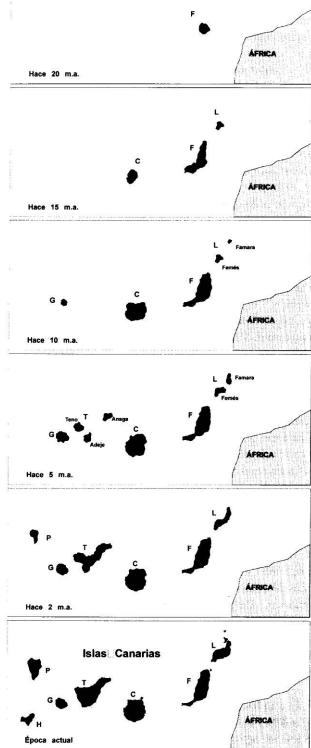


Figura 14.1

Distintos momentos de la formación del archipiélago canario desde su inicio hace algo más de 20 Ma. Elaborado según datos de: Ancochea *et al.* 1990, Barcells *et al.* 1994 y Carracedo *et al.* 1998.

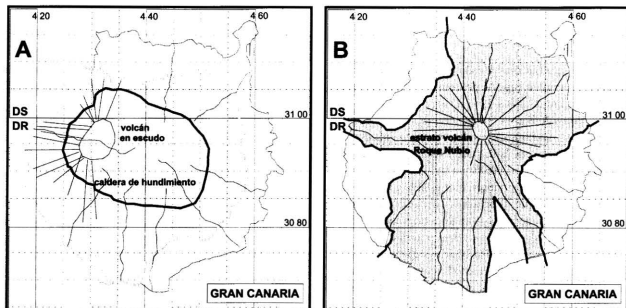


Figura 14.2

A) Como consecuencia del colapso del escudo del primer ciclo volcánico de Gran Canaria y el inicio de la formación de la gran caldera de Tejeda tuvo lugar, en el Mioceno, hace unos 14 Ma, la emisión de un gran volumen de materiales (composite-flow), que afectó prácticamente a toda la isla entonces emergente. B) En el Plioceno, hace unos 3-3,5 Ma, la isla quedó en buena parte devastada como consecuencia del colapso del estrato volcán Roque Nublo y la emisión de enormes volúmenes de brechas volcánicas, tanto por el efecto directo de las avalanchas como por el depósito de cenizas de la nube ardiente.

colapsos, avalanchas de deslizamientos, coladas de cierta envergadura o los brazos de jable que atraviesan laderas o islas constituyen para muchas especies auténticas barreras locales, las cuales provocarían reajustes más o menos drásticos en la biota, que llevarían con toda probabilidad a muchas extinciones o en otros casos a la especiación por alopatría. Un caso peculiar lo constituye la península que Jandía en Fuerteventura, separada del resto de la isla por el jable de La Pared, cuya barrera arenosa hace que Jandía sea una auténtica isla para muchas especies de la microfauna como en los escarabajos *Nesarpalus solitarius*, *Cymindis moralesi* y *Philorhizus notatus* (Machado 1992), y algo similar debía ocurrir con La Isleta en Gran Canaria, separada entonces del resto de la isla por los arenales de la playa de Las Canteras, pero actualmente ocupada por la ciudad. Cualquiera de los eventos comentados origina territorio nuevo y marginal, que ofrece nuevas oportunidades colonizadoras.

Se han descrito grandes avalanchas para varias islas, producidas por colapso gravitacional en las laderas del edificio insular. Son notorias las de Las Playas y El Golfo en El Hierro, la de Cumbre Nueva-Caldera de Taburiente, en La Palma y las de Las Cañadas del Teide, Valle de Gúimyar y La Orotava en Tenerife (Carracedo *et al.* 1998). Estos colapsos suelen venir asociados a emisiones volcánicas altamente explosivas y en muchos casos al desmantelamiento de estrato-volca-

nes. En Canarias el único estrato volcán que aún persiste es el Teide, pero el edificio de Las Cañadas corresponde a otro anterior.

En Gran Canaria cabe mencionar dos episodios que pudieron tener graves consecuencias para la biota insular; por una parte, las emisiones traqui-riolíticas, que involucran el hundimiento y formación de la gran caldera de Tejeda, hace unos 14 millones de años, y por otra, la formación Roque Nublo que a partir de su fase madura implica el colapso del estrato-volcán y las emisiones de la brecha Roque Nublo, hace unos 3-3,5 millones de años (ITGE 1990, Pérez-Torrado 1997) (Fig. 14.2). Tales eventos pudieron ocasionar el colapso de la mayor parte de la diversidad biológica existente en la isla. Hemos estimado que si eventos con efectos similares ocurrieran hoy, provocarían, respectivamente, la extinción del 80 y 50 % de las especies de la flora insular, con la pérdida de 74 y 44 especies endémicas exclusivas, en cada caso. Pero habría que tener en cuenta además, que tales eventos van asociados a grandes volúmenes de emisiones aéreas, cuyos efectos alcanzan áreas mucho más extensas. Una isla como Gran Canaria ha debido ser recolonizada casi de nuevo al menos en dos momentos de su historia, momentos que en este sentido estuvieron precedidas de grandes extinciones. Evidencia de tales extinciones se podrían obtener mediante el estudio pormenorizado de los fósiles sepultados bajo ambos eventos (Schmincke 1968, García-Talavera 1995).

LA FORMA EN EL ESPACIO

Biogeografía insular

Los aspectos de distribución y afinidades entre islas se interrelacionan estrechamente con los procesos evolutivos, condicionándolos y/o limitándolos. Uno de los principales objetivos de los estudios de islas es el establecer posibles relaciones entre la biota y su distribución insular, haciendo énfasis en la cantidad y distribución de la misma. Trabajos clásicos como los de MacArthur y Wilson (1967) con su hipótesis del equilibrio dinámico y otros posteriores, han establecido las bases teóricas de las pautas que determinan estas relaciones. Estas pautas vienen condicionadas por variables tales como el área, la distancia, la diversidad ecológica insular (relacionada con la altitud), la latitud, etc. La idea básica es que cada isla en función de tales variables alcanza en el tiempo una situación de equilibrio dinámico en que la tasa de inmigración y la de extinción se igualan, de forma que cada isla presenta un nivel determinado de riqueza o carga biótica.

Nicolás *et al.* (1989) establecen que los principales facto-

res que determinan las afinidades florísticas interinsulares en Macaronesia son la latitud, la distancia al continente y la altitud. Estos autores encuentran que las variaciones latitudinales vienen afectadas tanto por la temperatura como por la precipitación. A esto podemos añadir, como se verá en el capítulo siguiente, la relación existente entre la latitud y la flora suministradora continental.

Por otro lado, existen otras variables como la edad, los eventos geológicos o los propios procesos de especiación o radiación de las especies, etc., que hacen que los niveles de equilibrio entre inmigración y extinción no se ajusten a lo esperado según los modelos. Fernández-Palacios y Andersson (1993) ponen de manifiesto que en Canarias, algunos grupos estudiados como el de árboles y arbustos o el de escarabajos Tenebriónidos, presentan desviaciones con valores inferiores al número de especies esperadas. Esto lo interpretan debido a la baja capacidad de dispersión de estos grupos. Sergel y Báez (1990) también encuentran desviaciones a los valores esperados en algunos grupos de insectos, pero en este caso encuentran valores más altos, lo cual consideran debido a los eventos de especiación insular que distorsionan los valores de inmigración. En las tablas 14.1 y 14.2 se recogen los datos de ri-

Tabla 14.1

Flora vascular de las distintas islas del archipiélago canario y relación especie / área para los distintos niveles de endemidad, en valores acumulativos. Símbolos: Área (km²), Altitud (m), Relación altitud / área, Endemismos insulares, canarios, macaronésicos de la flora vascular.

Isla	Área	Altitud	Alt./Área	Endemismos en la flora vascular							
				ins.	sp/km ²	can.	sp/km ²	Mac.	sp/km ²	total	sp/km ²
El Hierro	287	1.501	5,23	14	0,05	109	0,38	148	0,52	558	1,94
La Palma	706	2.423	3,43	39	0,06	160	0,23	208	0,29	774	1,10
La Gomera	373	1.484	3,98	42	0,11	168	0,45	212	0,57	797	2,14
Tenerife	2.036	3.718	1,83	122	0,06	292	0,14	342	0,17	1.329	0,65
Gran Canaria	1.532	1.949	1,27	81	0,05	205	0,13	252	0,16	1.219	0,80
Fuerteventura	1.662	807	0,49	12	0,01	72	0,04	97	0,06	621	0,37
Lanzarote	862	671	0,78	14	0,02	66	0,08	84	0,10	603	0,70

Tabla 14.2

Carábidos de las distintas islas del archipiélago canario y relación especie / área para los distintos niveles de endemidad. Nótese los altos valores en La Gomera y en El Hierro, los cuales concuerdan con la relación altitud / área. La Palma por el contrario ofrece valores algo más bajos. Simbología igual que en Tabla 14.1. Fuente: Machado (1992) y elaboración propia.

Isla	Área	Altitud	Alt./Área	Endemismos				Carábidos	
				ins.	sp/km ²	can.	sp/km ²	total	sp/km ²
El Hierro	287	1.501	5,23	6	0,021	16	0,06	28	0,10
La Palma	706	2.423	3,43	11	0,016	19	0,03	35	0,05
La Gomera	373	1.484	3,98	22	0,059	37	0,10	57	0,15
Tenerife	2.036	3.718	1,83	53	0,026	65	0,03	106	0,05
Gran Canaria	1.532	1.949	1,27	21	0,014	34	0,02	84	0,05
Fuerteventura	1.662	807	0,49	5	0,003	18	0,01	56	0,03
Lanzarote	862	671	0,78	5	0,006	16	0,02	50	0,06

queza para la flora vascular y para escarabajos Carábidos, donde queda de manifiesto como, en la relación especie/área, las islas que mayores valores presentan son las pequeñas y más jóvenes. Obsérvese sin embargo, la concordancia de este valor con la relación altura/superficie. La Gomera constituye una excepción. Resultados similares parecen obtenerse al relacionar la diversidad genérica en tenebriónidos frente a la precipitación media anual o al tamaño de las distintas islas (Fernández-Palacios y de los Santos 1996).

Dependencia del entorno

La biota de una isla o un archipiélago depende principalmente del continente próximo o de las islas más cercanas. Fuerteventura y Lanzarote habrían recibido su material del enclave africano, constituyendo los primeros grandes receptores de propágulos desde el continente. En principio esta primera arribada tendría lugar a través de los viejos macizos (o viejas islas), especialmente de Betancuria-Jandía, pero también Femés y Famara (Fig. 14.1). Estas islas se convierten así en las vías de entrada hacia otras como Gran Canaria o La Gomera. Las islas más recientes como La Palma y El Hierro habrían recibido mayor aporte de propágulos desde La Gomera o Tenerife. Esto daría lugar a una alta afinidad interinsular, en función de las distancias (Fernández-Palacios y Andersson 1993, 2000, La Roche y Rodríguez-Piñero 1994, Wells y Lindacher 1994). Este efecto colonizador donde las islas hacen de pilares del puente de dispersión resulta de gran importancia en archipiélagos. En dicho proceso, las bajas o territorios insulares actualmente sumergidos, como los del norte de Lanzarote y sobre todo los del noreste de Madeira, pudieron ser de considerable importancia especialmente durante las fases glaciares. A través de este antiguo puente pudieron llegar grupos como el de *Saxifraga* hasta Madeira, o el de *Silene* e *Hymenophyllum*, hasta Canarias (Sunding 1979, Clement *et al.* 1997, Vargas *et al.* 1999) grupos que parecen estar relacionados con la biota templada europea y no con la mediterránea africana.

Aproximación corológica

Existen una serie de pautas a nivel de género en la flora vascular que marcan evidentes diferencias en su distribución corológica y probablemente en sus relaciones filogenéticas y biogeográficas. Esto tiene que ver en cierta medida con la característica de biotas disarmonicas y con los eventos estocásticos de colonización y que han llevado a considerar la biota macaronésica, y en concreto la canaria, como un auténtico mosaico biogeográfico. Es notable la concentración de ciertos grupos de radiación hacia las islas de La Gomera y Tenerife como por ejemplo los casos de *Aeonium*, *Dichrananthus*, *Gonospermum*, *Greenovia*, *Monanthes* y *Sideritis*. Por el contrario, en Gran Canaria aunque de forma más modesta se decantan géneros como *Isoplexis*, *Globularia*, la alianza *Dendrosconchus* (con dos géneros endémicos de la isla, *Sventenia* y *Babcockia*), o *Tanacetum*, mientras que hacia las islas orientales se decantan géneros como *Asteriscus*, *Minuartia*, *Helichrysum*, y en cierta medida, *Helianthemum* (Marrero 1992 a).

Por otra parte, las disyunciones a gran escala o a nivel local resultan, asimismo, de gran importancia biogeográfica. Las grandes disyunciones implican, en muchos casos, relaciones arcaicas y una biota relictica (Meusel 1965, Bramwell 1976, Sunding 1979). En plantas vasculares son notables los casos de *Apollonia*, *Picconia*, *Sideroxylon*, *Visnea*, *Draacaena*, *Canarina*, *Campylanthus*, *Cneorum*, *Adiantum reniforme*, etc. Igualmente en microfauna Báez (1984) comenta casos similares en dermápteros: *Guanchia*, dípteros-sicóidos: *Nemopalpus*, isópteros: *Bifiditermes*, o arácnidos-opiliones: *Parascleropilio*, y finalmente Machado (1992), en carábidos: *Crasodactylus punctatus*, o en otros grupos como *Culex arbexii* (díptero). Pero, en nuestro caso, tal vez resulten más interesantes las disyunciones locales tanto inter como intrainsulares. Especialmente éstas últimas ayudan a entender los procesos evolutivos y la interpretación de las filogenias de los grupos implicados. Ejemplos en la flora vascular se pueden encontrar en especies como *Lavatera* (*Navaea*) *phoenicea*, *Lavandula buchii* o *Salvia broussonetii*, en las protoislas de Teno y Anaga, en la isla de Tenerife, donde merece destacar la distribución

Tabla 14.3

Relación de algunos taxones significativos con distribución disjunta entre distintas proto-islas. a) Proto-islas occidentales: La Gomera, Adeje, Teno y Anaga. b) Proto-islas orientales: Jandía, Cardones, Femés y Famara. (1) también en la zona de Betancuria; (2) en Corralejo-Lobos y en el entorno de Famara; (3) también en Alegranza.

a) Taxones	La Gomera	Adeje	Teno	Anaga
<i>Convolvulus volubilis</i>	X	X		X
<i>Polycarpha carnosae</i>	X		X	X
<i>Teline pallida</i>	X		X	X
<i>Luzula canariensis</i>	X			X
<i>Bystropogon odoratissimum</i>		X	X	X
<i>Aeonium cuneatum</i>			X	X
<i>Greenovia dodderalis</i>			X	X
<i>Lavandula buchii</i>			X	X
<i>Navaea phoenicea</i>			X	X
<i>Salvia broussonetii</i>			X	X

b) Taxones	Jandía	Cardones	Femés	Famara
<i>Crepis canariensis</i> ¹	X	X	X	X
<i>Ononis hebecarpa</i> ²	X	X	X	X
<i>Senecio bollei</i>	X	X		X
<i>Bupleurum handiense</i>	X			X
<i>Ferula lancerottense</i>	X			X
<i>Limonium bourgeauii</i>	X			X
<i>Minuartia platyphylla</i> ¹	X			X
<i>Reichardia famarae</i> ³	X			X

de *Bystropogon odoratissimum*, que aparece en las tres protoislas de Adeje, Teno y Anaga (Hernández y García 1998). Un caso similar en Lanzarote es el de *Crepis canariensis* que aparece en las protoislas de Famara y Femés, además de su presencia en Jandía-Cardones-Betancuria (Tabla 14.3). Por otro lado, en Carábidos y a nivel de especie, se han descrito disyunciones Teno-Anaga en diversos taxones como por ejemplo *Trechus felix-T. antonii*, *Wolltineria tenerifae-W. anagae*, etc. (Machado 1992).

Clinas

Otro aspecto que merece señalarse es el de la diferenciación local con la formación de clinas ecogeográficas más o menos observables o crípticas. Para Canarias se han descrito algunos casos bastante llamativos. Desde el punto de vista morfológico son conocidos los casos de ciertas especies de la flora vascular relacionados con las vertientes norte-sur de las islas o con la cota, como por ejemplo en el género *Micromeria* en Canarias (*M. varia* en Gran Canaria, *M. herphyllomorpha* en La Palma, *M. hyssopifolia* en Tenerife, o *M. lepida* en La Gomera), *Chamaecytisus* en algunas islas, o *Argyranthemum adauctum* en Gran Canaria. Para *Sideritis dendro-chahorra* de Anaga en Tenerife se ha descrito una clina cariológica que va desde las laderas bajas del sur hasta las del norte, con la serie continua de $2n = 38,39,40,41$ y 42 (Marrero 1986, 1992 b).

En el caso de los reptiles canarios es notoria la diferenciación ecogeográfica norte-sur de los lagartos de Gran Canaria y Tenerife (*Gallotia stehlinii* y *G. galloti* respectivamente), de las lisas de dichas islas (*Chalcides sexlineatus* y *C. viridanus*, respectivamente), que constituyen un notable caso de variación paralela en ambas islas en función del gradiente climático, o del perenquén (*Tarentola delalandii*) en Tenerife (Brown *et al.* 1993). En general se ha puesto en evidencia que las variaciones clinales para los distintos caracteres pueden resultar independien-

tes entre sí, frente a los factores ambientales o con respecto a las filogenias moleculares, como se ha visto por ejemplo en el lagarto de las islas occidentales, *Gallotia galloti* (Thorpe 1996, Thorpe y Malhorta 1998).

Por su parte, en el género *Hegeter* (tenebriónido) en Tenerife, se ha encontrado que las distintas especies presentan tendencias adaptativas tanto frente a la altitud como al tipo de suelo en que habitan (Fernández-Palacios y de los Santos, 1996), estableciéndose una clina adaptativa desde las zonas bajas con clima árido y sustratos duros, hasta las zonas altas con mayores oscilaciones climáticas y un sustrato no consolidado.

A nivel de diversidad isoenzimática *Avena canariensis*, de Lanzarote y Fuerteventura, muestra un patrón clinal edafoecogeográfico, donde determinadas formas alozímicas vienen asociadas a diferentes microhábitats (Morikawa y Leggett 1990). Sin embargo, éste parece ser un modelo bastante raro en islas, donde normalmente los patrones de variación de isoenzimas en las poblaciones de las plantas vasculares tienden hacia un modelo de distribución en mosaico (Francisco-Ortega *et al.* 2000). Algo parecido ocurre también en la lisa (*Chalcides viridanus*) de Tenerife, donde en caracteres de tamaño del cuerpo o en patrones de escamado, mostraron tendencias de distribución tanto en mosaico como clinales (Brown *et al.* 1993).

Todos estos aspectos comentados de la forma y su relación con el espacio, constituyen la expresión actual de procesos evolutivos. Las características intrínsecas de la forma en cada una de sus manifestaciones, su capacidad colonizadora, plasticidad ecológica y genética, etc., junto a los propios avatares del espacio, determinan o condicionan la historia de la forma en el tiempo (capítulo siguiente).



Foto: Diego L. Sánchez

Lagarto Gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi machadoi*)

Capítulo 15

EVOLUCIÓN EN ISLAS: LA FORMA EN EL TIEMPO



En general se acepta que la selección y la deriva genética pueden constituir los procesos principales de la evolución y especiación, pero no son los únicos. En cualquier caso, tales procesos actúan sobre la diversidad genética existente. Ésta surge como consecuencia de los cambios o mutaciones tanto a nivel de bases del ADN, como a nivel cromosómico o genómico. Las mutaciones que afectan a los sistemas poligénicos o coadaptados, sistemas reguladores del material genético (represores, desrepresores, promotores, inductores, etc.), genes saltadores (transposones), etc. pueden ser decisivas en la aparición de formas alternativas nuevas. La migración o intercambio de material genético entre las poblaciones, a través de la hibridación y la recombinación, favorecen la introgresión y la aparición de otras formas alternativas.

Recientemente se vienen prestando especial atención a los genes codificadores de los factores de la transcripción, que juegan un importante papel en la morfogénesis de animales, hongos y plantas, tanto en criptógamas como en las plantas vasculares. Estos genes actúan de forma coordinada o en cascada, siendo activados por señales ambientales o internas y presentan un amplio efecto. Entre éstos y dentro de los genes homeóticos tienen especial importancia la familia de los genes MADS, que a través de su evolución, principalmente mediante duplicaciones, han podido jugar un papel significativo en la evolución de los caracteres morfológicos de las plantas (Hasebe y Banks 1997). Desde hace algún tiempo se viene postulando que si las diferencias entre dos especies no radican en la secuencia de las proteínas codificadas, quizá se deban a diferencias en las secuencias reguladoras no traducibles, donde el efecto de posición puede ser determinante (Ferrús 1998).

Cualquier tratamiento o enfoque actual sobre el proceso evolutivo ha de tener en cuenta todos estos supuestos, porque de una forma u otra constituyen los factores intrínsecos de la especiación. La selección o la deriva estarían entre los principales factores extrínsecos. Las diferentes y complejas interacciones entre unos factores y otros determinarán los avatares o cambios de la forma en el tiempo. Además, para la evolución en islas se han de tener en cuenta tanto los cambios en la biota suministradora como en la biota colonizadora.

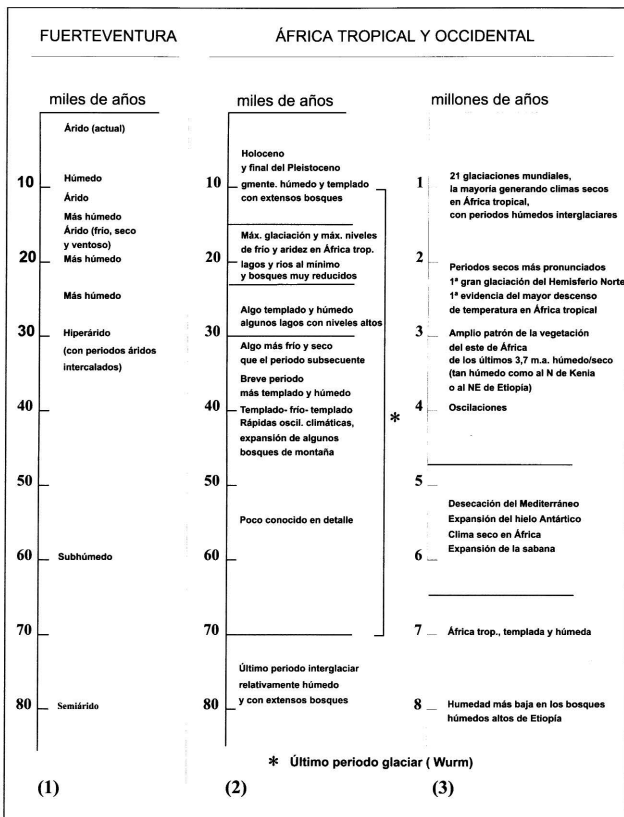
Cambios en la biota suministradora

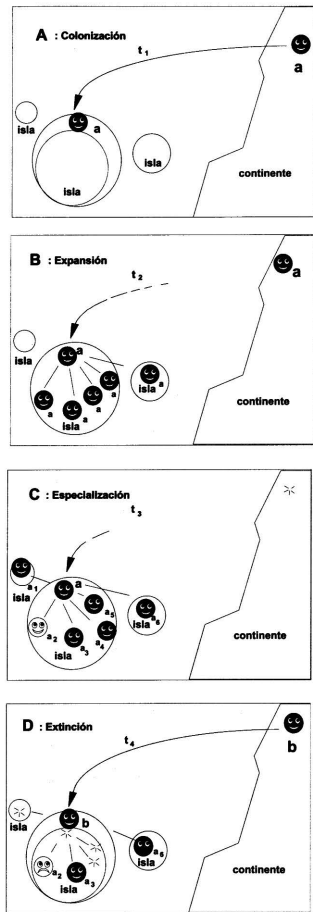
Desde el origen de las primeras Islas Canarias hasta la actualidad (es decir, el periodo que abarca los últimos 20 millones de años), las condiciones climáticas y por tanto, la vegetación y el conjunto de la biota, han variado considerablemente en todo el Planeta y particularmente en África (Quézel y Barbero 1993), de forma que las especies o acervos que llegan al archipiélago en fases sucesivas resultan diferentes. Estas diferencias pueden ser tan marcadas como las que separan a la biota tropical boscosa de finales del Terciario, por ejemplo, de la biota desértica sahariana actual. Este proceso se acentúa especialmente hacia el último millón de años, con el inicio de las fases glaciares. Las oscilaciones térmicas y pluviométricas ocasionan drásticos flujos y reflujos en la biota del Sahara, cuya consecuencia resulta en una biota suministradora tremendamente depauperada (Tabla 15.1). Pero esta perturbada historia es al mismo tiempo la responsable de la alta y compleja diversidad existente en Canarias, que a grandes rasgos, aparece ordenada según los requerimientos ecológicos y que a nivel de flora se manifiesta en pisos de vegetación. Dado el fuerte gradiente climático latitudinal, manifiesto en las distintas fases paleohistóricas en África, resulta evidente que la posición latitudinal de un archipiélago frente al continente africano, también determina el material o biota que recibe.

Desde otro punto de vista, también queda evidencia del cambio en las biotas suministradoras en ciertos casos de doble o múltiple colonización, la cual se puede reconocer desde las filogenias moleculares o desde los estudios de caracteres morfológicos. Un ejemplo notable en Canarias, puesto en evidencia por el análisis filogenético molecular, es el del complejo *Lavatera-Malva*, donde las dos especies endémicas, *Lavatera* (*Navaea*) *phoenicea* y *Lavatera acerifolia* aparecen como basal y derivada, respectivamente, lo cual implica al menos una doble colonización en el tiempo (Ray 1995). Otro ejemplo sería el de *Sonchus bourgeauii* que queda fuera de la alianza *Dendrosonchus*, lo cual rompe el carácter monofilético del género en Canarias (Kim *et al.* 1996), o el de la alianza *Asteriscus* (Asteraceae), que parece mostrar dos introducciones independientes, una con *Nauplius schultzii* y otra con los cinco taxones endémicos restantes de Canarias y Cabo Verde (Francisco-Ortega *et al.* 1999 b).

Tabla 15.1

Historia paleoclimática del Pleistoceno superior y del Holoceno en Fuerteventura y en África tropical, y en los últimos 8 millones de años en África tropical. (1) según Rognon y Coudé (1987) y Rognon et al. (1989). (2) Según Rognon y Coudé (1987) y Kingdon (1990). (3) Según Kingdon (1990).



**Figura 15.1**

Esquema del ciclo del taxón según Wilson (1961). A. Colonización. Un taxón coloniza una isla en un momento determinado (tiempo t_1), a través de áreas marginales, donde la competencia es menor o se han producido perturbaciones. Esto viene favorecido durante la historia geológica de las islas por las distintas emisiones volcánicas, pero cualquier otra alteración del medio podría ofrecer el mismo efecto. B. Expansión. Una vez conseguida la colonización, el taxón va ocupando todas las zonas posibles favorecido por su amplia valencia ecológica o por subsiguientes perturbaciones. C. Especialización. El taxón se va integrando en los distintos ecosistemas insulares al tiempo que se produce una paulatina especialización. En esta fase puede alcanzar una amplia radiación, pero la especiación requiere en la mayoría de los casos de la existencia de barreras. En esta fase las barreras ecológicas bien establecidas y la existencia de islas más o menos próximas son determinantes. D. Extinción. La excesiva especialización le lleva a una reducción de su tamaño de poblaciones, reducción de su valencia ecológica, de su plasticidad genética, etc. Esta situación conduce en muchos casos a la extinción de distintos taxones diferenciados. En cualquier momento del ciclo puede ocurrir que a través de nuevos espacios marginales o bordes, otro taxón (b) inicie un nuevo ciclo.

Desde el estudio de los caracteres morfológicos los dragos parecen mostrar un caso particular, donde las dos especies presentes en Macaronesia, *Dracena draco* y *D. tamaranae* (esta segunda especie exclusiva de Gran Canaria), presentan afinidades con *D. cinnabari* de Socotora, la primera, y con las especies del entorno del mar Rojo, la segunda (Marrero *et al.* 1998). Otro caso se ha descrito para la mariposa *Maniola* (Lepidóptero), con una colonización antigua en Gran Canaria y La Gomera y otra más reciente pero independiente en las restantes islas occidentales de Canarias. De igual forma los pinzones presentes en Canarias parecen indicar una doble colonización, la del pinzón azul (*Fringilla teidea*), más antiguo, con una subespecie en Gran Canaria y otra en Tenerife, y la del pinzón vulgar (*F. coelebs*), con tres subespecies en distintas islas (Martín *et al.* 1984).

Cambios en la biota colonizadora

Los eventos colonizadores en islas oceánicas son extremadamente ocasionales en el tiempo y están bastante ligados a las estrategias de dispersión a larga distancia. El filtro impuesto por esta distancia, unido a la capacidad de asentamiento de la biota colonizadora, da lugar a que a las islas sólo lleguen muestras segadas que conforman biotas ecológicamente disarmonías. Superada la barrera el nuevo taxón se va a encontrar en un ambiente libre, en un ambiente más o menos organizado o en una fase sucesional intermedia determinada. En las fases iniciales de la sucesión el nuevo taxón dispondrá de espacio pero habrá de hacer frente al estrés, mientras que en fases avanzadas de la misma tendrá que hacer frente principalmente a la competencia. Parece más probable que las nuevas especies se insalen (como oportunistas), a través de ambientes marginales o perturbados, desde donde irían colonizando otros ambientes. Así fué postulado en 1961 por Wilson en el mecanismo

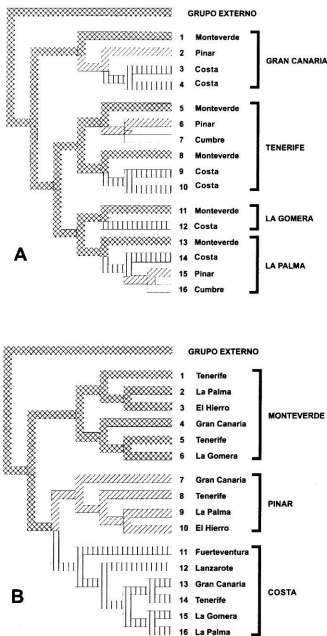


Figura 15.2

Ejemplos hipotéticos de cladogramas que muestran la especiación: A) según el mecanismo del ciclo del taxón, y B) según el mecanismo de pulsos del taxón. Adaptado de Vogler y Goldstein (1997).

conocido como «ciclo del taxón», donde se pueden distinguir al menos cuatro fases diferentes: colonización, expansión, especialización y extinción. (Fig. 15.1). En otros casos tiene lugar el proceso conocido como «pulsos del taxón» (Erwint 1981), que implica al menos dos aspectos: cambios

en las especies asociados a cambios acentuados o drásticos de las condiciones ambientales y diversificación asociada a cada ambiente concreto. Se ha postulado que en líneas generales el ciclo del taxón tiende a formar clados o grupos monofiléticos en áreas geográficas concretas, donde cada clado se reparte por distintos ambientes, mientras que el efecto de pulsos del taxón tiende a formar clados por ambientes ecológicos (Vogler y Goldstein 1997).

Aunque el mecanismo de pulsos de taxón ha sido definido para grandes áreas continentales, donde los clados vienen asociados a cambios ambientales latitudinales, la idea resulta sugerente para cierto tipo de especiación en islas y que se ha venido considerando como «especiación horizontal» (Francisco-Ortega *et al.* 1997). Así se podría interpretar que el ciclo del taxón daría lugar a clados o grupos monofiléticos por islas, mientras que el mecanismo de pulsos del taxón daría lugar a clados por ambientes o pisos de vegetación (Fig. 15.2).

Los ciclos de avances y retrocesos del nivel del mar donde la franja litoral sufre desplazamientos reiterados, los cambios climáticos sufridos en las sucesivas fases glaciares o los eventos volcánicos, pueden provocar tensiones y distensiones en la biota de un ambiente concreto dando lugar a procesos de diversificación intrainisular. Por otra parte, junto a las emisiones volcánicas, las perturbaciones que tienen lugar en las zonas montañas boscosas de las islas por avalanchas o por la dinámica propia del bosque, con la formación de claros o huecos (*gaps*), pueden propiciar o favorecer la colonización de especies que ocupan ambientes semejantes y que luego por aislamiento pueden dar lugar a nuevas especies. Este parece ser el caso de ciertas especies del género *Cyanea* (Campanulaceae) en Hawái (Givnish 1998), donde también parece entreverse una fase avanzada del ciclo del taxón. En estos casos también habría que pensar en los procesos asociados a la dinámica de las metapoblaciones.

Los cambios en la biota colonizadora los analizaremos principalmente a través de los procesos de especiación, los procesos filogenéticos y los tiempos de divergencia, incluyendo un apartado final sobre el origen biogeográfico de la biota.

ESPECIACIÓN

La evolución es la historia de la especialización de los linajes que lleva en primera instancia a la especiación. Ésta se puede abordar desde distintas perspectivas y fundamentalmente se viene haciendo bien desde el punto de vista filogenético o bien desde el punto de vista geográfico. Desde la primera aproximación la especiación se puede entender como proceso de anagénesis o de cladogénesis. Desde el punto de vista geográfico, como especiación alopátrica, peripátrica, parapátrica o simpátrica (Fig. 15.3). Otras aproximaciones incluyen la especiación por hibridación, poliploidías, reorga-

nizaciones cromosómicas, selección sexual, interferencias epistáticas, etc. Aproximaciones que por otra parte podrían resultar en mecanismos particulares y/o parciales de los distintos aspectos de la especiación geográfica.

Distintos autores han intentado abordar el tema desde una perspectiva o aproximación genética (Jeanmonod 1984), pero la dificultad de sistematizar los distintos mecanismos conocidos —o que paulatinamente se van descubriendo— y el hecho de que en muchos casos intervienen distintos mecanismos en un mismo proceso, hacen la tarea complicada. Además otros factores no genéticos, como el aislamiento o la existencia de barreras geográficas resultan, en la mayoría de los casos, imprescindibles para que se produzca el aislamiento reproductivo y, por tanto, la especiación.

Anagénesis - Cladogénesis

Cuando un taxón coloniza una isla y tiene éxito, se encuentra sometido a los procesos de evolución subsiguientes al efecto fundador. Como resultado se puede obtener un taxón único, más o menos diferenciado de su ancestro, o un grupo de radiación. En el primer caso se tiene la especiación anagénica (en el sentido de Stuessy *et al.* 1990) y generalmente viene asociada a especies taxonómicamente aisladas y en el caso de Canarias suelen aparecer como basales en las filogenias respectivas. Ejemplo de esto sería el de *Lavatera* (*Navaea*) *phoenicea* que aparece como basal para todo el grupo *Lavatera-Malva*, ofreciendo un caso de linaje no radiado (Ray 1995). De forma similar ocurre con *Plocama* (Rubiáceas) la cual es basal a la subtribu Rubioideae y, aunque pendiente de estudios más completos, ocurre en *Cedronella* (Labiadas), que aparece como basal en la tribu Nepeteae (Bremer 1996, Wagstaff *et al.* 1995). Evidentemente otros ejemplos de la flora o fauna, no radiados, podrían formar parte de este grupo. Pero en cualquier caso existe la dificultad de cómo saber que dichas especies nunca tuvieron un taxón o taxones hermanos, actualmente extintos.

En el segundo caso, cuando se producen divergencias o radiaciones se obtiene como resultado un clado o clad. En tal circunstancia se incluyen buena parte de los grupos insulares. Como ejemplos se podrían tomar tanto los casos de divergencia simple como los de radiaciones espectaculares. Son bastante significativos, dentro de la flora vascular, los ejemplos de la alianza *Aeonium* (Crassulaceae), *Argyranthemum*, alianza *Dendrosconchus* (Asteraceae), *Echium* (Boraginaceae) y *Micromeria* (Lamiaceae), (Marrero 1992 a, Francisco-Ortega *et al.* 1996 y capítulo 21). En estos ejemplos han jugado un papel importante los mecanismos de radiación por especialización o adaptación. En otros casos como en *Limonium* (Plumbagináceas), grupo de *Sonchus radicans*, *Cheirolophus* (Asteráceas), *Crambe* (Brassicáceas), etc., probablemente ha jugado un papel preponderante la deriva genética, tanto por el efecto fundador como por reducción drástica de las poblaciones dentro de cada isla (Marrero 1992 a, Francisco-Ortega *et al.*

1999 a). En *Pararge xiphioides* (lepidóptero) se sugiere que las variaciones fenotípicas entre las distintas islas podrían ser debidas a procesos de deriva, asociados a la colonización, sin descartar otros mecanismos dentro de las islas, y en *Bombus canariensis* (himenóptero) se ha interpretado un proceso de especiación similar. De forma general se puede suponer, dado la importancia del efecto fundador y la especiación peripátrica en islas (ver más abajo), que buena parte de la biota colonizadora sufre en sus primeros momentos el efecto de la deriva (Barton 1998).

Especiación geográfica

Alopátrica: de forma generalizada se viene asumiendo que el principal mecanismo de especiación insular es el alopátrico (Grant 1998) (Fig. 15.3). Este mecanismo, en su sentido estricto, implica la división de una población amplia por alguna barrera geográfica, donde las subpoblaciones que surgen no se encuentran condicionadas por los efectos estocásticos de deriva. En este sentido algunos autores han postulado que tal disgregación no conduce necesariamente a la especiación (Crawford y Stuessy 1997), o en todo caso ésta es muy lenta.

Peripátrica: Un caso particular del mecanismo anterior, en su sentido amplio, es la especiación peripátrica propuesta por Mayr en 1982 (ver Grant 1998). Ésta se da cuando una población limitada queda desligada con respecto al conjunto de la especie, por el efecto fundador o por el paso por un cuello de botella (por segregación marginal o por reducción drástica de la población original). Este mecanismo particular es el que realmente marca la especiación insular alopátrica, donde de una forma u otra tiene importancia la deriva genética. Se han propuesto diversos mecanismos para explicar el efecto fundador, entre los que cabe destacar el conocido como «revolución genética» propuesto por Mayr en 1954 y que implica una rápida y drástica reorganización del material genético, pero igualmente se han planteado otras alternativas como la llamada «euforia fundadora» de Carson, o la «transiliencia genética» o paso por un vano adaptativo de Templeton (Carson y Templeton 1984). Tales mecanismos están relacionados entre sí pero presentan interesantes matizaciones, implicando los dos últimos la existencia de endogamia efectiva y cierto polimorfismo para genes coadaptados que, mediante reorganizaciones génicas y efectos epistáticos o pleiotrópicos, pueden llevar también a la especiación desde el efecto fundador. Estos eventos, asociados estrechamente al hecho de la insularidad, a la historia geológica de cada isla o al estado crítico de muchas poblaciones, subyacen en los resultados de la mayoría de los trabajos de filogenia y evolución en islas. Buenos ejemplos quedan reflejados en las filogenias moleculares de *Argyranthemum*, *Crambe*, *Sonchus* y *Aeonium* (Kim *et al.* 1996, Mes *et al.* 1996, Francisco-Ortega *et al.*, 1997, 1999 a), donde queda en evidencia la existencia de múltiples colonizaciones entre islas. Casos similares podrían encontrarse en la herpetofauna, en *Gallotia* y *Tarentola* (González *et al.* 1996, Nogales

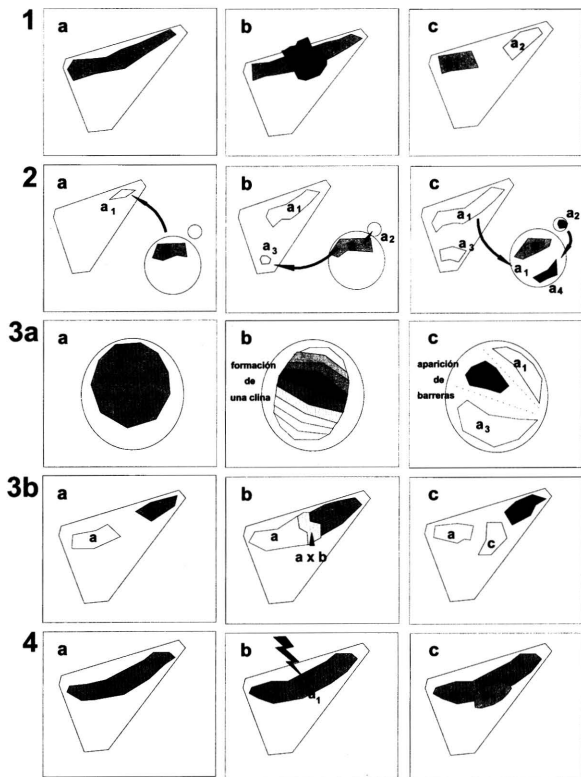


Figura 15.3

Especiación geográfica. 1) Alopátrica, en poblaciones segregadas pero suficientemente grandes y diversas, algunos autores consideran que es poco probable que por sí mismo este mecanismo lleve a la especiación. 2) Peripátrica, asociada al efecto fundador o a la reducción drástica de las poblaciones, se considera el mecanismo fundamental de especiación en islas. 3) Parapátrica, a- desde una clinea preestablecida, b- en zonas de contacto e hibridación de especies en principio alopátricas. 4) Simpátrica, causado por mutaciones drásticas, generalmente a nivel de reorganizaciones cromosómicas, que causan el aislamiento reproductivo casi inmediato.

et al. 1998), o en menor medida en la microfauna como en *Pimelia* y *Hegeter* (tenebriónidos), *Gonepteryx*, *Maniola* y *Pararge* (lepidópteros), *Drosophila* (díptero), además de otros casos de insectos, moluscos, etc. (Juan *et al.* 1995, 1996, Pinto *et al.* 1997, etc.).

Parapátrica: La especiación parapátrica resulta como consecuencia del aislamiento de poblaciones desde una clina pre-establecida, principalmente como consecuencia de un gradiente ecológico. Tiene lugar dentro de cada isla y viene relacionado con fases intermedias del ciclo del taxón. Este podría ser el caso de *Argyranthemum* en Gran Canaria, así como aquellos casos de clados intrainsulares como en *Pimelia* o *Hegeter* (Francisco-Ortega *et al.* 1997, Juan *et al.* 1995, 1996). Este tipo de especiación se puede reconocer de forma incipiente en ciertos casos como en *Avena canariensis*, donde se ha encontrado cierta concordancia entre variaciones morfológicas, aloenzimáticas y translocaciones cromosómicas, con diferentes microhábitats (Morikawa y Legeet 1990). Igualmente podría interpretarse como especiación parapátrica cuando dos especies alopátricas llegan a solapar en sus bordes de distribución, dando lugar a una población híbrida que ocasionalmente podría culminar en un nuevo taxón. Este último proceso, aunque teóricamente posible, resulta difícil de comprobar y prácticamente no se conocen casos concretos para la biota insular. No obstante, se han descrito al menos dos especies de la flora vascular canaria como casos de origen híbrido: *Argyranthemum sundingii* y *A. escarrei*.

Simpátrica: Finalmente, podría tener lugar la especiación simpátrica cuando en el seno de una población, por algún evento o mutación particular, aparecieran mutantes viables pero con una barrera reproductiva eficaz. Aunque este tema ha sido bastante discutido y controvertido los casos concretos no resultan obvios. Sin embargo, distintos ejemplos de poliploidía en Canarias podrían haber surgido por este proceso, como en *Asparagus* (*A. nesiotus* y *A. pastorianus*), *Lotus* o *Dactylis* (Marrero 1992 a), aunque en algunos casos se ha relacionado con la ventaja de los poliploides para la colonización de ambientes nuevos. Un caso notable de esta tendencia lo ofrece el género *Asplenium* en Europa, donde las especies poliploides han recolonizado el continente con la retracción de los hielos de la última glaciación, mientras que las diploides permanecen en las áreas refugio (Vogel *et al.* 1999).

Otros tipos de especiación

La especiación por hibridación se ha debatido ampliamente y de hecho se considera que ha jugado un papel importante en el origen de las especies, tanto por introspección o contacto de borde en alopatría, como en simpatria. Al margen de los ejemplos parapátricos vistos anteriormente, en ciertos casos las interpretaciones de las filogenias en base al ADN de cloroplastos de ciertos grupos canarios, sugieren que la hibridación ha podido jugar un papel no despreciable

en la especiación (Francisco-Ortega *et al.* 1996, 1997). Esto también se ha encontrado en Hawai al menos en el caso de la alianza «espadas de plata» (Asteraceae) y en *Cyrtandra* (Gesneriaceae). En otros casos las mutaciones cromosómicas o genómicas, que pudieran dar lugar a la especiación en simpatria, han podido jugar un importante papel en otro tipo de procesos. Merece resaltar en este sentido, por ejemplo, el caso de la posible especiación por fisiones céntricas en el género *Sideritis* en Macaronesia (Marrero 1992 b). En los *Drosophilidos* de Macaronesia la selección sexual parece haber jugado cierto papel en la especiación. Se sabe que la principal barrera entre *Drosophila guanchica* y *D. maderensis* consiste en diferencias en el cortejo sexual, especies que por otra parte no son distinguibles morfológicamente (González *et al.* 1983).

FILOGENIAS

En los últimos años estamos asistiendo a una espectacular avalancha de estudios filogenéticos, especialmente a nivel molecular (ver p.e. Santos 1999). En base a los resultados de estos análisis podemos distinguir dos grupos de taxones en la flora canaria. Un primer grupo vendría formado principalmente por taxones basales, probablemente arquetípicos o relictos de sus parientes continentales y que generalmente vienen representados por géneros endémicos monotípicos o por especies anagenésicas. En un segundo grupo quedarían los taxones o clados manifiestamente derivados en relación a los grupos continentales. Evidentemente, siempre nos podemos encontrar con situaciones sin resolver. En este sentido podemos mencionar los ejemplos de *Argyranthemum* y *Crambe*. En *Argyranthemum* los datos de ADN de cloroplastos (vía materna) permiten considerarlo como basal a la tribu Chrysantheminae que incluye los géneros estrictamente mediterráneos *Chrysanthemum*, *Heteranthesis* e *Ismelia*. Sin embargo, la filogenia que se obtiene a partir del ITS (espaciador intragénico del gen del ARN ribosómico nuclear) da resultados menos clarificadores respecto a su posición en la tribu. Para *Crambe* la filogenia que se obtiene a partir del ITS no es resolutiva en ninguno de los sentidos (Francisco-Ortega *et al.* 1999 a).

Como grupos que hasta el momento se han manifestado netamente derivados cabe destacar, en la flora vascular, la alianza *Dendrosonchus*, la alianza *Bencomia*, el género *Echium* en Macaronesia, *Isoplexis*, y la alianza *Aeonium* (Kim *et al.* 1996, Böhle *et al.* 1996, Francisco-Ortega 1999 a). Todos estos trabajos coinciden en que los grupos hermanos del continente son especies de origen mediterráneo, herbáceas o leñosas en la base.

La característica principal de todas las filogenias moleculares de plantas vasculares es que en ningún caso, excepto para *Argyranthemum* en Madeira, las islas aparecen como unidades monofiléticas. En aquellos casos en que una isla está restringida a un solo clado, ésta aparece como hermana de otras

islas. Por ejemplo, los taxones de *Argyranthemum* de Gran Canaria forman parte de un sólo clado, pero que también incluye especies de Tenerife y La Gomera. Estos resultados apoyan la idea de que al menos para las plantas vasculares la colonización interinsular ha sido una de las rutas principales en la evolución de los grupos canarios, donde por tanto el efecto fundador ha jugado un papel clave. Este patrón se repite en géneros como *Pericallis*, *Crambe* o *Silene* (Francisco-Ortega *et al.* 1999 a), mostrando una mayor incidencia del proceso de pulsos del taxón o "especiación horizontal". La situación para la microfauna es diferente ya que en los casos estudiados hasta el momento, como en *Pimelia*, *Hegeter* o *Gonepteryx* (insectos), las islas tienden a mostrarse como monofiléticas (ver por ejemplo Juan *et al.* 1995, 1996) (Fig. 15.4) ajustándose más al modelo del ciclo del taxón. En este caso podrían estar también otros géneros como *Calathus* (carábido) o *Insulivitrina* y *Hemicycla* (moluscos) que presentan muchas especies exclusivas de una única isla. En lagartos (*Gallotia*) parece seguirse este mismo modelo (González *et al.* 1996).

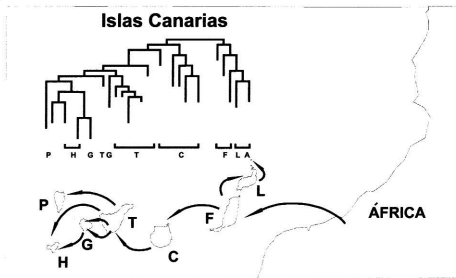


Figura 15.4

Colonización y sentido de la radiación en el género *Hegeter* (Tenebriónidos) en Canarias, adaptado de Juan *et al.* (1996). El árbol filogenético (o cladograma) de los 21 taxones endémicos de Canarias muestra una clara progresión este > oeste, donde destaca la tendencia a la formación de grupos monofiléticos en cada isla.

Todo parece indicar que, al menos para el caso de Canarias, la capacidad de dispersión es mucho mayor en plantas (con mayor incidencia del mecanismo de pulsos del taxón, con formación de clados por ambientes), que en insectos, moluscos y reptiles (donde parece tener mayor énfasis la especiación intrainisular). En todo caso se ha de tener en cuenta que el grado de dispersión y el nivel de especialización va a depender en buena medida de la edad del grupo o clado, o de la fase alcanzada, por ejemplo, en el ciclo del taxón. Por otro lado, ejemplos que se muestran como basales en las filogenias obte-

nidas hasta el momento coinciden en buena medida con los casos vistos en la especiación anagenética: *Plocama*, *Cedrone-lla* y *Navaea*, además del caso comentado en *Argyranthemum*.

TIEMPOS DE DIVERGENCIA

En diversos trabajos recientes se ha venido estimando el tiempo de especiación o de divergencia de los clados en base al cálculo de tasas de mutación o reloj molecular, comparando los datos con la edad de las islas implicadas (Givnish 1998). Aunque los datos aportados se han de tomar con extrema precaución, dado que pueden estar distorsionados por variables o factores no controlados, ofrecen una percepción temporal de los eventos en intervalos bastante probables. Como ya se expuso más arriba, se asume de forma generalizada que la espectacular radiación observada en muchos archipiélagos ocurre de forma muy rápida (Francisco-Ortega *et al.* 1996, 1997, Crawford y Stuessy 1997, Grant 1998). En las islas Hawai se ha estimado que la especiación de ciertas aves con

pérdida de la capacidad de vuelo ha ocurrido en 1,5-1,8 millones de años (Ma), y otras estimaciones en aves han calculado que 50.000 años serían suficientes para la diferenciación a nivel de subespecies y 1 Ma lo serían para la diferenciación de especies (Báez 1992). En la isla de El Hierro, por ejemplo, en un tiempo máximo de sólo 0,8 Ma ha tenido lugar la diferenciación de 14 especies y 4 subespecies de la flora vascular (endemismos exclusivos), y en La Palma, con 2 Ma, 39 especies y 6 subespecies. En *Echium*, en estimaciones del tiempo de divergencia en función de la tasa de mutación o cambio de bases en el ADN, se han obtenido valores entre 0,75 y 3 Ma, en la alianza *Dendrosconchum* entre 2,3 y 4,2 Ma, en *Argyranthemum* entre 0,6 y 3 Ma y en *Crambe*, en datos aún preliminares, se han obtenido valores que se aproximan a los 4 Ma (Böhle *et al.* 1996, Kim *et al.* 1996, Francisco-Ortega *et al.* 1997, 1999 a). Para el «raigrás canario» *Lolium canariense*, derivado de *L. rigidum*, se ha estimado un tiempo de divergencia de apenas 9.000 años, cuando ya *L. rigidum* se propagaba con los asentamientos humanos.

En microfauna se han dado tiempos de divergencia entre 0,6 y 1,0 Ma para *Drosophila guanche* (Ramos-Onsins *et al.* 1998). Para los géneros *Pimelia* y *Hegeter* (tenebriónidos) se han dado valores de divergencia desde su ancestro en Fuerteventura entre 6 y 8 Ma y 8,5 y 9 Ma, respectivamente (Juan *et al.* 1995, 1996). Pero, según estos autores, tales datos resul-

tan algo dudosos porque en algunos casos se obtienen valores superiores a las edades de las islas correspondientes. No obstante, los tiempos de divergencia pueden sugerir la existencia de islas preteritas sumergidas o enmascaradas por edificios más recientes, como parece ser que ha ocurrido en Hawai y en Galápagos, o en otros casos, sugerir que la divergencia se dio en una isla vecina más antigua, donde dicho taxón u otro basal relacionado se haya extinguido. Este podría ser el caso de *Lactucosonchus*, endémico de La Palma, que aparece como basal en la alianza *Dendrosonchus*. Finalmente en lagartos (*Gallotia*) se han obtenido tiempos de divergencia que van desde 0,2-0,3 Ma entre La Palma y Tenerife, hasta 5,6 Ma entre *G. stehlinii* de Gran Canaria y el resto de los taxones (Thorpe *et al.* 1993).

Resultado notable que en la mayoría de los casos estudiados, los tiempos de divergencia apenas se remontan al Plioceno (4-5 Ma). Teniendo en cuenta que la edad del archipiélago llega hasta los 20 Ma, cabe pensar que las extinciones han debido ser muy significativas y probablemente asociadas a ciertos cataclismos geológicos (ver capítulo anterior). Pero también es probable que las fases glaciares del último millón de años, al tiempo que pudieran resultar estimuladoras para una evolución reciente, hayan precedido drásticas para la biota resultando provocando extinciones masivas.

ORIGEN

Otra aportación de las filogenias moleculares hace referencia al origen de la biota, y sus posibles rutas de colonización en las islas. Respecto al origen, sólo se disponen de datos suficientes de la flora vascular, para la cual se ha puesto en evidencia que la mayor parte de los cladogramas canarios tienen un origen mediterráneo y norteafricano (Francisco-Ortega *et al.* 1997, 1999 b). Ejemplos bien conocidos son la alianza *Bencomia*, alianza *Asteriscus*, *Argyranthemum*, *Isoplexis*, alianza *Aeonium* y *Echium*. Recientemente se ha obtenido evidencia del origen africano de los lagartos canarios, relacionados directamente con el género *Psammodromus* (Fu 2000). Como excepción a esta norma cabe mencionar a *Silene*, que en resultados preliminares viene relacionada con la flora templada

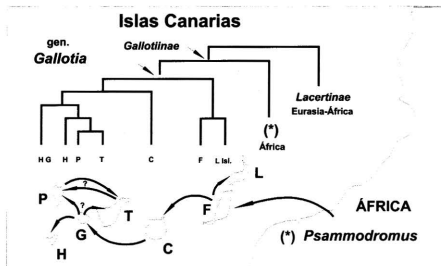


Figura 15.4

Colonización de los lagartos (*Gallotia*) en Canarias. El sentido de la colonización desde los datos filogenéticos de los distintos taxones es marcadamente de este a oeste. Esto se puede relacionar con la edad de las islas, pero también por la proximidad de las mismas al continente donde cada isla hace de puente de colonización hacia la siguiente. Fenograma de los distintos taxones, adaptado de González *et al.* (1996) y Fu (2000).

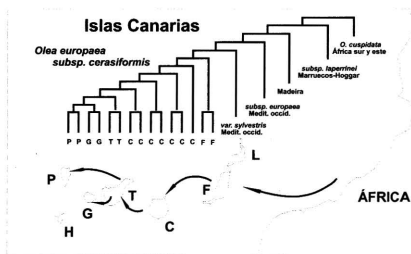


Figura 15.5

Colonización del acebuche (*Olea europaea subsp. cerasiformis*) en Canarias, desde el Mediterráneo occidental. El sentido de la colonización en el Archipiélago es claramente de Este a Oeste. Esquema adaptado desde Hess *et al.* (2000).

Europea, *Solanum vespertilio*, relacionada con especies de este de África y *Pericallis*, relacionada con la flora neotropical (Kadereit y Jeffrey 1996, Clement *et al.* 1997, Olmstead y Palmer 1997, Panero *et al.* 1999). También para Madeira se ha mencionado el caso de *Sedum*, relacionado no con los cladogramas africano-mediterráneos sino con los mexicanos.

A nivel local existen estudios sobre herpetofauna y microfauna que ponen en evidencia una fuerte concordancia

entre la topología de los dendrogramas y/o cladogramas y la distancia de las islas al continente, que en líneas generales coincide con su secuencia geocronológica. Esto se ha visto así en lagartos (*Gallotia*), escarabajos (*Hegeter*), mariposas (*Gonepteryx*), etc. (Thorpe *et al.* 1993, González *et al.* 1996, Brunton y Hurst 1998) (Fig. 15.4 y 15.5). Igualmente se ha postulado que el acebuche (*Olea europaea* subsp. *ceraciformis*) ha colonizado las distintas Islas Canarias desde el área mediterránea siguiendo la misma pauta este-oeste. (Fig. 15.6) (Hess *et al.* 2000).

Recientemente se ha venido barajando la posible colonización inversa, desde el archipiélago hacia África. Este parece ser el caso de las especies de *Aeonium* en África, las cuales aparecen como derivadas en los cladogramas macaronésicos, según las filogenias moleculares. Esta posibilidad también se ha sugerido para el caso *Sonchus bourgeauii* en África, y como una de las hipótesis para el origen de los géneros de *Chrysantheminae* continentales (*Chrysanthemum*, *Heteranthemis* e *Ismelia*), como posibles derivados del género *Argyranthemum*, que al menos actualmente es endémico de Macaronesia (Francisco-Ortega *et al.* 1997).

Los estudios evolutivos recientes de Canarias están proporcionando nuevas perspectivas sobre el origen y los mecanismos de especiación de su biota. Este tipo de estudios se han desarrollado espectacularmente en las Hawái, ofreciendo nuevos y sugerentes aspectos. La espectacular radiación en las especies de *Drosophila* de este archipiélago, que se aproxima al millar de especies y que se ha utilizado muchas veces como paradigma de «radiación adaptativa», por ejemplo, ha resultado ser en los estadios claves de la especiación consecuencia de cambios en la conducta sexual y no en la adaptación a ambientes concretos, donde el efecto fundador ha jugado un papel fundamental (Kaneshiro 1995, Hollocher 1998).

La radiación no adaptativa también se ha descrito para el género *Cyanea* de Hawái (Givnish 1998), donde parece que la especiación geográfica local acelerada ha jugado un papel relevante, junto a la radiación adaptativa. En los últimos años, los estudios de filogenia de las Islas Canarias vienen ofreciendo resultados que están llevando a nuevos campos de discusión y controversia, tanto en la aceptación de nuevos mecanismos de evolución como en el protagonismo de los modelos tradicionalmente establecidos.



Foto: José Manuel Moreno

Pimelia radula

Capítulo 16

GENES, POBLACIONES Y ESPECIES

PEDRO SOSA



El objetivo del presente capítulo es introducir al lector en algunos de los aspectos y conceptos básicos relacionados con la diversidad genética y la genética de las poblaciones aplicados fundamentalmente al área de la conservación biológica. Analizaremos brevemente los constituyentes, fuerzas y mecanismos evolutivos que intervienen en las poblaciones naturales de las especies, con especial énfasis a las especies vegetales localizadas en islas oceánicas como es el caso de Canarias.

BIODIVERSIDAD GENÉTICA: INTRODUCCIÓN Y CONCEPTO

Qualquier individuo sobre La Tierra además de disponer de un componente genético característico de la especie a la que pertenece, dispone de un patrimonio genético propio y singular que lo diferencia de otros individuos de su grupo. Esta diversidad o variación encontrada dentro del rango jerárquico de la especie ha recibido diferentes denominaciones y acepciones según los autores: diversidad subspecífica, intraespecífica o infraespecífica (Heywood y Watson 1995). También se ha denominado diversidad genética, aunque bien es cierto que existe un número considerable de agrupamientos por debajo del nivel de especie (ecotipos, citotipos, subespecies, variedades...) que teniendo implicaciones taxonómicas o sistemáticas no están definidos en términos genéticos. Sin embargo, independientemente del sentido y uso de estos agrupamientos infraespecíficos, se puede asumir en ellos la implicación, más o menos precisa, de algún nivel de diferenciación o diversidad genética detectable entre y/o dentro las poblaciones naturales de una especie.

Aunque podemos considerar la variación genética como los diferentes tipos de alelos y sus frecuencias presentes entre todos los miembros de una población considerada (acervo genético), no existe una única definición de variación genética para todos los propósitos y tampoco podemos identificar una única razón que mantenga y determine la diversidad genética de una especie. Así, y de manera general, la información obtenida por cualquiera de las técnicas y procedimientos empleados en la caracterización genética de una especie constituye siempre una medida sesgada y un análisis parcial del

genoma del organismo en cuestión. Pero por otro lado, las técnicas actualmente empleadas en la caracterización genética constituyen una herramienta informativa tremendamente poderosa que nos permite evaluar directamente los recursos genéticos de una especie.

El fin último es averiguar el grado, la cantidad o el nivel de la variación genética de las especies, al mismo tiempo que determinar cómo se distribuye y se estructura esa diversidad en el espacio y en el tiempo. Denominamos estructuración genética, a la distribución espacial o temporal no al azar de los genes en las poblaciones. También es fundamental precisar las causas reales y potenciales que originan (o han originado) esos niveles y esa estructuración genética en las poblaciones naturales. Sólo así podemos plantearnos un programa de conservación ortodoxo que minimice la pérdida de la diversidad biológica a nivel subspecífico. Esta importancia ha sido recogida recientemente por la UNEP (Programa medio ambiental de las Naciones Unidas) donde se consideran los recursos genéticos como prioridad en los programas de conservación de la Biodiversidad.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS

El análisis de la diversidad genética ha sido abordado desde tiempos inmemoriales a través de las variantes morfológicas aparecidas en la naturaleza, muchas de las cuales tienen un componente hereditario importante, mientras que otras constituyen diferentes respuestas de un mismo genotipo a las variaciones ambientales. Pero intentar relacionar el grado de control genético de estos caracteres morfológicos es una labor compleja en la que se requieren experimentos de trasplante y/o cruzamientos tediosos. Asimismo, el análisis morfológico presenta la inconveniencia de no poder cuantificar el nivel de diferenciación entre las poblaciones, ni ser comparado entre diferentes especies.

Hoy la variabilidad genética puede analizarse y lo que es aún más importante, evaluarse en términos precisos comparables empleando técnicas bioquímicas y moleculares. Estas técnicas han hecho posible pasar de analizar el fenotipo y sus variantes morfológicas, a analizar directamente el genotipo

de los individuos. Estas se pueden agrupar en técnicas bioquímicas y moleculares. Las primeras analizan la variación isoenzimática de los organismos. Precisamente, el estudio de las variantes enzimáticas es el análisis indirecto de genes estructurales individuales (isoenzimas) encontradas en un organismo, y son consecuencia de la variación en la secuencia de nucleótidos de los genes que las codifica. Las técnicas moleculares incluyen el análisis de las variantes nucleotídicas a nivel del ADN. Por su diferente función y organización en las células, las secuencias de ADN analizables se pueden agrupar en genes de una sola copia, familias multigénicas, secuencias hipervariables (minisatélites y microsátélites) y genoma de orgánulos (mitocondrial y cloroplástico). A pesar de los pocos datos comparativos existentes a nivel de poblaciones naturales, está bien establecido que cada clase de secuencia puede disponer de su propio patrón de variación y de su propia tasa de cambio evolutivo, lo que refleja la complejidad y variación en las fuerzas evolutivas que operan a nivel molecular.

CUANTIFICACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA

El grado de variación genética analizable a través de las técnicas descritas puede cuantificarse en términos precisos mediante el uso de diversos parámetros o índices estadísticos. Tres son los índices más utilizados en la cuantificación de la biodiversidad genética, y cada uno de ellos considera y analiza un aspecto concreto de la misma. El polimorfismo o proporción de genes polimórficos (P), calcula el número de genes que son variables en una población con respecto a todos los genes analizados. La riqueza alélica o número medio de alelos por locus (NMAL) mide el número total de alelos diferentes en un gen en una población. Finalmente, la heterocigosidad esperada (He), o simplemente heterocigosidad, también denominada coeficiente de diversidad génica o equitabilidad de las frecuencias alélicas, mide la uniformidad entre las frecuencias de alelos de una población.

Por otro lado, las especies raramente existen como una única población en las que todos sus individuos se cruzan (o pueden cruzarse) al azar (panmixia). En vez de esto, suelen estar distribuidas en poblaciones diversas y discretas más o menos separadas geográficamente y entre las cuales existen diferencias genéticas. De esta forma, no sólo es importante determinar el nivel total de la diversidad genética de una especie, sino que es fundamental, sobre todo en los programas de conservación, conocer y analizar como esa variabilidad genética global de la especie se distribuye y se estructura entre las diferentes poblaciones naturales. La partición de la diversidad total de una especie en sus componentes intra e inter poblacional nos permite conocer su organización en el espacio y, consecuentemente, determinar el modo de actuación con el fin de preservar la mayor cantidad de diversidad posible.

Se ha analizado y cuantificado la diversidad genética de una gran variedad de especies vegetales y animales, llegando a la conclusión que los organismos difieren considerablemente en sus niveles de variabilidad genética. Así, por ejemplo, las especies vegetales con fecundación cruzada presentan por lo general unos niveles medios de variación genética considerablemente más elevados que aquellas especies autofecundantes (Hamrick y Godt 1989), mientras que las poblaciones naturales de las macroalgas disponen de los niveles de variabilidad más bajos entre los vegetales (Sosa y Lindstrom 1999). Desafortunadamente, se desconoce el grado de variabilidad genética de la mayoría de las especies originarias del archipiélago canario, aunque también es cierto que se ha progresado considerablemente en el conocimiento de algunas de ellas (Francisco-Ortega *et al.* 2000)

FACTORES DETERMINANTES DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA

Como ya hemos mencionado, uno de los aspectos más importantes en conservación y genética es describir la arquitectura genética de las poblaciones naturales e identificar y ordenar las fuerzas y factores evolutivos responsables que expliquen dicha estructuración genética. En un sentido amplio, estos factores se pueden agrupar en *Abióticos* (clima, localización, hábitat, etc.). Factores de *interacción bióticos* (competencia, simbiosis, parasitismo, etc.) y factores *intrínsecos de la especie* (tamaño de la población, sistemas de cruzamiento, migración o dispersión, etc.). Todos tendrán un mayor o menor grado de incidencia en la composición genética de las poblaciones naturales de las especies.

Los acontecimientos históricos son también de gran importancia en el conocimiento de la estructura y variabilidad genética de las poblaciones. Se ha constatado empíricamente que las especies vegetales endémicas localizadas en poblaciones aisladas (como islas oceánicas) presentan de manera general una considerable reducción de sus niveles de diversidad genética. Probablemente el escaso número de individuos que colonizaron y formaron esas poblaciones constituya la causa de esos escasos niveles de variabilidad genética. El número de individuos colonizadores y consecuentemente el tamaño de la población, constituye el principal factor que determina el grado de variabilidad genética en las nuevas poblaciones. Así, cuanto menor sea el número de colonizadores, mayor es el cambio y la disminución de la variabilidad genética con respecto a la población original. Esta drástica disminución de la variabilidad genética por la existencia de un escaso número de individuos colonizadores fue denominada *efecto fundador* por Mayr (1942). La disminución de la variación genética puede deberse también a una reducción drástica de la población como consecuencia a un acontecimiento estocástico importante (una catástrofe). En estas situaciones la población ha pasado por un cuello de botella. Ambos procesos se han

agrupado en lo que se denomina *deriva genética*. La consecuencia final de cualquier proceso de deriva es la pérdida de variabilidad genética y la fijación de alelos en las poblaciones que puede dar lugar a una completa uniformidad genética de los individuos de una especie.

La figura relevante en la deriva es el tamaño de la población. De tal manera que las poblaciones pequeñas están mucho más afectadas que las grandes. Una disminución rápida y considerable en el tamaño de la población afectaría profundamente a los procesos de cruzamiento. Menos individuos son capaces de participar en la fecundación, y por tanto, la siguiente generación consistirá de individuos mucho más relacionados genéticamente que los individuos de generaciones previas. La consecuencia de la restricción en el tamaño de la población es la depresión por consanguinidad. Este mismo efecto ocurriría con aquellas especies que se reproducen a través de una reproducción asexual mayoritaria. Los individuos son copias genéticamente iguales a sus progenitores, y en consecuencia la variación genética en esas poblaciones no aumenta.

La acción conjunta de la deriva y una reproducción asexual mayoritaria se ha argumentado como la principal responsable de la escasa variabilidad genética detectada en las poblaciones naturales de las especies de algas rojas de Canarias *Gelidium arbuscula*, *G. canariensis* y *Gracilaria cervicornis* (Sosa y García-Reina 1992, 1993, Sosa *et al.* 1995, 1998b). En ausencia de reproducción sexual, no existe segregación ni recombinación, y consecuentemente la reproducción vegetativa por brotación de rizoides emitidos por los individuos establecidos mantendría los efectos ocasionados por la deriva genética. En este mismo sentido, Pedrola y Caujapé (1996) encontraron que las especies vegetales terrestres *Androcymbium psammophilum* y *A. hierrense* disponían de unos depauperados niveles de variabilidad genética comparados con sus congéneros continentales, probablemente debido al efecto de la deriva. El probable paso por diferentes y recientes cuellos de botella derivados de la fuerte presión antrópica se ha argumentado también como la causa principal del exiguo grado de diversidad genética detectado en las poblaciones naturales de *Cistus osbaeckiaefolius* localizadas en el Parque Nacional del Teide (Batista *et al.* en prensa). Otras especies vegetales de Canarias muestran igualmente bajos niveles de diversidad genética como es el caso de *Myrica faya*, *M. rivis-martinezii* o *Echium acanthocarpum* (Batista y Sosa 1998). Sin embargo, es necesario destacar que un grupo considerable de especies presentan altos niveles de variabilidad genética. Este es el caso de la palmera canaria, *Phoenix canariensis* (Sosa *et al.* 1998 a, González-Pérez *et al.* inédito), lo cual podría deberse a que las especies arbóreas y perennes, con una amplia distribución mantienen unos niveles de variabilidad genética superiores a otras especies (Hamrick y Godt, 1989). De manera similar, los aumentados índices de diversidad genética detectados en *Cistus symphytifolius* (Batista *et al.* en prensa), *Viola palmensis* (Sosa y

Batista 1999), *Lobularia canariensis* (Borgen 1996) y otros (revisado por Francisco-Ortega *et al.* 2000) parecen señalar que las especies vegetales endémicas del archipiélago canario disponen de una diversidad genética superior a la detectada en otras islas oceánicas. La proximidad al continente africano, así como la edad geológica del archipiélago podrían ser los argumentos a favor de una mayor diversidad genética en las especies de nuestro archipiélago (Sosa *et al.* 1999; Francisco-Ortega *et al.* 2000).

VARIACIÓN GENÉTICA INTERPOBLACIONAL

En ausencia de una selección natural fuerte, la migración o flujo genético constituye el primer determinante de la diferenciación genética entre las poblaciones. El flujo genético se define como el intercambio de genes (en una o dos direcciones) entre dos poblaciones debido a la dispersión de gametos o individuos de una a la otra. Este movimiento de genes inter-poblacional tiene una influencia muy significativa en la distribución de la variación genética. Cuando existe flujo genético considerable entre las poblaciones se tiende a homogeneizar los acervos genéticos de las mismas, eliminando las diferencias locales. Consecuentemente, el flujo genético es una fuerza constrictiva que retrasa, e incluso detiene, la diferenciación, y por extensión la especiación, entre aquellas poblaciones donde sucede. Por el contrario, un flujo genético escaso o inexistente posibilita la existencia de diferenciación local, produciendo poblaciones subestructuradas compuestas de agrupaciones de individuos genéticamente similares no uniformemente distribuidas.

Los sistemas de cruzamiento y la capacidad de dispersión influyen de manera decidida en el flujo genético, y suelen ser excelentes predictores de la diversidad y estructura genética en las poblaciones naturales. La diferenciación genética en vegetales es mucho más extensa en especies con autofecundación que aquellas otras que presentan por lo general una fecundación cruzada. La mayor parte de la diversidad genética de las especies algólamas es intra-poblacional, existiendo escasa estructuración de sus poblaciones naturales. Por el contrario, las especies autóгамas presentan una mayor variabilidad genética interpoblacional (las poblaciones se encuentran diferenciadas genéticamente una de la otra). Por ello, es necesario preservar un mayor número de poblaciones de las especies autofecundantes. Sin embargo, es necesario considerar otros factores antes de generalizar esta observación. Así, por ejemplo, se ha detectado considerable diferenciación genética entre las poblaciones naturales de *Cistus osbaeckiaefolius* del Parque Nacional del Teide (Batista *et al.* en prensa) las cuales se encuentran separadas escasos metros una de la otra. Igualmente, las únicas poblaciones conocidas de *Dorycnium spectabile* de Tenerife, o *Cistus chinamadensis* de La Gomera y Tenerife se encuentran también considerablemente diferenciadas en términos genéticos (Sosa *et al.* 1999, Batista *et al.* en

prensa). Morikawa y Leggett (1990) encontraron que la variabilidad genética de las poblaciones naturales de *Avena canariensis* de Lanzarote y Fuerteventura parecía distribuirse según un patrón de adaptación a microhábitats. Francisco-Ortega *et al.* (1992) analizaron la variabilidad genética de siete formas morfológicas de *Chamaecytisus proliferus* del archipiélago detectando tanta variabilidad genética dentro de las poblaciones como entre poblaciones. Además, esta diversidad disminuía de este a oeste lo cual fue interpretado como un reflejo de la dirección de la colonización de esta especie en las diferentes islas. Resultados muy similares fueron obtenidos en las poblaciones naturales del alga roja *Gelidium canariensis* (Bouza *et al.* inédito), encontrándose que la distancia geográfica entre las poblaciones explicaba el 80% de la variación genética detectada, siendo Gran Canaria la fuente probable de origen a partir de la cual se formaron las poblaciones naturales de las islas occidentales (Bouza *et al.* inédito). Borgen (1996) detectó también considerable diferenciación genética entre las poblaciones naturales de cinco subespecies de *Lobularia canariensis*, aunque en este caso, no se detectó correlación entre la diferenciación genética y la distancia geográfica de las poblaciones. Por otro lado, los datos de Borgen (1996) también sugieren la existencia de un cierto flujo genético interinsular en esta especie, lo cual ha contribuido a crear unos patrones de variación genética complejos en el archipiélago. Pedrola y Caujapé (1996) por el contrario, encontraron que la variabilidad genética (e incluso morfológica) de *Androcymbium psammophilum* y *A. hierrense* se distribuía mayoritariamente dentro de las poblaciones. De esta manera, y en términos de conservación, una sola población mantendría la mayor parte de la diversidad genética de estas especies. De manera similar, muy escasa diferenciación interpoblacional se descubrió entre las poblaciones naturales de la violeta de La Palma (*Viola palmensis*), lo que demostraba la existencia de un flujo genético considerable entre las mismas, probablemente debido al efecto dispersor de los herbívoros habituales del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente (Sosa y Batista 1999). Asimismo, el análisis de la estructuración genética de dos poblaciones de *Echium acanthocarpum* del Parque Nacional de Garajonay en La Gomera revelaron una elevada similitud genética entre las mismas, indicando que muy probablemente ambas poblaciones, ahora separadas físicamente, constituían en antaño una única unidad reproductiva.

IMPORTANCIA DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA

Existen diversas razones biológicas para considerar la variación genética de una especie como un aspecto básico y fundamental en el área de la conservación biológica. Tal y como se describe ampliamente en el capítulo 45, la importancia reside básicamente en cuantificar la cantidad de variabilidad genética existente en las poblaciones naturales de los organismos, y conocer su distribución espacial y temporal. La diversidad genética constituye la materia prima de la evolución bio-

lógica, especialmente en lo que se ha denominado microevolución, o evolución a nivel de poblaciones. Realmente, la diversidad genética es la que le da oportunidad a la especie a desenvolverse bajo diferentes condiciones ambientales, y constituye por tanto, un recurso de supervivencia de la propia especie. La pérdida de la variabilidad genética de una especie reduce la capacidad de respuesta de ésta a un cambio evolutivo potencial como consecuencia de los cambios ambientales, dando lugar a una reducción considerable de su eficacia biológica. Esto conlleva a un empobrecimiento de oportunidades de la especie para con el medio, una reducción de su eficacia individual y un incremento de las probabilidades de sus poblaciones a la extinción.

Se ha demostrado experimentalmente la existencia de una correlación positiva entre el grado de variabilidad genética de una población y su eficacia biológica. La diversidad genética es la base de la capacidad de respuesta ambiental y de la flexibilidad evolutiva. La eficacia de un individuo se define por su éxito reproductivo con respecto a otros individuos en la población. En términos genéticos, la eficacia biológica se mide como la proporción en el acervo genético de la siguiente generación del genotipo del individuo en consideración. Aunque la evidencia de que una mayor variabilidad genética proporciona una mayor eficacia es importante y ha sido puesta de manifiesto en multitud de estudios, los mecanismos que traducen esa relación no están aún claros, especialmente con aquella diversidad genética medida a través de marcadores moleculares.

Es imprescindible llegar a entender la variación y estructuración de las poblaciones naturales de los organismos, revelar las fuerzas que determinan su composición y provocan su transformación. No es posible entender los acontecimientos evolutivos sin conocer como funciona, se estructura y varía el genoma desde el nivel organizativo de la población. El entendimiento del modo de actuación de los procesos evolutivos en las poblaciones naturales constituye un acercamiento a los detalles de los procesos de especiación y de la historia reciente de la especie. De hecho, el análisis y caracterización de la variación a nivel poblacional es la traducción de los principios de Darwin en términos precisos. También, una fracción de los genes constituye un recurso potencial de mejora de la productividad en aquellas especies comerciales.

La población es la unidad básica de conservación de una especie, y debe, por tanto, constituirse como el nivel más razonable donde abordar un programa de conservación. En primer lugar, porque la población, más que la especie, constituye la unidad funcional ecológica y evolutiva. Constituye el nexo de unión entre la biodiversidad de especies y la biodiversidad ecológica. En segundo lugar, es en la población donde se producen los cambios genéticos y por tanto los cambios adaptativos. Cualquier cambio en la distribución de la diversidad

genética en las poblaciones naturales puede destruir adaptaciones locales o romper complejos y asociaciones genéticas coadaptadas. Finalmente, la población natural constituye el nivel más asequible, desde una perspectiva metodológica, para abordar los programas de conservación. Entre los inconvenientes asociados a las poblaciones canarias destacamos su partición y fragmentación, así como el escaso número de individuos que, en general, las forman. Son precisamente estos condicionantes los que hacen aún más importante si cabe, el conocimiento de la estructura y la diversidad genética de sus poblaciones naturales. En este sentido, cabe destacar la labor que en materia del análisis genético poblacional están llevando a cabo los Parques Nacionales del Teide, Garajonay y Taburiente con el fin de incluir las consideraciones genéticas en los Planes de Recuperación establecidos (ver capítulo 48).

A pesar de que la variabilidad genética constituye un elemento esencial en el contexto de la Biodiversidad, podemos afirmar sin lugar a dudas que el conocimiento que se tiene de la misma es muy inferior al grado de conocimiento de los restantes niveles, cuando probablemente la pérdida y erosión (en general la desaparición) de la variabilidad genética sea un proceso mucho más severo. Los argumentos a favor de la conservación se han basado generalmente en aspectos ecológicos, económicos o incluso éticos, dejando a un lado consideraciones genéticas importantes. Cualquier plan de conservación y recu-

peración de una especie particular debería, en parte, ser desarrollado con la inferencia y el conocimiento de la estructura genética de la especie. También es importante destacar que no se deben tomar decisiones en las estrategias de conservación y recuperación considerando exclusivamente los criterios genéticos. Otros parámetros como los sistemas de cruzamiento, la diversidad morfológica, los ciclos de vida y las adaptaciones locales de las especies deben ser también considerados.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer la colaboración, el apoyo y la confianza que siempre he recibido del Dr. Angel Bañares del Parque Nacional del Teide. Muchos de los resultados presentados en el presente capítulo constituyen parte de las Tesis Doctorales de los licenciados Nieves Bouza Carrelo, Francisco Batista Hernández y Miguel Angel González Pérez. La investigación en curso ha sido parcialmente financiada a través de los convenios de colaboración establecidos entre el Departamento de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, a través de la Fundación Universitaria de Las Palmas, el Parque Nacional del Teide y TRAGSA (Proyecto nº CN-52/95-02042 y CN-04/97-02001), el Parque Nacional de la Caldera de Taburiente (Proyecto nº EN-09/98-02069), y la Viceconsejería de Medio Ambiente (Sección de Flora y Fauna. Programa Life. Unión Europea; Proyecto nº CN-48/98-02070).



Foto José Manuel Moreno
Parque Nacional de Garajonay, La Gomera

Capítulo 17

LOS ECOSISTEMAS

JOSÉ MARIA FERNÁNDEZ AGUILERA Y ALBERTO BRITO



El término de ecosistema, acuñado en 1935 por el británico Tansley y reformulado en 1942 hacia su actual acepción por el norteamericano Lindeman, constituye el nivel de integración más alto de la Ecología, considerándose hoy en día el objeto nuclear en torno al cual se articula ésta. Podríamos definir al ecosistema como una fracción de territorio o de mar constituida por conjuntos de poblaciones de especies vegetales, animales y microbianas que interactúan bajo unas condiciones ambientales determinadas, y que presentan una organización espacial y temporal basada en la explotación de un flujo energético. La figura 17.1 recoge la distribución de los diferentes ecosistemas canarios en una isla ideal, mientras que la tabla 17.1 compara algunas características tróficas de los principales ecosistemas.

LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

Grosso modo cabría realizar una división intuitiva de los ecosistemas terrestres canarios en *zonales*, cuando su distribución se rige por factores climáticos, es decir, aparecen dispuestos de acuerdo a un gradiente altitudinal; *azonales*, cuando su distribución está regida por factores edáficos pudiendo aparecer a diferentes altitudes; y *antrópicos* cuando los procesos que ocurren en su seno están controlados por la actividad humana. Sólo la isla más alta, Tenerife, presenta todo el abanico de ecosistemas zonales que conocemos para el Archipiélago, mientras que las demás contarán con un número variable dependiendo fundamentalmente de su altitud y de su morfología (Aguilera *et al.* 1994).

Los ecosistemas zonales pueden ser subdivididos atendiendo al desarrollo que adquieren las especies vegetales dominantes (fisionomía de la comunidad), en arbustivos (matorrales) y arbóreos (bosques). Los ecosistemas arbóreos ocupan las zonas de medianías de las islas altas, caracterizadas por presentar temperaturas y disponibilidad hídrica adecuadas a lo largo del año para maximizar la biomasa y la producción. Las medianías a barlovento, bajo la influencia del mar de nubes, están ocupadas por el monteverde, bien como comunidades de laurisilva, en las zonas más protegidas o como fayal-brezal en las más abiertas. Por encima del monteverde se extiende el pinar y por debajo los bosques termófilos. De las

medianías hacia la costa y hacia la cumbre se desarrollan sendos gradientes de estrés –hídrico y térmico, respectivamente– que disminuyen progresivamente la capacidad de carga del sistema. Ello imposibilita que la vegetación de estas zonas adquiera un porte arbóreo, resultando en un matorral de costa y un matorral de cumbre, respectivamente (Fernández-Palacios 1992, Fernández-Palacios y de Nicolás 1995). La tabla 17.2 recoge la extensión de los ecosistemas terrestres canarios antes de la Conquista según los diferentes autores que se han pronunciado al respecto, mientras que la figura 17.2 recoge la distribución de estos ecosistemas terrestres en el espacio ambiental definido por las condiciones térmicas e hídricas existentes en el archipiélago.

Matorral costero

El matorral costero presente en todas las islas e isletas, se extiende desde el nivel del mar hasta unos 300-400 m a barlovento y hasta unos 800 m a sotavento. En las islas más bajas (Lanzarote, Fuerteventura e islotas) diferentes variantes de éste ocupan casi todo su territorio. Su limitación en biomasa, como refleja su porte de matorral, se debe al estrés hídrico que ha de soportar (precipitaciones inferiores a 250 mm/año). Las especies componentes han desarrollado un síndrome adaptativo basado en la capacidad de retener el máximo de agua posible en sus tejidos (suculencia), para evitar su rápida evaporación tras las escasas precipitaciones. Ello le confiere un aspecto característico de vegetación de desiertos, dominada por tabaibas y cardones (*Euphorbia spp.*), verodes (*Kleinia*), balos (*Plocama*) y aulagas (*Launaea*) (Otto *et al.* 2001). Es relevante la presencia de numerosos invertebrados endémicos, así como de algunos reptiles (*Gallotia*) y aves (*Calandrella*) frugívoros. Su riqueza es relativamente elevada, pero no así su biomasa aérea, situada sobre 0,8 kg/m², ni su producción primaria neta (PPN) que apenas alcanza los 0,12 kg/m² año. La hojarasca de este matorral, irregularmente distribuida, apenas supone 0,4 kg/m². Constituye el aspecto más africano de las Islas Canarias.

Bosques termófilos

Los bosques termófilos, aunque potencialmente presentes en todas las islas, constituyendo los únicos bosques de las islas orientales, hoy en día se encuentran prácticamente restringidos a La Gomera y a El Hierro. Se extienden por encima del

Tabla 17.1

Algunos participantes en los diferentes niveles tróficos de los principales ecosistemas. En negrita las especies introducidas.

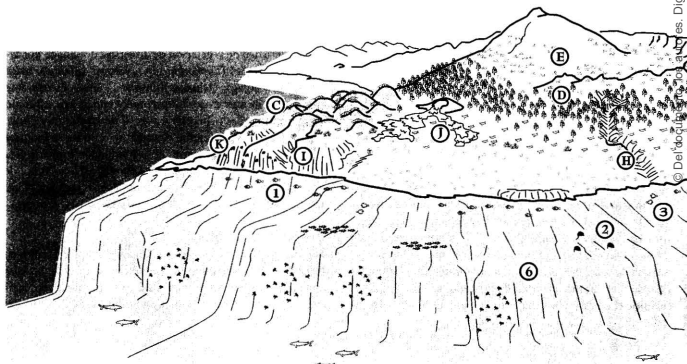
Nivel trófico	Matorral costero	Monteverde	Pinar	Matorral de cumbre	Fondos rocosos	Sebadal	Alta mar
Productores	tabaibas, cardón, tuneras	brezo, loro, faya, acebiño	pino, jaras, escobón	retama, codeso	<i>Cystoseira</i> , <i>Lobophora</i> , <i>Lophocladia</i>	seba, <i>Caulerpa</i>	fito-plancton
Herbívoros	lagarto, conejo	palomas, mirlo,	herrerillo, pinzón azul, ratón	conejo , mufión , arruí	vieja, salema, erizo de Lima	pequeños invert.	zoo-plancton
Insectívoros y Planctívoros	erizo	orejudo, musaraña	picapinos	alcaudón, erizo	fula blanca, boga	pequeños invert.	sardina, caballa
Carnívoros	cernicalo,	gavilán , ratas	aguilla	gato	bicudas, abades, mero	choco, angelote	marrajos, dorados, atunes

matorral costero en ambas vertientes, ya que requieren una mayor disponibilidad hídrica que éste, aún cuando, como su nombre indica, no toleran bajas temperaturas. No suponen una comunidad homogénea, sino que son denominados según el o los elementos florísticos que dominen localmente, dando lugar

a los sabinars (*Juniperus*), almácigares y lentiscales (*Pistacia*), acebuchales (*Olea*), etc. Es la formación que presenta mayor afinidad al mundo mediterráneo y su gran destrucción por el uso humano propicia que en la actualidad casi sólo sean observables a través de matorrales de sustitución.

Figura 17.1

Distribución de los diferentes ecosistemas canarios terrestres y marinos en una isla ideal.



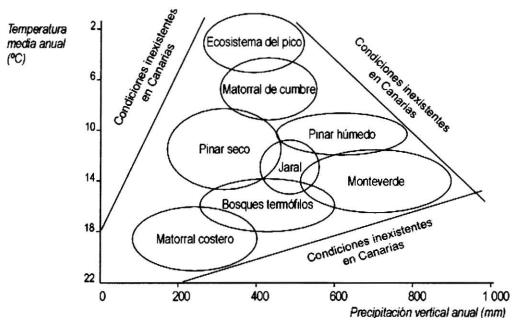


Figura 17.2

Distribución de los ecosistemas terrestres en el espacio ambiental definido por la temperatura y la precipitación.

Monteverde

El monteverde, nombre vernáculo que designa tanto a la laurisilva como al fayal-brezal, se extiende casi exclusivamente a barlovento, bajo el influjo del mar de nubes, debido a los vientos alisios, entre los 600 y 1.200 m de las islas centrales y occi-

dentales. Se ubica pues en las zonas con condiciones climáticas más adecuadas para el desarrollo de la vegetación (inexistencia de estrés térmico e hídrico, con temperaturas medias anuales rondando los 15°C, y precipitaciones verticales cercanas a 1.000 mm/año). Además, cuentan con un aporte hidri-

Ecosistemas terrestres

- | | |
|----------------------|---------------------|
| A Matorral costero | G Dunas |
| B Bosques termófilos | H Barrancos |
| C Monteverde | I Riscos |
| D Pinar | J Coladas |
| E Matorral de cumbre | K Medio subterráneo |
| F Ecosistema litoral | |

Ecosistemas marinos

- | | |
|-----------------------------|--|
| 1 Fondos rocosos abiertos | 7 Comunidades de fondos fangosos profundos |
| 2 Paredes, cuevas y grietas | 8 Ecosistema pelágico costero |
| 3 Fondos arenosos abiertos | 9 Alta mar |
| 4 Fondos de conifes | |
| 5 Sebadales | |
| 6 Comunidades de corales | |

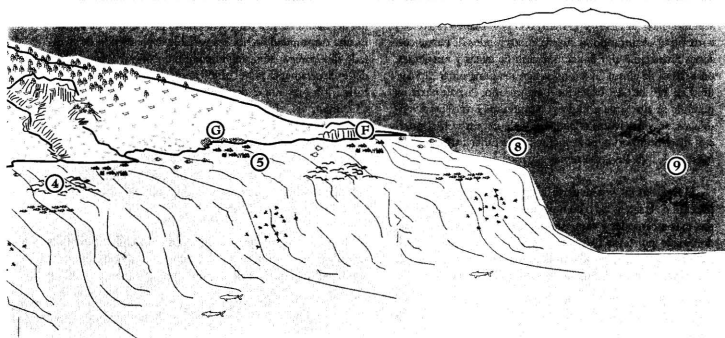


Tabla 17.2

Distribución potencial (km² y % sobre el total insular) de los ecosistemas zonales canarios según diferentes autores.

Isla	Área (km ²)	Matorral de costa	Bosques termófilos	Monteverde	Pinar	Matorral de cumbre	Autores
Tenerife	2.034	394 (19,4)	615 (30,3)	314 (15,4)	501 (24,6)	210 (10,3)	García Rodríguez <i>et al.</i> 1990.
		899 (44,2)	74 (3,6)	357 (17,6)	484 (23,8)	220 (10,8)	Ceballos y Ortuño 1976.
		512 (25,2)	389 (19,1)	595 (29,3)	363 (17,8)	175 (8,6)	Rivas Martínez <i>et al.</i> 1993
La Palma	708	65 (9,2)	179 (25,2)	162 (22,9)	290 (40,9)	12 (1,7)	García Rodríguez <i>et al.</i> 1990
		266 (37,5)	-	154 (21,7)	258 (36,5)	31 (4,3)	Ceballos y Ortuño 1976
		78 (10,9)	125 (17,7)	231 (32,6)	260 (36,7)	15 (2,1)	Arco <i>et al.</i> En prensa
Gran Canaria	1.560	64 (9,0)	83 (25,8)	183 (25,8)	365 (51,6)	14 (2,0)	Santos 1983
		432 (27,7)	536 (34,4)	214 (13,7)	377 (24,2)	-	García Rodríguez <i>et al.</i> 1990.
		1.099 (70,4)	-	103 (6,6)	359 (23,0)	-	Sunding 1970
		582 (37,3)	401 (25,7)	176 (11,2)	372 (23,9)	29 (1,9)	Bramwell <i>et al.</i> 1987
El Hierro	269	333 (21,4)	663 (42,5)	164 (10,5)	399 (25,6)	-	Santana 1992.
		57 (20,7)	101 (37,4)	64 (23,8)	49 (18,1)	-	García Rodríguez <i>et al.</i> 1990.
		133 (49,4)	43 (15,9)	61 (22,5)	22 (8,3)	-	Ceballos y Ortuño 1976.
La Gomera	368	90 (33,3)	81 (30,0)	64 (23,6)	35 (13,1)	-	Arco <i>et al.</i> En prensa
		55 (14,9)	225 (61,0)	89 (24,1)	-	-	García Rodríguez <i>et al.</i> 1990.
		134 (36,3)	70 (19,0)	165 (44,7)	-	-	Ceballos y Ortuño 1976.
Fuerteventura	1.655	1.544 (93,6)	107 (6,4)	-	-	-	García Rodríguez <i>et al.</i> 1990.
Lanzarote	807	777 (91,8)	69 (8,2)	-	-	-	García Rodríguez <i>et al.</i> 1990.
La Graciosa	27,5	27,5 (100)	-	-	-	-	-
Aleganza	10,2	10,2 (100)	-	-	-	-	-
Lobos	4,4	4,4 (100)	-	-	-	-	-
Mña. Clara	1,3	1,3 (100)	-	-	-	-	-
Canarias	7.445	3.367 (45,0)	1.832 (24,5)	843 (11,3)	1.217 (16,3)	222 (3,0)	García Rodríguez <i>et al.</i> 1990.

co adicional, la precipitación horizontal, que comparte con el pinar y cuya dimensión total puede llegar a cuadruplicar a la precipitación vertical. La laurisilva, relicto de la flora que en el Terciario pobló los márgenes del mar de Tetis (precursor del Mediterráneo), es la comunidad más rica de Canarias. Su bóveda está constituida por árboles como el laurel (*Laurus*), el acebiño (*Ilex*), el viñático (*Persea*) o el palo blanco (*Picconia*) entre otros, alcanzando su cúpula en los fondos de barrancos, zonas favorecidas por la acumulación de aguas y nutrientes, unos 20 m de altura. Su biomasa aérea supone unos 25,5 kg/m² y su PPN es del orden de 1 kg/m² año. Por su parte, el mantillo se aproxima a 1 kg/m². Numerosos invertebrados fitófagos, aves frugívoras (*Columba*) y alguna rapaz (*Accipiter*) constituyen importantes elementos de la cadena trófica. Es el más tropical de los ecosistemas canarios.

El fayal-brejal, por su parte, bien como formación de sustitución de la laurisilva o como comunidad madura en las zonas más escarpadas y expuestas al viento, es un bosque bajo dominado por fayas (*Myrica*) y brezos (*Erica*), que no suele rebasar los 5-10 m de altura. Es bastante más pobre que la laurisilva y tanto su biomasa como su PPN son inferiores.

Pinar

El pinar es una formación boscosa oligoespecífica, cuya cúpula puede alcanzar los 30-40 m de altura, dominada por el pino canario. Se extiende por encima del matorral costero (o si estuvieran presentes, por encima de los bosques termófilos) en las vertientes a sotavento hasta los 2.300 m, y por encima del monteverde a barlovento hasta los 2.000 m de altitud. Es una comunidad de riqueza variable dependiendo de su estado de conservación, siendo común encontrar zonas pobladas exclusivamente por el pino (*Pinus*). El sotobosque de esta formación presenta el dominio de la jara (*Cistus*), el cedazo (*Adenocarpus*), el escobón (*Chamaecytisus*), el tomillo (*Micromeria*) o los corazoncillos (*Lotus*), en función de las condiciones ambientales. Entre los consumidores cabe citar aves como el pinzón (*Fringilla*) y el picapinos (*Dendrocopos*). La biomasa del pinar podría situarse entre 30 y 40 kg/m², mientras que su PPN es próxima a 1 kg/m² año. Su mantillo se ha evaluado también en 1 kg/m².

El pinar se desarrolla en zonas con condiciones climáticas muy diferentes, soportando bien tanto altas y bajas temperaturas (heladas incluidas), así como precipitaciones escasas y

abundantes. Estas diferencias llegan a tal extremo, que podríamos considerar que el pinar húmedo, que se extiende a barlovento y el pinar seco, que se extiende a sotavento, son en realidad dos ecosistemas diferenciados en términos de biomasa, producción, riqueza, composición específica o dinámica, pero que al dominar en ambos ecosistemas el pino, una especie de marcado carácter generalista que le posibilita desarrollarse en condiciones ambientales muy cambiantes, éste ha cedido su nombre a ambos ecosistemas.

Comentario aparte, por la extensión que llegan a ocupar en algunas islas, merecen los matorrales de medianías, como brezales, escobonales y especialmente, los jarales. Pese a no tratarse de ecosistemas maduros, pues la capacidad de carga de las medianías admite un mayor techo de biomasa, sí reflejan el importante uso que de éstas ha hecho el hombre sobre todo a raíz de la Conquista.

Matorral de cumbre

El matorral de cumbre se encuentra representado exclusivamente en La Palma, donde domina el codoso (*Adenocarpus*), y en Tenerife, donde domina la retama (*Spartocytisus*) y se extiende aproximadamente a partir de los 2.000 m de altura en ambas vertientes. Su porte almohadillado, minimizando su contacto con el exterior, es la respuesta evolutiva de esta comunidad al estrés térmico imperante (léase gran amplitud térmica diaria y heladas nocturnas). La introducción de grandes herbívoros (mullón y arrui) han alterado las relaciones tróficas del ecosistema. Su riqueza es claramente inferior a la del matorral costero, pero su biomasa aérea ($1,3 \text{ kg/m}^2$) y su PPN ($0,25 \text{ kg/m}^2 \text{ año}$) son superiores. El manto supone $0,75 \text{ kg/m}^2$. Finalmente, sólo en Tenerife, por encima de este matorral se extiende el ecosistema del Pico, con una vegetación muy poco aparente, caracterizada por algunas gramíneas y por la violeta (*Viola*).

Los ecosistemas azonales se organizan fundamentalmente en función de otros condicionantes diferentes al clima, lo que va a permitir encontrarlos a diferente altitud y en diversas exposiciones eólicas, aunque habrán de soportar los rigores del clima allí donde se encuentren. Los condicionantes más relevantes son la presencia de sales en el ambiente, sustratos donde es dificultoso asentarse, el flujo de agua, la riqueza de determinados nutrientes e, incluso, la ausencia de luz. Vamos a diferenciar el litoral, las dunas, los barrancos, los riscos, las coladas recientes, el medio subterráneo y, finalmente, los ecosistemas antrópicos.

Ecosistema litoral

Dentro de lo que genéricamente hemos denominado ecosistema litoral se incluye el cinturón halófilo costero, que supone una adaptación de la vegetación a condiciones extremas de salinidad, tanto edáfica como ambiental, debida a la maresía. Dichas comunidades se extienden por las franjas costeras de

todas las islas e islotes y se encuentran dominadas por diferentes especies de siemprevivas (*Limonium* sp.), tomillo marino (*Frankenia* spp.) y lechuga de mar (*Astydarnia* sp.). Así mismo, en este grupo quedarían englobados las maretas y saladares, comunidades sobre charcos salados principalmente en Fuerteventura y Lobos.

Por su parte, las lagunas costeras constituyen un medio de alta producción vegetal, bien por medio del fitoplancton (como El Golfo en Lanzarote) o bien por fanerógamas marinas (como *Ruppia*) y una película de microalgas bentónicas. Es un medio de gran importancia para las aves limícolas, que encuentran aquí en abundancia los pequeños invertebrados (anfípodos, isópodos, poliquetos, insectos) que constituyen su dieta.

Dunas

Los ecosistemas dunares se encuentran en Canarias ligados a las costas y están fundamentalmente condicionados por la movilidad del sustrato. Su vegetación aparece dominada por el balancón (*Traganum*), planta fijadora de dunas. Existen manifestaciones en diferentes islas, pero sólo en Corralejo y Jandia (Fuerteventura) y Maspalomas (Gran Canaria) alcanzan su apogeo.

Barrancos

A lo largo de los cauces de los barrancos presentes en todas las islas mayores, se pueden encontrar comunidades en ramblas que tienen por factor común el hecho de poseer una disponibilidad hídrica superior a la de su entorno inmediato. Por un lado, tenemos las comunidades de tarajales, dominadas por el tarajal (*Tamarix*) y las palmeras (*Phoenix*), que caracterizan los barrancos de las islas orientales y los tramos bajos de las islas centrales. La segunda comunidad, los sauzales o saucedas, están dominadas por el sauce (*Salix*) y se circunscribe a los barrancos de las islas que superan los 800 m de altitud. Presentan interesante fauna invertebrada.

Riscos

Los riscos y paredones de las islas, cuya característica fundamental es la escasez de suelo debido a la gravedad, se encuentran habitados por una serie de plantas que han desarrollado la habilidad de enraizarse profundamente en las propias rocas. Amén de la presencia de otras plantas menos aparentes, como líquenes, estos paredones se caracterizan por la presencia de bejeques, plantas crasas de los géneros *Aeonium* y *Gree-novia*.

Coladas

En las manifestaciones volcánicas recientes, debido a su juventud, no han actuado con intensidad los agentes responsables de la alteración, de modo que sólo se ha producido una ligera disgregación física superficial, con baja capacidad de retención hídrica y de suministro de nutrientes. En estos ma-

teriales aún no transformados en suelo se desarrollan fundamentalmente especies pioneras. Las coladas históricas (menos de 500 años) y subhistóricas se encuentran colonizadas por líquenes y fanerógamas de raíces fuertes y crecimiento profundo, como las vinagreras (*Rumex*), pinos (*Pinus*), tomillos (*Micromeria*), etc.

El medio subterráneo

Las características del subsuelo insular han propiciado la presencia de un sistema biológico dependiente del fótico exterior, donde prolifera un elenco de invertebrados troglóbios endémicos. Los productores, fisiológicamente situados en el medio exterior, aportan biomasa a través de sus raicillas, en el caso del medio terrestre, que son consumidas por troglóbios herbívoros, presa de un número importante de especies cazadoras y de algunos necrófagos. En el caso de los jameos y tubos volcánicos inundados por el mar, depende del aporte de materia orgánica en suspensión con el flujo mareal y del crecimiento de diatomeas bentónicas en las zonas algo iluminadas de los jameos. En ambos casos es destacable la extrema adaptación a la ausencia de luz, formalizada a través de escasa pigmentación cuticular, reducción o ausencia de ojos, alargamiento de cuerpos y miembros y, sobre todo, la atenuación metabólica. Es necesario citar las cucarachas del género *Lothropia* en el medio terrestre, mientras que en jameos y tubos volcánicos inundados por el mar un buen ejemplo lo configura el cangrejo ciego (*Munidopsis*).

Ecosistemas antrópicos

Un tercer grupo de ecosistemas estaría constituido por aquellos de naturaleza artificial, producto de la intervención humana, que han de ser, en la mayor parte de los casos, subsidiados en términos de agua, nutrientes, manejo, etc. para que puedan desarrollarse. En este grupo quedarían incluidas las repoblaciones (*Pinus*, *Laurus*, *Myrica*), las plantaciones forestales (*Pinus radiata*, *Eucalyptus*, *Acacia*), los cultivos agrícolas y piscícolas, así como los parques y jardines.

EL INTERFAZ TIERRA-MAR

El paso de los ecosistemas de tierra a los de mar requiere obligatoriamente de una banda ecotónica, donde se encuentran situadas comunidades que han evolucionado especializándose en soportar ambas situaciones. En este sentido puede detectarse la presencia de especies terrestres resistentes al encharcamiento del suelo por el agua del mar, en mareas y saladares, como es el caso de *Arthrocnemum*, adaptada a esa falta de oxígeno en el sustrato y a una alta salinidad del medio. Por otro lado, es destacable la capacidad y resistencia que presentan algunas algas y animales que se desarrollan en ámbitos rocosos y charcos de la parte alta de la zona intermareal y la supralitoral donde, o no hay agua o en la que queda encharcada aumenta la salinidad y la temperatura, así como disminuye el oxígeno disuelto notablemente, en los períodos

entre mareas altas. Estas situaciones las resisten grupos de algas azules, algunas algas verdes del género *Enteromorpha*, y animales como isópodos, cirrípedos y gasterópodos pseudopulmonados (litorinidos o burgados de sol).

LOS ECOSISTEMAS MARINOS

Es necesario tener en cuenta dos elementos esenciales para entender la estructura de los ecosistemas marinos canarios. Por un lado, pese a que las Islas presentan una longitud de costas de 1.291 km, sólo poseen 2.256 km² de plataforma costera (hasta los 50 m de profundidad), que es la zona óptima para el desarrollo de los fotoproducidos de fondo (algas y fanerógamas). Por ello, la producción se ve limitada en función de la extensión de la plataforma insular, diferente para cada isla, reduciendo la superficie habitable para las especies litorales. Sirva el caso de algunos puntos de La Palma y El Hierro, donde los 200 m de profundidad se encuentran a menos de 200 m de la costa, suponiendo la plataforma de esta última isla apenas el 4% de la superficie emergida. Sin embargo, al SO de Fuerteventura y al NE de Lanzarote se alcanzan las máximas amplitudes de la plataforma insular (hasta cerca de 30 km), suponiendo ésta un 30% de la superficie insular en el caso de Fuerteventura.

Por otra parte, las aguas que rodean a las Islas Canarias son básicamente oceánicas y oligotróficas, lo cual contribuye a limitar la capacidad productiva de los ecosistemas marinos. Nos encontramos pues ante una situación típica de muchas islas tropicales y subtropicales, con ecosistemas litorales bastante diversificados, originales y frágiles, fácilmente vulnerables debido a las bajas densidades de las especies y las complejas interrelaciones existentes entre las mismas. En función de que la organización del ecosistema se encuentre o no ligada al fondo del mar diferenciaremos entre ecosistemas bentónicos (el medio anquialino, fondos rocosos abiertos, paredes, cuevas y grietas, fondos arenosos abiertos, fondos de conifes, seabadales, comunidades de corales profundos y fondos fangosos profundos) y pelágicos (costero y de alta mar).

El medio anquialino

El medio subterráneo costero inundado por agua marina (por ejemplo, Los Jameos del Agua en Lanzarote) presenta características muy particulares y un elevado número de especies de invertebrados endémicos de Canarias (*Munidopsis*, *Speleonectes*, etc.). Se trata de un medio de muy baja producción (depende básicamente del flujo de las mareas) con una notable diversidad de especies y muy escaso número de componentes en las poblaciones.

Fondos rocosos abiertos

En los fondos rocosos intermareales y submareales, mucho más abundantes en Canarias que los arenosos, se desarrollan bandas de algas macroscópicas, muy diversificada en su com-

posición específica (*Cystoseira*, *Gelidium*, *Corallina*, *Zonaria*, *Padina*, *Sargassum*, etc.) y organizadas espacialmente en relación con la profundidad y las condiciones ambientales de cada zona, fundamentalmente su mayor exposición o protección al oleaje. Esta banda sustenta en gran medida las complejas redes tróficas de los fondos costeros, iniciadas por herbívoros como la vieja, lapas, microinvertebrados, etc., o por los detritívoros, como los crustáceos misidáceos, que aprovechan las algas no consumidas en descomposición. Por otra parte, estos fondos cubiertos de algas sirven de zona de cría de alevines y refugio de juveniles para muchas especies. Aunque hay especies de algas que sobrepasan los 100 m de profundidad, la zona óptima para el desarrollo de estas comunidades vegetales no suele superar los 50 m. La PPN de estas comunidades no está bien estudiada, pero se ha estimado que oscila, dependiendo de las especies dominantes, entre 10,5 y 1,5 g C/m² día. En muchos sectores de las Islas el desarrollo de la banda algal está muy limitado, con respecto a la capacidad potencial, debido a la intensa actividad herbívora de los erizos, especialmente del erizo de Lima (*Diadema antillarum*), dejando fondos limpios de algas conocidos como blanquizas. Este proceso se ha demostrado claramente que está relacionado con desequilibrios en las relaciones depredador-presa causados por la sobrepesca, pero en los que también intervienen fenómenos azarosos que favorecen reclutamientos altos de los herbívoros (influencia climática).

En estos fondos rocosos costeros los peces pelágicos costeros interactúan intensamente con los bentónicos, dando como resultado una elevada riqueza de especies. Herbívoros frecuentes son las viejas (*Sparisoma*), cuya biomasa suele oscilar entre 400-200 g/100 m² y la salemá (*Salpa*). Abundan también los planctófagos como fulas (*Chromis*) y boga (*Bops*). Entre los principales depredadores ictiófagos se encuentran la bicuda (*Sphyaena*), los medregales (*Seriola*), el abade (*Mycteroperca*) y el mero (*Epinephelus*). Cuando se gana en profundidad y en sitios con corrientes fuertes estos fondos rocosos abiertos alcanzan una expresión diferente con poblamiento de invertebrados espectaculares como las gorgonias (*Leptogorgia*).

Paredes, cuevas y grietas

Estos ambientes con la luz atenuada, muy frecuentes en Canarias desde la orilla, presentan un poblamiento dominado por invertebrados filtradores y suspensívoros (esponjas, corales, antipatarios, ascidias, etc.), a veces muy espectacular en las paredes cubiertas de zoantídeos (*Gerardia*), gorgonias (*Paramuricea*) y corales negros (*Antipathes*) por debajo de los 30 m. Un depredador especial de estos ambientes es la anémoma gigante (*Telmatactis*). Aquí aparece también uno de los peces más particulares de Canarias, el góbido de cuerpo aplanado de las fisuras y grietas (*Dialogobius*). Asociados a las paredes o veriles se encuentran importantes poblaciones de peces (*Mycteroperca*, *Epinephelus*, *Diplodus*, etc.).

Fondos arenosos abiertos

Son, en general, pobres y limpios de vegetación, obteniendo su producción a partir de necromasa procedente de las praderas de fanerógamas y de las algas de los fondos rocosos, así como de la incorporación de producción planctónica que realizan los invertebrados planctófagos o peces como la anguila jardinera (*Heteroconger*). No obstante, en algunas zonas y a cierta profundidad se origina una producción primaria propia basada en una película de algas microscópicas, que se desarrolla sobre la arena estabilizada, y también en algas del género *Caulerpa* y manchas de la fanerógama *Halophila*. Los fondos arenosos constituyen el hábitat de peces como el tapaculo (*Bothus*) y las arañas (*Trachinus*) y de crustáceos decápodos detritívoros (*Cyclo*).

Fondos de confites

Los confites son algas calcáreas libres, a veces gruesas y redondeadas y a mayor profundidad más frágiles y ramificadas, que se desarrollan sobre fondos litorales llanos formando un notable espesor, en el que sólo la parte superior está viva. Con frecuencia se mezclan con sedimentos y constituyen el refugio de invertebrados vágiles y peces anguilliformes que se esconden en su entramado interior durante el día. Sobre las masas calcáreas suelen crecer también algas macroscópicas e invertebrados característicos, como esponjas y el antipatario filiforme (*Stichophates*). En este ambiente aparecen también muchos juveniles de peces de roca, particularmente cuando existe un elevado desarrollo estacional de algas pardas y rojas.

Sebadales

Las praderas de sebas (*Cymodocea nodosa*), conocidas como sebadales, se encuentran sobre fondos arenosos, desde un par de metros en sectores abrigados y a partir de unos 10 m en los expuestos, extendiéndose hasta unos 35 m de profundidad. Además de estabilizar el sustrato con su sistema radicular, esta fanerógama sirve como soporte para una gran cantidad de algas filamentosas e invertebrados, que se instalan sobre sus hojas, y como lugar de desarrollo de una gran cantidad de alevines y juveniles de peces propios de los fondos rocosos, que encuentran aquí un ambiente propicio, con abundancia de alimento y sin los depredadores de las zonas rocosas. Por otra parte, las praderas presentan también una fauna propia característica, representada por peces como la herrera (*Lithognathus*), la mojarra (*Diplodus*) o el salmónete (*Mullus*) que abunda en su entorno. Por su parte, entre los depredadores más importantes del sebadal están el choco (*Sepia*) y el angelote (*Squatina*). Otra función importante de los sebadales es la exportación de una gran cantidad de materia orgánica débil hacia los fondos inmediatos, debido al desprendimiento de una elevada biomasa foliar a lo largo del año. Con frecuencia aparece mezclada con esta fanerógama el alga verde *Caulerpa prolifera*, que también se enraíza en el fondo arenoso, sustituyéndola en profundidad y llegando hasta los 50 m. La PPN estimada, en verano y en aguas muy someras, es de 1

g C/m² día. Los seabadales juegan un papel fundamental en muchos sectores de las costas sureste y sur de las Islas, donde las algas fotófilas de los fondos rocosos tienen actualmente limitado su desarrollo por efecto de los erizos.

Comunidades de corales

Estas comunidades se extienden aproximadamente entre los 60 y los 500 m de profundidad, en donde el movimiento de las aguas está claramente atenuado y la luz disminuye sensiblemente hasta desaparecer. Al estar localizadas más allá de la zona fótica, sólo pueden sostenerse gracias al aporte de necromasa que cae a modo de maná por la acción de la gravedad desde aguas superiores, aunque también las migraciones de zooplancton transportan materia y energía a dichos fondos. Las algas, ya generalmente coralíneas, no suelen superar los 100 m de profundidad, siendo sustituidas en profundidad por bancos de corales amarillos, dominados por *Dendrophyllia ramea*. Este coral en su crecimiento genera una importante necromasa, que es fácilmente colonizada por gran diversidad de organismos (algas calcáreas, esponjas, gorgonias, etc.). Dicha comunidad se va empobreciendo en profundidad, siendo sustituida a los 150 m por otra dominada por un congénere de menor porte, *Dendrophyllia cornigera*, que puede llegar a hasta los 400 m.

La fauna vágil que habita las comunidades de *Dendrophyllia* es muy variada. Además de las características de las zonas infralitoral, como meros, abades, verrugatos (*Umbrina*), cabrillas (*Serranus*), etc., que pueden encontrarse también aquí, son abundantes especies como la sama o pargo (*Dentex*), el bocinegro (*Pagrus*), la brota (*Phycis*) o la breca y el besugo (*Pagellus*).

Más allá de los 400 m de profundidad, ya en plena zona batial donde los fondos fangosos son dominantes, en las manchas rocosas aparece la comunidad de corales blancos, entre los que destacan las especies *Madrepora oculata* y *Lophelia pertusa*, junto a gorgonias de gran porte, antipatarios y esponjas. Finalmente, aproximadamente a partir de los 600 m de profundidad los corales blancos dan paso progresivamente a las comunidades de esponjas de cristal, entre las que destaca *Pheronema grayi*. Peces ligados a estas comunidades son el congrio (*Conger*), las palometas de hondura (*Beryx*), el quelme (*Centrophorus*), el obispo (*Pontinus*) o la boca negra (*Helicolenus*). También son abundantes los crustáceos como los camarones (*Plesionika*, *Heterocarpus*), el carabinero (*Plesiopenaeus*), el cangrejo buey (*Cancer*) y el cangrejo ruso (*Chaceon*).

Comunidades de fondos fangosos profundos

Junto a numerosos invertebrados que se entierran en los sedimentos o se desplazan por su superficie (ofiuras, holoturias, etc.) encontramos en estos fondos, que dominan por debajo de los 800 m, cefalópodos como *Architeuthis*, peces óseos como el jediondo o merluza del país (*Mora*), la merluza de hondura (*Coryphaenoides*) y diversos tiburones escualiformes (*Centroscyllium*, *Centrophorus* y *Etmopterus*).

Finalmente, comentar que, pese a que aún no han sido citadas para Canarias, es probable la existencia de comunidades asociadas a chimeneas hidrotermales asociadas al vulcanismo en los fondos profundos de las islas, hecho ya comprobado en otros archipiélagos de origen similar como Galápagos o Azores. Estos peculiares ecosistemas, exuberantes en vida, se sustentan tróficamente en la biomasa de las bacterias quimioproducidas.

Ecosistema pelágico costero

Estaríamos ante la porción del ecosistema pelágico más cercana a tierra. Sostenido por la producción planctónica, alcanza importantes valores de biomasa íctica dispuesta en manchas y desglposable en dos fracciones: una integrada por las especies más ligadas a la costa, como el guelede (*Atherina*), la boga (*Boops*) o la palometa (*Trachinotus*) y otra de aguas más abiertas, compuesta por especies como la caballa (*Scomber*) o las sardinas (*Sardina*, *Sardinella*) que se acercan a la costa a reproducirse y desarrollar aquí su fase juvenil. Ligadas también a la costa, y siempre próximos a los fondos abruptos, aparecen especies semipelágicas como la bicuda y el medregal. Sobre los recursos pelágicos costeros inciden también las aves marinas, principalmente la pardela cenicienta (*Calonectris*).

Otra particularidad de este ecosistema es que, debido a la proximidad de los grandes fondos a las costas, muchas especies de hábitats profundos, sobre todo las que realizan migraciones verticales nocturnas hacia aguas superficiales, están plenamente integradas en su dinámica, al contrario que ocurre en zonas continentales, donde dichas especies se encuentran a muchas millas de la costa. Éste es el caso, por ejemplo, del escolar (*Ruvettus*), el conejo (*Promethichthys*) o el zorro ojón (*Alopias*), que de día se encuentran sobre fondos batiales, por debajo de 400 m de profundidad, y por la noche ascienden hasta cerca de la superficie. El caso de las potas es aún más notorio, pues ascienden desde fondos más profundos. La importancia de este último fenómeno es considerable y podría ser uno de los motivos fundamentales que permiten situaciones tan particulares como la existencia de una población estable del calderón tropical (*Globicephala*) (ver capítulo 26) en el canal que separa Tenerife y La Gomera, una zona abrigada con respecto a los vientos dominantes y donde los fondos profundos están cercanos a la costa.

Ecosistema pelágico oceánico o de alta mar

El ecosistema pelágico de alta mar, mucho más homogéneo que el litoral, ocupa los canales que separan las islas. Aunque existe una apreciable estratificación en la composición de sus comunidades, éstas están relacionadas por migraciones diarias y estacionales de los organismos, de manera que se produce constantemente una redistribución vertical. El ecosistema se sustenta tróficamente en la producción planctónica, que pese a su pequeña biomasa en comparación con el resto de los peldaños tróficos, presenta una gran tasa de renovación que

le permite alcanzar una PPN que ha sido estimada en torno a 300 mg C/m³ día, con valores más altos a finales de invierno y primavera, cuando la renovación de los nutrientes es mayor, y más bajos el resto del año por encontrarse las aguas muy estratificadas. Por otra parte, la especial hidrografía regional, con numerosos fenómenos asociados (ver capítulo 10), provoca la concentración del zooplancton en las zonas de calma a sotavento, originando manchas que incrementan la producción piscícola pelágica y de fondo, y que podrían explicar las mayores concentraciones de peces pelágicos costeros, como caballas o sardinas, existentes a sotavento de las Islas.

La estructura de este ecosistema está en gran medida condicionada por la presencia de numerosas especies oceánicas que se acercan a Canarias en sus rutas migratorias, especialmente los atunes (*Thunnus*, *Katsuwonus*), bien tropicales (bonito, rabil, tuna) o templados (patudo, barrilote), que se sustituyen en el tiempo a lo largo del año, aportando a las Islas unas biomásas muy elevadas. Su retención temporal en nuestras aguas depende básicamente de la existencia de importantes poblaciones de presas (pelágico costeros). Las tortugas y los cetáceos forman parte también del componentes relacionado con los procesos migratorios oceánicos (ver capítulo 26), aunque, como ya se ha mencionado, algunas especies de cetáceos tienen colonias estables.

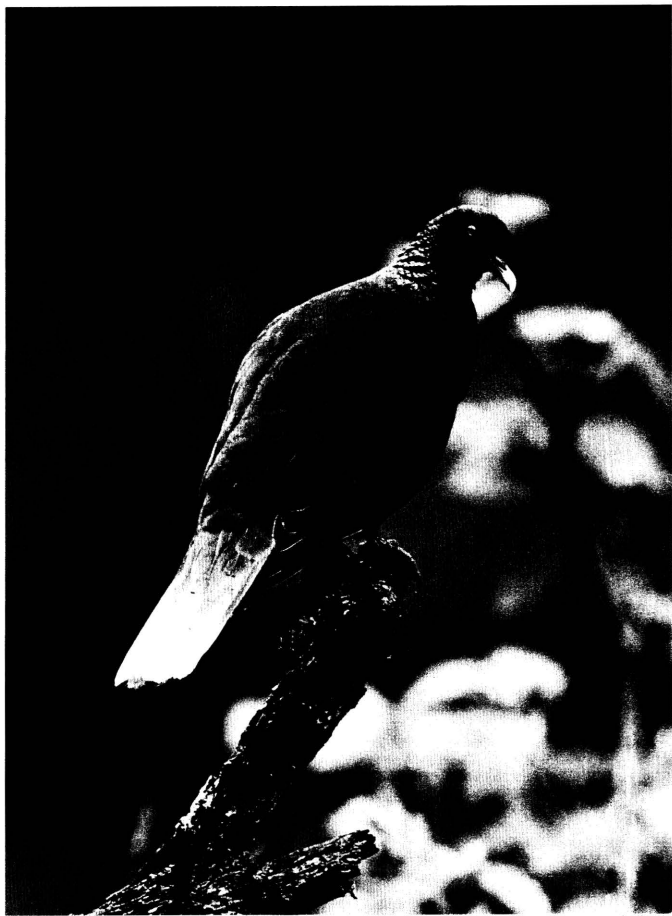


Foto: José Juan Hernández

Paloma Rabiche (*Columba junoniae*)

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2021

Capítulo 18

ESPECIES AMENAZADAS

JOSÉ GARCÍA CASANOVA, JUAN LUIS RODRÍGUEZ LUENGO Y CRISTÓBAL RODRÍGUEZ PIÑERO



En los últimos años, hablar de pérdida de biodiversidad y de extinción de especies se ha convertido en frecuente motivo de preocupación en círculos científicos, ecologistas y políticos. Más aún, todos parecen estar de acuerdo en considerar que un volumen relativamente importante de especies animales o vegetales se encuentran actualmente amenazadas en mayor o menor grado. Pero, ¿qué significa exactamente que un taxón esté amenazado?

Seguindo al *World Conservation Monitoring Centre* (1992), una especie amenazada es aquella de la que se cree que se encuentra en serio riesgo de extinción en el futuro predecible debido a factores estocásticos o deterministas que afecten a sus poblaciones o en virtud de su inherente rareza. Existen diversos indicios que pueden hacer sospechar que una especie se encuentra amenazada, tales como:

1. tamaño más o menos reducido del área de distribución conocida.
2. degradación y fragmentación del hábitat potencial.
3. escasez y disyunción acentuada de las poblaciones, sin “corredores” que las interconecten.
4. poblaciones con escaso número de individuos.
5. presencia de especies invasoras potencialmente depredadoras, con alta capacidad para competir ventajosamente, alteradoras del hábitat, con tendencia a hibridarse con las especies autóctonas o transmisoras de enfermedades o parásitos.
6. amenaza cierta o incluso desaparición de otra u otras especies simpátricas, que pudieran resultar claves para ella (v. gr. polinizadores específicos, etc.)
7. creciente uso, que pudiera derivar en sobreexplotación, de la especie
8. escasa vitalidad (baja o nula producción de flores, frutos y semillas, o viabilidad reducida de las mismas, reducción de las tasas de fertilidad, etc.)
9. ocurrencia de episodios catastróficos naturales (erupciones volcánicas, aluviones, etc.), o provocados por el ser humano (incendios, vertidos contaminantes, etc.)

Empero, estos síntomas no siempre son evidentes. Por el contrario, a veces resultan engañosos, como cuando encontramos poblaciones con bajo número de individuos y nos apre-

suramos a deducir que la especie en cuestión está amenazada. En primer lugar hay que considerar que la distribución de los taxones en el territorio no es homogénea, como tampoco es inmutable el número de ejemplares de las poblaciones, sometidas a procesos dinámicos, de carácter muchas veces periódico. En ocasiones, resulta incluso comprometido decir si la merma irreversible de los contingentes poblacionales de una especie se debe a un proceso natural (ciclo del taxón) o si son las actividades antrópicas las causantes directas o indirectas de dicho declive.

FACTORES DE AMENAZA DE LA BIOTA CANARIA

Los problemas de conservación de la biota nativa del archipiélago canario no son nuevos. Su origen se remonta al tiempo de la primera arribada del hombre a las islas, hace ahora casi tres milenios. Por lo que sabemos, los grupos humanos que fueron llegando en oleadas sucesivas a Canarias tenían una cultura neolítica y su economía estaba basada en el pastoreo, en una agricultura poco desarrollada y, esporádicamente, en la pesca, en la caza y en la recolección. Si bien la población humana que se asentó en las islas antes del siglo XV no era muy numerosa, ni poseía una tecnología avanzada, la introducción de animales domésticos en los ecosistemas insulares, el uso del fuego y el aprovechamiento directo de algunas plantas y animales autóctonos supusieron otros tantos factores de amenaza para la flora y fauna silvestres, habiéndose apuntado que la rarefacción e incluso la extinción de algunos taxones podría datar de dicha época prehistórica (ver capítulo 28).

A finales del siglo XV, tras la incorporación del archipiélago a la Corona de Castilla, comienza una nueva etapa caracterizada por la alteración y destrucción de los hábitats naturales a una escala hasta entonces desconocida, sobre todo en las zonas de medianías, donde se levantaron los principales pueblos y ciudades, se roturaron tierras para la agricultura y se talaron los bosques para la obtención de madera, leña y carbón. A lo anterior se añade un notable incremento en la introducción de plantas sinantrópicas y animales domésticos y cinegéticos, así como una intensificación de la pesca y la caza, contribuyendo todo ello a erosionar la biodiversidad original.

LOS FACTORES DE AMENAZA EN LA ACTUALIDAD

on una población humana asentada en el archipiélago que supera el millón y medio de personas y con un volumen de trece millones de turistas que lo visitan anualmente, la presión sobre el territorio, y por ende sobre las especies que en él viven, es enorme en la actualidad. Los imparable procesos de urbanización y de construcción de una intrincada red de infraestructuras han provocado la desarticulación de parte de los hábitats naturales, especialmente en las zonas bajas de las islas, así como un cúmulo de problemas asociados: sobreexplotación de los recursos hídricos, acumulación de residuos sólidos, contaminación del aire, del suelo y del agua, etc. Podemos considerar que los principales factores de amenaza que inciden actualmente sobre hábitats y especies son los siguientes:

Sobre el hábitat:

1. Degradación o destrucción, a menudo asociada con la fragmentación, de la vegetación (ver capítulo 19).
2. Alteración o destrucción del suelo. Erosión inducida por las actividades antrópicas.
3. Alteración de las condiciones físicas o químicas del medio marino o acuático.

Sobre la especie:

1. Caza, pesca, marisqueo, captura o recolección incontrolada de especímenes.
2. Molestias a los animales derivadas de actividades del hombre que ocasionen efectos negativos en cualquier etapa de su ciclo vital, particularmente durante la reproducción.
3. Intoxicación o envenenamiento por pesticidas y cebos envenenados.
4. Depredación por otras especies nativas o introducidas.
5. Acción de herbívoros silvestres introducidos sobre la flora.
6. Pastoreo, entendido como la incidencia sobre la flora de los rebaños (principalmente caprinos y ovinos), a consecuencia del consumo de plantas, pisoteo y alteración físico-química del suelo.
7. Competencia por el alimento o por el espacio con otras especies introducidas.
8. Ruptura de barreras naturales con riesgo de hibridación con especies autóctonas o exóticas.
9. Enfermedades o parásitos, particularmente los transmitidos por especies exóticas.
10. Accidentes de atropello por vehículos o embarcaciones; con tendidos eléctricos; por deslumbramiento; por impregnación

con sustancias tóxicas; con basuras; y con artes de pesca.

11. Catástrofes: incendios, erupciones volcánicas, desprendimientos, etc.
12. Plantaciones de especies vegetales exóticas.

IMPACTANCIA DE LOS FACTORES DE AMENAZA SOBRE LA FLORA Y LA FAUNA

Los factores de amenaza de la flora canaria son múltiples y variados. Autores como Médail y Quézel (1997) califican al turismo como uno de los factores de gran impacto para la flora de Madeira y Canarias, seguido del proceso urbanizador y de la industrialización, junto con las repoblaciones, y la competición con plantas introducidas con un impacto moderado, mientras que de bajo impacto señalan al sobrepastoreo y a la corta anárquica de vegetación.

Por otra parte, Maunder *et al.* (1998) apuntan al turismo y a la introducción de animales y plantas exóticas como los factores que más inciden sobre la flora canaria.

Haciendo un análisis de la situación actual, y tomando como referencia el *Libro Rojo de Especies Vegetales Amenazadas de las Islas Canarias* (Gómez Campo *et al.* 1996), resulta ser el sobrepastoreo el factor que más negativamente incide sobre el conjunto de la flora vascular de este archipiélago, con cerca de 100 especies afectadas; le siguen en orden de importancia el bajo número de individuos y de poblaciones (35), consecuencia principalmente de una reducción de sus hábitats; la recolección (32); las infraestructuras (31), que incluye entre otros a las urbanizaciones, vías de comunicación, tendi-

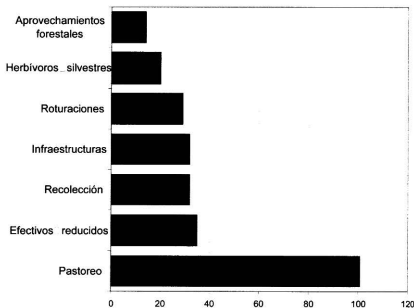


Figura 19.1

Principales amenazas de la flora vascular terrestre. Número de especies

dos eléctricos, red de distribución de aguas, etc.; roturaciones de terrenos (29) dedicados principalmente a la agricultura; herbívoros silvestres (20) donde destacan el conejo, arriú y muflón; y los aprovechamientos forestales (14). Existen otros factores que debido a su menor grado de incidencia no aparecen reflejados en la figura 18.1, entre los que merece destacar los incendios, las hibridaciones, las catástrofes naturales y las plagas. No obstante, conviene matizar que algunos de los referidos factores de amenaza, como el pastoreo, tienden a perder paulatinamente la importancia que hasta ahora habían tenido, mientras que otros, como los derivados de la creciente urbanización del territorio y la consiguiente proliferación de infraestructuras de todo tipo, o la expansión de las explotaciones agrícolas dedicadas a los cultivos de exportación, cobran una mayor relevancia.

A nivel mundial, la reducción, fragmentación y degradación de los hábitats son incuestionablemente las amenazas más significativas para la mayoría de las especies de fauna en riesgo de extinción. Estos factores afectan al 75% de los mamíferos, al 44% de las aves, al 68% de los reptiles, al 58% de los anfibios, al 55% de los peces, al 52% de los crustáceos, al 47% de los insectos, al 95% de los bivalvos y al 50% de los gasterópodos, considerados como amenazados (IUCN 1996).

Según el *World Conservation Monitoring Centre* (1992), las causas conocidas de extinción de especies animales desde el año 1600 son la introducción de animales (39%), la destrucción directa del hábitat por parte del hombre (36%), la caza y exterminio deliberado (23%) y otras (2%). En el caso particular de avifaunas insulares, los factores de amenaza son la destrucción del hábitat (50%), la distribución limitada (41%), las especies introducidas (20%), y otros factores como la caza, la

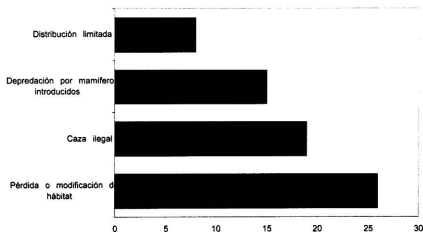


Figura 18.2

Principales amenazas de los vertebrados terrestres. Número de especies afectadas.

pesca, el comercio, el disturbio humano y las causas naturales (10%).

En Canarias, los factores de amenaza sobre los vertebrados terrestres y el número de especies afectadas por éstos son, por orden de importancia, la pérdida o modificación del hábitat (26), la caza ilegal (19), la depredación por parte de mamíferos introducidos (15), y la distribución limitada (8) (Fig. 18.2). Otros factores que afectan a un menor número de especies son el uso indebido de pesticidas y venenos, la depredación por parte de especies autóctonas, el comercio, la colecta científica y las causas naturales. En el caso de la fauna marina, siguiendo a Bonnet y Rodríguez (1992), los principales factores de amenaza sobre la misma y el número de especies afectadas son la extracción de recursos (82), la contaminación (58) y la degradación del hábitat (44).

Tabla 18.1

Número de especies vegetales de Canarias incluidas en Listas y Libros Rojos.

LISTAS Y LIBROS ROJOS	CATEGORÍAS DE AMENAZA						
	Ex	E	V	I	K	R	Nt
Lucas y Syngé (1978)	1	5	4				1
Threatened Plant Unit (1983)	1	67	136	7	37	126	150
Barreno <i>et al.</i> (1984)	1	129	121	4	22	131	158
Bramwell y Rodrigo (1984)		75	110	2			80
Gómez Campo <i>et al.</i> (1996)		105	118		8	57	12
Walter y Gillett (1998)	2	124	159	6		151	

Ex = extinta en la naturaleza; E = en peligro; V = vulnerable; I = indeterminada; K = insuficientemente conocida; R = rara; Nt = no amenazada.

Tabla 18.2

Vertebrados endémicos de Canarias incluidos en los Libros Rojos.

Especie	Libro Rojo
Reptiles	
Lisneja (<i>Chalcides simonyi</i>)	a b
Lagarto Gigante de El Hierro (<i>Gallotia simonyi</i>)	a b c
Aves	
Ostrero unicolor (<i>Haematopus meadewaldoi</i>) (1)	b c
Paloma turqué (<i>Columba bollii</i>)	a b c
Paloma rabiche (<i>Columba junoniae</i>)	a b c
Pinzón azul (<i>Fringilla teydeae</i>) (2)	a b c
Tarabilla canaria (<i>Saxicola dacotiae</i>)	a b c
Mamíferos	
Rata Gigante de G. Canaria (<i>Canariomys tamarani</i>) (1)	c
Musaraña canaria (<i>Crociodura canariensis</i>)	a b c
Musaraña de Osorio (<i>Crociodura osorio</i>)	a b c
Murciélago orejudo canario (<i>Plecotus teneriffae</i>)	a b c

a: Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Canarias (Martin et al. 1990).

b: Libro Rojo de los Vertebrados de España (Blanco y González 1992).

c: 1996 IUCN Red List of Threatened Animals (IUCN 1996).

(1) Se considera como especie extinguida.

(2) El Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Canarias y el Libro Rojo de los Vertebrados de España, solamente se refieren a la subespecie *F. t. polatzeki*.

ESTADO DE LA CONSERVACIÓN DE LA BIOTA CANARIA

En lo que se refiere a la flora vascular del archipiélago, cuyo componente endémico se cifra en torno a 540 especies exclusivas de estas islas más otras 62 de distribución macaronésica (*s.l.*), diferentes listas o libros "rojos", elaborados siguiendo los criterios de la IUCN, coinciden en incluir numerosas especies canarias en alguna categoría de amenaza, tal como se desprende de la tabla 18.1, en la que los datos iniciales y finales están separados por un lapso de 20 años.

En el caso de la fauna, en la tabla 18.2 se muestran los vertebrados endémicos de Canarias que han sido tratados por diferentes Libros Rojos. Menos atención, sin embargo, ha sido prestada a los invertebrados del archipiélago, pues sólo 27 especies endémicas de este grupo han sido incluidas en la publicación 1996 IUCN Red List of Threatened Animals: 4 coleópteros ditiscidos y 23 moluscos terrestres.

Ahora bien, los listados de este tipo no dejan de ser sólo una aproximación al problema real. Las imprecisiones imputables a este tipo de documentos pueden ser de muy diversa

indole. Por ejemplo, hay que tener en cuenta la falta de homogeneidad en la valoración de las especies amenazadas, toda vez que suelen ser diferentes expertos los que elaboran la información, cada cual con una experiencia y unos criterios no siempre equiparables. Por otra parte, la cantidad y calidad de información disponible en cada lugar y momento puede normalmente cambiar, con lo que las apreciaciones sobre si una especie está amenazada y en qué grado, varían consecuentemente. Asimismo, hay que tener en cuenta que algunas obras tienen un formato rígido, que limita de antemano el número de especies amenazadas que se quieren incluir, con lo que las cifras globales pueden ser engañosas. Por otra parte, es evidente que la apreciación del grado de amenaza depende de la escala (local, regional, nacional o mundial) a la que se consideran las especies. Tampoco podemos menospreciar cierta carga de subjetivismo de carácter catastrofista o incluso con tintes chovinistas que distorsiona una visión ajustada de lo que está sucediendo realmente, aunque la aplicación de las nuevas categorías adoptadas por la IUCN a partir de 1994 pretende paliar dicho subjetivismo. En definitiva, la falta de una adecuada información es, probablemente, el defecto que muchas veces nos impide hacer un diagnóstico certero de la situación.

Taxones más amenazados de la flora vascular de Canarias

En función de los factores de amenaza anteriormente comentados, las estirpes de la flora vascular nativa del archipiélago que se encuentran en una situación más crítica de conservación serían, a nuestro entender, las recogidas en la tabla 18.3:

Este listado tentativo aún es provisional y requiere ser revisado a la luz de los nuevos conocimientos sobre la corología, genética, dinámica de poblaciones, biología reproductiva, etc. Respecto a los diferentes grupos de criptógamas, la información es en muchos casos deficiente o muy deficiente, siendo un tanto aventurado, por ahora, establecer una lista con los taxones más amenazados.

Taxones más amenazados de la fauna de Canarias

Según IUCN (1996), a nivel mundial, el 25% de los mamíferos, el 11% de la avifauna y, aproximadamente, el 20% de los reptiles y el 25% de los anfibios están amenazados.

En Canarias, como se puede observar en la tabla 18.4, la proporción mayor de especies amenazadas de la fauna terrestre está en los mamíferos (45%) y las aves (35,2%), seguida de los reptiles (20%). El relativamente bajo porcentaje de especies amenazadas entre los invertebrados debe ser tomado con precaución, dado el escaso conocimiento que se tiene del estado de conservación de muchos de ellos; en todo caso, este grupo faunístico es el que cuenta con mayor número de especies en esta situación.

Tabla 18.3

Taxa de la flora vascular canaria con mayores problemas de conservación.

<i>Anagyris latifolia</i>	<i>Isoplexis chalcantha</i>
<i>Androcymbium hierrense</i>	<i>Isoplexis isabelliana</i>
<i>Asp. macrospermum</i>	
<i>Argyranthemum lidii</i>	<i>Kunkeliella canariensis</i>
<i>Argyranthemum sundingii</i>	<i>Kunkeliella psilotoclada</i>
<i>Asparagus fallax</i>	<i>Kunkeliella subsucculenta</i>
<i>Atractylis arbuscula</i>	<i>Limonium dendroides</i>
<i>Atractylis preauxiana</i>	<i>Limonium spectabile</i>
<i>Barlia metlesicsiana</i>	<i>Lotus berthelotii</i>
<i>Bencomia brachystachya</i>	<i>Lotus eremiticus</i>
<i>Bencomia exstipulata</i>	<i>Lotus kunkelii</i>
<i>Bencomia sphaerocarpa</i>	<i>Lotus maculatus</i>
<i>Cheirolophus duranii</i>	<i>Lotus pyranthus</i>
<i>Cheirolophus falcisectus</i>	<i>Myrica rivis-martinezii</i>
<i>Cheirolophus metlesicii</i>	<i>Normania nava</i>
<i>Cheirolophus santos-abreui</i>	<i>Onopordon carduelinum</i>
<i>Cheirolophus sventenii</i> ssp. <i>gracilis</i>	<i>Onopordon nogalesii</i>
<i>Convolvulus subauriculatus</i>	<i>Parolinia glabriuscula</i>
<i>Crambe sventenii</i>	<i>Pericallis appendiculata</i> var. <i>preauxiana</i>
<i>Dorycnium spectabile</i>	<i>Pericallis hadrosoma</i>
<i>Dracaena tamaranae</i>	<i>Pulicaria burchardii</i>
<i>Echium acanthocarpum</i>	<i>Ruta microcarpa</i>
<i>Echium handiense</i>	<i>Salvia herbanica</i>
<i>Euphorbia bourgeauana</i>	<i>Sambucus palmensis</i>
<i>Euphorbia mellifera</i>	<i>Satureia anagae</i>
	(= <i>Micromeria glomerata</i>)
<i>Globularia ascanii</i>	<i>Sideritis cystosiphon</i>
<i>Globularia sarcophylla</i>	<i>Sideritis discolor</i>
<i>Helianthemum bramwelliorum</i>	<i>Solanum lidii</i>
<i>Helianthemum bystropogophyllum</i>	<i>Solanum vespertilio</i> ssp. <i>doramae</i>
<i>Helianthemum cirae</i>	<i>Stemmacantha cynaroides</i>
<i>Helianthemum gonzalezferri</i>	<i>Tanacetum oshanahanii</i>
<i>Helianthemum inaguae</i>	<i>Teline nervosa</i>
<i>Helianthemum juliae</i>	<i>Teline rosmarinifolia</i> ssp. <i>eurifolia</i>
<i>Helianthemum teneriffae</i>	<i>Teline salsoloides</i>
<i>Helichrysum alucense</i>	<i>Tolpis glabrescens</i>
<i>Hypochoeris oligocephala</i>	<i>Zostera noltii</i>
<i>Ilex perado</i> ssp. <i>lopezilloi</i>	

Tabla 18.4

Estado de conservación de la fauna terrestre de Canarias.

	Nº Especies (1)	Amenazadas (2)	Porcentaje (%)
Invertebrados	7.152	312	4,36
Peces	5	0	0
Anfibios	2	0	0
Reptiles	15	3	20
Aves	76	27	35,52
Mamíferos	20	9	45
Total	7.270	351	4,82

(1) Machado (1998). Para las aves sólo se consideran las nidificantes y se han actualizado las cifras, incluyendo las subespecies.

(2) Modificado de Martín et al. (1990), salvo invertebrados cuya fuente es Rodríguez Santana (1995).

Tabla 18.5

Estado de conservación de la fauna marina de Canarias.

	Nº Especies (1)	Amenazadas (2)	Porcentaje (%)
Invertebrados	4.283	48	1,12
Peces	680	23	3,38
Reptiles	5	5	100
Aves	10	8	80
Mamíferos	25	20	80
Total	5.003	104	2,07

(1) Machado (1998). Para las aves sólo se consideran las nidificantes y se han actualizado las cifras.

(2) Bonnet y Rodríguez (1992).

mero de especies presentes en las aguas de Canarias. Al igual que en el caso de los invertebrados terrestres, y por similares motivos, el reducido porcentaje de invertebrados marinos amenazados debe ser tomado con cautela.

Los vertebrados terrestres endémicos a nivel específico o subespecífico que, en nuestra opinión, se pueden considerar amenazados se relacionan en la tabla 18.6. Entre ellos cabe destacar tres reptiles: el lagarto gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi*), el lagarto moteado (*Gallotia intermedia*) y el lagarto gigante de La Gomera (*Gallotia gomeraana*); y dos aves: el pinzón azul de Gran Canaria (*Fringilla teydea polatzeki*) y la terrera marismeña (*Calandrella rufescens rufescens*).

Las amenazas derivadas de las actividades antrópicas, que muy probablemente han provocado ya la extinción de algunas de las originales formas de vida autóctonas del archipiélago, están minando la extraordinaria aunque frágil biodiversi-

En lo que se refiere a la fauna marina (Tabla 18.5), entre los vertebrados destaca el elevado porcentaje de reptiles, aves y mamíferos amenazados. Así, la totalidad de las tortugas marinas y la mayoría de las aves marinas y los cetáceos, se consideran amenazados. Los peces, aunque cuentan con mayor número de especies amenazadas que los grupos antes citados, porcentualmente sólo suponen el 3,38%, dado el elevado nú-

Tabla 18.6

Vertebrados terrestres endémicos amenazados de Canarias.

Nombre científico	Nombre común	Endemicidad
Reptiles		
<i>Chalcides simonyi</i>	Lisneja	EEC
<i>Gallotia gomerana</i> (*)	Lagarto Gigante de La Gomera	EEC
<i>Gallotia intermedia</i> (*)	Lagarto moteado	EEC
<i>Gallotia simonyi</i> (*)	Lagarto Gigante de El Hierro	EEC
<i>Gallotia atlantica laurae</i>	Lagarto atlántico	EEC-SEC
<i>Gallotia galloti insulanagae</i>	Lagarto del Roque de Fuera de Anaga	EEC-SEC
Aves		
<i>Columba junoniae</i>	Paloma rabiche	EEC
<i>Columba bollii</i>	Paloma turqué	EEC
<i>Saxicola dacotiae</i>	Tarabilla canaria	EEC
<i>Fringilla teydea polatzeki</i> (*)	Pinzón azul de Gran Canaria	EEC-SEC
<i>Chlamydotis undulata fuertaventurae</i>	Hubara canaria	SEC
<i>Tyto alba gracilirostris</i>	Lechuza	SEC
<i>Burhinus oedicephalus distinctus</i>	Alcaraván	SEC
<i>Dendrocopos major canariensis</i>	Pico Picapinos de Tenerife	SEC
<i>Parus caeruleus degener</i>	Herrerillo	SEC
<i>Calandrella rufescens rufescens</i> (*)	Terrera marismaña	SEC
Mamíferos		
<i>Plecotus teneriffae</i>	Orejudo canario	EEC
<i>Crocivora osorio</i>	Musaraña de Osorio	EEC
<i>Crocivora canariensis</i>	Musaraña canaria	EEC

EEC: Especie endémica de Canarias

SEC: Subespecie endémica de Canarias

(*): Elevado riesgo de extinción

dad de Canarias. El mítico Jardín de las Hespérides continuará empobreciéndose paulatinamente hasta convertirse en un misero parque periurbano, a no ser que cambie profundamente el estilo de desarrollo imperante. Para ello es imprescindible que el conjunto de la sociedad canaria sea cada

día más consciente del problema y modifique consecuentemente sus actitudes, hábitos y conductas. Sólo así, se podrán compaginar las legítimas aspiraciones de bienestar social con la conservación de un patrimonio natural del que, en última instancia, depende la supervivencia de todos.

Capítulo 19

FRAGMENTACIÓN DE
LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

JUAN DOMINGO DELGADO, JOSÉ RAMÓN ARCO Y JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ-PALACIOS



La actual Ley de Espacios Naturales de Canarias contempla, mediante alguna de las ocho figuras legales de protección, la existencia de 145 espacios que abarcan una superficie total de 301.161,9 hectáreas (ver capítulo 50), que representan aproximadamente el espectro de hábitats diferenciables en el Archipiélago Canario. Si bien algunas de estas áreas se encuentran mejor conservadas que otras (esto es, algunas parecen más cerca de su probable estado original), no son ni mucho menos hábitats en estado pristino. De hecho, tres de los principales ecosistemas nativos del archipiélago, a saber, las formaciones termófilas, la laurisilva y el pinar, son buenos ejemplos de cómo el hombre ha reducido y modificado los hábitats insulares.

Los aprovechamientos que efectuó la población neolítica prehispanica sobre los recursos vegetales (pastoreo, recolección y agricultura de subsistencia), respetaron al parecer la integridad de las masas boscosas de las islas occidentales. Los aborígenes limitaron el uso de los recursos vegetales forestales a la recogida de frutos, leña, madera para armas y utensilios y quizá al aprovechamiento de los claros para un cultivo precario de gramíneas. El pastoreo aborigen pudo ejercer, sin embargo, alguna presión sobre el sotobosque de los principales ecosistemas forestales, pero las áreas de pasto principales se encontraban, en las islas occidentales, en dominio del matorral de costa y de cumbre, por lo que esta afeción sería sólo marginal (García Morales 1989).

La regresión y alteración antrópica masiva de los ecosistemas canarios se intensificó a partir de la conquista de las Islas en 1496 (Galván 1993). Para algunas islas, los primeros documentos históricos sobre explotación forestal masiva se cifran con anterioridad, entre 1464 y 1472. Desde principios del siglo XVI las islas comenzaron a experimentar una deforestación verdaderamente grave, sufriendo los mayores daños entre la conquista y finales del siglo XVIII (Arco *et al.* 1992). Los primeros asentamientos urbanos buscaban la proximidad de los dos recursos más necesarios en aquel momento, el agua y la madera, además de unas condiciones climáticas benignas y tierras de labranza apropiadas. Las diversas actividades económico-productivas de los nuevos pobladores forzaron la eliminación y alteración de la masa forestal existente desde muy

distintos ángulos (Tabla 19.1). Entre los siglos XVI y XIX, la población canaria se multiplica casi por diez, generando una necesidad dramática de tierras que incrementó la intensidad de las talas para proveer nuevos terrenos para el abastecimiento agrícola y la vivienda. Como ejemplo, hacia 1865 la superficie ocupada por el pinar canario natural en Tenerife se había reducido de unas 50.000 hectáreas (estimación del área potencial de este bosque en el momento de la Conquista), a unas 23.818 hectáreas (Arco *et al.* 1992). Por su parte, el bosque de laurisilva en las islas occidentales se encuentra restringido actualmente a menos de un 10 % de su superficie potencial (Santos 1990, Rivas-Martínez *et al.* 1993). El caso más drástico en cuanto a este bosque lo representa la laurisilva de Gran Canaria, que se encuentra actualmente reducida a menos del 1 % de su superficie potencial.

La preocupación por esta pérdida de superficie forestal se hace patente hace ya más de un siglo, con referencias textuales a la reducción y aislamiento de pequeñas manchas boscosas en forma de fragmentos remanentes (p.e. Berthelot 1880). La importancia que el problema de la deforestación tiene para la integridad ecológica (y por ende, para la económica) inclinó a las autoridades, a realizar reforestaciones en todo el territorio insular afectado, incluso donde antes nunca había crecido el bosque de manera espontánea. Sin embargo, en muchas ocasiones las especies de repoblación utilizadas lo fueron sólo en virtud de su aprovechamiento maderero, y resultaron agresivas o inadecuadas para la regeneración o el mantenimiento de los ecosistemas originarios. Algunas de tales especies se comportan como invasoras de los bosques autóctonos de Canarias (p.e. los eucaliptos, *Eucalyptus globulus*, los pinos americanos, *Pinus radiata* o los castaños, *Castanea sativa*) y forman manchas de cierta entidad (ver capítulo 32). Algunas repoblaciones con especies autóctonas, por otro lado, consiguieron incrementar la superficie forestal de ecosistemas como el pinar en las islas occidentales, compensando las pérdidas ingentes sufridas siglos atrás. Además, a tal recuperación han contribuido, en las últimas décadas del siglo XX, los cambios en el sistema económico, con una disminución (e incluso abandono) de las actividades agrarias y pastoriles en áreas forestales potenciales.

Tabla 19.1

Actividades causantes de la deforestación, fragmentación y alteración de los bosques canarios entre los siglos XV-XX (Varias fuentes).

Tipo de actividad	Ecosistemas afectados	Efectos y demandas colaterales de productos forestales
Industria peguera (extracción de pez)	Pinar, Laurisilva	- Incendios provocados - Demanda de madera para combustible y recipientes de pez - Extracción de los pinos más viejos para la provisión de tea
Industria azucarera (ingenios azucareros)	Laurisilva, Bosque Termófilo	- Utilización de la costa para establecimiento del ingenio - Demanda de leña para las calderas, y madera para recipientes de azúcar y estructura del ingenio; extracción de cenizas del almárgico (<i>Pistacia atlantica</i>) para obtención de lejía
Construcción de viviendas	Pinar, Laurisilva, Bosque Termófilo	- Retroceso del bosque ante el poblamiento; extracción maderera para edificación y enseres
Construcción de medios de transporte (barcos y carretas)	Pinar, Laurisilva, Bosque Termófilo	- Extracción de madera para construcción y exportación - Uso de la pez para calafateado de los barcos
Actividades agrícolas y relacionadas	Pinar, Laurisilva, Bosque Termófilo	- Construcción de aperos de labranza e instalaciones (molinos, colmenas, etc.) - Resalveo de la laurisilva (extracción selectiva de varas para soporte de los viñedos) - Uso del mantillo del bosque y <i>monte picado</i> como fertilizante
Carboneo	Pinar, Laurisilva, Bosque Termófilo	- Extracción de leña para fabricar carbón
Canalización del agua	Pinar, Laurisilva	- Uso de madera para los canales
Uso medicinal	Pinar, Laurisilva, Bosque Termófilo	- Aprovechamiento económico y popular
Uso de la madera como moneda	Pinar, Laurisilva, Bosque Termófilo	- Aprovechamiento económico y popular
Pastoreo	Pinar, Laurisilva, Bosque Termófilo	- Aclarados o talas del bosque para pastos (adhesamiento); uso de pinocha y monte picado como cama del ganado

En suma, todo este conjunto de eliminaciones y transformaciones de los ecosistemas primitivos de Canarias ha contribuido a conformar un mosaico ecológico y paisajístico complejo, donde los restos de aquéllos se intercalan con, y resultan aislados por, las zonas antropizadas, que incluyen áreas urbanizadas, espacios agrarios e infraestructuras de conexión. Esta organización en mosaico depende del tipo de suelo, pendiente, orientación, altitud, etc., que determina los diversos tipos de vegetación (Fernández-Palacios y de Nicolás 1995); de las alteraciones naturales (incendios, desprendimientos, vendavales, plagas, etc.), que introducen variabilidad sobre el anterior patrón (Forman 1998); y por último, de las alteracio-

nes antrópicas (directas o indirectas) dentro y fuera de las manchas de vegetación (p. e. tratamientos selvícolas, contaminación, invasión por especies exóticas, etc.) (Höllermann 1981, Parsons 1981).

El proceso de fragmentación de nuestros ecosistemas se concreta pues, en una serie de efectos interrelacionados y jerárquicos: 1) La eliminación neta de superficie de los hábitats naturales, 2) la división de los mismos en fragmentos de menor extensión, y 3) los cambios posteriores que ocurren en el seno de esas manchas de hábitat individualizadas (Forman y Godron 1986).

FRAGMENTACIÓN DE LOS BOSQUES CANARIOS

En este capítulo realizamos un análisis preliminar sobre el estado actual de los bosques de Canarias, en cuanto a su distribución fragmentaria, la superficie ocupada por los restos, su nivel de agregación, y los procesos que la fragmentación (tomando como ejemplo la inducida por la infraestructura viaria) provoca en el seno de las manchas de vegetación. El estudio se aborda a dos escalas de análisis. La primera se sitúa a escala insular, considerando los ecosistemas de cada isla. Junto con la pérdida de hábitat, la fragmentación comporta un proceso de *insularización*. Mediante este proceso, los restos de hábitat respetados por el hombre se organizan como islas aisladas entre sí y de otras manchas más extensas, por una matriz de hábitat antrópico, por analogía con las verdaderas islas oceánicas (MacArthur y Wilson 1967). Este esquema se complica si consideramos que los fragmentos son islas de hábitat englobadas dentro de islas oceánicas, por lo que su dinámica podría ser distinta en contraste con los hábitats continentales. Además, las islas fragmentarias de paisaje se rodean de una matriz heterogénea en composición y estructura. El segundo nivel trata de los procesos que tienen lugar dentro de cada fragmento. Dentro de éstos,

las vías de transporte (carreteras y pistas) y otras estructuras artificiales, eliminan hábitat al tiempo que dividen (en cierto modo, insularizan) las manchas de vegetación (Forman 1998).

En conjunto, cada uno de los ecosistemas forestales de Canarias se encuentra reducido a un número variable de restos (1-58), según se observa en la distribución de los fragmentos por islas o dentro de cada piso de vegetación (Tabla 19.2). El número total de restos existente en el archipiélago es de 104 para el bosque termófilo, 111 para la laurisilva y 99 para el pinar. En la figura 19.1 se muestra una clasificación de los restos de los principales ecosistemas en función de su superficie. La evaluación del grado de fragmentación de los ecosistemas canarios depende de varios factores, como la distribución de la superficie actual total del ecosistema zonal entre los distintos fragmentos (que es muy desigual), el tipo de matriz envolvente, y la fragmentación atribuible a condicionantes naturales (fisiográficos, edáficos, etc.). Además, debe considerarse que numerosos restos forestales y de matorral observados en la actualidad son realmente manchas derivadas, por sucesión secundaria, de zonas que en algún momento fueron alteradas, taladas o explotadas por el hombre.

Tabla 19.2

Cuantificación preliminar del grado de fragmentación de los ecosistemas forestales canarios (Fuente: Santos 1980, escala del mapa: 1/200.000).

Se tuvo en cuenta la categorización de ecosistemas potenciales y de sustitución dada originalmente por esta fuente. Las distancias medias entre fragmentos están calculadas sólo para la laurisilva y el pinar en las islas centrooccidentales. En La Gomera sólo se contabilizaron dos fragmentos de monteverde por lo que no se calcularon las distancias medias.

Isla	Tipo de Bosque	Área (km ²)	Nº de fragmentos	Tamaño de los fragmentos (km ²) (media ± DT)	Distancia al fragmento más cercano (km) (media ± DT)
Lanzarote	Termófilo	0,63	1	0,63	
Fuerteventura	Termófilo	1,73	2	0,86 ± 0,68	
Gran Canaria	Termófilo	14,19	30	0,47 ± 0,61	
	Monteverde	8,36	15	0,56 ± 0,62	1,10 ± 1,12
Tenerife	Pinar	9,61	17	5,39 ± 10,98	0,58 ± 1,47
	Termófilo	18,06	20	0,90 ± 0,96	
	Monteverde	108,05	22	4,91 ± 11,33	0,86 ± 1,09
La Gomera	Pinar	235,66	20	11,78 ± 23,68	0,89 ± 0,99
	Termófilo	64,61	30	2,15 ± 6,01	
	Monteverde	55,81	2	27,91 ± 39,07	
La Palma	Pinar	0,81	3	0,27 ± 0,07	
	Termófilo	1,34	12	0,11 ± 0,07	
	Monteverde	108,26	58	1,87 ± 8,02	0,31 ± 0,34
El Hierro	Pinar	224,44	55	4,08 ± 27,66	0,26 ± 0,21
	Termófilo	11,56	9	1,28 ± 1,30	
	Monteverde	23,36	14	1,67 ± 4,40	0,68 ± 1,28
	Pinar	32,59	4	8,15 ± 8,34	0,70 ± 0,87

Cuando se analiza la casuística existente en la fragmentación de estos bosques, podemos observar cuatro tendencias diferentes en la distribución de los restos. La distribución actual de los bosques canarios puede estar constituida por a) un área total grande y poco fragmentada ("áreas continuas") (por ejemplo, monteverde de La Gomera o pinar de Tenerife); b) un área total grande pero muy fragmentada (monteverde de La Palma); c) un área total pequeña y poco fragmentada (pinar de El Hierro); y finalmente, d) un área total pequeña y muy fragmentada (bosque termófilo y monteverde de Gran

La Palma, muestra el mayor nivel de fragmentación para el conjunto de sus bosques. Tenerife, El Hierro y Gran Canaria muestran grados de fragmentación global intermedios, creciendo por este orden. Finalmente, en Lanzarote y Fuerteventura, los restos termófilos están apenas representados en la actualidad.

Los ecosistemas canarios se organizan en bandas altitudinales de amplitud variable en función de la superficie y altitud insular, orientación, pendiente, etc. (Fernández-Palacios y de Nicolás 1995). Por tanto, sus restos no se distribuyen al azar por el paisaje insular, sino que quedan comprendidos dentro de las bandas altitudinales de su rango potencial (p. e. el monteverde se enmarca en las vertientes orientadas a barlovento de las islas occidentales, bajo la influencia de los vientos alisios), y dentro de la matriz antropizada. Esto es importante por cuanto los mismos condicionantes topográficos y climáticos que afectan a la zonación de los ecosistemas, influyen en parte en los asentamientos humanos y en su capacidad de alteración del medio, lo que contribuye a determinar las características de la matriz que engloba los fragmentos. Cuando la matriz es el componente más extenso del paisaje, ejerce un mayor grado de control de los flujos de materia y energía sobre los elementos circundantes que cualquier otro elemento presente, incluidos los restos de hábitat original (Forman 1998). En nuestro caso, hemos tomado como matriz del hábitat remanente primario (o potencial) el espacio restante que implica las formaciones de sustitución, áreas cultivadas y urbanizadas.

La matriz que envuelve los ecosistemas zonales es en sí misma un mosaico complejo de distintos ecosistemas, naturales o antrópicos. El valor conservacionista de estos fragmentos de hábitat no sólo depende de su estructura y composición específica, sino también de en qué medida se asemejan a su contexto ecológico o matriz (Harris 1984). El área funcional de un fragmento dado tiende a crecer con la similitud entre su estructura y la de la matriz. Por tanto, las especies animales y vegetales que medran en él podrán opcionalmente moverse a través de dicho entorno similar, y usarlo como hábitat alternativo.

Otro componente importante de la fragmentación es la distancia que media entre los restos de vegetación, determinando su grado de insularización (Fig. 19.1). Si suponemos un ecosistema dividido en restos de igual área, cuanto mayor

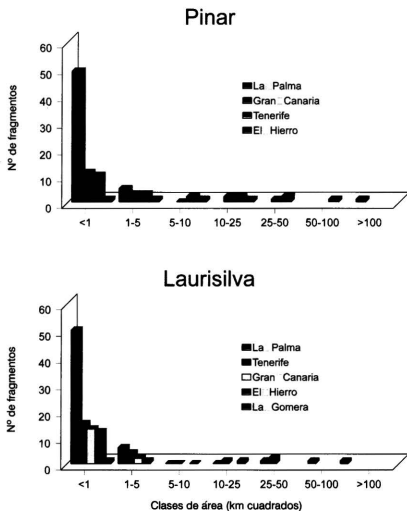


Figura 19.1

Distribución según clases de área (km²) de los fragmentos de pinar y laurisilva de Canarias (elaborada a partir de la cartografía de Santos 1980).

Canaria, bosque termófilo de La Palma). Esta organización espacial de los restos de hábitats muestra una complejidad que debe ser evaluada bajo distintas ópticas, como la biogeografía insular y la ecología del paisaje.

La Gomera es la isla con un menor grado de fragmentación en las formaciones termófilas y el monteverde, mientras

es la distancia media entre fragmentos, o entre éstos y las últimas grandes áreas continuas remanentes, menor es la densidad de los restos de hábitat a preservar. La importancia conservacionista de este factor radica en que es preferible (aunque raramente posible) preservar y gestionar una gran superficie poco fragmentada que la misma escindida en numerosos restos aislados entre sí (Harris 1984). La capacidad dispersiva y colonizadora, así como el tamaño de los organismos, son variables que afectan a su susceptibilidad a las grandes distancias de separación entre fragmentos (Saunders et al. 1991).

Los efectos de distancia-área del fragmento actúan limitando o impidiendo la dispersión y reduciendo el tamaño de las poblaciones. En los ecosistemas canarios, las distancias entre fragmentos están restringidas ya por los propios límites de la superficie insular, por comparación con la mayor disponibilidad de área total en el continente. Algunas especies de vertebrados canarios, como por ejemplo las aves rapaces o las palomas de laurisilva, según se deduce de estudios realizados en el continente con grupos similares, son potencialmente más sensibles al efecto de reducción del hábitat aparejado a la fragmentación, que a la propia distancia entre fragmentos relativamente próximos. Por contra, especies de menor tamaño y requerimientos espaciales más discretos (algunos invertebrados, reptiles o micromamíferos) pueden encontrar en la discontinuidad hábitat-matriz una barrera insalvable. En este caso, pueden formarse poblaciones fragmentadas (metapoblaciones) a causa del aislamiento, en donde la dinámica poblacional opera a dos escalas: entre fragmentos y dentro de fragmentos. En las islas Canarias, las distancias medias entre fragmentos de laurisilva o pinar son en general inferiores a un kilómetro, con la excepción de la laurisilva de Gran Canaria, donde el grado de aislamiento es algo mayor (Tabla 19.2). La isla de La Palma muestra las menores distancias entre fragmentos de los bosques de laurisilva y pinar, lo que equivale a decir que sus restos se encuentran distribuidos según el patrón más denso del archipiélago (compárese esta información con la de la figura 19.1). En el otro extremo, Gran Canaria ostenta la organización más dispersa del monteverde, con escasos fragmentos relativamente alejados entre sí. De hecho, existe una relación entre el número de fragmentos de un ecosistema y el grado de aislamiento medio entre los mismos, que se hace más patente en este territorio insular limitado.

Efectos de la fragmentación por carreteras en los bosques canarios

Los efectos de la fragmentación no se limitan a la eliminación de hábitat natural, sino que aíslan trozos de un hábitat que antes no mostraba solución de continuidad. En ocasiones, la vegetación originaria que aún persiste conecta, a modo de pasillo o corredor, dos fragmentos diferenciados. Estas bandas representan hábitat utilizable por determinadas especies,

y a través de ellas se producen movimientos de dispersión tanto animal como vegetal. Estos movimientos pueden darse en sentido longitudinal y transversal, por lo que tales bandas de conexión se pueden considerar *corredores* para la vida salvaje. Por su parte, las carreteras y otras estructuras de interconexión artificiales sirven precisamente como corredores para el movimiento del hombre. Puesto que tales estructuras además facilitan o introducen directamente diversas perturbaciones en el ecosistema envolvente, las podemos tratar como *corredores de perturbación*, que sirven como vectores de introducción de especies extrañas al ecosistema que atraviesan. Si bien las carreteras en el archipiélago tienen importantes efectos sobre la fauna, no existen en Canarias especies autóctonas de grandes vertebrados (salvo ciertas aves) que pudieran ver interceptadas sus áreas de campeo o dominios vitales, como es el caso para los mamíferos de gran talla en áreas continentales. En cuanto a los efectos de estas estructuras sobre la fauna canaria, se dispone de resultados preliminares obtenidos para tres grupos zoológicos (invertebrados—moluscos terrestres e isópodos—, reptiles y micromamíferos), que se resumen y discuten a continuación.

Efectos sobre la fauna

Distintos grupos zoológicos suelen mostrar distinta sensibilidad a la presencia de la frontera abrupta impuesta por una carretera o pista forestal. Por ejemplo, ciertas babosas endémicas de Canarias del género *Insulivitrina* (moluscos pulmonados) muestran una microdistribución espacial nitidamente interrumpida por las pistas y carreteras forestales (Fig. 19.2). Las carreteras asfaltadas son menos permeables al paso de distintos tipos de invertebrados que las pistas sin revestir, en función de la mayor intensidad de tráfico y factores microclimáticos, y esto se aprecia en el caso de las babosas y de las cochinillas de humedad (crustáceos isópodos) en la laurisilva (Fig. 19.2). Uno de los factores ambientales más influyentes sobre estos animales epiedáficos es la cobertura de mantillo vegetal, que decrece por término medio en la proximidad del corredor. Una escasa variación en este factor a partir del borde implicó una homogeneidad en la abundancia de estos invertebrados, probablemente favoreciendo la estabilidad de este microhábitat.

Para el lagarto tizón (*Gallotia galloti*), los patrones de distribución en función de la distancia a los bordes de pistas o carreteras forestales difieren según el tipo de bosque considerado (pinar o laurisilva). Estas dos formaciones contrastan en estructura y composición florística. En el pinar, el lagarto exhibe un mayor grado de penetración que en la laurisilva madura, donde queda más restringido a las bandas marginales de los corredores (Fig. 19.3). El porte arbustivo y régimen térmico especial creados en pistas y carreteras, permiten la penetración y supervivencia de estos reptiles heliotérmicos en una matriz de hábitat forestal, de otro modo hostil.

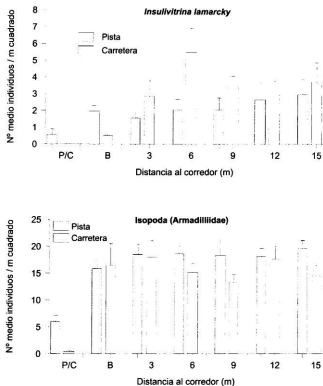


Figura 19.2

Variación en la abundancia del molusco pulmonado *Insulivtrina lamarcky* y de varias especies de cochinillas de humedad (crustáceos isópodos) en función de la distancia a dos tipos de corredores de perturbación (carreteras y pistas forestales) en la laurisilva de Tenerife. P/C = observaciones hechas en el firme de la pista/carretera; B = borde del corredor, a 1 m del firme de la vía.

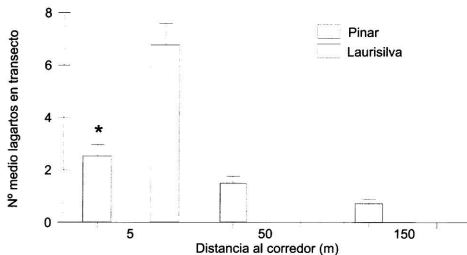


Figura 19.3

Variación en la abundancia del lagarto *Gallotia galloti* en función de la distancia a pistas o carreteras (datos agrupados para ambos corredores) en el pinar y la laurisilva de Tenerife. Se realizaron transectos con una longitud total de 2,3 km a cada distancia del corredor en el pinar y 1,3 km por cada distancia en laurisilva, contando los lagartos dentro de una banda de 5 m de anchura. * = Diferencias significativas entre 5 y 50 m.

Algunas especies animales introducidas por el hombre, como la rata negra (*Rattus rattus*), se han extendido por la práctica totalidad de los ecosistemas canarios, comportándose como depredadores de un buen número de plantas y animales nativos (Delgado 2000, en prensa). Se ha estimado la abundancia relativa de las ratas según la distancia a las carreteras, a partir de su intensidad de búsqueda y consumo de alimento (Fig. 19.4). Por un lado, a juzgar por la proporción de cebos encontrados y consumidos tras una noche de exposición, las ratas desarrollan una actividad de forrajeo mucho más intensa en la laurisilva que en el pinar. Por otro, en ambos bosques las ratas exhiben una mayor intensidad de búsqueda de alimento (que podría traducirse en un mayor presión depredadora) en los bordes de las carreteras que en el interior de la masa boscosa (Delgado *et al.* en prensa).

A efectos de la gestión, desde una perspectiva ecológica, nos enfrentamos a dos problemas distintos: 1) la influencia del entorno o matriz sobre los fragmentos, y 2) la dinámica o comportamiento interno de éstos. El tratar uno u otro enfoque dependerá en gran parte del tamaño del fragmento considerando como una reserva natural. Para los fragmentos pequeños serán más importantes los efectos de la matriz sobre el interior, mientras que para los fragmentos mayores, o manchas de gran extensión, en las que la relación borde:interior es menor, debe actuarse sobre la dinámica de la masa forestal remanente y sus componentes clave (Saunders *et al.* 1991).

Una sugerencia extraíble de estos resultados preliminares sobre el grado de fragmentación de los bosques canarios, es que la dinámica de la fragmentación en un territorio insular

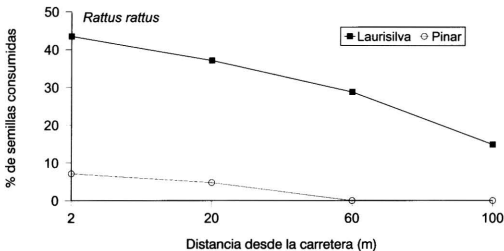


Figura 19.4

Variación de la intensidad de búsqueda y consumo de cebos (cacahuets enteros) por la rata negra (*Rattus rattus*) en el pinar y la laurisilva de Tenerife, según la distancia a carreteras asfaltadas.

puede funcionar siguiendo vías distintas a las de áreas continentales, donde se han realizado la mayoría de los estudios en este campo (Wilcox y Murphy 1985, Laurance 1998). Es importante tener esto en cuenta para evitar precipitaciones a la hora de extraer conclusiones o aplicar planteamientos y estrategias de gestión que han sido implementadas en sistemas continentales. No obstante, la fragilidad de estos ecosistemas

insulares exige una cierta prisa en tomar decisiones de actuación para la preservación en un territorio altamente amenazado por la especulación. Por ello, urge conocer en mayor detalle las respuestas de los ecosistemas a los distintos niveles de fragmentación, tanto de las comunidades animales y vegetales, como de las especies, acción que debe discurrir paralela a la gestión y planificación ambiental.



Foto: José Manuel Moreno
Coprinus micaceus

Capítulo 20

BRIÓFITOS, HONGOS
Y LIQUENES

JUANA MARÍA GONZÁLEZ-MANCEBO, ESPERANZA BELTRÁN-TEJERA Y ANA LOSADA LIMA

En este capítulo se tratan, de forma muy sintética, la distribución y ecología de los briófitos, hongos y líquenes de los principales ecosistemas terrestres canarios. Hemos de aclarar de antemano que existen diferencias en el nivel de conocimiento actual de estos grupos, por lo que, aunque han sido incluidos en el mismo capítulo, se puede apreciar una cierta heterogeneidad en los datos que se aportan. Con respecto a los hongos no liquenizados, sólo hacemos alusión a los mixomicetes y macromicetes.

Estos grupos están integrados casi exclusivamente por especies nativas. No obstante, cabe citar algunos casos excepcionales de especies que han sido introducidas a través del sustrato de plantas exóticas ornamentales, entre las que podemos citar el hongo *Leucocoprinus birnbaumii* o la hepática *Pellia endiviifolia*, cuya presencia parece estar restringida a los jardines e invernaderos. A continuación nos referiremos exclusivamente a las especies consideradas como nativas.

El número de especies de mixomicetes y macromicetes terrestres citados para Canarias asciende a 864, cuya distribución por grupos se expone en la tabla 20.1. No hay que olvidar, sin embargo, que la diversidad fúngica terrestre del Archipiélago se vería considerablemente incrementada si incluyéramos los micromicetes que viven como saprófitos en diferentes sustratos naturales y artificiales y los parásitos de animales, vegetales, otros hongos etc., que no han sido incluidos en este capítulo.

Tabla 20.1

Número de especies de los mixomicetes y principales grupos de macromicetes citados para Canarias (Beltrán-Tejera 1999).

HONGOS	Nº especies
MIXOMICETES	120
MACROMICETES	744
ASCOMICETES	100
BASIDIOMICETES	
▶ Afloforales	280
▶ Agaricales	300
▶ Gasteromicetes	54
▶ Otros	10
TOTAL	864

Con respecto a los hongos liquenizados, la revisión más reciente es la de Hafellner (1995), que cita para el Archipiélago 1.147 especies. Entre éstas, algo más del 11% son hongos liquenícolas (i.e. se desarrollan sobre otros talos líquenicos), mientras que el resto lo hace sobre diversos sustratos no líquenicos, tanto naturales como artificiales. Entre los segundos, cabe resaltar el dominio de las especies con talo crustáceo (41%), seguido de las de talo foliáceo (20%) y fruticulosos (14%). Los géneros con mayor representación en las islas son *Lecanora* (52 spp.), *Ramalina* (52 spp.), *Caloplaca* (45 spp.) y *Cladonia* (45 spp.).

Tabla 20.2

Riqueza briofítica canaria en los principales grupos sistemáticos.

BRIÓFITOS	Nº especies
Cl. Anthocerotopsida	6
Cl. Marchantiopsida	135
Subcl. Marchantiidae	37
Subcl. Jungermanniidae	98
Cl. Bryopsida	323
Subcl. Sphagnniidae	1
Subcl. Andreaeidae	1
Subcl. Bryidae	321
TOTAL	464

Los datos acerca de la flora briológica canaria se exponen en las tablas 20.2 y 20.3. Asciende a 464 especies, y los géneros mejor representados son, entre las hepáticas, *Riccia* (19 spp.) y *Fruillania* (9 spp.), y entre los musgos, *Bryum* (26 spp.) y *Tortula* (18 spp.). La mayor riqueza específica se concentra en las islas de Tenerife y La Palma. En las islas occidentales, existe una estrecha relación entre la superficie insular y la riqueza briológica. Por el contrario, en las orientales, por sus características climáticas y orográficas y su baja diversidad de biotopos favorables para el crecimiento briofítico la flora es mucho más pobre, especialmente en hepáticas.

Tabla 20.3

Distribución insular de los briófitos canarios.

BRIÓFITOS	El Hierro	La Palma	La Gomera	Tenerife	Gran Canaria	Fuerteventura	Lanzarote
Cl. Anthocerotopsida	3	6	4	6	5	0	1
Cl. Marchantiopsida	55	92	89	124	74	35	23
Cl. Bryopsida	126	214	163	269	195	84	80
TOTAL	184	312	256	399	274	119	104

Desde un punto de vista biogeográfico, puede considerarse que, en general, todos los grupos aquí contemplados tienen una distribución más bien amplia, lo que puede relacionarse especialmente con la gran capacidad de dispersión a larga distancia de sus esporas. El grado de endemicidad es bajo, tanto en el ámbito canario, que en el mejor de los casos, no supera un 5%, como en el macaronésico, que en todos los grupos es inferior al 15%. La mayoría de las especies endémicas de Canarias se localiza en los bosques húmedos, aunque no debe olvidarse que las zonas áridas han sido mucho menos estudiadas, especialmente en lo que se refiere a macromicetes y briófitos.

De acuerdo con los datos aportados por Düll (1983, 1984, 1985), el tipo de distribución mejor representada entre los briófitos es la oceánico-mediterránea, seguida de la oceánica y la templada. La proporción de especies oceánicas es más alta entre las hepáticas que entre los musgos, lo que está relacionado con su distribución preferente en los bosques húmedos de Canarias.

Entre los macromicetes de Canarias, domina el elemento holártico, sobre todo europeo y norteamericano, seguido del cosmopolita. Prácticamente la mitad de los hongos liquenizados presenta una distribución oceánico-mediterránea, y es el elemento cosmopolita el que le sigue en importancia.

FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA DISTRIBUCIÓN DE BRIÓFITOS, HONGOS Y LIQUENES

La distribución de las especies de estos grupos, está controlada en parte por el clima. La altitud y exposición son los principales factores que influyen en la distribución de la vegetación vascular de las Islas Canarias (Wildpret y Arco 1987, Fernández-Palacios y de Nicolás 1995). Los estudios de Rodríguez-Armas y Beltrán-Tejera (1995), Hernández-Padrón *et al.* (1987), Doring (1981) y González-Mancebo *et al.* (1996), entre otros, también demuestran la gran importancia de estos factores en la distribución de macromicetes, líquenes y briófitos de las Islas Canarias, si bien son muy sensibles a las características microclimáticas, lo que permite su presencia en determinados hábitats favorables, con independencia del clima general. Esto se pone de manifiesto principalmente en el cinturón costero, las cuevas y las áreas térmicas, en donde salinidad, reducción de la luz y temperatura, respectivamente,

son los factores principales que controlan la composición florística de estos grupos.

Las características del sustrato pueden determinar, en mayor o menor grado, la distribución de estos organismos. La edad del sustrato influye en el tipo de comunidad que puede encontrarse en un área. En los pisos bioclimáticos más secos de Canarias, la máxima riqueza y abundancia de especies de briófitos y líquenes se encuentra en lavas recientes (pocos miles de años). En el transcurso del proceso de sucesión se producen cambios en las comunidades que suelen orientarse hacia una mayor abundancia de las plantas vasculares, en detrimento de la riqueza específica de estos dos grupos.

Por otra parte, sucesiones secundarias, como las que tienen lugar después de un incendio, también pueden iniciarse con el desarrollo de algunas especies de estos grupos, que podrían considerarse como características de suelos quemados. Entre los musgos, *Funaria hygrometrica*, forma céspedes densos, que llegan a caracterizar el paisaje en aquellas áreas húmedas en las que ha habido considerable acúmulo de cenizas. *Anthracobia melanoma* o *Psathyra pennata* entre otros, son hongos calificadas como carbonícolas, que abundan en suelos de pinar quemado, al menos hasta dos años después de un incendio (Beltrán-Tejera *et al.* 1992), y algunos como *Pholiotia carbonaria*, continúan apareciendo aún después de siete años.

DISTRIBUCIÓN POR PISOS BIOCLIMÁTICOS

Piso bioclimático inframediterráneo subdesértico:

Algunas especies de hongos y criptógamas terrestres son capaces de soportar la salinidad; en Canarias, sólo algunas especies de líquenes crecen en la zona intermareal (ej. *Verrucaria maura*, *Lichina confinis*). El cinturón halófilo-costero comprende una estrecha banda de extensión variable, en la que la riqueza de especies depende especialmente de la influencia de la maresía. Entre los hongos podemos citar el aflorador *Inonotus tamarisci*, que crece sobre viejos tarajales (*Tamarix* spp). Los líquenes crustáceos *Caloplaca gloriae* y *Xanthoria resendei*, son algunas de las especies más comunes en rocas de esta área. Los briófitos son más escasos, sólo algunos taxones del género *Tortella*, especialmente *T. flavovirens*, se desarrollan en

los hábitats más protegidos de la salinidad. En acantilados costeros de orientación N-NE, desde 10-20 m s.n.m. hasta unos 50-600 m s.n.m. se encuentra una comunidad líquénica halófila constituida por una gran biomasa de líquenes fruticulosos de los géneros *Roccella* y *Ramalina* (Hernández-Padrón 1992). Los sustratos arenosos, debido fundamentalmente a su inestabilidad, son los más desfavorables para el desarrollo de poblaciones de estos grupos, aunque han sido encontrados algunos musgos acrocárpicos y macromicetes (ej. *Montagnea arenaria*, *Gyrophragmium dunali*) (Beltrán-Tejera et al. 1992). Por encima del cinturón halófilo-costero, la aridez contribuye de forma decisiva a la escasez de hongos y briófitos. Los sustratos más favorables desde el punto de vista hídrico son los rocosos. Así, las áreas recientes con poco suelo, son las que presentan mayor diversidad y biomasa, especialmente de líquenes. Entre los más frecuentes podemos citar: *Dimelaena radiata*, *Stereocaulon vesuvianum*, *Lecidella subincongrua* y *Perusaria gallica* (González-Mancebo et al. 1996).

Los suelos de escasa profundidad situados sobre lavas recientes, o susceptibles de encharcarse, albergan musgos de pequeño tamaño (ej. *Aloina* spp., *Crossidium*, spp., *Toztula atrovirens*) y hepáticas talosas (ej. *Exormotheca pustulosa* o *Riccia* spp.), que se desarrollan después de las lluvias y completan su ciclo vital en pocos meses. Entre los líquenes terrícolas podemos citar *Cladonia foliacea* o *Psora decipiens*, que también alcanzan una alta frecuencia en suelos más profundos de cultivos abandonados (Gilbert 1982).

Por último, en las zonas más antiguas, en las que la flora fanerogámica ha alcanzado gran desarrollo, las comunidades de criptógamas están pobremente representadas, con excepción de aquellas áreas orientadas al N-NE, en las que los líquenes (principalmente especies de *Ramalina*) pueden alcanzar una biomasa considerable como epífitos de diversos arbustos (ej. *Euphorbia* spp.). También crecen algunos macromicetes, como *Battarea stevenii* o *Astraeus hygrometricus*, entre otros, y sobre tallos en descomposición de *Euphorbia canariensis* y cladodios de *Opuntia* spp., se desarrolla una rica representación de mixomicetes, e incluso pequeños ascomicetes y corticiáceos lignocelulolíticos (ej. *Hyphoderma praetermissum*, *Peniophora boidinii*, etc.).

Bosques de laurisilva y fayal-brezal (piso bioclimático termomediterráneo húmedo-subhúmedo):

La mayor parte de los grupos considerados alcanzan aquí su máxima diversidad y biomasa. Entre los factores más importantes que influyen en la composición de especies podemos citar el tipo de bosque (laurisilva o fayal-brezal, con diferencias significativas en las condiciones de humedad y luminosidad) y el tipo de sustrato (roca, suelo o diversos tipos de sustratos de origen vegetal), incluyendo la especie de forófito, especialmente *Erica arborea* y *Myrica faya* (Bañares 1988, Her-

nández-Padrón et al. 1990, Rodríguez Armas y Beltrán-Tejera 1995, González-Mancebo y Hernández García 1996); además, y especialmente en el caso de los hongos terrícolas, la pendiente del terreno también influye de forma importante. Aunque en los bosques de laurisilva y fayal-brezal hay muchas especies comunes, en el segundo es frecuente encontrar mayor abundancia de aquellas más tolerantes a la desecación, así como la ausencia de las más exigentes. En general, las especies más tolerantes a la desecación se sitúan en las copas de los árboles, especialmente líquenes fruticulosos como por ejemplo *Usnea atlantica* o *Bryoria fucescens* (Hernández-Padrón 1990). En ramas y troncos, compiten briófitos y líquenes y el dominio de uno u otro grupo depende especialmente de las condiciones lumínicas; así, en estas situaciones existe una mayor biomasa líquénica en los brezales de crestería, mientras que son los briófitos (ej. *Neckera intermedia*), los que alcanzan una mayor biomasa en condiciones de máxima umbría y humedad. Según Hernández-Padrón y Pérez de Paz (1995), la elevada umbría de los bosques de laurisilva no favorece el desarrollo de las comunidades líquénicas, por lo que este bosque suele ser más pobre florísticamente que el fayal-brezal. Finalmente, en el sotobosque la flora de los sustratos rocosos y terrosos tiende a homogeneizarse, aunque hay especies exclusivas de cada uno de ellos (por ejemplo, especies de *Peltigera* o *Fissidens*).

Respecto a los hongos, se han citado en estos bosques el 36% del total de *Agaricales* de Canarias, destacando *Hygrophorus s.l.* entre los terrícolas y *Mycena* (p.p.) entre los lignícolas. Sin embargo, abundan sobre todo hongos lignícolas del grupo de los *Aphylophorales* (90% del total de especies conocidas actualmente en Canarias), de los que destacamos los géneros: *Trametes*, *Stereum*, *Ganoderma*, etc. (Beltrán-Tejera et al. 1992).

El pinar (piso mesomediterráneo):

En los pinares, la presencia de nieblas de reboso, esporádicas o regulares, determina variaciones importantes en la composición líquénica, briófitica o fúngica. Ésto es especialmente patente en el caso de los epífitos. Los pinares más áridos prácticamente carecen de epífitos, mientras que troncos y ramas, pueden estar densamente colonizados por líquenes y musgos en las áreas más húmedas. En *Pinus canariensis*, al igual que en otras especies arbóreas, la altura y la orientación influyen de manera importante en la composición de las comunidades epífitas. En el tronco de los pinos dominan líquenes de talo foliáceo (ej. *Parmelia saxatilis*, *Platismatia glauca*, o *Lobaria pulmonaria*), junto a dos especies de musgos, *Dicranoweisia cirrata* e *Hypnum cupressiforme* (Hernández-Padrón et al. 1987); mientras que las copas están dominadas por especies de líquenes fruticulosos como *Pseudevernia furfuracea* y *Usnea* spp., entre otras. A diferencia de los bosques de laurisilva y fayal-brezal, los hongos lignícolas son más escasos en el pinar, y están representados especialmente por especies de *Tricholomopsis*, *Stereum*, *Pholiota*, etc. (Beltrán-Tejera et al. 1992). Las rocas de este tipo de bosque presentan frecuentemente un

mayor recubrimiento de briófitos que de líquenes, especialmente del género *Grimmia* (Hernández-García et al. 1999).

En general, el suelo es pobre en líquenes y briófitos, aunque en los pinares más húmedos puede estar densamente tapizado por el musgo *Sceropodium touretii*, que compite con distintas especies de líquenes del género *Cladonia*. En el caso de los hongos es fundamental el carácter micorrizógeno de algunas especies, pertenecientes a los géneros *Boletus*, *Russula*, *Tricholoma*, *Amanita*, *Inocybe*, etc. (Bañares 1988, Beltrán Tejera et al. 1992).

Comunidades arbustivas del piso supramediterráneo:

Las condiciones de aridez y elevada insolación, favorecen, al igual que en el piso inframediterráneo, el dominio de líquenes crustáceos, que caracterizan los abundantes sustratos rocosos presentes en la alta montaña canaria. La distribución de líquenes y briófitos a esta altitud, está principalmente gobernada por la edad del sustrato y las condiciones de umbría y orientación. La mayor biomasa se encuentra en los sustratos rocosos más antiguos, especialmente, en paredes protegidas de la insolación y orientadas al N, en las que es característica la presencia de los musgos *Orthotrichum rupestre*, *Grimmia* spp. (Losada-Lima y González-Mancebo 1992), entre otros, y líquenes de los géneros *Rhizoplaca* y *Lecidella* (Topham, 1982). En situaciones más expuestas los líquenes dominantes son: *Xanthoria elegans*, *Physcia* spp. y *Rhizocarpon* spp. entre otros (Topham 1982). En las cumbres de las islas más altas (Tenerife, La Palma y Gran Canaria), se ha detectado la presencia de *Andreaea heinemannii*, musgo saxícola de gran interés biogeográfico por ser el único representante en Canarias de la Subclase Andreaeidae. Los hongos no han sido aún bien estudiados, y es escasa la información sobre su presencia en estos ambientes, si bien se ha consignado la presencia de *Pleurotus ostreatus*, agarical de amplia distribución altitudinal en Tenerife, sobre tallos de *Spartocytisus supranubius*.

Por encima de los 2.500 m, la pobreza de especies es extrema en todos los grupos (Topham 1982, González-Mancebo et al. 1991). Las pocas especies de briófitos (*Campylopus pilifer*, *Cephalozia divaricata*, *Bryum* spp., etc.) y hongos (*Naucoria* sp.) se encuentran en las áreas fumarólicas, las únicas con humedad más o menos constante a lo largo del año; mientras que para el caso de los líquenes se ha citado al menos una especie, *Lecanora polytropia*, que no vive a expensas del vapor fumarólico (Topham 1982).

HÁBITATS ESPECIALES

En todos los pisos bioclimáticos mencionados anteriormente, la presencia de cuevas o cursos de agua (pequeños arroyos, fuentes, o paredes rezumantes) permite el desarrollo de briófitos característicos de estos hábitats. Así, en la zona ar-

bustiva de alta montaña, las paredes rezumantes muestran grandes almohadillas de *Philonotis* (especialmente *P. tomentella*) y *Bryum alpinum*, musgos exclusivos de estos ambientes (González-Mancebo et al. 1991 a). En los cursos de agua permanentes que transcurren por cauces más o menos accidentados, puede desarrollarse, en ocasiones con una gran biomasa, el musgo pleurocárpico *Rhynchostegium riparioides*. En bosques de laurisilva, fayal-brezal y pinar mixto, que presentan cursos de agua en situaciones umbrías, resulta llamativa la presencia de *Dumortiera hirsuta*, hepática talosa cuyo gametofito puede alcanzar dimensiones considerables. Las paredes rezumantes situadas en las zonas más umbrías de los barrancos con laurisilva, suelen ser el hábitat idóneo para el desarrollo del endemismo canario *Rhynchostegiella macilenta*. Musgos como *Eucladium verticillatum*, son también característicos de fuentes y paredes rezumantes, así como de cuevas húmedas y galerías (González-Mancebo et al. 1991 b, Hernández-García et al. 1991). Además, en estanques, embalses y cursos de agua periódicos pueden desarrollarse hepáticas acuáticas del género *Riella* (Losada-Lima 1986, Dirkse et al. 1993).

Las cuevas húmedas y galerías, constituyen refugios de vegetación que permiten a especies características de los hábitats más húmedos (como los briófitos *Eurhynchium praelongum* o *Riccardia chamedryfolia* y el hongo *Scutellinia scutellata*), desarrollarse desde el nivel mar hasta altitudes superiores a los 2.000 m (González-Mancebo et al. 1991, Beltrán-Tejera et al. 1992). En lo que respecta a biomasa, los briófitos y los líquenes de talo pulverulento, son los grupos mejor representados en las cuevas, aunque para el segundo se han citado aún muy pocas especies, *Egeana missouriense* y *Botryolepraria catalonica*, entre otras (González-Mancebo et al. 1995).

CONSERVACIÓN

Desde el punto de vista de la conservación de las especies de estos grupos, debemos de tener en cuenta la alta fidelidad que presentan muchas de ellas por determinados hábitats y/o ecosistemas de las islas. En este sentido, su conservación depende especialmente del grado de protección establecido en los lugares en los que se desarrollan. No obstante, quisiéramos mencionar la importancia de algunos tipos de hábitats particularmente ricos y vulnerables como son las lavas recientes, cuevas, galerías, cursos de agua y fuentes en general. Por otra parte, determinadas especies se ven amenazadas a consecuencia de una explotación excesiva de las mismas. En este grupo podríamos incluir los hongos de interés gastronómico que se hallan especialmente amenazados dado el deterioro que se produce en el micelio subterráneo de los mismos, a causa de los abusivos e incorrectos métodos de recolección. Finalmente, en los últimos años, también se ven amenazadas algunas especies de líquenes y briófitos, como *Cladina macaronica* o *Neckera intermedia*, que en determinadas épocas son recolectadas en grandes cantidades para su empleo como elemento decorativo.

Capítulo 21

FLORA VASCULAR NATIVA



ARNOLDIA SANTOS

Consideramos como flora vascular nativa a los helechos, plantas afines y plantas superiores que han llegado a las islas de forma espontánea, habiendo evolucionado o no en ellas, mientras que la flora introducida sería aquella que ha llegado accidental o deliberadamente, a consecuencia de actividades humanas en los últimos 2.500 años, fecha aproximada de la arribada de los primeros pobladores al archipiélago (González Antón y Tejera 1987, Arco y Navarro 1987). Estos introdujeron diversos cultivos (cebada, habas, mijo, etc.) y posiblemente algunas de las malas hierbas asociadas a los mismos que tras asilvestrarse hoy compiten con la flora autóctona.

Tabla 21.1

Géneros endémicos de Canarias. Entre paréntesis el número de especies. P: La Palma; H: Hierro; G: Gomera; T: Tenerife; C: Gran Canaria; F: Fuerteventura; L: Lanzarote.

Géneros	Distribución insular
<i>Allagoppapus</i> (2)	T C
<i>Backcockia</i> (1)	C
<i>Bencomia</i> (4)	P H T C
<i>Dendriopterium</i> (2)	C
<i>Dicheiranthus</i> (1)	G T
<i>Gesnouiina</i> (1)	P H G T C
<i>Gonospermum</i> (4)	P H G T C
<i>Greenovia</i> (4)	P H G T C
<i>Ixanthus</i> (1)	P H G T C
<i>Kunkeliella</i> (4)	T C
<i>Lactucosonchus</i> (1)	P
<i>Lugoa</i> (1)	T
<i>Navae</i> (1)	T
<i>Neochamelea</i> (1)	G T C
<i>Parolinia</i> (7)	P G T C
<i>Plocama</i> (1)	P? G T C F
<i>Pleiomieris</i> (1)	G T C
<i>Rutheopsis</i> (1)	F L
<i>Sventenia</i> (1)	C
<i>Spartocytisus</i> (2)	P H G T C
<i>Todaroa</i> (2)	P H G T C
<i>Vieria</i> (1)	T

La flora canaria es por su origen y por sus actuales relaciones, de carácter mediterráneo occidental (europeo y norte-africano) aunque con un componente antiguo, tropical-terciario de origen mesogeico y otro componente africano extramediterráneo. Actualmente se reconocen importantes disyunciones biogeográficas debido a la primitiva amplia distribución de dichas floras tropicales terciarias (relaciones con la India, Australia, África oriental, norte y sur América).

La flora canaria comprende 156 familias y 758 géneros, la mayoría de las cuales están presentes también en la región mediterránea, sólo faltan allí algunas familias de repartición actual tropical (Myrsinaceae, Sapotaceae o Theaceae), los géneros endémicos macaronésicos (Tablas 21.1 y 21.2), algunos relictos—como *Apollonia*, *Ocotea* o *Persea*—, otros géneros de afinidades africanas como *Campylanthus*, *Canarina* o *Ceropegia* y un componente saharo-arábigo (*Drusa*, *Gymnocarpus*, etc.). No existen elementos estrictamente sudanios que lleguen a Canarias, con la salvedad de *Maytenus senegalensis* que se distribuye por África noroccidental, Lanzarote y Fuerteventura hasta el sur de la Península Ibérica.

De acuerdo con La Roche y Rodríguez-Piñero (1994), la flora registrada, en el último catálogo publicado (Hansen y Sunding, 1993) comprende 1.978 taxa de los que al menos 400 (pertenecientes a 54 familias y 46 géneros) pueden considerarse como especies introducidas en los últimos seis siglos. Según esto la flora potencial nativa de Canarias estaría en unas 102 familias y 712 géneros, algunos de los cuales son de dudosa espontaneidad, y lo mismo se puede decir de varias especies de distribución mayormente mediterránea, como numerosas Asteraceae (*Calendula*, *Chrysanthemum*, *Galactites*, *Carduus*), Fabaceae (*Lathyrus*, *Vicia*, *Trifolium*) o Poaceae (*Avena* spp., *Bromus* spp., *Phalaris* spp.)

La proporción de las distintas familias se asemeja a las indicadas para la región mediterránea, destacando las Asteraceae, Boraginaceae, Brassicaceae, Fabaceae y Labiatae. En comparación con la región saharo-arábica (zona sahariana) sorprende que un territorio tan pequeño como el archipiélago canario, con unos 7.500 km² y 5 pisos bioclimáticos diferentes, tenga una flora semejante, en número de especies y géneros endémicos, a la de dicha región cuya extensión es de más de 2 millones de km² (Quézel 1995, Verlaque *et al.* 1997).

Tabla 21.2

Géneros macaronésicos: Distribución regional y número de especies [Az: Azores, M: Madeira, S: Salvajes, C: Canarias y CV: Cabo Verde] entre paréntesis se indica el número de especies por género.

Género	Distribución
<i>Aichryson</i> (13)	Az, M y C
<i>Azorina</i> (1)	Az
<i>Argyranthemum</i> (26)	M, S y C
<i>Bystropogon</i> (7)	M y C
<i>Cedronella</i> (1)	Az, M y C
<i>Chamaemeles</i> (1)	M
<i>Heberdenia</i> (1)	M y C
<i>Isoplexis</i> (4)	M y C
<i>Marcetella</i> (2)	M y C
<i>Melanoselinum</i> (1)	M
<i>Monanthes</i> (17)	S y C
<i>Monizia</i> (1)	M
<i>Muschia</i> (2)	M
<i>Normania</i> (2)	M y C
<i>Parafestuca</i> (1)	M
<i>Pericallis</i> (15)	Az, M y C
<i>Phyllis</i> (2)	M y C
<i>Picconia</i> (2)	Az, M y C
<i>Schizogyne</i> (2)	S y C
<i>Semele</i> (2)	M y C
<i>Tornabenea</i> (5)	CV
<i>Visnea</i> (1)	M y C

HELECHOS (PTERIDÓFITOS)

La flora pteridológica (helechos) está constituida por 58 especies, dos subespecies y cuatro variedades, incluyendo algunos taxa relictos de amplia distribución como *Woodwardia radicans*, y un conjunto de elementos ligados a la flora mediterránea en sentido amplio. Sólo tres especies (*Asplenium parvifolium*, *A. terorense* y *Dryopteris oligodonta*), una subespecie (*Asplenium aethiopicum* ssp. *filare*) y tres variedades (*Asplenium hemionitis* var. *longilobatum*, *A. onopteris* var. *triangularis* y *Cheilanthes maranthae* ssp. *subcordata* var. *cupripaleacea*), son endémicas. Además, están presentes tres especies (*Asplenium anceps*, *A. monanthes* y *Ceterach aureum*), dos subespecies (*Asplenium aethiopicum* ssp. *braitwaיתי* y *Cheilanthes maranthae* ssp. *subcordata*) y dos variedades (*Adiantum capillus-veneris* var. *trifidum* y *A. reniforme* var. *pusillum*) endémicas del área macaronésica.

Las especies presentes en Canarias se agrupan en 27 géneros, cinco de ellos introducidos (*Azolla*, *Cyclosorus*, *Cyrtomium*, *Nephrolepis* y *Pilotum*) que corresponden a 20 familias, cuatro de ellas introducidas (Azollaceae, Nephrolepidaceae, Psilotaceae y Thelypteridaceae).

Esta flora presenta una notable pobreza frente a la existente en los archipiélagos más septentrionales de Madeira y Azo-

res, pero es más rica que la de Cabo Verde. Las condiciones climáticas pueden haber tenido un papel importante en su distribución actual. Las mayores relaciones florísticas son con otros archipiélagos macaronésicos, en mayor grado con Madeira y luego con Azores y Cabo Verde, presentando todo el conjunto claras afinidades mediterráneas. Hacia el norte, en los archipiélagos septentrionales, las condiciones de altas pluviometría y humedad son favorables a un mayor desarrollo de los pteridófitos, al contrario de lo que ocurre hacia el sur, siendo pocos los elementos compartidos exclusivamente con territorios africanos más xéricos (*Ophioglossum polyphyllum*). La mayor cantidad (diversidad y biomasa) de helechos, en Canarias, se halla en los bosques de laurisilva y fayal-brezal, bajo la influencia de los vientos alisios húmedos, pero no dejan de ocupar otros ambientes no tan favorables, desde el nivel del mar (*Asplenium marinum*) hasta las Cañadas del Teide (*Asplenium septentrionale*, *Cheilanthes tinaei*).

PLANTAS SUPERIORES (ESPERMATÓFITOS)

Las plantas superiores o espermatófitos agrupan a las especies vasculares nativas, excluyendo los helechos, y el conjunto de especies introducidas presentes actualmente en el archipiélago. Los grupos existentes son:

1. Flora endémica: taxa de distinto rango, exclusivos del archipiélago canario.
2. Flora no endémica, que integra:
 - 2.1. Endemismos macaronésicos, distribuidos en Canarias y alguno de los otros territorios macaronésicos (especies, subespecies y variedades).
 - 2.2. Endemismos canario-africanos (noroeste de África y enclave macaronésico) que comprende unas 26 especies, algunas pendientes de estudios.
 - 2.3. Flora espontánea compartida con otros territorios próximos.
 - 2.3.1. Con la región mediterránea (unas 400 especies).
 - 2.3.2. Con la región sahara-arábica (unas 100 especies).
 - 2.3.3. Flora espontánea de amplia distribución.
3. Flora introducida.

La flora vascular potencial (exceptuando las introducidas) existente en el archipiélago canario puede estimarse en unas 1.300 especies, cifra aún discutible debido a la dificultad para discernir en torno a los elementos mediterráneos herbáceos. Esta flora se halla repartida en dos grupos: flora endémica y flora nativa no endémica.

La flora endémica

El conjunto de plantas exclusivas (endemismos) del archipiélago canario esta constituido por 570 especies, 77 subespecies y 88 variedades (735 taxa) según datos actualizados por el autor

que incluyen diversas especies pendientes de publicación, y una valoración personal de algunas de las recientes revisiones o propuestas taxonómicas de distintos autores. Estas cifras contrastan con las últimas estadísticas publicadas (La Roche y Rodríguez-Piñero 1994, Marrero y Pérez de Paz 1997), en particular con las cifras de subespecies y variedades de los primeros autores, siendo más coincidentes con los segundos que señalaron un total de 528 especies (incluyen dos helechos), 78 subespecies (incluida una de helecho) y 81 variedades (incluyendo cuatro de helechos) endémicas de Canarias. Estos autores citan además 53 endemismos macaronésicos presentes en estas islas, frente a las 49 especies, 7 subespecies y una variedad tenidos en cuenta en este artículo (Tabla 21.3). Las diferencias con el presente trabajo están basadas fundamentalmente en el número de especies no descritas (consideradas aquí) y otras publicadas con posterioridad a dicho resumen estadístico, así como un distinto uso de las fuentes, en particular la check-list de Hansen y Sunding, en el caso de los primeros autores.

Características generales

La flora endémica constituye por tanto el 40% aproximado de la flora potencial del archipiélago (570 especies relativas a una flora potencial de 1.300 especies). Si le añadimos los endemismos macaronésicos y los canario-africanos, estaremos en torno al 50% de la flora potencial estimada. Ello haría que fuera una de las zonas insulares oceánicas del mundo con mayor concentración de endemismos y, sin lugar a dudas, el archipiélago más rico dentro de la región macaronésica. Esas cifras se asemejan bastante a las indicadas para toda la zona mediterránea para donde Verlaque *et al.* (1997), de acuerdo a datos tomados de Greuter (1991), han indicado un 59% de endemismos para una flora estimada en 30.000 especies. Hay que tener en cuenta la gran diferencia de superficie y antigüedad geológica para valorar el interés de la flora canaria.

La flora endémica no incluye ninguna familia o taxón de rango superior a género, exclusiva de Canarias o de otros archipiélagos macaronésicos, igual que en la región mediterránea, pero posee 37 de los 44 géneros macaronésicos endémicos de los cuales 22 son exclusivos del archipiélago (más del 50%) (Tablas 21.1 y 21.2). Ningún género macaronésico es compartido con el archipiélago de Cabo Verde. Estas cifras se asemejan a las indicadas para el Mediterráneo occidental por Verlaque *et al.*, que citan 42 géneros endémicos. Si comparamos estos datos con la región sahariana nos sorprenderíamos al observar que, igualmente, no hay familias endémicas en la misma, siendo su flora potencial de unas 1.620 especies según Quézel y Barbero (1993) ó 2.800 según Le Houerou (1990), con un 11,6% de endemismos repartidos en un territorio de algunos millones de km² (Quézel y Barbero 1993). Los géneros exclusivos de Canarias muestran una repartición muy diversa. Ninguno de ellos está presente en todas las islas, hallándose la mayoría (16) en varias de ellas, trece son géne-

ros monotípicos (con un solo representante), siete aparecen en una sola isla (uno en La Palma, tres en Tenerife y tres en Gran Canaria) y el resto en varias islas (Tabla 21.1).

Son igualmente significativos los subgéneros (*Cicer* subg. *Stenophylloma*; *Limonium* subg. *Limonioidendron*; *Sonchus* subg. *Dendrosonchus*) o las secciones que corresponden casi exclusivamente a Canarias o Macaronesia. A la vista de los resultados moleculares, que se están intensificando en los últimos años, estas clasificaciones taxonómicas están sufriendo un reagrupamiento más preciso. Así, por ejemplo, queda confirmado el carácter ancestral del *Limonium dendroides*, exclusivo de la isla de La Gomera, como subgénero *Limonioidendron* (Lledó *et al.* 1998).

Distribución regional e insular de la flora endémica

De acuerdo con la evolución geológica de cada una de las islas, su antigüedad, extensión y otros factores ecológicos, la riqueza florística de especies endémicas se reparte de más a menos, entre las islas de Tenerife (144), Gran Canaria (88), La Palma (49), La Gomera (45), El Hierro (17), Lanzarote (16) y Fuerteventura (13). Destacan asimismo el número de endemismos o especies vicariantes compartidos por dos islas, en particular entre Fuerteventura y Lanzarote o entre las cumbres de Tenerife y La Palma, debido a su similar altitud y proximidad. Son comunes a más de una isla 197 endemismos y tan sólo en torno a 20 se hallan en todas las islas mayores. Llama la atención que la isla más antigua y la segunda en extensión (Fuerteventura), sea la que tiene un menor número de especies exclusivas, inferior aún al existente en El Hierro, la isla más joven y de menor tamaño. La diversidad ecológica, condicionada por la altura, puede justificar, en parte, estas diferencias.

El total de especies macaronésicas existentes en Canarias es el 70,6% de la flora endémica de Macaronesia (877 especies contabilizando algunas especies no descritas aún). La biodiversidad y riqueza florística se concentra en las zonas de mayor antigüedad con alta diversidad ecológica como los macizos de Teno y Anaga en Tenerife, el de Tamadaba en Gran Canaria, los riscos de Jandia en Fuerteventura, el macizo de Famara en Lanzarote o las Cumbres septentrionales de La Palma. La isla de La Gomera se comporta, en su conjunto, como un macizo antiguo semejante a Anaga o Teno en Tenerife, con escasa actividad volcánica en los últimos millones de años.

No hay que olvidar que la flora actual es el resultado de unos procesos de colonización y evolución acaecidos al menos durante los últimos 20 millones de años (Ma) en el archipiélago, en unos territorios insulares muy diferentes a los actuales y donde se han producido fenómenos de especiación (evolución por radiación adaptativa y vicarianza) bastante frecuentes, pero donde igualmente han tenido lugar procesos de extinción de floras antiguas aún mal conocidas. Aparte de los yacimientos fósiles conocidos y otros de reciente descubri-

miento (García-Talavera *et al.* 1990) es muy probable el hallazgo de otros nuevos en el futuro o aportaciones significativas que se deriven de un estudio palinológico en sedimentos y paleosuelos, que sin duda darán una interesante información para poder reconstruir mejor el poblamiento y evolución de las floras insulares canarias.

Origen de la flora

La flora canaria tiene su origen en los antiguos territorios mediterráneos (tetianos-mesogeos), donde predominaban unas condiciones ecológicas diferentes (variaciones en las masas emergidas debido a cambios en el nivel del mar, efectos de glaciaciones, orogenias alpinas y norteafricanas, extinciones masivas, etc.). La relativa estabilidad climática en los archipiélagos macaronésicos permitió la conservación de auténticos relictos, fósiles en diversos puntos de la cuenca mediterránea (Aubreville 1976, Quézel y Barbero 1993) y territorios cercanos con floras relacionadas con las macaronésicas actuales (*Lauraceae*, *Dracaenites*, *Phoenix*) o manteniendo disyunciones con diversos territorios lejanos (*Apollonias* con India, *Arbutus* con el Mediterráneo Oriental, *Picconia* con *Notelaea* de Australia, *Dracaena* con Socotra y zonas próximas, *Neochamaelea* con el Mediterráneo occidental y Cuba), muy ilustrativas del pasado biológico de las islas.

La llegada de esta flora se remonta al mismo momento en que los primeros edificios volcánicos insulares quedaron permanentemente emergidos (Fuerteventura-Lanzarote). Estos fenómenos ocurrieron durante el Oligoceno y se continuaron en el Mioceno, sin olvidar que este proceso se ha estado desarrollando a lo largo de por lo menos 13 Ma, como atestiguan los últimos fósiles vegetales descubiertos en Gran Canaria, pero probablemente en torno a los 20 Ma indicados si tenemos en cuenta la colonización de la isla más antigua. Esta flora se vio afectada por distintos acontecimientos geológicos y climáticos que han contribuido sin duda a su extinción parcial y a su evolución en los distintos territorios insulares.

Los estudios moleculares han comenzado a aportar datos para ir precisando las posibles fechas de introducción de algunos grupos o especies endémicas. Así, se han calculado unas fechas de llegada para los ancestros del género macaronésico *Argyranthemum* (Asteraceae) en torno a los 2,5-3,0 Ma, unos 0,75-3,0 Ma para *Echium*, 6,8-48,2 Ma para *Ixanthus* y entre 2,8-4,2 Ma para *Sonchus*. Sin embargo, aún harían falta muchos más datos y precisión para poder asegurar la posible arribada de distintos contingentes florísticos al archipiélago.

A su vez, estos mismos datos moleculares han confirmado el origen mediterráneo (europeo o del noroeste africano) de algunos grupos, la inexistencia de relaciones directas entre las Rosáceas macaronésicas y las leñosas de África oriental y Sudamérica, así como la aclaración del carácter leñoso derivado y no relicto, de distintos géneros como *Bencomia* y géneros

aliados, *Echium* o *Sonchus*, confirmando la postura de Carlquist (1970, 1971) defensor de la leñosidad, como una adquisición evolutiva para muchos grupos insulares (*Erysimum*, *Euphorbia*, *Plantago*, etc.) actualmente leñosos.

Afinidades biogeográficas

Si analizamos esta flora endémica con respecto a las floras actuales y su distribución podemos distinguir diversos grupos florísticos con distintas afinidades: por una parte la flora ligada al África tropical terciaria, denominada en general como *Randflora* y relacionada con las floras tetianas-mesogeas, que incluyen elementos de ambientes xéricos propios de sabanas o bosques deciduos y esclerófilos. Probablemente tuvieron una amplia distribución en el Terciario norteafricano, bordeando por el norte las floras tropicales que ocuparon el actual Sahara, que han quedado relegadas al África tropical (Aubreville 1976, Axelrod 1975, Verlaque *et al.* 1997). Estos últimos autores proponen la existencia de un cinturón de vegetación xérica que se extendería desde Namibia al Sahara occidental a través de las regiones orientales africanas. Este cinturón bordearía a las floras tropicales terciarias indicadas por Aubreville (1976).

Como reflejo de esta repartición destacan diversos géneros y especies propias de las comunidades costeras canarias de tabaibas y cordales (comunidades de *Kleinio-Euphorbia canariensis*), que integran los ancestros de las *Euphorbia* (tabaibas y cordones) y otros elementos relicto ligados a este tipo de vegetación como son los géneros *Campylanthus* (Scrophulariaceae), *Ceropegia* (Asclepiadaceae), *Kleinia* (Asteraceae), *Neochamaelea* (Cneoraceae) o *Plocama* (Rubiaceae). Estudios moleculares recientes confirman el carácter ancestral de *Plocama* dentro de la subfamilia Rubioidea.

Un segundo componente, de distribución actual claramente mediterránea occidental (europeo-africana), es la flora relacionada con los bosques termófilos de *Oleo-Rhamnetea crenulatae*, comunidades que consideramos en estrecha relación florística y ecológicamente con los bosques mediterráneos de *Quercetea ilicis* (*Pistacia Rhamnetalia alaternii*) y no con la *Kleinio-Euphorbietea canariensis*, como proponen Rivas-Martínez *et al.* (1993), que se correspondería con los bosques esclerófilos de sabinars, palmerales y dragonales. Entre las especies más representativas de esta vegetación hay que considerar los elementos arborescentes como *Juniperus turbinata* ssp. *canariensis*, *Olea europaea* ssp. *cerasiformis* o *Pistacia atlantica*, junto a otros componentes con claras afinidades actuales tropicales o subtropicales: *Phoenix canariensis*, *Dracaena draco* ssp. *draco*, *Sideroxylon canariense* o *Maytenus canariensis*. Este tipo de vegetación presenta un óptimo de distribución actual canario-maderense y tuvo un papel importante en la vegetación potencial del archipiélago caboverdiano manifestando claras relaciones con la flora mediterránea norteafricana actual (*Dracaena*, *Juniperus*, *Olea*, *Pistacia*, etc.) y a su vez con elementos relicto de vin-

culaciones orientales pendientes de confirmar, siendo de extrañar que no existan relaciones florísticas aún mayores quizás con dicha área debido a los cambios climáticos acaecidos en el cuaternario que afectaron en mayor medida a los territorios continentales. En algunas de las floras miocénicas europeas descritas por Aubreville (1976) y otros autores es posible ver la existencia de algunos géneros o especies ligadas a esta flora macaronésica actual (*Dracaenites*, *Phoenix*, *Pistacia*, etc.).

Junto a ellos son numerosos los arbustos, canarios o macaronésicos, que forman parte de estas comunidades climáticas destruidas en gran medida en los últimos seis siglos, que muestran afinidades mediterráneas, entre ellas *Anagyris latifolia*, relacionado con el *A. foetida* mediterráneo, *Bosea yerbamora*, emparentada con la *B. cretensis* de la isla de Creta y otra especie de la India (en ambos casos únicas especies de los géneros respectivos), *Teucrium heterophyllum*, *Ruta* spp., *Rhamnus crenulata*, *Jasminum odoratissimum*, etc. Algunas afinidades orientales indicadas por Bramwell (1986), por ejemplo para *Hypericum*, necesitan ser confirmadas con datos moleculares, teniendo en cuenta la diversidad de resultados obtenidos respecto a otros grupos supuestamente con el mismo patrón de relación (Rosáceas). En este tipo de vegetación se hallan muchas de las especies de algunos de los géneros que han sufrido una mayor diversificación en las islas, tales como *Aeonium*, *Argyranthemum*, *Cheirolophus*, *Echium*, *Sideritis* o *Sonchus*.

Un tercer componente florístico engloba la flora relacionada con los bosques de laurisilva y fayal-brezal macaronésicos (*Pruno-Lauretea azorica*), distribuidos en la actualidad en Canarias, Madeira y Azores (Santos 1990). Se hallan aquí 21 especies arbóreas o arborescentes repartidas en más de un archipiélago (Canarias, Azores y Madeira), junto con algunas especies, subespecies y variedades endémicas a alguno de ellos. Esta flora muestra una cierta diversidad pero en general ha permanecido con pocas variaciones morfológicas durante millones de años sin que puedan reconocerse fenómenos de diversificación evolutiva destacables en la misma, con la excepción del género *Pericallis* (*Asteraceae*), que también parece haber estado ligado desde sus orígenes a este tipo de vegetación (Panero et al. 1999). Corresponden en su mayoría a géneros con representación monoespecífica (*Arbutus*, *Heberdenia*, *Laurus*, *Persea*, *Salix*, *Sambucus*, *Viburnum*, *Visnea*) u oligoespecíficos a nivel canario o macaronésico (*Apollonia*, *Ilex*, *Myrica*, *Picconia*) e incluye diversos arbustos de géneros endémicos monotípicos o no (*Bystrapogon*, *Gesnouimia*, *Isoplexis*, *Ixanthus*), herbáceas (*Aichryson*, *Cedronella*, *Cryptotaenia*, *Geranium*, *Pericallis*, *Ranunculus*, etc.) y lianas (*Convolvulus*, *Hedera*, *Semele*, *Smilax*) relacionados con comunidades arbóreas pluriestratificadas.

En este componente hay algunas relaciones florísticas con el mundo mediterráneo terciario (*Hedera*, *Ilex*, *Ixanthus*, *Lau-*

rus, *Prunus*, *Smilax*, *Viburnum*, etc.) y con las floras miocénicas fósiles de la Europa meridional y centro-occidental (Inglaterra, Bélgica, Sur de Francia, Italia, NE de la Península Ibérica, Cáucaso), con presencia de *Lauraceae* (Aubreville 1976).

Aunque sólo disponemos de escasos análisis moleculares respecto a la posible llegada de esas especies a Macaronesia, probablemente tuvo que estar relacionada con la existencia de bosques aún más diversificados en la cuenca mediterránea y proximidades de Europa durante el oligo-mioceno (25 a 5 Ma), donde se conocen diversos yacimientos fosilíferos, sin que se hayan descubierto, de momento, fósiles africanos relacionados a este tipo de vegetación, con la excepción poco significativa de *Salix canariensis* (*S. pedicellata* ssp. *canariensis* auct.). Al contrario, los datos conocidos hasta ahora relacionan las floras terciarias fósiles del norte de África sahariana con floras de distribución actual tropical, más meridionales, con *Combretáceas*.

Un cuarto componente tiene que ver con la flora de los pinares (*Chamaecytiso-Pinetea canariensis*), siendo el endemismo canario *Pinus canariensis*, el único representante autóctono del género en Macaronesia, con relaciones probablemente mediterráneo-orientales y no asiáticas (Krupkin et al. 1996) como se venía considerando. La pobre flora de los pinares, condicionada por numerosos incendios naturales o provocados y su explotación intensiva en los últimos 600 años, incluye diversos géneros y especies de relaciones mediterráneas, con representantes arbustivos o herbáceos de los géneros *Adenocarpus*, *Chamaecytisus*, *Cicer*, *Lotus* y *Telime* (*Fabaceae*), *Cistus* y *Helianthemum* (*Cistaceae*), *Micromeria* y *Sideritis* (*Labiatae*), *Pterocephalus* (*Dipsacaceae*), etc.

Un origen semejante parece tener la escasa pero interesantísima flora de las cumbres canarias, compartida en parte con los pinares o derivada de la de ellos, representada especialmente en las cumbres de Tenerife y La Palma y ligeramente insinuada en las de Gran Canaria, que incluye el árbol *Juniperus cedrus*, elemento de la climax del pinar compartido con Madeira, y diversos arbustos de afinidades mediterráneas: *Adenocarpus*, *Cheirolophus*, *Descurainia*, *Genista*, *Spartocytisus* (relacionado con *Cytisus* o *Telime*) o derivados por evolución insular de floras situadas en cotas más bajas tales como *Argyranthemum*, *Echium* o *Tolpis* y vivaces endémicas de diversa procedencia: *Arrhenatherum*, *Dactylis*, *Erigeron*, *Nepeta* o *Stemmacantha*.

Flora y evolución

La flora endémica presenta algunas características muy notables en relación a los procesos de evolución: radiación adaptativa, colonización horizontal, etc. (Francisco-Ortega et al. 1996, 1999), de forma que teniendo en cuenta los trabajos moleculares llevados a cabo recientemente en diversos géneros de la flora macaronésica, como *Aeonium*, *Aichryson*, *Argyan-*

themum, *Asteriscus*, *Bencomia*, *Crambe*, *Dendropoterium*, *Echium*, *Greenovia*, *Lavatera*, *Marcellilla*, *Monanthes* y *Pericallis*, entre otros (Santos 1999), puede verse como los mecanismos evolutivos desarrollados por distintos géneros, una vez acaecida con éxito las primeras llegadas de un ancestro han sido tan numerosos que en los casos más espectaculares, incluso a nivel mundial, ha sido suficiente una única introducción para dar origen a 66 especies de *Crusuláceas* agrupadas en los géneros *Aeonium*, *Aichryson*, *Greenovia* y *Monanthes*; otra para 26 especies de *Argyranthemum* (Asteraceae) en Macaronesia e igualmente otra para 26 de *Sideritis* (Lamiaceae) y 11 de *Crambe* (Brassicaceae). De forma global, las 570 especies endémicas de Canarias (incluyendo las macaronésicas) derivan de tan sólo 156 colonizaciones (Santos 1999), de las cuales sólo 17 han dado origen a la mitad de dicha flora endémica. Esa cifra es bastante baja y sorprendente si tenemos en cuenta que muchas de las especies autóctonas presentes no se han diversificado, siendo representantes de géneros mono u oligoespecíficos en las islas o archipiélagos.

Distribución intra e interinsular

Si observamos la repartición insular de los endemismos canarios, llama la atención los pocos elementos comunes a todas o a la mayoría de las islas, dependiendo de la altitud, diversidad bioclimática y otros factores ecológicos. Teniendo en cuenta solamente los endemismos canarios y observando su distribución actual, pueden reconocerse dos grandes bloques que corresponden a la tradicional división en dos grandes provincias florísticas: la oriental, pobre en especies endémicas integrada por las islas de Lanzarote, Fuerteventura, La Graciosa y los islotes, y la occidental, con el resto de las islas y una riqueza de endemismos superior a las 500 especies. Una observación detenida de los conjuntos florísticos presentes en dichas islas nos haría pensar que la provincia oriental manifiesta una relación clara en sus elementos florísticos, con una quincena aproximada de endemismos comunes compartiendo entre ellos el género monotípico *Rutheopsis* y especies como *Aeonium balsamiferum*, *Aichryson tortuosum*, *Ferula lancerottensis*, *Limonium bourgaei*, *Senecio bollei* o *Sideritis pumila*. Además, los endemismos insulares de estas dos islas, algunos de los cuales presentan relaciones entre sí (*Asteriscus sericus*-*A. intermedius*), muestran a su vez una independencia florística del resto del archipiélago con algunas curiosas relaciones con Madeira (*Crambe sventenii*-*C. fruticosa*, *Lavandula pinnata*) y, centro africanas (*Salvia herbanica*-*S. chudaei*), y es en ellas donde se manifiestan más evidentes las relaciones del archipiélago con las costas africanas próximas, en particular con el sector oceánico sahariano y el sudoeste marroquí, bien compartiendo especies o bien como posibles elementos vicariantes en géneros tales como *Aeonium*, *Bupleurum*, *Caralluma*, *Convolvulus*, *Erucastrum*, *Euphorbia*, *Lotus* o *Pulicaria*. En total, la provincia florística oriental posee 45 de las especies endémicas del archipiélago que representa el 7% de las mismas y tiene unas 20 especies canarias, comunes a ambas provincias y presentes en casi todas las islas.

Dentro de la provincia florística occidental, Gran Canaria, con una riqueza de endemismos de 84 especies, muestra algunas particularidades propias e independientes del resto de las islas, con la presencia de 3 géneros endémicos (Tabla 21.1) o la existencia de especies con afinidades africanas no bien establecidas (*Campitoma*). El carácter ancestral de una parte de la flora gran Canaria queda confirmado además por el reciente descubrimiento en dicha isla de fósiles vegetales, aún no determinados, con una antigüedad de unos 13 millones de años (García-Talavera *et al.* 1990). Esto parece indicar la existencia de una flora más primitiva en las Islas Canarias de la cual aún desconocemos su composición florística, su pervivencia en la flora actual y su posible relación con faunas extinguidas. La presencia en Gran Canaria de un importante conjunto endémico con una personalidad propia (*Dracaena tamaranae*, *Globularia ascarii* y *G. sarcophylla*, *Scrophularia calliantha* o *Tanacetum spp.*) hace pensar en algunos procesos de colonización o evolutivos independientes del resto de las islas, o una mejor conservación debido a la antigüedad y estabilidad geológica de, al menos, una parte de la isla.

Algo semejante ocurre en el grupo occidental (Tenerife, La Gomera, El Hierro y La Palma) que en total poseen 255 especies endémicas correspondientes a casi el 50% de la flora endémica del archipiélago. Las islas de Tenerife y La Gomera, donde la individualidad y antigüedad de al menos parte del territorio son más evidentes, comparten un conjunto significativo de endemismos, entre los que se encuentran el género endémico monotípico *Dicheiranthus* (Caryophyllaceae) o diversas especies como *Aeonium decorum*, *Convolvulus volubilis* o *Polycarpha carnosae*. Ambas islas muestran un conjunto de especies endémicas bien diferenciadas del resto de los endemismos canarios (por ejemplo, *Navae phoenicea* en Tenerife o *Limonium dendroides* y *Sideritis spp.* en La Gomera), mientras que en las islas de La Palma y El Hierro, debido a su mayor juventud geológica, las afinidades florísticas, favorecidas por unas vías de migración más directas, hacen que ambas manifiesten unas relaciones estrechas, confirmadas en algunos casos molecularmente, en los géneros *Aeonium*, *Bencomia*, *Ceropegia*, *Gonospermum*, *Silene* o *Sonchus*, entre otros. No obstante, mientras que en El Hierro no se ha encontrado ningún endemismo exclusivo, de características especiales, en La Palma sí están presentes (*Genista benehoavensis*, *Lactucosonchus webbiai*) o bien presentan caracteres morfológicos bien diferenciados en relación a los endemismos canarios o macaronésicos de su grupo (*Echium gentianoides*) sin que podamos afirmar si se formaron en la isla o sus migraciones de otra con subsiguientes extinciones en la zona de origen. Incluso a nivel molecular, algunos endemismos palmeros, basales al resto de su grupo (*Lactucosonchus*), plantean problemas de interpretación en relación a la antigüedad de las islas difíciles de resolver por el momento.

Tabla 21.3

Endemismos (espermatófitos) macaronésicos presentes en Canarias (especies, subespecies y variedades, Az: Azores; M: Madeira; S: Salvajes; CV: Cabo Verde).

Especies	Archipiélago		
<i>Ammi procerum</i>	M	<i>Ocotea foetens</i>	Az, M
<i>Apollonas barbujana</i>	M	<i>Odonites holliana</i>	M
<i>Asparagus scoparius</i>	M, S, CV	<i>Patellifolia procumbens</i>	M, CV
<i>Bupleurum salicifolium</i>	M	<i>Periploca laevigata</i>	CV
<i>Capnophyllum peregrinum</i>	M, CV	<i>Persea indica</i>	Az, M
<i>Carlina salicifolia</i>	M	<i>Phyllis nobla</i>	M
<i>Cedronella canariensis</i>	M, Az	<i>Ranunculus cortusaefolius</i>	Az, M
<i>Dracunculus canariensis</i>	M	<i>Rhamnus glandulosa</i>	M
<i>Ebingeria elegans</i>	M	<i>Rubia fruticosa</i>	M, S
<i>Erysimum bicolor</i>	M	<i>Rubus bollei</i>	M
<i>Frankenia ericifolia</i>	CV	<i>Rumex maderensis</i>	M
<i>Fumaria montana</i>	M, CV	<i>Salix canariensis</i>	M
<i>Galium geminiflorum</i>	M	<i>Schizogyne sericea</i>	S
<i>Globularia salicina</i>	M	<i>Semele androgina</i>	M
<i>Heberdenia excelsa</i>	M	<i>Senecio incrassatus</i>	M, S
<i>Hypericum canariense</i>	M	<i>Smilax canariensis</i>	M
<i>Hypericum glandulosum</i>	M	<i>Tamus edulis</i>	M
<i>Hypericum inodorum</i>	M	<i>Teline stenopetala</i>	CV
<i>Ilex canariensis</i>	M	<i>Teucrium heterophyllum</i>	M
<i>Jasminum odoratissimum</i>	M	<i>Urtica morifolia</i>	Az, M
<i>Juniperus cedrus</i>	M	<i>Visnea mocanera</i>	M
<i>Laurus azorica</i>	Az, M	<i>Dactylis smithii</i> ssp. <i>hylodes</i>	M, CV
<i>Lavandula pinnata</i>	M	<i>Dracaena draco</i> ssp. <i>draco</i>	Az, M, CV
<i>LOBULARIA canariensis (sensu lato)</i>	M, S, CV	<i>Olea europaea</i> ssp. <i>cerasiformis</i>	M
<i>Lolium canariense</i>	M, CV	<i>Plantago arborescens</i> ssp. <i>maderensis</i>	M
<i>Lotus glaucus</i>	M, S	<i>Prunus lusitanica</i> ssp. <i>hixa</i>	M
<i>Melica canariensis</i>	M	<i>Rumex bucephalophorus</i> ssp. <i>canariensis</i>	Az, M
<i>Myrica faya</i>	Az, M	<i>Wahlenbergia lobelioides</i> ssp. <i>lobelioides</i>	M, CV
		<i>Andryala glandulosa</i> var. <i>varia</i>	M

Flora nativa no endémica

Constituida por un conjunto de especies estimable entre los 600-800 elementos, registrados en el check-list de Hansen y Sunding (1993) que incluyen endemismos o especies autóctonas compartidas con otros archipiélagos macaronésicos, los territorios africanos próximos y un conjunto importante de especies comunes con la región mediterránea. Muchos taxa que hoy consideramos como posibles neófitos de origen mediterráneo en su mayoría y, en particular, la flora herbácea ligada a los pastizales de distintos ecosistemas pueden haber tenido una arribada espontánea a las islas. Futuros trabajos taxonómicos y moleculares irán aclarando algunos de estos pormenores, pero a la vista de los datos actuales y la publicación reciente de diversas especies anuales endémicas nuevas (*Campanula occidentalis*, *Trisetaria lapalmae*, etc.) queda un grupo importante de especies que no podemos afirmar si corresponden o no a la flora espontánea de las islas.

La flora espontánea, no endémica del archipiélago, incluye un conjunto importante de endemismos macaronésicos que Canarias comparte con otros archipiélagos (Tabla 21.3) donde destacan las evidentes relaciones entre Canarias y Madeira, con algo más de 40 especies comunes, propias de los bosques de laurisilva (*Apollonias*, *Ilex*, *Salix*, etc.) o de los esclerófilos (*Heberdenia*, *Hypericum*, *Olea*, *Visnea*). Menos significativas son las relaciones con Azores, destacando la flora relacionada con los bosques de laurisilva (Santos 1990), bien se trate de especies comunes o presentando diferencias con categoría de subespecies o variedades. Se incluyen en este grupo 14 ó 15 árboles y diversas especies vicariantes (*Euphorbia*, *Geranium*, *Pericallis*, *Tolpis*). Son comunes con Salvajes tres especies (dos también presentes en Madeira) y ninguna es exclusiva de Canarias y Cabo Verde. Los elementos que se encuentran en Canarias y Cabo Verde, se hallan también en Madeira, Salvajes, o las costas africanas próximas a ambos archipiélagos, estando pendiente de resolver la presencia en Cabo Verde de los

Tabla 21.4

Especies comunes a Canarias, otros archipiélagos macaronésicos y África noroccidental

[S: Salvajes, CV: Cabo Verde y AN: África noroccidental]

<i>Asparagus pastorianus</i> (AN)	<i>Lobularia canariensis</i> ssp. <i>marginata</i> (AN)
<i>Asteriscus schultzei</i> (AN)	<i>Mairetis microsperma</i> (AN)
<i>Astydamia latifolia</i> (S, AN)	<i>Mesembryanthemum teurkaufii</i> (AN)
<i>Chenoleoides tomentosa</i> (S, AN)	<i>Polycarpha nivea</i> (CV, AN)
<i>Coronilla viminalis</i> (AN)	<i>Pulicaria burchardii</i> (CV, AN)
<i>Eritrichum sventenii</i> (AN)	<i>Rhus albidia</i> (AN)
<i>Euphorbia regis-jubae</i> (AN)	<i>Sonchus bourgaei</i> (AN)
<i>Frankenia capitata</i> (AN)	<i>Sonchus pinnatifidus</i> (AN)
<i>Frankenia ericifolia</i> (CV, AN?)	<i>Traganum moquinii</i> (CV, AN)
<i>Kickxia sagittata</i> (AN)	<i>Zygophyllum fontanesii</i> (CV, AN)
<i>Limonium tuberculatum</i> (AN)	<i>Zygophyllum gaetulum</i> (AN)

Tabla 21.5

Especies vicariantes entre Canarias y África noroccidental.

Canarias	África noroccidental
<i>Aeonium balsamiferum</i>	<i>Aeonium kornelius-lemsii</i>
<i>Aeonium holochrysum</i>	<i>Aeonium arboreum</i>
<i>Ammodaucus leucotrichus</i> ssp. <i>nanocarpus</i>	<i>Ammodaucus leucotrichus</i> ssp. <i>leucotrichus</i>
<i>Asteriscus stenophyllum</i>	<i>Asteriscus graveolens</i>
<i>Bupleurum handiense</i>	<i>Bupleurum canescens</i>
<i>Caralluma burchardii</i> ssp. <i>burchardii</i>	<i>Caralluma burchardii</i> ssp. <i>maura</i>
<i>Convolvulus caput-medusae</i>	<i>Convolvulus trabutianus</i>
<i>Dracaena draco</i> ssp. <i>draco</i>	<i>Dracaena draco</i> ssp. <i>ajgal</i>
<i>Erucastrum canariense</i>	<i>Erucastrum ifniense</i>
<i>Euphorbia balsamifera</i> ssp. <i>balsamifera</i>	<i>Euphorbia balsamifera</i> ssp. <i>rogeri</i>
<i>Euphorbia handiense</i>	<i>Euphorbia echinus</i>
<i>Kleinia neriifolia</i>	<i>Kleinia anteuphorbium</i>
<i>Lotus glaucus</i>	<i>Lotus</i> spp.
<i>Olea europaea</i> ssp. <i>cerasiformis</i>	<i>Olea laperrini?</i>
<i>Pancratium canariense</i>	<i>Pancratium</i> sp.
<i>Pulicaria canariensis</i>	<i>Pulicaria mauritanica</i>
<i>Salvia herbanica</i>	<i>Salvia chudaei</i>

endemismos canarios *Teline stenopetala* y *Olea europea* ssp. *cerasiformis*. Sin embargo, si son significativas las especies endémicas de Cabo Verde vicariantes u originadas en Canarias (Brochmann *et al.* 1997), algunas de ellas con conexiones africanas (Saharo-occidentales), según resultados de estudios moleculares (*Aeonium*, *Asteriscus*, *Sonchus*) o morfológicos (*Frankenia*, *Lobularia*, *Tolpis*) recientes. *Dracaena draco* ssp. *draco* es, por el momento, el único endemismo compartido –a nivel de subespecie, después de su descubrimiento en el antillal marroquí (*D. draco* ssp. *ajgal*)– entre los cuatro grandes archipiélagos macaronésicos.

Otro conjunto significativo lo constituyen los endemismos compartidos con el África noroccidental (sector sahariano-oceánico y sudoeste de Marruecos), algunos de los cuales lle-

gan también a Cabo Verde (Tabla 21.4), así como un grupo importante de especies, en general herbáceas, características de la flora de la región Saharo-arábica. Relacionados con estos hay que citar a los elementos vicariantes presentes en ambas áreas (Tabla 21.5) a los que habrá que incorporar otros cuando se amplien los estudios acerca de dichas floras. Por último, aun no existiendo endemismos que Canarias comparta exclusivamente con el archipiélago caboverdiano, sí resulta muy significativo que la mayoría de las especies exclusivas de dichas islas se hallen relacionadas con la flora canaria, información que puede contrastarse desde el punto de vista morfológico o a raíz de los datos moleculares estudiados ya en otros grupos (*Aeonium*, *Asteriscus*, *Echinus*, *Sonchus* o *Tolpis*).

Capítulo 22

FLORA MARINA

MARTA SANSÓN, JAVIER REYES Y JULIO AFONSO-CARRILLO



e acuerdo con Dring (1982), tan sólo un 3 % de las especies vegetales que actualmente se conocen viven en el mar. Más del 90% de las especies de plantas marinas pertenecen a un grupo heterogéneo de organismos, las algas, en el que se agrupan varias divisiones filogenéticamente independientes. Además de las algas, en el mar viven algunos hongos y unas pocas fanerógamas marinas, pero están ausentes los briófitos y los helechos (Lobban y Harrison 1994).

Como el resto de los seres vivos, los vegetales marinos tienen una larga historia evolutiva, que está ligada al origen de la vida en el mar. En términos generales se acepta que hasta hace unos 450 Ma todas las plantas eran marinas y que sólo en los últimos 400 Ma ha tenido lugar la conquista del medio terrestre. De las plantas vasculares, cuyos ancestros abandonaron los océanos para colonizar la tierra, sólo las denominadas fanerógamas marinas retornaron y viven en la actualidad totalmente sumergidas (Larkum y Hartog 1989). La colonización de los fondos marinos hace unos 70 Ma por estas plantas con flores con una serie de dispositivos innovadores como las raíces y los sistemas vasculares, supuso la aparición de unos nuevos competidores para las algas, protagonistas hasta ese momento de la vida vegetal marina.

El mundo de las plantas marinas cobra un especial interés en un lugar como las Islas Canarias, en las que frente a los 7.458 km² de superficie, la longitud de costa se cifra en 1.491 km, siendo la extensión de la plataforma insular (hasta los 50 m de profundidad) de 2.256 km² potencialmente factibles para el crecimiento de las plantas marinas. Esto hace comprensible la importancia de los vegetales marinos, a pesar de que, por diversas causas adversas no toda la plataforma insular sumergida permite actualmente el desarrollo de poblaciones vegetales (Gil-Rodríguez *et al.* 1992).

Los principales aspectos florísticos y biogeográficos de las plantas marinas de las Islas Canarias han sido objeto de análisis previos (Afonso-Carrillo y Sansón 1999, Prud'homme van Reine y Hoek 1990). Sin embargo, los hábitos, tipos biológicos y algunos aspectos relacionados con la distribución vertical y geográfica de las plantas marinas canarias no han sido

anteriormente analizados, y constituyen el motivo de esta contribución.

COMPOSICIÓN DE LA FLORA MARINA

La flora marina de Canarias es bastante diversa. De acuerdo con Afonso-Carrillo y Sansón (1999), está constituida por 621 especies de algas bentónicas, repartidas entre las diferentes divisiones según se observa en la figura 22.1. El predominio de las algas rojas (Rhodophyta) con respecto al resto de las divisiones es característico por la proximidad de las Islas Canarias a los trópicos, constituyendo este grupo el 59,6% del total de especies de su flora marina.

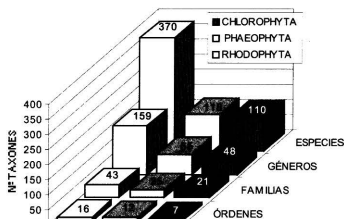


Figura 22.1

Número de taxones (órdenes, familias, géneros y especies) de las tres divisiones de algas (Rhodophyta, Phaeophyta, Chlorophyta) presentes en la flora marina canaria.

Entre las algas rojas, los órdenes con un mayor número de representantes son Ceramiales (153 especies, 65 géneros, 4 familias), Corallinales (51 especies, 17 géneros, 2 familias) y Gigartinales (50 especies, 32 géneros, 18 familias). Las familias Ceramiaceae y Rhodomelaceae, con 63 y 67 especies, respectivamente, son las que presentan una mayor riqueza espe-

cífica, no sólo entre las algas rojas sino entre el resto de las divisiones (Sansón 1994, Rojas y Afonso-Carrillo 1999).

Los órdenes mejor representados entre las algas pardas (Phaeophyta) son Dictyotales (25 especies, 8 géneros, 1 familia), Chordariales (23 especies, 21 géneros, 7 familias), Fucales (19 especies, 3 géneros, 3 familias) y Ectocarpales (17 especies, 11 géneros, 1 familia). La familia Dictyotaceae es la que presenta una mayor riqueza específica y sus representantes participan de una forma notable en el paisaje vegetal marino de las islas.

Entre las algas verdes (Chlorophyta), los órdenes Cladophorales (37 especies, 13 géneros, 5 familias), Bryopsidales (34 especies, 12 géneros, 6 familias) y Ulvales (28 especies, 15 géneros, 5 familias) son los mejor representados. La familia Cladophoraceae, con 22 especies, es la más numerosa. Además de estas tres divisiones de algas, la flora marina canaria incluye 23 especies de algas verde-azules (Cyanophyta), 21 hongos marinos (Eumycota) (Kohlmeyer 1967) y 3 fanerógamas marinas (Spermatophyta) (Reyes *et al.* 1995).

HÁBITATS DE LAS PLANTAS MARINAS

Uno de los procesos más importantes y críticos en el ciclo de vida de un alga bentónica es la colonización de un nuevo sustrato por parte de las diásporas (esporas, zigotos, propágulos). Una vez liberadas en la columna de agua, éstas son dispersadas generalmente de forma pasiva por efecto de la dinámica marina antes de tener lugar la fijación al nuevo sustrato, de modo que la capacidad de dispersión va a depender de las características de la propia planta, de las condiciones hidrodinámicas y de la propia diáspora (Norton 1992).

Características como la estabilidad, inclinación, color, dureza y textura del sustrato son muy importantes en las primeras etapas de fijación y desarrollo de las diásporas (Fletcher y Callow 1992). La supervivencia en las primeras etapas después de la fijación es fundamental para el establecimiento de las poblaciones vegetales bentónicas. Una vez establecidos, los talos comienzan a desarrollarse. El hábito de los individuos adultos de cada especie así como el ambiente particular donde se desarrollan van a condicionar la formación de diferentes sistemas de fijación (rizoides, discos, costras, hápteros, fijaciones adicionales).

Las plantas marinas colonizan una gran variedad de hábitats, sustratos rocosos generalmente estables, sustratos arenosos de mayor inestabilidad, rocas establecidas en fondos arenosos, epifitas en una gran variedad de algas o fanerógamas marinas, o epizocas (Kain y Norton 1990). Sin embargo, la indiferencia de la mayor parte de las plantas marinas por la naturaleza del sustrato les permite colonizar también cualquier tipo de sustrato artificial (plásticos, vidrios, cuerdas, metales, ...).

La mayoría de las algas marinas canarias (294 especies) crecen exclusivamente sobre sustratos duros, principalmente rocas y plataformas rocosas (Fig. 22.2). De ellas, el 61,6% son algas rojas, el 24,5% algas pardas y el 13,9% algas verdes. Otras 56 especies ocupan sustratos rocosos influidos por la arena, caracterizados por una gran abrasión e inestabilidad. Sólo 7 especies, todas algas verdes pertenecientes al orden Caulercales (*Caulerpa*, *Avranvillea* y *Flabellia*), crecen exclusivamente en hábitats arenosos desarrollando sistemas de fijación especializados. En este grupo se incluyen además las tres fanerógamas marinas presentes en Canarias (Reyes *et al.* 1995).

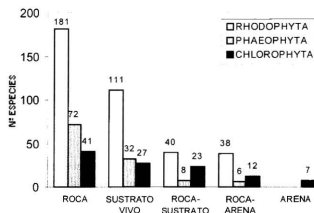


Figura 22.2

Número de especies de las tres divisiones de algas marinas canarias (Rhodophyta, Phaeophyta, Chlorophyta) en función del tipo de sustrato donde crecen.

Los sustratos vivos suponen también un hábitat muy importante para el desarrollo de las algas canarias (Reyes y Sansón 1997). En ellos se han reconocido 170 especies creciendo epifitas, endófitas, parásitas o epizocas sobre una gran variedad de plantas y animales marinos, siendo las algas rojas el grupo dominante, con el 65,2% de las especies. Las restantes 71 especies de algas canarias crecen indistintamente sobre sustratos rocosos y sustratos vivos.

TIPOS BIOLÓGICOS DE LAS ALGAS

Asíndose en su morfología, su longevidad, así como su ciclo de vida, las algas marinas pueden clasificarse en tres tipos biológicos, anuales, perennes y pseudoperennes (Lüning 1990). La mayoría de las algas marinas canarias son anuales (Fig. 22.3). Así, el 64,8% de las algas rojas, el 66,9% de las algas pardas y el 76,4% de las algas verdes están presentes durante todo el año con más de una generación (p. ej. *Ulva*, *Enteromorpha*), o son evidentes sólo estacionalmente perdurando el resto del año como otra fase microscópica (p. ej. *Dudresnaya*, *Nemalion*).

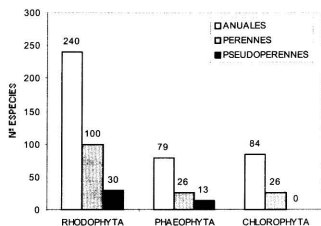


Figura 22.3

Número de especies de las tres divisiones de algas marinas canarias (Rhodophyta, Phaeophyta, Chlorophyta) según sus tipos biológicos.

Le siguen en número las perennes, es decir, aquellas que viven varios años (p. ej. *Fucus*, *Ralfsia*), que incluyen el 27% de las algas rojas, el 22% de las algas pardas y el 23,6% de las algas verdes. Las especies pseudoperennes, con una parte basal perenne y con partes erectas que se pierden y se renuevan cada año (p. ej. *Sargassum*, *Rissoella*), son las menos numerosas y suponen el 8,1% de las algas rojas y el 11% de las algas pardas.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LAS ALGAS

Las plantas marinas requieren de forma obligada una inmersión continua o regular en el mar. Su distribución vertical está más limitada en altura, hasta una decena de metros sobre el nivel de mareas, que en profundidad, extendiéndose la zona fótica —aquella donde existe luz suficiente para realizar la fotosíntesis— hasta unos 200 metros de profundidad. En altura, las plantas marinas dependen de la influencia del spray marino y en gran medida de la exposición al oleaje y de la inclinación del litoral. En profundidad, el factor limitante es la luz. Las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas sublitorales se dan principalmente en los primeros metros de profundidad donde crece la mayoría de las especies de algas conocidas.

Las oscilaciones de marea son responsables de que durante los periodos de bajar muchas algas marinas permanezcan expuestas al aire, creciendo total o parcialmente emergidas o inmersas en los charcos de marea. Estas algas intermareales presentan adaptaciones de tipo fisiológico (Lobban y Harrison 1994) que les permiten soportar pérdidas importantes de agua y variaciones importantes de temperatura y de salinidad, sin que se vea afectada su supervivencia (p. ej. *Fu-*

cus, *Porphyra*). Otras algas, sin embargo, aunque carecen de esta capacidad, toleran la emersión debido a diferentes mecanismos que retardan su desecación. Así, algunas macroalgas retienen agua por el diseño morfológico de sus talos (p. ej. *Dasycladus*, *Enteromorpha*) y otras constituyendo agrupaciones cespitosas muy densas que caracterizan gran parte del paisaje vegetal intermareal de nuestras costas (p. ej. *Ceramium*, *Corallina*, *Jania*, *Caulacanthus*).

Las especies que crecen en el interior de los charcos de mareas también soportan variaciones en algunos parámetros ambientales, como la temperatura y la salinidad, aunque estos cambios son más importantes cuanto más altos se localicen en el intermareal y menor sea el volumen de agua que contengan. En general, la riqueza específica y la biodiversidad de los charcos de mareas aumenta desde los charcos supralitorales, en los que apenas crecen unas pocas algas verde-azules, hasta los charcos infralitorales, en los que la riqueza en algas es comparable a la de los primeros metros del sublitoral (Gil-Rodríguez *et al.* 1992). Sólo se han observado 142 especies de la flora canaria creciendo exclusivamente en esta zona intermareal, aunque este número aumenta hasta 375 cuando consideramos aquellas especies que además viven en el sublitoral, siendo las algas rojas el grupo mejor representado en ambos casos.

En el sublitoral, la distribución vertical de las plantas marinas depende en gran medida de la luz (Lüning 1990). Esta se altera con la profundidad, tanto en cantidad (intensidad) como en calidad, con una absorción selectiva de las diferentes partes del espectro, máxima en la fracción roja y decreciente hacia la fracción azul. La turbidez del agua, condicionada por las partículas en suspensión, modifica este modelo general de absorción selectiva de la luz con la profundidad y condiciona en gran medida la amplitud de la zona fótica.

Como se observa en la figura 22.4, el número de especies de todas las divisiones de algas de la flora marina canaria desciende a medida que aumenta la profundidad. Las algas rojas dominan frente a las algas pardas y verdes en todos los niveles del litoral, especialmente en el intermareal y en los 10 primeros metros de profundidad. El mayor número de especies de algas (420 especies) ha sido encontrado en el sublitoral superior (0-10 metros de profundidad). De ellas, 129 especies son hasta el momento exclusivas de estas profundidades. Este número desciende marcadamente, hasta 120 especies, en los siguientes 20 metros de profundidad. Por debajo de los 30 metros, el conocimiento de la flora canaria es aún parcial, y sólo se tienen datos en localidades aisladas de las islas, algunos procedentes de observaciones directas con escafandra autónoma (Ballesteros 1993) o submarinos de investigación (Haroun *et al.* 1993), otros obtenidos por métodos indirectos como dragados (Betancort *et al.* 1995). No obstante, hasta la actualidad, 19 especies de algas se han citado exclusivamente bajo la

cota de los 30 metros, algunas de ellas como *Cryptomenia seminervis* y *Syringoderma floridana* por debajo de los 60 metros y otras como *Leptofaucheia brasiliensis* por debajo de los 90 metros (Haroun *et al.* 1993). Del conjunto de la flora marina canaria sólo el 4,7% de las especies (p. ej. *Lophocladia trichoclados*, *Lobophora variegata*) crecen desde el intermareal hasta las máximas profundidades estudiadas, mostrando el rango más amplio de distribución vertical.

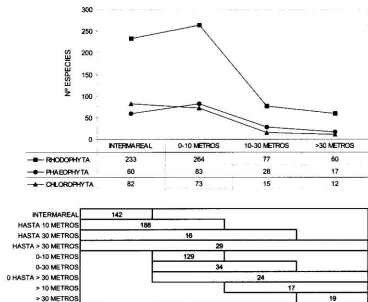


Figura 22.4

Número de especies de las tres divisiones de algas marinas canarias (Rhodophyta, Phaeophyta, Chlorophyta) intermareales y sublitóreas en función de su distribución vertical. En la parte inferior de la figura se representa el número total de especies según la amplitud de su rango de distribución

ELEMENTOS BIOGEOGRÁFICOS DE LA FLORA MARINA

De acuerdo con Hoek (1984), las Islas Canarias están situadas en la posición meridional de la región templado cálida del Atlántico oriental. Esta región fitogeográfica es la que muestra una mayor riqueza florística en la costa este del Atlántico (Hoek 1975), y abarca desde el sur de las Islas Británicas hasta las costas de Senegal, incluyendo también el mar Mediterráneo. Las afinidades fitogeográficas de la flora marina de las Islas Canarias han sido analizadas por Feldmann (1946), Afonso-Carrillo y Gil Rodríguez (1982) y Prud'homme van Reine y Hoek (1990). Sin embargo, basándose en la información de la que se dispone en la actualidad sobre las plantas marinas canarias (Fig. 22.5) es posible señalar que el 31% de las especies presentan un área de distribución restringida dentro de los límites de la región templado cálida del Atlántico oriental y, por tanto, son endémicas de esta región fitogeográfica.

Por el contrario, los endemismos exclusivos de las Islas Canarias son muy escasos, apenas 16 especies (Afonso-Carrillo y Sansón 1999). El resto de los componentes de la flora marina se reparten entre especies características de las costas tropicales y subtropicales (30%), especies ampliamente repartidas por la mayor parte de las costas de todo el mundo, y que pueden ser tratadas como cosmopolitas y subcosmopolitas (19%), especies características de las costas templadas frías

que en muchos casos tienen en las Islas Canarias sus límites meridionales de distribución (16%) y, por último, un reducido número de especies de distribuciones disjuntas (4%) para las que resulta muy difícil explicar el origen de sus áreas de distribución fragmentadas. Las Islas Canarias muestran como particularidad dentro de la Región templado cálida del Atlántico oriental, el elevado número de especies de distribución tropical o subtropical que intervienen en su flora, muchas de ellas, además, con distribución anfiantláctica y con estas islas como únicas localidades conocidas en este lado del Atlántico.

En la figura 22.5 se muestran por separado los diferentes elementos biogeográficos en las distintas divisiones de algas. Mientras que en el caso de las algas rojas los elementos endémicos y tropicales-subtropicales son claramente dominantes, en las algas pardas y las verdes, la proporción es similar para todos los grandes grupos fitogeográficos. El porcentaje relativo de especies con similar distribución es parecido en cada una de las islas, siendo las especies endémicas de la región, las tropicales-subtropicales y las cosmopolitas-subcosmopolitas los grupos mejor representados (Fig. 22.6).

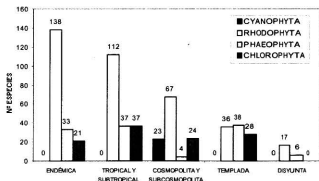


Figura 22.5

Número de especies de algas marinas canarias (Rhodophyta, Phaeophyta, Chlorophyta, Cyanophyta) según su corología mundial. Nota: Entre las especies endémicas se incluyen aquellas exclusivas de la Región templado-cálida del Atlántico oriental.

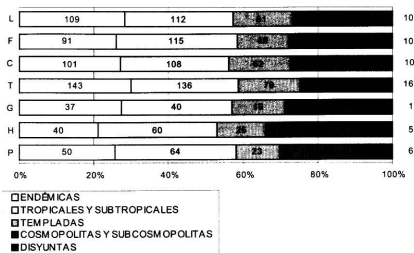


Figura 22.6

Número de especies y porcentajes de la flora marina de cada isla en función de sus corologías mundiales. Nota: Entre las especies endémicas se incluyen aquellas exclusivas de la Región templado-cálida del Atlántico oriental.

COROLOGÍA INSULAR

El conocimiento que se tiene de las floras marinas de las diferentes islas que constituyen el Archipiélago Canario es desigual. Mientras las floras de las islas orientales (Lanzarote y Fuerteventura) y centrales (Tenerife y Gran Canaria) han sido objeto de numerosas investigaciones, las de las islas occidentales (La Palma, El Hierro y La Gomera) se conocen aún parcialmente (Haroun y Afonso-Carrillo 1997).

La flora marina de Tenerife está representada por 476 especies de algas, lo que constituye un 76,6% del conjunto de la

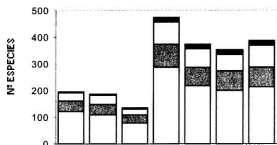


Figura 22.7

Número de especies de las diferentes divisiones de algas marinas canarias por Islas (Rhodophyta, Phaeophyta, Chlorophyta, Cyanophyta).

flora marina canaria, siendo actualmente, la que tiene un mayor número de representantes de todas las divisiones (Fig. 22.7). También Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura con más de 350 especies cada una, incluyen en sus floras entre el 56 y el 61% de la flora marina canaria. Por el contrario, para La Palma y El Hierro actualmente sólo se conoce la presencia de 196 y 189 especies de algas marinas, respectivamente, lo que constituye tan sólo el 30-31% de las especies conocidas para Canarias. La Gomera es la isla menos estudiada en este momento, donde apenas se conoce la presencia de un 21,7% de la flora marina canaria. En cualquier caso, todas las islas muestran una proporción similar de especies cuando comparamos las principales divisiones de algas, siendo la proporción de algas rojas 3 veces superior a la de algas pardas y verdes, manteniendo estas últimas una proporción similar de especies (Fig. 22.7).

Por su situación geográfica, las Islas Canarias están afectadas por el afloramiento de aguas frías que tienen lugar en la costa africana. En este sentido, existe un marcado gradiente en la temperatura de las aguas superficiales desde las islas más orientales hasta las más occidentales, estas últimas con características más oceánicas. Además, la orografía de las costas y los fondos varía considerablemente de unas islas a otras. Las islas occidentales y centrales presentan costas escarpadas, con gran parte de su litoral acantilado, con plataformas rocosas cortas y fondos eminentemente rocosos, y las islas orientales, caracterizadas por sus costas bajas, con extensas plataformas rocosas y grandes extensiones de playas de arena que se prolongan en muchas zonas por los fondos de estas islas.

Prud'homme van Reine y Hoek (1990) en su análisis biogeográfico de las floras marinas de los archipiélagos de la Macaronesia revelaron una cierta divergencia de las floras marinas de Lanzarote y Fuerteventura respecto a la de las islas occidentales. A pesar de que en el análisis de agrupamiento, las floras de las islas occidentales y orientales quedaban unidas en el mismo grupo en el dendrograma, la flora marina de las islas occidentales mostraba una mayor relación con la flora de las islas Salvajes y las de Madeira. Asimismo, observaron una mayor presencia de especies boreales en las localidades orientadas al Norte de las islas mientras que, aquellas orientadas al Sur, mostraban por lo general una composición florística más tropical.

El análisis de los datos que se conocen en la actualidad sobre las floras marinas de cada una de las Islas Canarias muestra dos grupos de islas (Fig. 22.8). Por un lado, las islas que muestran una mayor similitud en sus floras marinas son Te-

nerife y Gran Canaria, vinculándose a éstas otro subgrupo formado por las islas orientales (Lanzarote y Fuerteventura). Estas cuatro islas se corresponden con las islas mejor estudiadas hasta el momento. Por otro lado, se diferencia otro grupo que incluye a las islas occidentales (La Palma, La Gomera y El Hierro). Estas islas se agrupan con índices de similitud menores que en el grupo de las islas centrales y orientales, probablemente debido al menor conocimiento que se tiene sobre sus floras marinas. Las investigaciones de estos últimos años apuntan que cuanto mayor es el conocimiento que se tiene de la flora de una isla, mayor es la similitud que muestra frente al resto de las islas y que, probablemente, las diferencias apuntadas en los análisis actuales tiendan a disminuir cuando el conocimiento de las floras de las distintas islas sea similar.

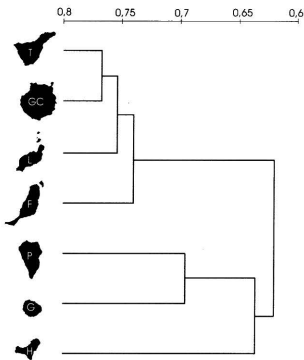


Figura 22.8

Dendrograma obtenido a partir de un análisis de conglomerado jerárquico que muestra el grado de similitud de las floras marinas de las diferentes Islas Canarias, utilizando el índice de Dice y una vinculación simple.

No obstante, las islas orientales que están bañadas por aguas más frías muestran una mayor contribución en biomasa de elementos con carácter tropical y subtropical. Para explicar este fenómeno podemos atender a particularidades como es la orografía de sus costas con extensas plataformas, la naturaleza arenosa de sus fondos, así como las condiciones ambientales y oceanográficas particulares que se dan en sus aguas litorales someras. Si atendemos a las características físicas de las aguas de El Hierro y a la naturaleza tropical de su

fauna marina, podemos decir que se trata de la isla que presenta un mayor carácter tropical en sus fondos. Sin embargo, si atendemos a su flora marina, a pesar de presentar elementos típicamente tropicales, aunque en igual proporción que en el resto de las islas (Fig. 22.6), sus fondos no muestran una biomasa de algas tropicales comparable con la de las islas orientales, quizás debido principalmente a la ausencia de plataformas costeras y al marcado carácter abrupto de sus fondos.

A pesar de los datos mostrados previamente, el conocimiento que se tiene en la actualidad sobre las plantas marinas canarias es todavía parcial, como lo demuestran las numerosas novedades florísticas producidas en los últimos años (ver Afonso-Carrillo y Sansón 1999) o los recientes hallazgos de especies no descritas (Tabares *et al.* 1997, Afonso-Carrillo *et al.* 1998). Sin duda, el estudio exhaustivo desde el punto de vista florístico especialmente de las costas de las islas de La Palma, La Gomera y El Hierro, así como de los poblamientos de algas del sublitoral profundo a nivel de todo el archipiélago, permitirá incrementar considerablemente el conocimiento sobre las plantas marinas de las Islas Canarias.

Capítulo 23

FLORA INTRODUCIDA

MANUEL GONZÁLEZ MARTÍN Y FRANCISCO GONZÁLEZ ARTILES



Las principales amenazas sobre los ecosistemas a nivel mundial son su destrucción directa por el hombre y la llegada a hábitats naturales o seminaturales de especies invasoras (Cronk y Fuller 1995, Rubec y Lee 1997). Puede parecer excesivo atribuir a las especies invasoras un efecto tan destructivo, pero no debemos olvidar que, si bien la alteración de un ecosistema por el hombre puede llegar a detenerse o incluso revertir parcialmente cuando la presión cesa, los efectos de la introducción de una especie en un ecosistema no desaparecen cuando dicha introducción finaliza, sino que éstos continúan e incluso pueden llegar a multiplicarse en el tiempo.

La existencia de una cierta confusión en el uso y diferenciación de términos tales como especie introducida o alóctona, invasora, «malas hierbas», ruderales, etc., dificulta la comparación del alcance de este problema entre distintas regiones y floras. Conviene recordar que, aunque el término ruderal es ampliamente usado, una especie con esta característica puede ser perfectamente nativa y el término alude sólo a su vinculación con actividades humanas.

MacDonald *et al.* (1989) definen una especie introducida como “aquella que sólo se encuentra en un lugar como resultado de su movimiento intencionado o accidental por humanos desde su rango de distribución natural” (en Canarias, por ejemplo, especies de características ecológicas tan dispares como *Ricinus communis*, *Lycopersicon esculentum*, *Tradescantia fluminensis*, etc.). Especie introducida es un concepto amplio que engloba a otra serie de términos tales como invasora, ruderal o *mala hierba*. De entre todas las especies consideradas introducidas, son las denominadas invasoras las que provocan una mayor preocupación en conservación por su efecto sobre ecosistemas naturales.

Una definición muy completa de especie invasora es la presentada por Cronk y Fuller (1995), para quienes ésta es una “planta alóctona que se extiende de forma natural (sin la ayuda directa del hombre), en hábitats naturales o seminaturales, produciendo un cambio significativo en términos de composición, estructura o evolución del ecosistema”. Estos autores diferencian estas especies de las ruderales y *malas hier-*

bas, en cuanto que estas últimas invaden hábitats agrícolas o altamente perturbados por las acciones del hombre. La dificultad para determinar si una especie es invasora en Canarias, se debe tanto a la escasez de información acerca del comportamiento de las especies introducidas, como al desconocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas, por lo que se hace difícil valorar el efecto de cualquier tipo de perturbación en las diferentes comunidades.

UN PROBLEMA MUNDIAL Y ESPECIALMENTE DE LAS ISLAS OCEÁNICAS

Las zonas tradicionalmente más afectadas por la invasión de especies, Hawai, Sudáfrica o Australia, llevan mucho tiempo analizando las consecuencias y efectos de esta flora en su medio natural. Para Canarias, en cambio, los estudios se han limitado a listados donde se mezclan especies supuestamente invasoras con otras ruderales, malas hierbas o meras adventicias. En este punto es importante indicar que hemos seleccionado el nivel taxonómico de variedad como el más adecuado, de acuerdo a la información existente, para la observación de las especies introducidas en Canarias, dado que dos taxones de este nivel indican necesariamente dos introducciones en las islas.

Para evaluar la flora introducida Usher (1988) definió el Índice Relativo de Introducción (W) como $W = 100N/S$, donde N es el número de especies introducidas y S el número total de especies nativas e introducidas. En comparación con otras biotas insulares y continentales se observa claramente que Canarias presenta un alto valor de W (Tabla 23.1).

Por otro lado, Cronk y Fuller (1995) en un recuento de las especies invasoras recopiladas a nivel mundial, destacan la preponderancia de las zonas templadas cálidas y las subtropicales como las áreas con mayor número de taxones de estas características. Por otro lado, parece claro que son pocas las invasiones que suceden en áreas de climas extremos, tales como aquellos muy secos (desiertos) o fríos (regiones polares), por lo que los hábitats no-extremos (mésicos) son los más susceptibles a la invasión. Desde el punto de vista de los ecosistemas, las áreas más afectadas son las islas oceánicas, los

Tabla 23.1

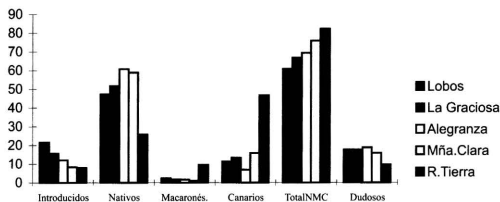
Índice Relativo de Introducción para diversas floras mundiales (modificado a partir de Heywood, 1989). * Los valores para Canarias se han calculado a nivel de variedad.

Región	Taxones	W (%)
Francia	4.900	11
España	5.650	15
Hawai	1.528	17,5-19
Guadalupe	1.817	9
Nueva Zelanda	3.360	47
Islas Canarias	2.240 *	40,8

estuarios costeros y los grandes lagos (McNeely 1997). La importancia de las especies introducidas en el análisis de los ecosistemas insulares es destacada por muchos autores (MacDonald y Loope 1989, Cronk y Fuller 1995). Ya MacDonald y Cooper (1995) observan un Índice Relativo de Introducción (W) medio para 12 islas o archipiélagos de 32,2%, mientras que en continentes es del 12,2%.

Figura 23.1

Índice relativo de introducción (W en %) de los diferentes elementos corológicos para diversos islotes (< 27 km²) de Canarias. Las islas habitadas o muy visitadas (Lobos, La Graciosa) presentan unos índices más altos que aquellas más aisladas (Montaña Clara). Fuentes: Marrero (1991 mod.); Kunkel (1970 mod.); Hernández (1990).



La gran atención prestada a la introducción de especies en las islas oceánicas puede resultar paradójica dado que éstas constituyen una mínima parte de la biota terrestre. No obstante, no debemos olvidar que son excelentes laboratorios para el estudio de estos fenómenos al ser áreas más o menos pequeñas perfectamente delimitadas (ver capítulo 1), con lo que es más sencillo controlar las entradas y salidas del sistema (Fig. 23.1). Además, los ecosistemas insulares son muy susceptibles a las perturbaciones, y por otro lado, son similares a los ecosistemas continentales fragmentados o cuasi-insulares, tales como reservas próximas a áreas urbanas o de intensa actividad agrícola, áreas montañosas aisladas, ecosistemas lacustres, etc.

El interés por las especies introducidas en Canarias es patente desde hace tiempo. Ya en las Actas de la Sociedad Española de Historia Natural (Anónimo 1879) queda reflejada la dificultad de discernir si "... una determinada especie vegetal debe formar parte del catálogo de flora de un país dado", y plantea la preocupación de que estas especies desplacen a las nativas. Además se citan varias especies como introducidas en la isla de Tenerife, haciendo especial hincapié en la gran extensión de *Nicotiana glauca* que se señala como una introducción reciente no citada en la obra de Webb y Berthelot (1835-1850). Asimismo se esboza la utilidad de incluir en las floras una división de las especies en: completamente naturalizadas, más o menos naturalizadas y subnaturalizadas.

No es sino hasta mucho después cuando esta preocupación se hace notar de nuevo al aparecer sucesivos listados de especies introducidas (Kunkel 1969, 1971, 1973). Un trabajo posterior de este autor (Kunkel 1976), define los elementos agresivos de la flora canaria, de los que al menos 15 pueden ser considerados como "pestes", de carácter invasor y destructivo. Estos son: *Agave* spp., *Ailanthus altissima*, *Albizia lophanta* (*A. distachya*), *Atriplex* spp., *Cyperus rotundus*, *Eupatorium* spp., *Euphorbia prostrata*, *Diitrichia viscosa*, *Mirabilis jalapa*, *Nicotiana glauca*, *Opuntia* spp., *Oxalis pes-caprae*, *Aspalathium bituminosum*, *Pteridium aquilinum*, *Ricinus comunis*, *Rubus inermis* y *Ulex europaeus*.

Trabajos posteriores presentan básicamente listas de especies introducidas o dudosamente nativas, bien de carácter local (Dickson *et al.* 1987, para el Parque Nacional del Teide), o bien insular (García Gallo *et al.* 1996).

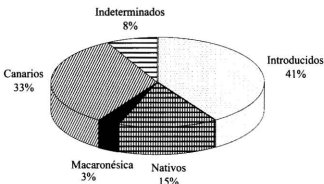
Estos últimos autores señalan las que consideran las 64 especies ornamentales introducidas y naturalizadas más importantes para Tenerife. De entre todos los grupos taxonómicos cabe destacar la presencia de un solo helecho: *Cyrtomium falcatum*, que aunque no muy extendido sí se introduce en zonas de gran importancia conservacionista como la laurisilva. Especial interés presenta el análisis que realiza Bañares (1990) sobre la situación de la especie invasora *Tradescantia fluminensis* en el Parque Nacional de Garajonay (La Gomera) evaluando sus efectos, su incidencia sobre la regeneración del estrato arbóreo de la laurisilva y presentando los métodos de erradicación utilizados. Posteriormente, este mismo autor

(Bañeres 1994) valora la incidencia de una serie de especies introducidas sobre diferentes ecosistemas, destacando sobre todo *Ageratina* spp., *Rubus inermis* y la citada *T. fluminensis*.

En cuanto a la importancia numérica de los elementos introducidos en Canarias, Kunkel (1974, 1976) estima un total de 3.000 especies en las islas entre silvestres y cultivadas (con fines agrícolas y ornamentales), de las que 550 son endemismos canarios, 450-500 nativas (macaronésicas, mediterráneas o africanas) y recogiendo unas 700 como introducciones involuntarias o escapadas de jardines y hoy establecidas. El resto, unas 1.300 especies, son realmente cultivadas, raras o comunes en jardines, a lo largo de vías, en los campos o invernaderos. Sólo en árboles se muestran unas 300 especies introducidas, frente a unas 40 nativas. En la actualidad los taxones introducidos superan el 40 % de la flora canaria (Fig. 23.2).

Figura 23.2

Ciclograma que muestra la proporción de los diferentes elementos corológicos en Canarias. Los taxones introducidos suponen casi un 41% de la flora vascular terrestre actual.



CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES INTRODUCIDAS Y MECANISMOS DE INVASIÓN

La introducción de especies vegetales puede ser de forma involuntaria (como contaminantes de otros productos), o bien de forma intencionada como ornamental, por planes de reforestación, o como especies agrícolas (Waage 1997), aunque lo que sí parece claro es la existencia de una relación entre la perturbación de un hábitat o alteración medioambiental por el hombre y la invasión y extensión de especies exóticas (Heywood *et al.* 1989). De hecho, no debemos olvidar que la mayoría de las especies introducidas son reemplazadas por especies nativas cuando los factores que han provocado la perturbación desaparecen. Las especies nativas están, al menos en teoría, mejor adaptadas a las condiciones ambientales locales y recolonizarán su territorio por sus propios medios (Loope 1992). Aunque esto sea cierto, hay que tener en cuenta que el grado de perturbación determinará la dirección que tome la sucesión natural de las comunidades hacia su nuevo clímax, y que una única especie puede provocar graves daños en un eco-

sistema de alto valor. En este caso la especie sería considerada invasora, siendo necesario para adquirir esta condición la combinación de propiedades intrínsecas de la propia especie (por ejemplo, mecanismos de reproducción y supervivencia) y del hábitat que la alberga (grado de saturación y de perturbación, población, características ecológicas, etc.).

Sin embargo, la mayoría de las especies introducidas de una región se corresponden con ruderales y malas hierbas, especies de elevada tasa reproductora, excelente habilidad dispersora y colonizadora, alta tolerancia ambiental y lo que se conoce como "genotipo de objetivo general" (Loope 1992). En Hawái, sólo el 2 % de las especies introducidas son consideradas como plagas para los ecosistemas, y de éstas, el 68 % requieren un cierto nivel de alteración para prosperar.

El número de especies introducidas en una región depende de diversos factores, los cuales se relacionan con el tamaño, cantidad y calidad de los hábitats en estudio. Los factores que determinan la extensión de las especies introducidas en islas oceánicas como Canarias son básicamente los mismos que para otros ámbitos más generales (véase MacDonald y Cooper 1995). La diferencia en el Índice Relativo de Introducción (W) entre las distintas islas del archipiélago canario (Tabla 23.2) puede explicarse por la combinación de:

1. *La superficie de la isla.* A mayor superficie mayor capacidad para albergar un mayor número de especies introducidas.
2. *La densidad de población y las actividades económicas.* Las islas que presentan grandes concentraciones urbanas y mayor actividad industrial y de servicios tendrán un mayor número de especies introducidas.
3. *Las variables ambientales generales.* Tal y como se ha comentado a nivel mundial, las zonas áridas o de ambientes extremos presentan un bajo W en comparación con otras zonas de mayor pluviometría anual. Esta característica en Canarias se relaciona a su vez con el siguiente apartado.
4. *Número de nichos existente.* En las islas se distinguen hasta seis ecosistemas zonales (Aguilera *et al.* 1994), y aunque no todos presentan la misma *invasibilidad* al no poseer las mismas condiciones ambientales, se puede afirmar, en líneas generales, que las islas con mayor diversidad ecológica disponen de más nichos capaces de aceptar especies introducidas con diferentes requerimientos.

Tal como se observa en la tabla 23.2, se pueden distinguir tres grupos de islas: por un lado, aquéllas cuyo W supera el 40% (Gran Canaria y Tenerife); las islas entre el 30 y 40% (Fuerteventura, La Palma, La Gomera y El Hierro); y Lanzarote cuyo W es algo más del 20%. Estos porcentajes surgen por la combinación de los parámetros indicados anteriormen-

Tabla 23.2

Índice relativo de introducción (W en ‰), superficie (km²), número de ecosistemas zonales, edad (millones de años) y población (miles de habitantes). Los símbolos insulares son: L: Lanzarote. F: Fuerteventura. C: Gran Canaria. T: Tenerife. G: La Gomera. H: El Hierro. P: La Palma. Fuente: Aguilera *et al.* (1994).

Isla	L	F	C	T	G	H	P
W	21,54	36,91	43,93	40,41	36,52	33,97	37,21
Superficie	807	1.655	1.560	2.034	370	269	708
nº Ecosistemas	1	1	4	6	3	4	5
Edad	19	16,6	13,9	7,2	12	0,7	1,6
Población	88.000	50.000	716.000	686.000	16.000	7.000	76.000

te. Así, las islas centrales, de mayor superficie, población y actividad económica, son aquellas que presentan un mayor porcentaje de flora introducida. En el grupo medio se sitúan las islas occidentales y Fuerteventura, isla ésta que a pesar de su gran tamaño, la aridez y escasez de ecosistemas no favorecen el asentamiento de flora autóctona. Por último, Lanzarote, isla comparable en muchos aspectos a La Palma, presenta un índice W notablemente inferior. Por razones climáticas, de relieve e históricas, Lanzarote es similar a Fuerteventura, por lo que la diferencia de valor vendría dada sobre todo por la variación en su superficie. Sin embargo, se observa que no parece existir una relación entre la antigüedad de las islas y el índice analizado, ya que las grandes introducciones humanas son muy recientes (pocos cientos de años), y obviamente muy posteriores a la formación insular.

El proceso de invasión de una especie en una región se puede dividir en varias fases (Cronk y Fuller 1995): i) introducción, ii) naturalización, iii) facilitación, iv) extensión, v) interacción con otros animales y plantas, y vi) estabilización. Tras las dos primeras fases (introducción en una nueva región, y la naturalización o formación de poblaciones autosostenibles), son necesarios mecanismos que faciliten la extensión o dispersión desde el grupo original. Esta *facilitación* puede ser tanto por la introducción de agentes dispersores o polinizadores, como por perturbaciones en ecosistemas naturales próximos o por la selección de los individuos apropiados (*adaptación microevolutiva*). Como ejemplo de este efecto facilitador podemos observar el cambio sufrido por el Laurel de Indias (*Ficus microcarpa*), especie altamente extendida por la geografía urbana de las islas. Hasta hace pocos años los frutos de esta especie caían al suelo sin madurar. La presencia reciente de un himenóptero polinizador (Montelongo 1995) ha permitido la maduración de sus frutos y la aparición de juveniles de esta especie. Si la facilitación se ha producido, el grado de dispersión dependerá de la capacidad de crecimiento y reproducción de la especie (que abarcan aspectos como la biología de la polinización; producción, predación, tamaño, vigor, longevidad, almacenamiento de semillas; requerimientos germinativos; vigor de plántulas; establecimiento, etc.) y de las características del hábitat.

Una vez superada esta etapa, pueden darse dos situaciones: o bien las especies entran a formar parte del cortejo florístico del ecosistema (*fitting in*), sin mayores consecuencias que incrementar su riqueza, o bien desplazan a las especies nativas del mismo (*pushing out*), alterando significativamente su estructura, composición o funciones. La última fase sería la estabilización de la población de la especie invasora. Esta podría manifestarse por la formación de manchas mono-específicas, desplazando a taxones nativos, como en el caso de *Tradescantia fluminensis* en sotobosques de laurisilva de La Gomera (Bañares 1990). No obstante, en muchas zonas del mundo se ha constatado que este fenómeno podría ser una etapa de explosión inicial previa a una situación posterior de equilibrio. Son necesarios todos los pasos anteriormente citados para que una especie sea considerada invasora, pero bastan los dos primeros para que sea considerada introducida en una región.

La interacción de las especies invasoras con el medio, que en última instancia se manifiesta en el referido desplazamiento de los taxones nativos, puede producir una serie de efectos sobre los ecosistemas (MacDonald *et al.* 1989, Smith 1985, Cronk y Fuller 1995), los cuales pueden reunirse en dos grandes grupos:

- 1.- *Efectos sobre el mantenimiento de la estructura de los ecosistemas* (composición de especies, diversidad genética, etc.). En este sentido habrían dos categorías de cambios estructurales. Por un lado, los que provocan una reducción en la riqueza de especies de una comunidad. Este sería el efecto de especies ya comentadas tales como *Tradescantia fluminensis*, la cual impide la aparición de brinzales de las especies arbóreas y helechos de las zonas mejor conservadas de la laurisilva (Bañares 1990). Taxones de efecto similar serían, entre otros, *Ageratina adenophora* y *A. riparia*. Como segunda categoría estaría la adulación del *pool* genético a través de la hibridación entre especies introducidas y nativas. El caso más claro en Canarias de este último fenómeno sería la hibridación entre *Phoenix dactylifera* (especie autóctona) y *Phoenix canariensis* desde una introducción muy temprana de la primera (Kunkel 1992). La situación de *Tamarix canariensis* y *T. africana* puede ser

otro caso de hibridación entre especies del mismo género. *Rubus inermis* es una especie introducida cuyos efectos sobre la endémica *R. bollei* necesitan una profunda revisión, pudiendo producirse tanto fenómenos de dilución genética como de desplazamiento de la especie nativa.

- 2.- *Efectos sobre la organización y funcionamiento de los ecosistemas* (ciclos de nutrientes, hidrología, erosión de suelo, descomposición). Las características diferenciadoras de las especies introducidas frente a las nativas pueden provocar cambios tales como la alteración del balance químico del suelo. Tanto en el caso de *Eucalyptus globulus* como de *E. camaldulensis* están documentados sus efectos alelopáticos (Reigosa y Carballeira 1992), a los cuales se une, al menos para la primera especie, una fuerte tendencia a la acidificación de los suelos, transformándolos en ferralíticos y empobreciéndolos en nutrientes. Asimismo, se produce una disminución del contenido de materia orgánica, lo cual acelera los procesos de erosión (Suárez 1994).

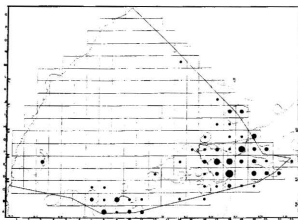
Sin embargo, existe en muchas zonas de las islas una gran preocupación por la alteración y destrucción del paisaje por la introducción de especies alóctonas, no sólo porque sea un síntoma de la existencia de interacciones con el ecosistema natural, sino porque una única especie puede provocar cambios muy significativos en la concepción y valoración de un espacio. La aparición de especies introducidas en Lanzarote tales como *Pelargonium capitatum*, *Rumex lunaria*, *Nicotiana glauca*, etc., en el Parque Nacional de Timanfaya (Fig. 23.3), provoca un grave impacto en el mismo. Este impacto es mayor en cuanto que la corología de estas especies se encuentra muy vinculada a determinados ambientes próximos o ligados a las zonas de acción humana y vías de visita.

CONCLUSIÓN Y ACTUACIONES

Tal y como manifiestan autores como MacDonald y Cooper (1995), los ecosistemas dominados por especies introducidas son insostenibles a largo plazo. Dado que sólo las especies invasoras son capaces de enfrentarse con los rápidos cambios inducidos por el hombre en el medio, diferentes autores proponen que las acciones llevadas a cabo para eliminar estas especies de áreas protegidas son ecológicamente erróneas. Tal y como se ha demostrado en actuaciones realizadas en otras áreas geográficas (por ejemplo, *Pennisetum setaceum* en Hawaii's Volcanoes National Park), los intentos directos de erradicación de especies muy extendidas llevan a una relación costo-resultado nada satisfactoria. Sólo se presentan como útiles para zonas muy determinadas y especies no especialmente extendidas (como *Tradescantia* o *Pennisetum* en La Gomera). Así y todo estos éxitos muchas veces pueden tener un carácter temporal. La recuperación de los ecosistemas originales llevaría a un desplazamiento de las especies invasoras o introducidas. De esta forma, una política más efectiva y glo-

Figura 23.3

Distribución de *Pelargonium capitatum* en el Parque Nacional de Timanfaya (Lanzarote). Esta especie muy vistosa se encuentra asociada sobre todo a zonas arenosas (lapillitis) de islotes y entorno de las vías de visita al espacio. Fuente: Marrero y González-Martin, inédito.



bal para el control de la introducción e invasión de especies foráneas pasaría por:

- 1) Un control de la introducción de especies en Canarias. En este sentido existe un preocupante vacío legal que permite la entrada de todo tipo de especies exóticas en las islas. Esto está trayendo graves problemas, por ejemplo, para el control de la pureza de la palmera canaria (*Phoenix canariensis*), pues en la actualidad gran número de especímenes sobre todo de *Phoenix dactylifera* de la Península, Norte de África e Irak, llegan a Canarias para su plantación en zonas ajardinadas y márgenes de vías. Este descontrol no sólo afecta a la pureza genética de la especie canaria, sino que facilita la aparición de posibles plagas. Aunque no es el ámbito de este capítulo, es conveniente señalar aquí que una adecuada política de control incluiría el movimiento de especies nativas entre islas.

La Ley Estatal 4/1989, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres, es obviamente insuficiente para la realización de un control serio de especies vegetales introducidas, y las normativas canarias o sólo hacen relación a especies ya instaladas en las islas (Orden 289/1991 sobre protección de Especies de la flora vascular silvestre de la Comunidad Autónoma de Canarias), o bien tienen un ámbito de control puramente local (Ley 12/1994 de Espacios Naturales de Canarias), claramente insuficiente para las necesidades de control a niveles archipelágicos.

- 2) El conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas insulares (flujos energéticos, biomasa, ciclos de nutrientes, dinámica, etc.), lo que permitiría hacer frente tanto a la invasión por especies foráneas, como a la prevención y

detección a tiempo de futuras invasiones en ciernes. Sin embargo, aún en Canarias el estudio de los diferentes ecosistemas se encuentra prácticamente en una fase meramente descriptiva.

- 3) La recuperación de los ecosistemas originarios, lo cual mediante una política adecuada llevaría, tal y como hemos manifestado, al desplazamiento de especies introducidas, pues la mayoría de éstas presentan un carácter ruderal. La reforestación de muchas zonas de medianías del norte de algunas islas, sin uso actual, llevaría al desplazamiento de especies que forman hoy densas poblaciones

tales como *Opuntia maxima*, *Agave americana*, etc. De hecho, estas especies pueden favorecer la regeneración natural de determinados ecosistemas al proteger a las plántulas de especies nativas de los ataques del ganado, siendo posteriormente desplazadas, tal y como documentan Pérez-Chacón *et al.* (1984) en relación a los almacigares (*Pistacia atlantica*) del Valle de La Aldea en Gran Canaria. Incluso la gran extensión de *Pennisetum setaceum* en el oeste de Gran Canaria se ha visto muy favorecida por la gran alteración de los ecosistemas originales (cardonales-tabaibales y bosques termófilos) a causa de la deforestación de otras épocas y la presencia de ganado incontrolado e individuos guaniles.

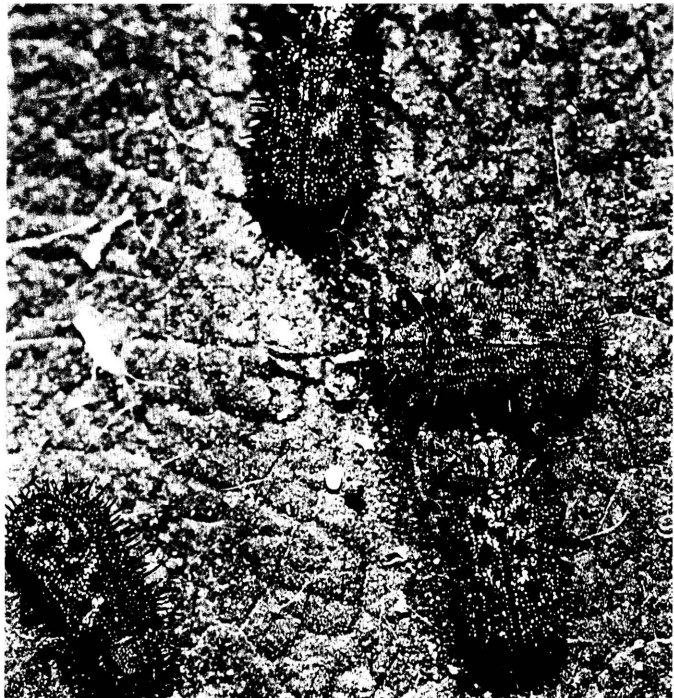


Foto: José Manuel Moreno
Dicladispa occator

Capítulo 24

FAUNA INVERTEBRADA NATIVA TERRESTRE

PEDRO ORDÓÑEZ Y CARLOS BÁEZ



El conjunto de animales que han colonizado las Islas Canarias por medios naturales constituyen su fauna nativa. La conforman tanto especies exclusivas (endemismos) como especies compartidas con la fauna continental o con otras islas atlánticas, siempre excluyendo los elementos introducidos por la actividad humana. La fauna *de facto* que puede encontrarse actualmente en las islas es más variada que la propiamente nativa, dado que el número de especies extinguidas en época histórica es muy inferior al de introducidas. Aunque muchas de estas últimas pueden ser de importancia sanitaria o económica, no tienen ningún interés biogeográfico o evolutivo, y son ajenas a toda singularidad faunística. En lo sucesivo haremos referencia sólo a la fauna nativa de invertebrados terrestres (incluidos los dulceacuícolas) por ser éste el objetivo del presente artículo.

Recientemente se han llevado a cabo recuentos sobre la biodiversidad canaria (ver capítulo 12 y Martín *et al.* 1999), pero ninguno distingue las especies nativas de las introducidas. Un cálculo aproximado nos lleva a estimar que del total de las 7.400 especies catalogadas en el archipiélago, algo más de 6.000 deben ser nativas. Se está elaborando en la actualidad una base de datos sobre la biota canaria (ver capítulo 52) y en breve dispondremos de información más precisa sobre todas las especies citadas en la bibliografía, con todos sus datos taxonómicos y corológicos. Aparte de la fauna catalogada, queda todavía bastante por conocer, pues el ritmo de descubrimientos en el último decenio ha sido de 59 especies nuevas de invertebrados por año, es decir una especie nueva cada seis días, además de las nuevas citas de especies no endémicas.

En los archipiélagos oceánicos la fauna tiene una diversidad limitada por razones obvias. Los problemas inherentes a la travesía del océano han supuesto un filtro considerable para la llegada de las especies terrestres, y las que lo consiguen pueden tener dificultades de instalación si no encuentran condiciones adecuadas. Es paradigmático el caso de los coleópteros coprófagos, buenos voladores que no pueden anclarse en islas donde no haya grandes mamíferos herbívoros, pero que aparecen pronto tras la introducción de ganado vacuno. Así pues, las ausencias en las islas suelen ser notables; por ejemplo en la fauna nativa de Canarias no hay escorpiones, plecóp-

teros, cigarras, ciervos volantes o luciérnagas (entre otros), y la pobreza es acusada en tábanos, escarabajos florícolas, abejorros, caballitos del diablo (*Zygoptera*) y una lista considerable de familias de invertebrados. Este desequilibrio respecto a la fauna continental se conoce como "disarmonía faunística", que en cualquier caso suele ser menos acusada en invertebrados que en vertebrados, dadas su mayor diversidad a escala planetaria, su facilidad para el transporte pasivo y sus menores exigencias espacio-temporales para integrarse en un ecosistema.

La mayor o menor riqueza de la fauna de cada archipiélago dependerá de sus condiciones geográficas, históricas y ecológicas. La proximidad de Canarias al continente y su antigüedad en comparación a otras islas oceánicas, han propiciado una mayor variedad de colonizaciones naturales por distintas especies. A esta riqueza "primaria" se suma la diversificación por especiación insular, promovida no sólo por el aislamiento sino también por la variedad de hábitats y la fragmentación en islas. La historia geológica, con episodios volcánicos diferentes para cada isla y procesos consiguientes de extinción y recolonización, añaden complejidad a los fenómenos de especiación. Todos estos procesos evolutivos pueden compensar parcialmente la pobreza inicial si las condiciones del archipiélago son adecuadas.

En definitiva, la fauna canaria de invertebrados incluye un número relativamente bajo de géneros, pero con una variedad de especies nada desdeñable si se compara con un área continental similar (ver capítulo 12). Sin duda el mayor interés de esta fauna es la alta proporción de endemismos, tanto a nivel específico como genérico. De los 6.000 invertebrados de la fauna nativa, al menos 3.054 son endémicos (el 51%). Esto supone que hay una especie endémica por cada 2 km², valor sólo superado por el archipiélago de Madeira (una especie endémica por cada 1.13 km² según Báez 1993) y que no se alcanza en las islas Hawai (1 sp. / 2,5 km², según datos de Eldredge y Miller 1995, 1997), consideradas como paradigma de evolución insular de invertebrados. Otras islas oceánicas como Galápagos, Azores o Cabo Verde tienen valores muy inferiores tanto en términos absolutos como relativos (Peck 1996, Borges 1990, van Harten 1993). Dos rasgos notables de

la fauna canaria son a) el elevado número de géneros endémicos para un territorio tan reducido, y b) una media de especies por género bastante alta. Ambos fenómenos son consecuencia de la insularidad, pero tienen su origen en procesos distintos.

GÉNEROS ENDÉMICOS

emos contabilizado un total de 99 géneros de invertidos exclusivos de Canarias, incluyendo los compartidos con los cercanos islotes de Salvajes (Tablas 24.1 y 24.2). De los 58 géneros endémicos representados en más de una isla, 12 están en todas ellas. Quedan 41 endemismos monoinsulares (exclusivos de una sola isla) muy desigualmente repartidos, desde un máximo de 25 en Tenerife hasta un mínimo de uno en las islas más occidentales de La Palma y El Hierro (Tabla 24.1). Considerando el total de géneros endémicos presentes en cada isla, se observa de nuevo un valor notablemente mayor en Tenerife (74) y una disminución progresiva en las islas tanto hacia el este como al oeste, con los valores mínimos en sendos extremos, Lanzarote (28) y El Hierro (25). Todas estas diferencias son el resultado de una realidad geográfica y ecológica muy distinta para cada isla, tanto presente como pretérita.

Tabla 24.1

Datos geográficos y ecológicos de las islas y sus géneros endémicos. Islas ordenadas de Oeste a Este. Riqueza ecológica basada en la vegetación (Machado 1998).

Islas	Area (km ²)	Edad (Ma)	Riqueza ecológica	Géneros end. monoinsulares	Total
El Hierro	277	1	0,22	1	25
La Palma	728	2	0,30	1	32
La Gomera	378	10	0,26	3	48
Tenerife	2.058	12	0,64	25	74
Gran Canaria	1.534	15	0,39	4	43
Fuerteventura	1.731	21	0,15	5	29
Lanzarote	796	15	0,14	2	28
CANARIAS	7.502			41	99

Si el conjunto de especies nos da una idea de la diversidad de una fauna insular, podemos tomar los géneros endémicos como un reflejo de su singularidad (antigüedad?). En la Tabla 24.1 se confrontan algunos de los parámetros de interés de cada isla (superficie insular, edad geológica y riqueza ecológica) con la presencia de géneros endémicos monoinsulares y canarios (totales); se han obviado parámetros como la altitud (directamente proporcional a la riqueza ecológica) o la distancia al continente, que en Canarias es inversamente proporcional a la edad geológica. Aplicando análisis estadísticos de correlación a los datos de dicha tabla, la riqueza ecológica ha resultado ser el factor que mejor explica el número de géneros endémicos del archipiélago que están presentes en cada

isla ($r_p=0,91$; $p=0,004$; $R^2=0,83$); sin embargo, en el caso de los géneros endémicos monoinsulares, es el área el factor que influye más directamente ($r_p=0,87$; $p=0,010$; $R^2=0,64$).

En todo caso, el número actual de géneros endémicos en cada isla se debe posiblemente a la influencia de varios factores, no de uno sólo. Así, la mayor abundancia de tales géneros en las tres islas centrales puede explicarse, en el caso de Tenerife, por tener esta isla una edad geológica «suficiente» y un área y una riqueza ecológica netamente superiores a las demás islas. En Gran Canaria cabría esperar una mayor abundancia dados sus parámetros, pero ya en algunas ocasiones se ha postulado que episodios volcánicos muy violentos pudieron llevar a la extinción de una parte importante de su biota (Araña y Carracedo 1980, Emerson *et al.* 1999). La Gomera, por el contrario, resulta particularmente rica a pesar de su tamaño, quizá debido a la proximidad de Tenerife y al largo periodo de quiescencia volcánica en que se encuentra (Carracedo *et al.* 1998). La Palma y El Hierro ven mermada su riqueza por su edad muy joven y por la situación geográfica más remota; resulta sorprendente el contraste entre la riqueza florística de La Palma y su diversidad animal comparativamente baja, sobre todo en lo que respecta a especies epiedáficadas (Machado 1992). Finalmente las islas orientales (Fuerteventura y Lanzarote) tienen pocos géneros por su baja riqueza ecológica, derivada de la poca altitud y el actual clima árido y uniforme; la mayor área y antigüedad de estas islas compensa parcialmente su pobreza, en especial en Fuerteventura cuyo número de géneros monoinsulares es notablemente alto.

Los cinco géneros exclusivos de Fuerteventura son monoespecíficos, y cuatro de ellos se encuentran relegados a los pocos hábitats húmedos que quedan actualmente: los tubos de lava (*Maiorerus*) y las cumbres de Jandía (*Fuerteventuria*, *Anophthalmolamrus*, *Oreomelasma*). Todo apunta a que pueda tratarse de paleoendemismos, es decir taxones que en épocas pasadas ocuparon una superficie mayor y actualmente han reducido su área de distribución. Esta situación relicta se da en el opilión cavernícola *Maiorerus randoi*, único representante del suborden Laniatores en Canarias, y sin relación próxima con ninguna de las especies africanas o europeas actuales (Rambla 1993).

Es muy probable el origen también relicto de otros géneros endémicos de Canarias, dado el reducido número de

especies que contienen y su oscura filiación con grupos continentales geográficamente cercanos. Así, entre los carábidos canarios, cuyas relaciones filogenéticas han estado bastante estudiadas, muchos géneros endémicos se han considerado como paleoendemismos (Machado 1992). Otros ejemplos apoyan la hipótesis, como el opilión *Parascleropilio fernandezi* cuyos parientes más cercanos están en los Balcanes y Turquistán (Rambla 1975), las tijeretas del género *Anataelia* de caracteres arcaicos y relacionadas con una especie de Brasil (Sakai 1996) y otras de Corea y NE de China (Hincks 1959), o el lepidóptero *Stathmopolitis tragocoprella* que constituye una subfamilia propia sin más parientes próximos dentro de los Tineidae.

La mayoría de géneros endémicos canarios son monoespecíficos (57) o tienen 2 ó 3 especies, posible indicio de su condición de paleoendemismos. Los escasos géneros endémicos con un número alto de especies, en cambio, podrían haberse originado por fenómenos evolutivos favorecidos por aislamiento prolongado (neoendemismos). Sólo se encuentran en esta última situación los gasterópodos *Canariella* y *Hemicycla*; las arañas *Spermophorides* que posiblemente no sea un género endémico (N. López com. pers.); y en menor medida los hexápodos *Arminda* (Orthoptera), *Casapus* y *Fortunatius* (Coleoptera), cuya moderada diversificación se debe sobre todo a la fragmentación insular, teniendo una –o poco más de una– especie en cada isla.

Tabla 24.2

Géneros endémicos de invertebrados terrestres y dulceacuícolas de Canarias (incluye Salvajes). H: El Hierro; P: La Palma; G: La Gomera; T: Tenerife; ; C: Gran Canaria; F: Fuerteventura; L: Lanzarote.

Orden: Familia	Géneros	Nº Especies	Islas
Stylommatophora: Enidae	<i>Napaeus</i>	45	H,P,G,T,C,L
Stylommatophora: Streptaxidae	<i>Gibbulinella</i>	2	T
Stylommatophora: Hygromiidae	<i>Canariella</i>	12	G,T,F
Stylommatophora: Hygromiidae	<i>Ripkeniella</i>	1	G
Stylommatophora: Parmacellidae	<i>Cryptella</i>	7	C,F,L
Stylommatophora: Helicidae	<i>Hemicycla</i>	76	todas
Pseudoscorpiones: Cheliferidae	<i>Canarichelifer</i>	1	T,C,F,L
Opiliones: Phalangodidae	<i>Maiorerus</i>	1	F
Opiliones: Phalangidae	<i>Parascleropilio</i>	1	G,T
Opiliones: Phalangidae	<i>Bunochelis</i>	2	todas y Salvajes
Araneae: Nesticidae	<i>Canarionesticus</i>	1	T
Araneae: Linyphiidae	<i>Canariellanium</i>	4	H
Araneae: Pisauridae	<i>Cladycnis</i>	1	H,G,P,T
Araneae: Theridiidae	<i>Eurypoena</i>	1	G,T,C,L
Araneae: Pholcidae	<i>Spermophorides</i>	22	todas y Salvajes
Acari: Protoribatidae	<i>Fuerteventuria</i>	1	F
Acari: Lohmaniidae	<i>Reptacarus</i>	1	F
Acari: Cheloribatidae	<i>Poroschelorbates</i>	1	G
Acari: Oribatelloidea	<i>Palmitalia</i>	1	C
Isopoda: Porcellionidae	<i>Canaroplastes</i>	1	T
Amphipoda: Talitridae	<i>Palmorchestia</i>	2	P
Julida: Julidae	<i>Anagailus</i>	1	T
Orthoptera: Pamphagidae	<i>Purpuraria</i>	1	F,L
Orthoptera: Pamphagidae	<i>Acrostira</i>	3	PGC
Orthoptera: Acrididae	<i>Arminda</i>	7	todas
Dermaptera: Pygidicranidae	<i>Anataelia</i>	3	HPGT
Dermaptera: Carcinophoridae	<i>Canarilabis</i>	2	HPGTC
Hemiptera: Miridae	<i>Aetorhinella</i>	1	P,G,T,C
Hemiptera: Miridae	<i>Canariocoris</i>	7	todas
Hemiptera: Miridae	<i>Lindbergopsallus</i>	5	H,P,G,T,C
Hemiptera: Lygaeidae	<i>Bethylimorphus</i>	1	P,G,T
Hemiptera: Lygaeidae	<i>Noualhieria</i>	3	H,G,T,C,F,L
Hemiptera: Lygaeidae	<i>Neocamptotelus</i>	1	T
Hemiptera: Pentatomidae	<i>Eudolycoris</i>	1	H,G,T,C
Hemiptera: Kinnaridae	<i>Kinnacana</i>	1	P,T,C

Orden: Familia	Géneros	Nº Especies	Islas
Hemiptera: Kinnaridae	<i>Kinoccia</i>	1	H,P,G,T
Hemiptera: Cicadellidae	<i>Chloropelix</i>	1	G,T,C
Hemiptera: Cicadellidae	<i>Amblytelinus</i>	1	G,T
Hemiptera: Cicadellidae	<i>Canariotettix</i>	3	G,C,F,L
Hemiptera: Cicadellidae	<i>Nesotettix</i>	1	G,T
Hemiptera: Cicadellidae	<i>Brachypteron</i>	3	G,T,C,F,L,Salvajes
Hemiptera: Psyllidae	<i>Megadicrania</i>	1	C
Coleoptera: Carabidae	<i>Canarobius</i>	2	T
Coleoptera: Carabidae	<i>Spelaeovulcania</i>	1	T
Coleoptera: Carabidae	<i>Orzolina</i>	1	L
Coleoptera: Carabidae	<i>Anchotrechus</i>	1	T
Coleoptera: Carabidae	<i>Eutrichopus</i>	2	T
Coleoptera: Carabidae	<i>Wolltinerfia</i>	3	T
Coleoptera: Carabidae	<i>Pseudomyas</i>	1	C
Coleoptera: Carabidae	<i>Gomerina</i>	2	G,C
Coleoptera: Carabidae	<i>Pseudoplatyderus</i>	1	G
Coleoptera: Carabidae	<i>Paraeutrichopus</i>	2	H,G
Coleoptera: Carabidae	<i>Amaroschema</i>	1	T
Coleoptera: Carabidae	<i>Calathidius</i>	3	T
Coleoptera: Carabidae	<i>Licinopsis</i>	6	H,P,G,T
Coleoptera: Carabidae	<i>Dicrodontus</i>	3	G,T,C
Coleoptera: Histeridae	<i>Canarinus</i>	1	T
Coleoptera: Staphylinidae	<i>Euphorbagria</i>	1	T
Coleoptera: Staphylinidae	<i>Protoگوerius</i>	1	T
Coleoptera: Staphylinidae	<i>Atlantostiba</i>	1	T
Coleoptera: Silphidae	<i>Heterotemna</i>	3	P,T
Coleoptera: Anobiidae	<i>Paraxyletinus</i>	3	P,G,T,C,F,L
Coleoptera: Ptinidae	<i>Casapus</i>	9	H,P,G,T,C,L
Coleoptera: Ptinidae	<i>Stereocaulophilus</i>	1	L
Coleoptera: Ostomidae	<i>Leipaspis</i>	3	todas y Salvajes
Coleoptera: Cleridae	<i>Canariclerus</i>	1	todas
Coleoptera: Laemopholidae	<i>Caulonomus</i>	1	todas
Coleoptera: Melyridae	<i>Cephalogonia</i>	7	P,T,C
Coleoptera: Melyridae	<i>Transvestitus</i>	1	T
Coleoptera: Melyridae	<i>Fortunatus</i>	12	todas
Coleoptera: Cybocephalidae	<i>Hieronius</i>	3	C,F,L
Coleoptera: Colydiidae	<i>Canaricerus</i>	1	T
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Anophthalmomolans</i>	1	F
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Melanochrus</i>	2	T,C,F,L
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Oxycarops</i>	1	F,L
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Uytenboogaartia</i>	3	C
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Melansis</i>	2	H,P,G,T,C
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Oreomelasma</i>	1	F
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Melasmama</i>	2	F,L
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Pelleas</i>	1	todas
Coleoptera: Cerambycidae	<i>Lepromoris</i>	1	todas
Coleoptera: Curculionidae	<i>Herpisticus</i>	5	Todas
Coleoptera: Curculionidae	<i>Paratorneuma</i>	3	P,G,T
Coleoptera: Curculionidae	<i>Lindbergius</i>	1	T
Coleoptera: Curculionidae	<i>Baezia</i>	1	T
Coleoptera: Curculionidae	<i>Macrobrachonyx</i>	1	P,T,C
Coleoptera: Curculionidae	<i>Oromia</i>	2	T
Coleoptera: Scolytidae	<i>Deropria</i>	1	T,C

Orden: Familia	Géneros	Nº Especies	Islas
Lepidoptera: Tineidae	<i>Stathmopolitis</i>	1	G,T
Lepidoptera: Gelechiidae	<i>Pragmatodes</i>	1	G,T
Lepidoptera: Pyralidae	<i>Archigalleria</i>	1	P,T,C
Lepidoptera: Autostichidae	<i>Ambroma</i>	2	G,T
Lepidoptera: Autostichidae	<i>Chersogenes</i>	1	T
Lepidoptera: Noctuidae	<i>Paranataelia</i>	2	H,P,G,T,C
Diptera: Tachinidae	<i>Synamphichaeta</i>	1	G,T
Diptera: Stratiomyiidae	<i>Alliophleps</i>	1	T
Hymenoptera: Pteromalidae	<i>Guancheria</i>	1	T
Hymenoptera: Braconidae	<i>Gildoria</i>	1	T
Hymenoptera: Ichneumonidae	<i>Tossinolodes</i>	1	G,T,C

RADIACIÓN ADAPTATIVA

La alta tasa de especies por género en la fauna canaria es notable, ya que la insularidad ha propiciado una acusada especiación en muchos géneros. Como consecuencia del limitado número de colonizaciones naturales, hay gran disponibilidad de nichos vacíos que, junto a la variedad de hábitats en espacio reducido y a la fragmentación del territorio en islas, facilitan la rápida evolución dentro de cada género. Este fenómeno es conocido por radiación adaptativa (Dobzhansky *et al.* 1980).

Consideraremos que este proceso lo han sufrido claramente los géneros que reúnan más de 10 especies endémicas. Establecemos este número por ser algo superior al de islas, para asegurarnos de que la especiación no se debe a mera vicarianza insular (*archipelago effect*), sino también a la adaptación a diferentes nichos.

Se han contabilizado hasta 40 géneros con más de 10 especies endémicas. Cabe resaltar que a excepción de los gasterópodos (*Napaesus*, *Canariella*, *Hemicycla*) y del ya comentado caso de las arañas *Spermophorides*, se trata siempre de géneros no endémicos. El total está repartido en tan sólo 10 órdenes de invertebrados de los casi 60 citados de la fauna canaria. Los coleópteros acaparan casi la mitad de géneros poliespecíficos (18), y es notable la escasez de representantes de insectos buenos voladores (Odonatos, Lepidópteros, Dípteros o Himenópteros). Es significativo, sin embargo, que casi todos los taxones superiores (gasterópodos, arácnidos, crustáceos, miriápodos y hexápodos) están representados en la tabla; sólo faltan oligoquetos y nematodos -mayoritariamente introducidos en la fauna canaria-, y algunos otros representados por pocas especies.

Los métodos cladísticos utilizando secuencias de ADNm y ADNr permiten construir árboles filogenéticos, y además datar con cierta aproximación los tiempos de divergencia entre las especies. Resultan más adecuados que los árboles filogenéticos contruidos con datos morfológicos, en especial para

hacer un seguimiento de la dispersión de un género y de la secuencia de colonización de las distintas islas. En algunos estudios realizados con los tenebriónidos *Pimelia* y *Hegeter* (Juan *et al.* 1997) se ha demostrado una diferenciación relativamente temprana; en ellos las dataciones moleculares de las especies, salvo excepciones, son coherentes con las edades de formación de las islas que ocupan. Siguen el clásico modelo de *stepping stones* con colonización de las sucesivas islas a medida que emergen; en aquellas con suficiente edad y variedad de hábitats, radiaciones intrainsulares independientes originan series de endemismos locales.

Sin embargo, en un reciente estudio sobre los *Calathus* (Coleoptera, Carabidae), se demuestra que el origen de la mayoría de las especies de Gran Canaria, La Gomera y El Hierro es muy reciente, a pesar de que el género estaba ya presente desde mucho antes en las dos primeras (Emerson *et al.* 1999). Esto no implica que anteriormente no hubiera radiación, pues los procesos de extinción (especialmente en terrenos volcánicos activos) pudieron eliminar especies preexistentes. Pero si se deduce que la radiación adaptativa no tiene lugar solamente en los géneros que llevan más tiempo en el archipiélago, sino en los de mayor plasticidad, aún en el caso de una llegada reciente (a escala geológica, no humana). Es significativo al respecto, que otros géneros de la misma subfamilia Pterostichinae que si son endémicos (*Eutrichopus*, *Wolltinerfia*, *Pseudomyias*, *Gomerina*, *Pseudoplatyderus*, *Amaroschema*, *Calathidius*) y que son considerados primitivos (Machado 1992), no han podido competir con *Calathus* en fenómenos de especiación.

¿Por qué la mayoría de géneros endémicos, presumiblemente ya presentes en el archipiélago desde antes, no han sufrido este proceso? Parece como si la plasticidad necesaria para sufrir radiación adaptativa fuera atribuido de animales modernos, mientras que los más arcaicos tienden a permanecer como relicticos.

Si los géneros con radiación son mayoritariamente los no

endémicos (ver tabla 24.3), ¿cuál sería la explicación a este fenómeno? Podría ser A) que los más modernos o llegados más recientemente tuvieran mayor plasticidad evolutiva; o B) que la radiación de colonizadores posteriores más competitivos haya provocado la desaparición de radiaciones o *swarms* anteriores (géneros endémicos) de las que han quedado meros representantes relicticos. La persistencia hasta hoy de *swarms* en géneros endémicos de moluscos podría de-

berse a la escasa llegada de nuevos competidores; en cualquier caso la plasticidad evolutiva no la han perdido, pues en la isla de El Hierro han sufrido radiación local en menos de 1 Ma (Ibáñez *com. pers.*).

Hay otros géneros no considerados aquí con más de 10 especies pero no endémicas, lo cual indica que provienen de otras tantas colonizaciones naturales independientes. También

Tabla 24.3

Géneros de invertebrados con más de 10 especies endémicas en Canarias; se indica el número de especies presentes en cada isla (H: El Hierro; P: La Palma; G: La Gomera; T: Tenerife; C: Gran Canaria; F: Fuerteventura; L: Lanzarote). * = géneros endémicos.

ORDEN: FAMILIA	GENERO	CANARIAS	H	P	G	T	C	F	L
Stylommatophora: Enidae	<i>Napaeus</i> *	45	4	4	13	12	10	-	2
Stylommatophora: Vitrinidae	<i>Plutonia</i>	18	2	1	5	6	3	-	-
Stylommatophora: Hygromiidae	<i>Canariella</i> *	12	1	-	3	5	-	1	2
Stylommatophora: Hygromiidae	<i>Obelus</i>	21	1	4	2	4	13	6	4
Stylommatophora: Helicidae	<i>Hemicycla</i> *	76	4	1	14	35	19	6	3
Araneae: Dysderidae	<i>Dysdera</i>	43	2	3	8	21	11	4	3
Araneae: Pholcidae	<i>Spermophorides</i> *	22	1	1	4	10	3	2	2
Araneae: Pholcidae	<i>Pholcus</i>	16	2	1	4	6	6	1	-
Araneae: Oecobiidae	<i>Oecobius</i>	35	3	2	5	10	8	3	4
Araneae: Linyphiidae	<i>Walckenaeria</i>	13	2	2	1	9	-	-	-
Araneae: Lycosidae	<i>Alopecosa</i>	12	1	3	3	2	2	1	-
Isopoda: Porcellionidae	<i>Porcellio</i>	18	2	2	3	5	5	1	2
Julida: Julidae	<i>Dolichoilius</i>	46	3	2	9	20	10	2	1
Collembola: Isotomidae	<i>Folsomides</i> ⁽¹⁾	14	-	1	3	10	3	2	2
Blattaria: Blattellidae	<i>Solenopha</i>	12	1	2	-	8	-	-	-
Dermaptera: Forficulidae	<i>Guanchia</i>	11	1	1	2	6	2	-	-
Hemiptera: Miridae	<i>Compsidolon</i>	11	1	3	2	10	4	-	-
Hemiptera: Flatidae	<i>Cyphopterus</i>	24	2	2	4	6	3	6	6
Hemiptera: Cicadellidae	<i>Asianidia</i>	17	3	7	6	16	9	2	1
Hemiptera: Issidae	<i>Issus</i>	15	4	5	2	4	3	1	1
Hemiptera: Psyllidae	<i>Arytainilla</i>	14	1	2	2	5	5	17	-
Coleoptera: Carabidae	<i>Trechus</i>	15	2	3	3	7	1	1	1
Coleoptera: Carabidae	<i>Calathus</i>	24	1	-	7	11	3	1	1
Coleoptera: Carabidae	<i>Philorrhizus</i>	13	3	3	3	5	3	2	1
Coleoptera: Carabidae	<i>Paradromius</i>	11	1	1	2	3	3	4	2
Coleoptera: Staphylinidae	<i>Oxypoda</i>	16	1	2	4	10	1	-	-
Coleoptera: Scarabaeidae	<i>Pachydema</i>	16	1	2	4	8	5	3	1
Coleoptera: Elateridae	<i>Cardiophorus</i>	31	3	1	4	15	6	1	1
Coleoptera: Cantharidae	<i>Malthinus</i>	11	1	2	1	3	7	2	2
Coleoptera: Thoricidae	<i>Thoricus</i>	11	1	1	1	6	6	1	2
Coleoptera: Malachiidae	<i>Attalus</i>	51	4	10	12	13	13	9	8
Coleoptera: Malachiidae	<i>Fortunatius</i> *	12	1	4	2	3	2	1	1
Coleoptera: Colydiidae	<i>Tarphius</i>	30	2	5	8	14	4	-	-
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Arthrodeis</i>	14	1	1	2	1	3	9	7
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Hegeter</i>	22	1	1	3	8	6	5	1
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Nesotes</i>	20	2	2	3	7	5	6	4
Coleoptera: Curculionidae	<i>Laparocerus</i>	68	9	11	8	30	17	2	3
Coleoptera: Curculionidae	<i>Acalles</i>	27	8	9	7	15	7	1	1
Coleoptera: Scolytidae	<i>Aphanarthrum</i>	11	3	3	6	6	5	2	2
Hymenoptera: Chrysididae	<i>Chrysis</i>	13	1	1	2	4	6	6	7

(1) Según A. Fjellberg (*com. pers.*) muy probablemente las especies de *Folsomides* descritas en Canarias se encuentran también en el continente cuando se estudie mejor la fauna de colémbolos.

hay ejemplos poliespecíficos mixtos como las arañas *Dysdera* (43 spp.), que invadieron al menos cuatro veces el archipiélago pero sólo uno de estos ancestros sufrió radiación adaptativa acusada (37 spp.), otro originó las cinco especies endémicas de las islas orientales, y los dos restantes simplemente derivaron en una especie endémica cada uno (Arnedo 1998). Decimos de *Dysdera* y otros casos demostrados (*Calathus*, *Tarphius*) que sus especies canarias son polifiléticas, por no derivar todas de un único ancestro primocolonizador.

Tales estudios de "filogeografía" están en curso o se han realizado ya en diversos géneros poliespecíficos como *Dysdera*, *Pholcus* y *Spermophorides* (Araneae), *Arytainilla* (Hemiptera), *Calathus*, *Tarphius*, *Pimelia*, *Hegeter*, *Nesotes*, *Brachydes* (Coleoptera), y dentro de los vertebrados en diversos reptiles (*Gallotia*, *Tarentola*, *Chalcides*). Poco a poco van apareciendo distintos patrones de colonización y especiación, que apuntan a un modelo global para Canarias probablemente más complejo que para otras islas oceánicas más remotas.

La radiación adaptativa ha provocado en algunos géneros una riqueza específica asombrosa para un territorio tan pequeño. En los tres más destacados dentro de los Artrópodos (*Dysdera*, *Dolichoiliulus*, *Laparocerus*) se encuentran especies en todas las islas, adaptadas a una amplia variedad de hábitats desde el nivel del mar hasta 3.000 m, en zonas húmedas o secas, forestales o abiertas, incluso con troglóbios relegados al medio subterráneo. *Dysdera* es un género de arañas con abundantes especies en toda el área circunmediterránea, y alcanza la máxima densidad en Canarias, donde hay 44 especies, de las que 8 son de vida obligada en cuevas. El género *Dolichoiliulus* tiene 46 especies en Canarias, que representan el 60% de la fauna local de diplópodos. El caso más espectacular es el de los gorgojos *Laparocerus*, que tiene 68 especies conocidas en el archipiélago y una veintena más por describir (Machado com. pers.), y un número considerable de subespecies alopáticas;

incluye dos especies troglóbias y otra conocida exclusivamente del Pico Teide.

Con cierta frecuencia un mismo género ha sufrido radiación en dos o más archipiélagos de la Macaronesia simultáneamente. A veces se trata de un género macaronésico como *Laparocerus*, que además de las 68 canarias, tiene 23 spp. en Madeira y una en Azores. Otros son géneros de amplia dispersión como *Trechus* o *Calathus* con 16 y 24 spp. en Canarias, 21 y 5 en Madeira, y 5 y 4 en Azores, respectivamente. Un caso llamativo entre los géneros no macaronésicos es el de *Tarphius* (Col., Colydiidae), limitado a hábitats forestales húmedos pero con 30 spp. en Canarias, 21 en Madeira y 6 en Azores, por solamente otras 7 especies en el continente.

Sin embargo hay casos de radiación propios de un solo archipiélago cuyo papel en otras islas lo desempeñan otros géneros distintos. Por ejemplo *Dolichoiliulus* tiene 46 spp. en Canarias y 2 en Madeira, mientras los también diplópodos *Cylindroiulus* están representados por 25 spp. en Madeira y 2 en Canarias. Otros casos similares de sustitución entre archipiélagos los encontramos en los *Hegeter* en Canarias y *Oxycara* en Cabo Verde (Col., Tenebrionidae); *Guanchia* en Canarias y *Peryrrhitis* en Madeira (Dermaptera); *Hemicycla* en Canarias y *Leiostylia* en Madeira (Gastropoda); etc.

El grueso de especies de los géneros poliespecíficos en la Macaronesia está en Canarias y Madeira, con menor representación en Azores y muy raramente en Cabo Verde. El grupo de islotes de las Salvajes, situadas entre Madeira y Canarias y con una fauna muy limitada por su reducida extensión (4,5 km²), tienen alguna especie endémica de muchos de estos géneros (*Dysdera*, *Oecobius*, *Spermophorides*, *Porcellio*, *Dolichoiliulus*, *Cyphopterus*, *Cymindis*, *Nesarpalus*, *Hegeter*, *Nesotes*, *Laparocerus*, *Acalles*). Desde el punto de vista zoogeográfico su fauna está relacionada con la de Madeira y aún más con la de Canarias (Oromí 1983).

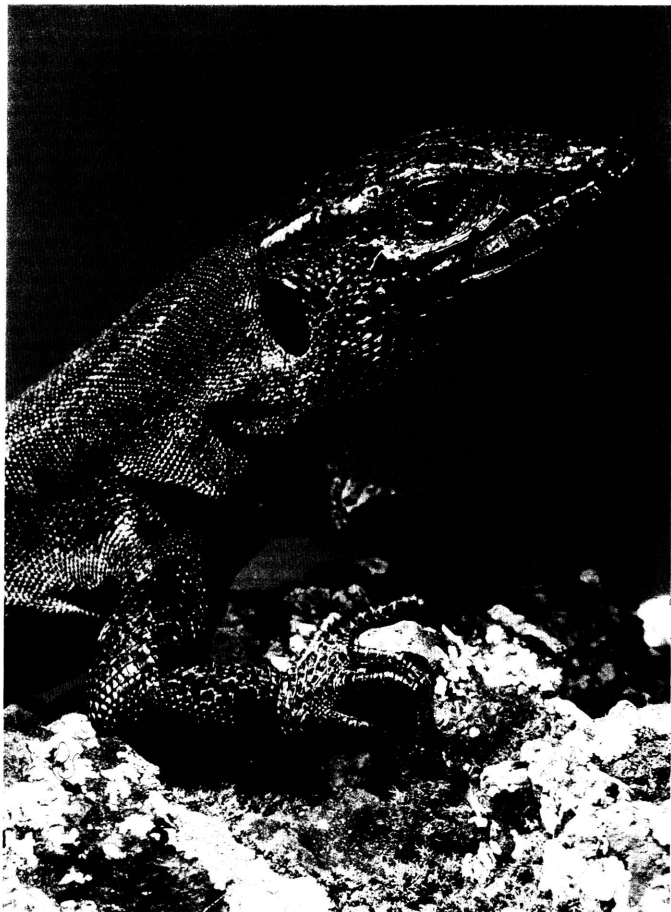


Foto: José Manuel Moreno

Lagarto Tizón de El Hierro o Lagartijo (*Gallotia caesaris caesaris*)

Capítulo 25

FAUNA VERTEBRADA NATIVA
TERRESTRE

Las faunas vertebradas insulares tienen rasgos que las diferencian de las de zonas continentales próximas, y que dependen, entre otros factores, de su propia superficie y de la distancia que las separa de las masas continentales. En líneas generales, son las aves y los murciélagos los que cruzan con mayor facilidad las grandes barreras oceánicas (Gorman 1991). Como otras islas de origen volcánico, la fauna vertebrada nativa del Archipiélago Canario es relativamente pobre y presenta un reparto muy desigual de los distintos grupos animales.

Las aves, los vertebrados terrestres con mayor capacidad de dispersión, dominan claramente en número sobre lo demás, mientras que los anfibios, con una muy limitada facultad para superar barreras marinas, cuentan con sólo dos especies, ambas introducidas por el hombre en tiempos más o menos recientes. Los reptiles son los más relevantes desde el

punto de vista evolutivo, con un porcentaje máximo de taxones endémicos y varias formas exclusivas a nivel subespecífico. Los mamíferos están representados por dos grupos de insectívoros muy diferentes; las musarañas, con dos especies y los quirópteros con siete (Tabla 25.1).

AVES

Respecto a su carácter mayoritario dentro de los vertebrados nativos del archipiélago, su porcentaje de endemidad a nivel específico es sorprendentemente bajo, sólo el 7,24% (cinco especies vivas). Tradicionalmente, y atendiendo más bien a caracteres fenotípicos, las aves exclusivas del archipiélago se limitaban a la paloma turquí (*Columba bollii*), la paloma rabiche (*Columba junoniae*), el pinzón azul (*Fringilla teydea*), la tarabilla canaria (*Saxicola dacotiae*), además del ostrero unicolor (*Haematopus meadewaldi*), descrita como tal hace sólo

Tabla 25.1

Status taxonómico y distribución actual de los vertebrados terrestres nativos de Canarias, exceptuando taxones introducidos. End.= especie endémica; Ssp.= subespecie endémica; Mac.= endemismo macaronésico; H=El Hierro, P= La Palma, G= La Gomera, T= Tenerife, C= Gran Canaria, F= Fuerteventura y L= Lanzarote e islotes.

	nº sp.	%	End.	%	Ssp.	Mac.	H	P	G	T	C	F	L
REPTILES	13 ^a	14,3	13	100	13 ^a	—	4 ^b	2	4 ^c	4 ^c	3 ^a	3 ^a	3 ^a
AVES ^d	69	75,8	5 ^a	7,24	32	3	40	37	44	55	48	38	34
MAMÍFEROS	9	9,9	3 ^b	33,3	—	1	4	5	3	6	4	2	2
TOTAL	91		21	21,3	45	4	48	44	51	65	55	43	39

- La situación taxonómica de los reptiles canarios está siendo objeto de una profunda revisión desde el punto de vista genético. Para los lacértidos hemos tenido en cuenta a González *et al.* (1996) y Bischoff (1998) y para los geocónidos a Nogales *et al.* (1998). Es muy probable que los restantes grupos sufran modificaciones en un futuro próximo.
- Aunque se ha constatado la presencia de *Gallotia gallotii* en El Hierro, es muy probable que se deba a una introducción no natural.
- En Tenerife se incluye un nuevo saurio viviente (*Gallotia intermedia*) descubierto en el noroeste de Tenerife (Hernández *et al.* 2000), y en La Gomera otro lagarto de gran talla encontrado recientemente (Valido *et al.* 2000), que de momento asignaremos como *Gallotia simoniyi gomerae*.
- En Gran Canaria no se ha tenido en cuenta a *Gallotia atlantica*, ya que los últimos trabajos genéticos mencionados apuntan a una reciente introducción no natural; por el mismo motivo se excluye *Gallotia stehlini* de Fuerteventura.
- En Lanzarote se ha considerado el escíncido *Chalcides simoniyi*, recientemente descubierto (Nogales *et al.* 1998).
- Ligeramente modificado de Emmerson *et al.* (1994), incluyendo las subespecies.
- Se incluye al mosquitero canario (*Phylloscopus canariensis*), un nuevo taxón bien diferenciado a nivel genético y bioacústico (Helbig *et al.* 1996).
- Aunque la validez taxonómica de *Plecticus teneriffae* y *Crocidura asorio* como elementos endémicos ha sido cuestionada, se siguen manteniendo como tales hasta que se realicen trabajos más completos.

unos años, pero ya extinta. Recientes análisis genéticos han permitido elevar a dicha categoría al mosquitero común (*Phylloscopus canariensis*), claramente segregable de sus parientes europeos.

Frente a esta relativa pobreza de especies exclusivas, en la avifauna canaria se reconocen un total de 32 subespecies endémicas, restringidas bien a una única isla o a varias. Existen ejemplos muy interesantes como el herrerillo común (*Parus caeruleus*), presente en todas las islas y distribuido en todo tipo de hábitats, desde áreas del piso basal hasta la alta montaña, que ha evolucionado en cuatro subespecies segregadas por su tamaño, coloración e incluso el canto. El pinzón vulgar (*Fringilla coelebs*) cuenta con tres razas repartidas en las islas centrales y occidentales. En otros casos, la presencia de taxones con dos subespecies se asocia claramente a las islas centrales y occidentales por una parte, y a las orientales por otra, como sucede con el cernicalo vulgar (*Falco tinnunculus*), el alcaraván (*Burhinus oedipnemus*) y el pardillo (*Carduelis canabina*).

Sin embargo, teniendo en cuenta los rápidos avances que se están derivando de trabajos genéticos, es muy probable que se produzcan cambios en la taxonomía, y muchos de los taxones considerados hasta ahora como subespecies pierdan esa categoría, mientras que otros sean descritos como especies endémicas. De momento esta novedosa técnica de estudio ya ha comenzado a aclarar dudas. Los reyezuelos sencillos de Canarias (*Regulus regulus teneriffae*) aúnan fenotipos intermedios entre esta especie y el reyezuelo listado (*Regulus ignicapillus*), y se ha llegado a sugerir por varios autores que podría tratarse de una especie exclusiva del archipiélago. Sin embargo, estudios genéticos han permitido comprobar que estas aves no han adquirido todavía un genoma que permita segregarlos como un taxón diferenciado a nivel específico (Martens *et al.* 1998, Sturmbauer *et al.* 1998).

Otras aves son exclusivas pero compartidas con otros archipiélagos macaronésicos, como el canario (*Serinus canaria*), el bisbita caminero (*Anthus berthelotii*) y el vencejo unicolor (*Apus unicolor*), fenómeno observable también con diversas subespecies.

Las raíces de la avifauna canaria se encuentran en el Viejo Mundo, mayoritariamente en el norte, centro y suroeste de Europa, de donde partieron sucesivas inmigraciones alejadas en el tiempo, actuando como puente el norte de África (Bacallado 1976). Los grandes desplazamientos de inmigrantes empujados por los últimos periodos glaciales favorecieron la llegada de muchos de ellos a las islas, donde encontraron nuevos refugios. Los taxones endémicos mejor diferenciados, como las palomas de la laurisilva o el pin-

zón azul, aparecen claramente ligados a la paleoflora canaria, y sus ancestros probablemente arribaron durante el Plioceno. La situación geográfica del archipiélago coincide con una de las rutas migratorias más importantes de aves paléarcticas, que después de su periodo reproductor se desplazan hacia el sur para alcanzar sus cuarteles de invernada. Este ubicación casi estratégica pudo favorecer la llegada de nuevos inmigrantes, un proceso que todavía sigue ejerciendo su influencia en la colonización de las islas.

La presencia de especies de procedencia africana (elementos erémicos), el continente más próximo, ha sido mucho menor, y su distribución actual se restringe casi exclusivamente a las islas orientales, caracterizadas por un clima de tipo subdesértico. Entre ellas destacan la hubara canaria (*Chlamydotis undulata*), el corredor (*Cursorius cursor*), la ganga (*Pterocles orientalis*) o el camachuelo trompetero (*Rhodopechys githaginea*), aunque este último ha colonizado las islas centrales llegando incluso hasta zonas áridas del sur de La Gomera.

La distribución insular de las distintas especies (Tabla 25.2) es a grandes rasgos similar según se trate de las islas occidentales (más montañosas) o las orientales, con un relieve menos acusado y con rasgos climáticos también muy particulares. No obstante, hay que señalar que la composición avifaunística nativa que hoy contemplamos es sólo un fragmento de su historia evolutiva (y por tanto, sesgado), porque algunos taxones han desaparecido en tiempos históricos, otras en el pasado más o menos lejano (conocido con certeza gracias al registro fósil), y otras sufren todavía un marcado proceso de regresión a nivel regional que les ha conducido incluso a extinciones insulares. Además, quedan por cubrir grandes lagunas de in-

Tabla 25.2

Distribución insular de aves nidificantes en Canarias.

ISLA	Superficie (km ²)	Altitud (m)	Nº sp. Aves
EL HIERRO	287	1.501	40
LA PALMA	706	2.423	37
LA GOMERA	373	1.484	44
TENERIFE	2.036	3.718	55
GRAN CANARIA	1.532	1.950	48
FUERTEVENTURA	1.662	807	38
LANZAROTE	862	671	34

formación sobre ciertas especies o grupos concretos, sin olvidar que una minoría se han asentado de forma reciente.

En este sentido, destaca (entre otros) la polla de agua (*Gallinula chloropus*), un rállido cuya primera cita segura sobre su reproducción se constató a mediados del siglo XIX en Gran Canaria y que actualmente nidifica en varias islas más. Estas aves también visitan Canarias como invernantes de forma más

o menos regular. El gorrión moruno (*Passer hispaniolensis*), alcanzó las islas orientales sobre 1800 y penetró paulatinamente hacia el oeste durante un siglo y medio; en 1980 se constató su presencia en El Hierro. No obstante, ofrece dudas sobre la forma en que consiguió asentarse en las islas, al igual que sucede con la perdiz moruna (*Alectoris barbara*), la perdiz roja (*A. rufa*), el verderón (*Carduelis chloris*), y otras que comenzaron a nidificar hace sólo unos años, como el verdicillo (*Serinus serinus*) o el gorrión molinero (*Passer montanus*).

Esa distribución actual obedece también a los patrones de la colonización de las islas por los seres vivos; sólo así se explica el peculiar reparto que manifiestan algunas especies de aves, máxime teniendo en cuenta la notoria capacidad de dispersión que ostentan estos vertebrados. La presencia actual de chovas piquirrojas o grajas (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*) exclusivamente en La Palma es, cuanto menos, sorprendente, ya que ocupan ambientes similares a los existentes en otras islas cercanas. Por el hallazgo de restos subfósiles se sabe que al menos en el pasado vivieron también en La Gomera, donde se han observado de forma accidental, al igual que en Tenerife.

También merece destacarse al pinzón azul (*Fringilla teydea*) y al pico picapinos (*Dendrocopos major*), vinculados a las masas de pinar canario, que en ambos casos han evolucionado originando subespecies endémicas en Gran Canaria y Tenerife, y ausentes de otras islas como El Hierro y La Palma que cuentan, especialmente ésta última, con excelentes manifestaciones de pinar. La tarabilla canaria (*Saxicola dacotiae*) se encuentra restringida actualmente a la isla de Fuerteventura, si bien se describió una subespecie (de validez discutida por ciertos autores) que habitó hasta principios de siglo en los pequeños islotes de Alegranza y Montaña Clara, por lo que resulta desconcertante su ausencia de la cercana Lanzarote, donde existen hábitats igualmente adecuados.

REPTILES

os reptiles constituyen, indudablemente, el grupo que reviste mayor interés desde el punto de vista evolutivo, ya que todas las especies de los grupos existentes (lacértidos, escincidos y geconidos) tienen carácter endémico. Los lagartos actuales, englobados en el género *Gallotia*, se reparten en todas las islas y principales roques, y cuentan con seis especies. La distribución actual de estos reptiles sería la siguiente: *Gallotia atlantica atlantica*, en Lanzarote e islas orientales, y *G. a. mahoratae* en Fuerteventura y Lobos; *Gallotia gallotii gallotii* en Tenerife, *G. g. palmae* en La Palma; *Gallotia caesaris caesaris* en El Hierro (incluyendo el Roque Grande de Salmor), y *G. c. gomerae* en La Gomera; *Gallotia stehlini*, sólo en Gran Canaria; *Gallotia simonyi* en El Hierro y *Gallotia intermedia* en Teno (NO de Tenerife), y *Gallotia simonyi gomerae*, un interesante hallazgo realizado en La Gomera en junio de 1999.

La posición taxonómica de estos reptiles ha ido superando numerosas etapas desde que despertaran el interés de los primeros naturalistas y científicos, principalmente extranjeros, sufriendo profundos cambios a medida que han surgido nuevos hallazgos y se han aplicado nuevas técnicas de estudio. Las primeras clasificaciones, basadas en foliosis y caracteres fenotípicos como talla y coloración posibilitaron el establecimiento de numerosas subespecies, algunas coexistiendo en una misma isla. La aparición de modernas técnicas genéticas han permitido conocer con más precisión sus orígenes, evolución y relaciones filogenéticas.

El origen de los saurios canarios es incierto, ya que no existen pruebas concluyentes que indiquen una relación cercana entre ninguna de las especies vivientes de lacértidos y los lagartos canarios. No obstante, similitudes en características dentales sugieren que podría encontrarse en pequeños lagartos que vivieron en el suroeste de Europa o el noroeste de África a principios del Mioceno (López Jurado y Mateo 1995), hace unos 26-6 Ma.

Las conclusiones obtenidas tanto de análisis cariológicos, morfológicos, como filogenéticos a partir de ADN mitocondrial, revelan que los lagartos endémicos canarios del género *Gallotia* aparecen como un grupo monofilético, que han experimentado un proceso de radiación con un patrón de colonización este-oeste. El análisis de variables merísticas (biometría, nº de escamas, etc.) sobre varios taxones de este género, revela la existencia de tres grandes grupos. Por una parte *G. atlantica*, que aparece claramente segregado de los demás, por otra *G. galloti*, y un tercero que aglutina las especies de mayor talla, *G. stehlini*, *G. simonyi* y *G. intermedia*, pero con un ligero porcentaje de solapamiento. La etimología de *G. intermedia* revela su posición morfológica a medio camino entre *G. galloti* y *G. simonyi*, aunque genéticamente se ha encontrado una marcada relación con esta última (Hernández *et al.* 2000).

El nuevo lagarto gigante de La Gomera es diferente a cualquier otro de los conocidos en el archipiélago, con una coloración oscura en el dorso y los lados, pequeñas manchas azules en los flancos, y la parte ventral blanco marfil. Su tamaño corporal se ajusta al de la forma descrita por Hutterer (1985) para esa isla a partir de restos óseos, y que denomina *G. simonyi gomerae*. Considerando sus características morfológicas, la forma viviente se enmarca dentro del grupo *simonyi*, aunque es muy probable que se trate de una nueva especie (Valido *et al.* 2000).

En el *Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig* (ZFMK), de Bonn, existe un ejemplar de *Gallotia gallotii* colectado en Funchal (Madeira) en 1887, y más recientemente, se ha encontrado una pequeña población en el Jardín Botánico de esa ciudad, que no han logrado extenderse hacia otras partes de la isla (Bischoff 1998).

Por otra parte, los gecónidos, todos pertenecientes al género *Tarentola*, cuentan con un total de cuatro especies (dos subespecies) que se distribuyen por todas las islas, islotes y principales roques del archipiélago. *Tarentola angustimentalis* es exclusivo de las islas e islotes orientales; *T. delalandii* habita en Tenerife (incluyendo los Roques de Anaga y Garachico), y La Palma; *T. gomerenis* únicamente en La Gomera y *T. boettgeri* en Gran Canaria (la subespecie *boettgeri*) y El Hierro, incluyendo los Roques de Salmor (subespecie *hierrensis*).

El género *Tarentola* cuenta con representantes en las cercanas islas Salvajes, donde habita *T. bischoffi*; en Cabo Verde, con varias especies entre las que destaca *T. gigas*, de gran talla. Además en la costa occidental africana, y prácticamente a la misma latitud que Canarias, viven otras como *T. boehmei*, *T. mauritanica*, o *T. ephippiata*. Muy probablemente los ancestros de los gecónidos canarios, especialmente *T. angustimentalis* provengan de esa región. Por otra parte *T. delalandii* y *T. gomerenis* se encuentran muy emparentados entre sí, y mucho más cercanos a los de Cabo Verde que a las otras dos especies canarias. Ello lleva a considerar que la distribución actual de los gecónidos es probablemente consecuencia de varias colonizaciones independientes a partir del continente, y la extinción de algunas especies (Nogales *et al.* 1998).

Finalmente, los escíncidos han colonizado todas las islas a excepción de La Palma. De las tres especies descritas (con cuatro subespecies en total) la más relevante es, sin duda, *Chalcides simonyi*, no sólo por su gran talla sino por su extremada rareza. Conocida sólo en unas pocas localidades de Fuerteventura (incluyendo Lobos), su reciente hallazgo en Lanzarote, además de la gran importancia conservacionista que reviste, solventa una gran laguna biogeográfica teniendo en cuenta que ambas islas estuvieron unidas hasta hace sólo unos 12.000 años.

De las dos especies restantes, *Chalcides sexlineatus* es exclusiva de Gran Canaria, donde ha originado dos subespecies geográficamente segregadas; *Ch.s. sexlineatus* en el suroeste y *Ch.s. bistratus* en el norte y este. Por último, *Ch. viridanus* se reparte en Tenerife (con la subespecie *Ch.v. viridanus*), y La Gomera y El Hierro con *Ch.v. coeruleopunctatus*.

MAMÍFEROS

Las especies endémicas actuales se limitan a dos musarañas, la canaria (*Crocivura canariensis*) y la de Osorio (*C.osorio*), y siete murciélagos. Aunque existían algunas referencias que hacían pensar en la presencia de musarañas en Canarias, fue a partir de 1983 cuando se colectaron varios especímenes en bordes de malpais y cultivos abandonados de Lanzarote y Fuerteventura, y en principio asignados a la subespecie *C. russula yebalensis*, que habita en el norte de África. Posteriormente, estudios de cariotipo revelaron que en reali-

dad estos micromamíferos insectívoros eran endémicos (Hutterer *et al.* 1987). Por último, se descubrió otra nueva especie en Gran Canaria (*Crocivura osorio*), conocida sólo en unos pocos puntos del norte de la isla, donde el clima es más templado y húmedo (Molina y Hutterer 1989). Estos autores comentan el hallazgo de un juvenil de *C. osorio* en Tenerife, aunque suponen que se debe a una introducción accidental por el hombre.

Estudios cromosómicos sobre distancias genéticas y vocalizaciones llevados a cabo sobre ambas especies sugieren que no están emparentadas y además tienen orígenes distintos (Hutterer *et al.* 1992). En el caso de *Crocivura canariensis* comparte el mismo número diploide de cromosomas que *C. sicula* (propia de Sicilia); el hallazgo de fósiles muestra los mismos caracteres distintivos que en las poblaciones modernas, y que además ambas son nativas de sus respectivos archipiélagos al menos desde el Pleistoceno. Por tanto *C.canariensis* y *C. sicula* son especies alopatricas separadas que han mantenido caracteres primitivos, cuyo ancestro común pudiera existir todavía en el Norte de África.

La musaraña de Osorio (*C. osorio*) tiene el mismo número diploide que *C. russula*, pero difiere ligeramente en tener un par más de cromosomas submetacéntricos. Morfológicamente muestran grandes diferencias tanto en la talla como en la forma del cráneo y en la dentición. Se les considera también taxones alopatricos.

Los murciélagos, aunque más numerosos, cuentan con una sola especie endémica (*Plecotus teneriffae*) y otra restringida al ámbito macaronésico (*Pipistrellus maderensis*), aunque Trujillo (1991) apunta la posibilidad de que los murciélagos de bosque canarios podrían ser una subespecie propia teniendo en cuenta sus diferencias de coloración con respecto a poblaciones continentales. Las nativas del archipiélago se incluyen en las familias Vespertilionidae y Molossidae, que agrupan siete taxones, cuya distribución es conocida se muestra en la tabla 25.3. En Lanzarote se ha mencionado la presencia de un individuo errático de murciélago hortalano (*Eptesicus serotinus*), que por su coloración podría pertenecer a la subespecie *isabellinus*, que habita el norte de África, por lo que no se incluye en dicha relación. En esta isla los únicos restos conocidos de especies nativas, concretamente *Pipistrellus kuhli*, se limitan a restos osteológicos hallados en la Cueva de los Verdes. Se han observado también murciélagos de pequeño tamaño en vuelo en puntos muy concretos, pero no han podido ser identificados.

La distribución de los quiropteros canarios no se conoce con total precisión, debido entre otras razones a sus hábitos nocturnos. El hecho de que en las islas no se conozcan grandes colonias de cría o refugios invernales dificulta aún más su localización y estudio, por lo que las distribuciones actuales

Tabla 25.3

Distribución insular de las especies de murciélagos. El signo de interrogación (?) indica presencia posible no comprobada.

ESPECIE	H	P	G	T	C	F	L
Familia Vespertilionidae							
Murciélago de Bosque (<i>Barbastella barbastellus</i>)			*	*			
Murciélago de Madeira (<i>Pipistrellus maderensis</i>)	*	*	*	*			
Murciélago de borde claro (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)					*	*	*
Murciélago montañero (<i>Hypsugo savii</i>)	*	*	*	*	*		
Orejado canario (<i>Plecotus teneriffae</i>)	*	*	?	*			
Nóctulo pequeño (<i>Nyctalus leisleri</i>)		*		*			
Familia Molossidae							
Murciélago rabudo (<i>Tadarida teniotis</i>)	*	*	*	*			

es muy probable que se vayan completando a medida que se realicen nuevas prospecciones, tanto en lo que concierne a nivel insular como a nuevos hábitats de una misma isla. Al igual que en otras partes de su limitada distribución mundial, el murciélago de bosque (*Barbastella barbastellus*) es uno de los más escasos y desconocidos de la fauna canaria, por lo que su ausencia en las islas más occidentales quizás se deba a su dificultad de detección; algo similar sucedería con la ausencia del orejado canario y del nóctulo pequeño en alguna de ellas.

Desde el punto de vista biogeográfico, y excluyendo los taxones que se han diferenciado bien en Canarias o a nivel macaronésico, las restantes especies presentes cuentan con un amplio rango de distribución que incluye al menos el norte de África y gran parte de Europa, lo que indica que su vía de penetración se produjo probablemente a partir de una o ambas regiones. Algunas de ellas habitan en otros archipiélagos atlánticos, como *Pipistrellus kuhlii* e *Hypsugo savii* en Cabo Verde y *Nyctalus leisleri* en Madeira.

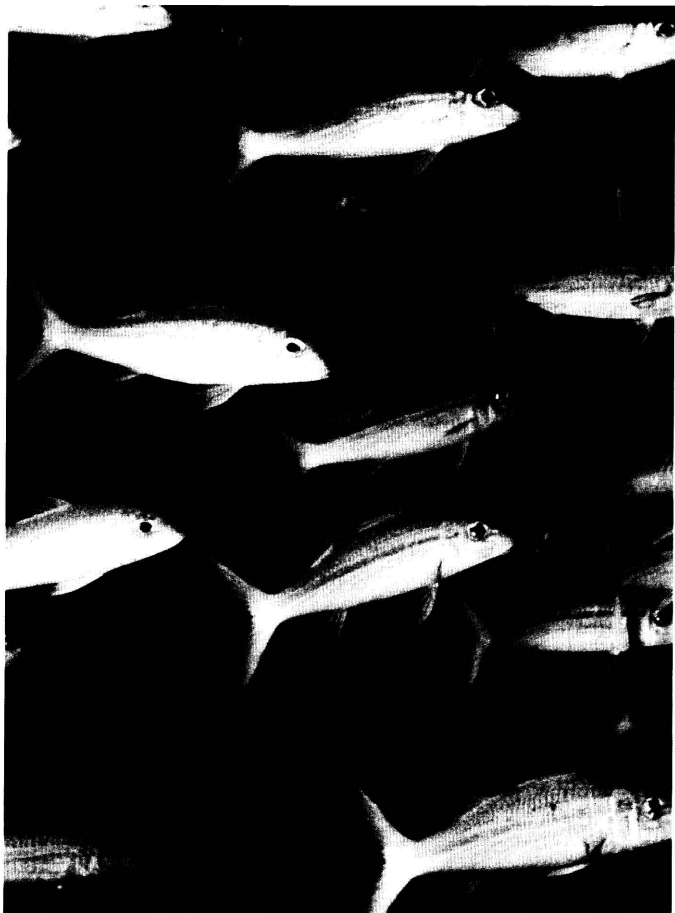


Foto: Pedro Pascual
Mulloides martinicus

Capítulo 26

FAUNA VERTEBRADA MARINA

ALBERTO BRITO, JESÚS M. A. FERRER, ANA AGUILAR Y PEDRO PASCUAL



Las Islas Canarias presentan una rica y diversificada fauna marina vertebrada, tanto en lo referente a especies residentes como a las migratorias, que nos llegan de latitudes más septentrionales y también de sectores más tropicales. Esta alta diversidad biológica es debida a la situación de las islas en una latitud subtropical, próximas al continente africano y en el curso de una importante corriente marina que las pone en "contacto" con zonas templadas situadas al norte y cálidas situadas al oeste, así como al complejo patrón de variabilidad regional en las características ambientales del mar canario (Barton *et al.* 1998) y a la elevada diversidad de hábitats en relación con la orientación y la compleja geomorfología de los fondos (Aguilera *et al.* 1994). Por otra parte, al igual que ocurre en otras islas oceánicas, la presencia de grandes profundidades próximas a la costa permite la integración de las especies oceánicas en la dinámica insular y parece que favorece algunos fenómenos particulares, como puede ser el establecimiento de colonias estables de algunos cetáceos.

batial, etc.) están mucho más investigados en Madeira, lo cual nos muestra unas expectativas notables de aumento en el número de especies para estos componentes de la ictiofauna, especialmente en los peces óseos, en un futuro próximo.

El conocimiento de la fauna marina vertebrada de Canarias ha experimentado un gran impulso en los años recientes (Tabla 26.1), especialmente en la década de los noventa; a modo de ejemplo, en la figura 26.1 hemos presentado el desarrollo del proceso de avance en el conocimiento para los peces condricios, comparando los catálogos existentes y los datos disponibles en la actualidad, donde se observa el gran salto que se produce a partir de 1991 como consecuencia de un esfuerzo intensivo de investigación a lo largo de la década. Cabe destacar que algunos de los registros recientes de vertebrados corresponden a especies espectaculares, grandes epipelágicos migradores como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*), el rorcual azul (*Balaenoptera musculus*), la ballena franca (*Eubalaena glacialis*) y la yubarta (*Megaptera novaeangliae*). El incre-

Tabla 26.1

Número de especies de vertebrados marinos (sin considerar las aves) presentes en Canarias, incluyendo tanto las residentes como las de paso.

Grupos	Último catálogo	Estado actual	Endémicas	Macaronésicas
Peces condricios	60 (Brito 1991)	82*	1**	1***
Peces osteictios	493 (Brito 1991)	560*	2**	17
Reptiles	5 (Bonnet y Rodríguez 1992)	6*	-	-
Mamíferos	20 (Bonnet y Rodríguez 1992)	27*	-	-

* Fuente: base de datos del Departamento de Biología Animal (Ciencias Marinas), Universidad de La Laguna.

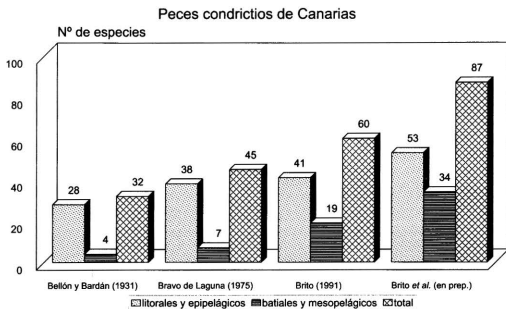
** Especies profundas poco conocidas que probablemente presentan distribuciones geográficas más amplias.

*** La distribución de esta especie (*Raja madrensis*) no es todavía bien conocida debido a confusiones taxonómicas.

El número de especies conocidas —no incluidas las aves— (Tabla 26.1) es más alto que en las áreas insulares próximas para todos los grupos e incluso parece que en las continentales para reptiles y cetáceos. Cabe destacar que la diversidad de peces es notablemente mayor que en Azores y Madeira, a pesar de que los medios profundos (mesopelágico, batipelágico,

mento en el número de especies está claramente relacionado con el esfuerzo investigador, pero en algunos casos, particularmente en el de los peces, se ha producido un fenómeno de aparición de especies nuevas de tendencias cálidas atribuible al proceso de calentamiento de las aguas a partir de mediados de los años noventa¹.

¹ Este fenómeno tuvo su máxima manifestación entre 1997 y 1998, con temperaturas particularmente anómalas en invierno.

**Figura 26.1.**

Evolución del conocimiento de los peces condriktios de Canarias desde el primer catálogo especializado hasta la actualidad.

Como hemos señalado, las circunstancias ambientales actuales de Canarias, como también parece haber ocurrido en épocas geológicas pasadas, favorecen la presencia de un elevado número de especies, pero al mismo tiempo son poco favorables para que se generen procesos evolutivos importantes, de forma que la endemividad a nivel regional es baja (Aguilera *et al.* 1994) y en el caso de los vertebrados prácticamente nula. Sólo tres peces, un condriktio y dos osteictios (ver tabla 26.4 para las especies concretas) están señalados con seguridad exclusivamente para Canarias, pero se trata de especies profundas poco conocidas que probablemente presentan distribuciones más amplias. Diversas especies de peces descritas inicialmente de Canarias, incluso en tiempos recientes, han sido encontradas con posterioridad en las islas próximas (Madeira y Cabo Verde); el último caso es el del góbido *Didogobius kochi*, capturado recientemente en las Islas de Cabo Verde (Brito *et al.* 1999). Así, de las cinco especies consideradas como conocidas exclusivamente de Canarias a principios de los noventa (Brito 1991), dos de ellas ya han sido encontradas en las islas del entorno. Por el contrario, es considerable el número de endemismos a una escala mayor, a nivel de los archipiélagos atlánticos que integran la llamada región macaronésica (ver capítulo 2 y tablas 26.1 y 26.4), pues una raya y 17 peces óseos presentes en Canarias parecen tener ese modelo de distribución compartida con alguno o varios de los archipiélagos próximos (Azores, Madeira y Cabo Verde), una vez que se han investigado de forma bastante exhaustiva dichas islas y las áreas continentales próximas.

PECES

Los peces, como marcan los patrones de la naturaleza, constituyen con diferencia el grupo de vertebrados dominante. El conocimiento de la ictiofauna canaria ha mejorado de forma apreciable en los últimos tiempos (ver tabla 26.1), sobre todo después de las campañas de investigación en los fondos litorales profundos y bataiales superiores llevadas a cabo por los buques oceanográficos Taliarte y Francisco de P. Navarro y del desarrollo de proyectos de exploración de los fondos bataiales medios y profundos con artes de pesca específicos (por ejemplo Brito *et al.* 1998). No obstante, es seguro que el número de especies seguirá incrementándose cuando se estudien con más detalle los fondos y aguas profundas, particularmente en el caso de los peces óseos mesopelágicos y batipelágicos como ya han puesto de manifiesto recientemente Bordes *et al.* (1999). Respecto a los peces cartilaginosos (condriktios), el incremento se sospecha ya reducido, después del notable crecimiento de la década de los noventa. La distribución de las especies por grandes unidades ambientales o biocenosis aparece recogida en la figura 26.2, para condriktios y osteictios por separado, donde se observa un dominio de las especies de fondo litorales, sin duda también las mejor conocidas.

Incluso este último grupo, el de los peces litorales, que se creía bien conocido al inicio de la década de los noventa, ha experimentado un cierto crecimiento, particularmente en relación con la aparición de especies de afinidad tropical como

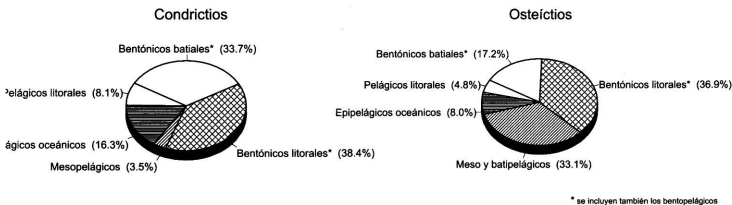


Figura 26.2

Porcentaje del número de especies de condriktos y de osteiktos de Canarias para las grandes ictiocenosis.

consecuencia del calentamiento de las aguas (Tabla 26.2). Ciertamente es posible que algunas de las especies de hábitos pelágicos aparecieran con anterioridad en nuestras costas y no se hubiesen detectado, pero sí parece claro que las de fondo son de nueva aparición, especialmente aquellas conspicuas y que se han localizado en sitios bien estudiados. Entre estas especies merecen destacarse algunos casos llamativos que parecen claramente relacionados también con las actividades humanas, dada la lejanía de su área de distribución original y la imposibilidad de transporte de larvas por corrientes o de desplazamiento de los adultos. Uno es el del pez mariposa *Chaetodon sanctaehelenae*, especie sólo conocida hasta hace muy poco tiempo para las islas de Sta. Helena y Ascensión, en el centro del Atlántico sur tropical, y de la cual conocemos 6 registros de individuos diferentes de tallas medianas y grandes, entre 1993 y 1998, en el entorno del área próxima al puerto de Santa Cruz de Tenerife, desde la playa de Antequera al Puertito de Gúlfar (los dos casos extremos fueron los últimos); todo parece indicar un transporte de larvas en el agua de lastre de barcos que hacen rutas que llegan a Canarias desde Sta. Helena (Brito y Falcón 1996) y actualmente no se puede descartar su establecimiento en Tenerife. El otro caso es el del pez ángel *Pomacanthus maculosus*, especie propia del Mar Rojo y Golfo de Arabia, llegando por la costa este de África hasta Zanzibar, de la cual apareció un ejemplar de talla media-grande en el puerto de Santa Cruz en 1994; sólo el transporte de larvas en el agua de lastre de los barcos o la liberación del animal una vez criado en acuario pueden explicar su presencia.

En cuanto a la composición biogeográfica de la ictiofauna, en un análisis global aparece un dominio claro de las formas de amplia distribución (pantropicales, cosmopolitas y anfiantlánticas tropicales y subtropicales) (Brito *et al.* 1996), que se mantiene en el análisis por grandes unidades o ictiocenosis. Este patrón es menos marcado en el poblamiento pelágico litoral y de los fondos batiales superiores y no se cumple para el de los fondos litorales, que presenta un mayor número

de modelos y un predominio de formas de distribución más restringidas. El mismo trabajo pone en evidencia la existencia de algunas especies sólo conocidas para Canarias y otras de distribución macaronésica, aspectos muy interesantes que analizaremos con profundidad posteriormente en base a los conocimientos actuales. Una revisión de los patrones biogeográficos para la ictiofauna más representativa de las condiciones del mar canario y que mejor puede tipificar las particularidades del archipiélago, las especies litorales de fondo y aquellas pelágicas ligadas a la costa, se recoge en la tabla 26.3 y en la figura 26.3. Se observa la existencia de una alta diversidad de modelos, con un predominio de las especies distribuidas por sectores cálido-templados del Atlántico oriental y de aquellas de más amplia distribución por dicho sector, una notable representación de las distribuidas extensamente por sectores tropicales (anfiantlánticas y pantropicales), la escasa entidad de las típicamente guineanas y la confirmación de la existencia de un apreciable contingente macaronésico, representando un 6,6 % de las especies.

A nivel insular los patrones biogeográficos muestran también una distribución particular en relación con las características ambientales de las islas (Tabla 26.3), de forma que las especies de apatencias cálidas se incrementan hacia las islas occidentales, las más oceánicas y cálidas, y las de carácter templado hacia las orientales, influidas por las aguas frías del afloramiento africano. Así, especies como la dorada (*Sparus aurata*) o la lubina (*Dicentrarchus labrax*) se encuentran en las orientales y no aparecen en las islas occidentales de forma natural (ambas han sido introducidas con los cultivos marinos en las islas centrales, aunque no se sabe si son capaces de reproducirse), y otras como el holocéntrico *Corniger spinosus* o la morena *Gymnothorax miliaris* son propias de las occidentales. Este fenómeno se manifiesta también a nivel poblacional con mucha claridad, de forma que especies presentes en ambos extremos son muy raras en las islas orientales (por ejemplo, el trompeta *Aulostomus strigosus* y la catalufa *Heteropriacanthus*

Tabla 26.2

Especies de reciente aparición en Canarias en relación con el calentamiento del agua y las actividades humanas. Población establecida implica reproducción exitosa comprobada.

Familia	Especie	Modelo de distribución	Hábitat	Posibles mecanismos de llegada	Primera observación	Estado de las poblaciones
Rhincodontidae	<i>Rhincodon typus</i>	Pantropical	Epipelágico litoral y oceánico	Juveniles y adultos muy móviles	1993	Aparición esporádica (¿migración?)
Dasytidae	<i>Dasyatis violacea</i>	Pantropical	Epi y mesopelágico litoral y oceánico	Juveniles y adultos muy móviles	1994	Aparición esporádica
Antennariidae	<i>Antennarius striatus</i>	Pantropical	Bentónico litoral	Larvas pelágicas	1997	Dos ejemplares conocidos (G. Canaria)
Holocentridae	<i>Holocentrus ascensionis</i>	Anfiatlántica tropical	Bentónico litoral	Larvas y prejuveniles pelágicos	1999 Castro-Hernández y Martín-Gutiérrez 2000	Cuatro ejemplares conocidos (G. Canaria)
Carangidae	<i>Caranx crysos</i>	Anfiatlántica tropical	Bentopelágico litoral	Juveniles y adultos muy móviles	1994	Establecido en las islas occidentales y centrales
Carangidae	<i>Caranx latus</i>	Anfiatlántica tropical	Bentopelágico litoral	Juveniles y adultos muy móviles	1997	Aparición esporádica en las islas occidentales
Carangidae	<i>Caranx lugubris</i>	Pantropical	Bentopelágico litoral	Juveniles y adultos muy móviles	1993	Aparición esporádica en las islas occidentales
Carangidae	<i>Decapterus macarellus</i>	Pantropical	Epipelágico litoral y oceánico	Larvas pelágicas y adultos muy móviles	1994	Aparición esporádica en las islas occidentales y centrales
Carangidae	<i>Decapterus punctatus</i>	Anfiatlántica tropical	Epipelágico litoral y oceánico	Larvas pelágicas y adultos muy móviles	1994	Aparición esporádica en las islas occidentales y centrales
Carangidae	<i>Elaagatis bipinnulata</i>	Pantropical	Epipelágico litoral y oceánico	Juveniles y adultos muy móviles	1994	Aparición esporádica en las islas occidentales y centrales
Mullidae	<i>Mulloidis martinicus</i>	Anfiatlántica tropical	Bentónico litoral	Larvas y prejuveniles pelágicos	1997	Posiblemente establecido en El Hierro y Tenerife
Monodactylidae	<i>Monodactylus sebae</i>	Guineana	Bentónico litoral	Larvas pelágicas o larvas en lastre de barcos	1995 (R. Herrera com. pers.)	Dos ejemplares observados en el Puerto de Las Palmas
Chaetodontidae	<i>Chaetodon sanctaehelena</i>	Santa Helena y Ascensión	Bentónico litoral	Estados larvarios en lastre de barcos	1993 (Brito y Falcón 1996)	Posiblemente establecido en Tenerife (seis observaciones hasta 1998)
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus maculosus</i>	Mar Rojo y Golfo de Arabia	Bentónico litoral	Larvas en lastre de barcos o liberación de acuario	1994 (C. Hernández com. pers.)	Un solo ejemplar conocido (Puerto de Santa Cruz de Tenerife)
Gobiidae	<i>Gnatholepis thompsoni</i>	Anfiatlántica tropical	Bentónico litoral	Larvas pelágicas	1998	Establecido (islas centrales y occidentales)
Balistidae	<i>Balistes punctatus</i>	Anfiatlántica tropical	Bentopelágico litoral	Juveniles y adultos con cierto grado de movilidad	1995 (R. Herrera com. pers.)	Un solo ejemplar conocido (G. Canaria)
Balistidae	<i>Canthidermis sufflamen</i>	Anfiatlántica tropical	Bentopelágico litoral	Juveniles y adultos muy móviles	1994 (Brito et al. 1995)	Establecido (islas centrales y occidentales)

Tabla 26.3

Porcentajes del número de especies, según los modelos de distribución geográfica, para cada isla y para el conjunto de Canarias, relativos a los peces litorales (hasta 200 m) de fondo y pelágicos costeros.

Modelo de Distribución	Lanzarote	Fuerteventura	Gran Canaria	Tenerife	La Gomera	La Palma	El Hierro	Canarias
Pantropicales	6,7	7,8	7,0	7,7	7,4	9,2	8,9	7,4
Cosmopolitas	5,1	5,4	4,3	4,6	6,7	6,7	5,7	4,1
Canarias	0	0	0,5	0	0	0	0	0,4
Macaronésicas	6,2	7,2	7,5	7,1	6,7	6,7	7,3	6,6
Atlanto-mediterráneas	7,9	6,0	9,1	8,7	4,4	4,2	5,7	9,5
Anfiatlánticas de sectores cálidos	11,2	10,8	11,3	14,3	14,8	16,7	16,3	12,8
Anfiatlánticas de amplia distribución	3,4	3,6	4,3	3,6	5,2	5,0	4,9	3,3
Guineanas	3,9	6,0	5,4	5,1	3,0	3,3	3,3	6,6
Atlántico orientales cálido-templadas	25,3	24,1	23,7	21,9	25,2	24,2	24,4	23,1
Atlántico-orientales templado-frías o boreales	9,6	7,8	7,0	8,2	7,4	8,3	8,1	7,9
Atlántico orientales de muy amplia distribución	20,8	21,1	19,9	18,9	19,3	15,8	15,4	18,2

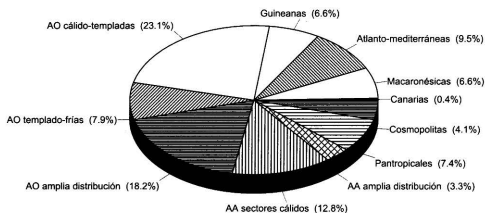


Figura 26.3

Porcentaje del número de especies por modelos de distribución geográfica para los peces litorales de fondo (hasta 200 m) y pelágicos ligados a la costa de Canarias; AO=Atlántico orientales, AA=Anfiatlánticas.

cruentatus) o en las occidentales (por ejemplo, la vaquita *Serranus scriba* y el carajillo real *Coris julis*), según sus exigencias ambientales, con situaciones de transición en las islas centrales (Fig. 26.4). En algunos casos la distribución insular está relacionada más bien con la capacidad de dispersión que con la temperatura, y así algunas especies guineanas o distribuidas por las áreas subtropicales y tropicales del Atlántico oriental aparecen exclusivamente en las islas orientales y centrales, caso de la breca colorada (*Pagellus bellotti*) o el verrugato (*Umbrina ronchus*), a veces acantonadas en zonas concretas, como ocurre con *Lutjanus gorensis*. Las especies macaronésicas parecen estar muy bien ajustadas al ecosistema canario y forman parte del componente básico de la ictiofauna de todas las islas. A nivel insular se observan también variaciones espaciales en la composición del poblamiento ictico, en relación con el amplio es-

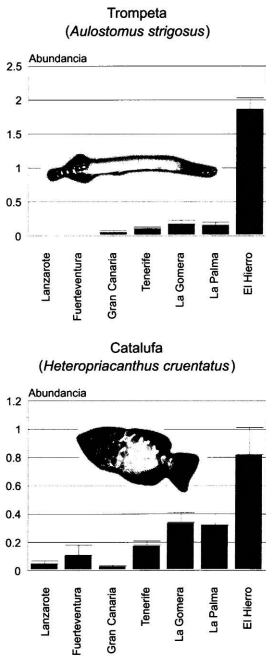
pectro de condiciones ambientales que muestran las islas, particularmente las de mayor tamaño.

Con el calentamiento de las aguas en la década de los noventa se ha observado un proceso manifiesto de tropicalización, un aumento de las especies pantropicales y de distribución anfiatlántica tropical, tanto a nivel de incremento de las poblaciones ya existentes (el aumento de temperaturas favoreció reclutamientos importantes) como de aparición de especies nuevas en las islas centrales y occidentales (Tabla 26.2). Al mismo tiempo, también se ha visto una penetración de aquellas bien establecidas y de alta movilidad hacia las islas orientales (por ejemplo, el gallo azul *Aluterus scriptus*, el gallo aplomado *Canthidermis sufflamen* o el peto *Acanthocybium solandri*); en relación con este mismo fenómeno, el desove del

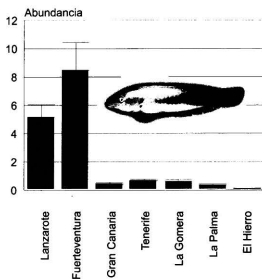
peto se comprobó por primera vez en Canarias (El Hierro) en el verano de 1996. Los cambios producidos por este pulso cálido representan un fenómeno interesante de estudio a seguir en los próximos años, una vez que las aguas parecen haber vuelto en el invierno de 1999 a la «normalidad» térmica conocida con anterioridad.

Figura 26.4

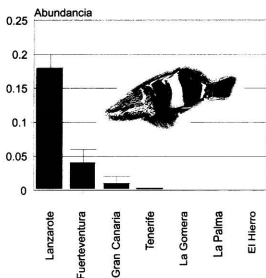
Abundancias (nº de individuos/100 m³), obtenidas mediante censos visuales *in situ* en un conjunto de estaciones de cada isla, para cuatro especies de peces de fondos rocosos conocidas en todo el Archipiélago Canario y que muestran tendencias biogeográficas claras; se representan los valores medios+error estándar; número de censos: Lanzarote=465, Fuerteventura=57, Gran Canaria=117, Tenerife=930, La Gomera=119, La Palma=134, El Hierro=368.



Carajillo real
(*Coris julis*)



Vaquita
(*Serranus scriba*)



Una comparación con áreas geográficas próximas (Fig. 26.5), basada en la presencia de las especies de 23 familias de peces litorales de fondo bien conocidas para el conjunto de las zonas, muestra claramente una fuerte similitud para las islas de la Macaronesia central (Madeira y Canarias), a las que se les une a mayor distancia Azores. Se observa también una considerable separación con respecto a la fauna litoral sahariana, a pesar de la proximidad geográfica, y que el Sáhara se agrupa con las áreas continentales situadas más al norte. El conjunto formado por estas áreas continentales y las islas constituye un gran grupo templado-subtropical, que representa la

región biogeográfica atlanto-mediterránea (en sentido amplio), claramente diferenciada de la guineana o tropical del Atlántico oriental, en la que se encuadran las islas de Cabo Verde a pesar de compartir algunas especies con el grupo anterior, particularmente endemismos insulares. No obstante, la afinidad entre la ictiofauna de estas islas y la de la costa continental no es muy alta, además de que Cabo Verde tiene un elevado grado de endemidad (Brito *et al.* 1999), y parece constituir una subunidad biogeográfica muy clara.

Los archipiélagos macaronésicos propiamente dichos (Azores, Madeira y Canarias), y sobre todo los dos últimos, además del estrato dominante de especies atlanto-mediterráneas y del Atlántico oriental cálido-templado, tienen una importante representación de especies pantropicales y anfiatlánticas tropicales que, junto con los endemismos insulares (Tabla 26.4), les dan una notoria particularidad biogeográfica poco reconocida en el pasado. Canarias y Madeira constituyen el núcleo principal de esta subunidad biogeográfica y comparten además el máximo número de endemismos macaronésicos. Probablemente, Madeira, por su mayor aislamiento y porque parece haber sido menos afectada que Canarias durante las glaciaciones, constituye el centro evolutivo principal (Miller 1984). Azores, aunque comparte algunos endemismos macaronésicos e incluso tiene uno propio (Azevedo 1999), presenta una ictiofauna notablemente reducida (Santos *et al.* 1997). Algunas de las especies macaronésicas son de un nota-

ble interés biogeográfico, singularmente *Gymnothorax bacalladoi*, una morena muy diferenciada, relacionada con formas indopacíficas, que puede verdaderamente constituir un relicto tethyano (paleoendemismo). Otras son espectaculares y están sometidas a explotación pesquera, en especial el abade (*Myxeroperca fusca*), la morena negra (*Muraena augusti*) y el pejeperro (*Bodianus scrofa*). Por último, señalar que también se conoce un caso manifiesto de gigantismo en Azores, Madeira, Salvajes y Canarias para una especie muy costera, el blénido *Lypophrys pholis*, que alcanza tallas mucho mayores que en el continente.

REPTILES

Desde el catálogo anterior (Bonnet y Rodríguez 1992) se conocía la presencia en Canarias de cinco de las ocho especies reconocidas actualmente de tortugas marinas: la tortuga boba (*Caretta caretta*), la tortuga laúd (*Dermodochelys coriacea*), la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga verde (*Chelonia mydas*) y la tortuga golfinha (*Lepidochelys kempii*). Recientemente se ha constatado también la aparición de la tortuga olivácea (*Lepidochelys olivacea*) (un ejemplar fue observado en El Hierro en otoño de 1997). Todas estas especies presentan amplias distribuciones por zonas tropicales y subtropicales del globo, penetrando algunas también en las templadas, excepto la tortuga golfinha que es anfiatlántica; la tortuga laúd es la más

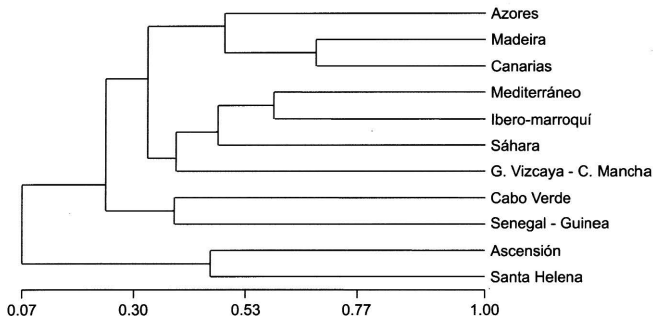


Figura 26.5

Dendrograma de afinidad para las islas oceánicas del Atlántico centro-oriental y áreas continentales del entorno de Canarias en base a 23 familias de peces óseos litorales de fondo; se usó el índice de Jaccard y el algoritmo de agrupamiento UPGMA.

Tabla 26.4

Peces presentes en Canarias con distribución geográfica restringida actualmente a los archipiélagos macaronésicos (Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde). Los rangos batimétricos y abundancias son referidos a Canarias.

Familia	Especie	Distribución	Hábitat	Abundancia
Scyliorhinidae	* (1) <i>Apristurus atlanticus</i>	Canarias	Bentónica batial (1365 m)	Un ejemplar conocido
Rajidae	(2) <i>Raja maderensis</i>	Azores, Madeira y Canarias	Bentónica litoral y batial (20-380 m)	Frecuente
Muraenidae	<i>Gymnothorax bacalladoi</i>	Madeira, Canarias y Cabo Verde	Bentónica litoral (5-22 m). Un ejemplar capturado a 600 m	Frecuente en escolleras de puertos y fondos de maerl (confités)
Muraenidae	<i>Muraena augusti</i>	Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde	Bentónica litoral (0-250 m)	Común
Nettastomatidae	* <i>Nettenchelys dionisi</i>	Canarias	Bentónica batial (300-400 m)	Rara (tres ejemplares conocidos)
Macrouridae	* (3) <i>Coryphaenoides theleostomus</i>	Madeira y Canarias	Bentónica batial	Dos ejemplares capturados
Phycidae	(4) <i>Gaidropsarus granti</i>	Azores y Canarias	Bentónica litoral	Muy rara
Phycidae	<i>Gaidropsarus guttatus</i>	Azores, Madeira y Canarias	Bentónica litoral (0-20 m)	Ocasional
Cetomimidae	* <i>Cetomimus hempeli</i>	Madeira y Canarias	Meso y batipelágica	Rara
Scorpaenidae	<i>Scorpaena canariensis</i>	Madeira y Canarias	Bentónica litoral (20-130 m)	Frecuente
Serranidae	<i>Mycteroperca fusca</i>	Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde	Bentónica litoral (0-150 m)	Común
Pomacentridae	<i>Abudedefduf luridus</i>	Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde	Bentónica litoral (0-50 m)	Abundante
Labridae	<i>Bodianus scrofa</i>	Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde	Bentónica litoral (5-150)	Común
Labridae	(5) <i>Centrolabrus trutta</i>	Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde (?)	Bentónica litoral (0-30)	Común
Gobiesocidae	* <i>Diplecogaster ctenocrypta</i>	Canarias	Bentónica litoral (180 m)	Un ejemplar conocido
Gobiesocidae	(6) <i>Lepadogaster zebrina</i>	Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde (?)	Bentónica litoral (charcos y pedregales intermareales)	Localmente común
Gobiidae	(7) <i>Buenia</i> sp.	Madeira y Canarias	Bentónica litoral (alrededor de 40 m)	Rara
Gobiidae	(7) <i>Chromogobius</i> sp.	Madeira y Canarias	Bentónica litoral (0-30 m)	Ocasional
Gobiidae	<i>Didogobius kochi</i>	Canarias y Cabo Verde	Bentónica litoral (0-30 m)	Frecuente
Gobiidae	<i>Mauligobius maderensis</i>	Madeira y Canarias	Bentónica litoral (0-2 m)	Abundante
Cynoglossidae	<i>Symphurus insularis</i>	Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde	Bentónica litoral (10-20 m)	Ocasional

* Especies profundas poco conocidas que probablemente presentan distribuciones geográficas más amplias.

- Algunos autores han asignado a esta especie, aunque con dudas, ejemplares capturados en bancos submarinos del Atlántico Norte, cerca de las Islas Británicas (Compagn 1988), pero estas citas no se confirmaron posteriormente.
- La distribución de esta especie no es todavía bien conocida debido a confusiones taxonómicas con *Raja clavata*.
- Aunque uno de los ejemplares conocidos de esta especie se capturó en un área relativamente alejada de las islas, al noreste de las Canarias orientales a 1.367 m (Merret y Domanski 1985), su distribución parece ligada a las islas y bancos submarinos de la Macaronesia central, pues nunca se ha señalado en la parte continental del talud.
- La presencia de esta especie en Canarias precisa confirmación, debido a la posible confusión con *Gaidropsarus guttatus*; en caso de estar presente sería muy rara.
- Su presencia en las islas de Cabo Verde precisa confirmación.
- Señalada para las islas de Cabo Verde por Franca y Vasconcelos (1962); su presencia no ha sido confirmada posteriormente.
- Especie nueva que está siendo descrita por J.L. Van Tassell.

tolerante, llegando hasta las aguas frías, mientras que la tortuga olivácea parece la más estrictamente tropical (Márquez 1990).

De ellas, sólo la tortuga boba es frecuente en nuestras aguas, encontrándose principalmente ejemplares jóvenes y subadultos, mientras que las otras aparecen esporádicamente y se tienen sólo unos pocos registros de observaciones aisladas en vivo y algunos datos de capturas accidentales y varamientos. Tal vez la siguiente en orden de frecuencia sea la tortuga laúd,

la más espectacular por el gran tamaño que alcanzan los ejemplares que recalán en Canarias. Particularmente raras parecen la tortuga olivácea, como ya se señaló anteriormente, y la tortuga golfina (nosotros sólo conocemos tres avistamientos en las islas más occidentales), aunque es posible que se la haya confundido en ocasiones con la tortuga boba. De la tortuga Carey se dispone también de pocas observaciones (por nuestra parte, sólo de una en La Palma, dos en El Hierro, dos en Tenerife, una en Lanzarote y otra en Montaña Clara).

La tortuga boba, cuyos jóvenes siguen la Corriente del Golfo y llegan en cantidades importantes a las islas macaronésicas desde el Atlántico occidental, parece que tiene en Canarias una importante área de descanso y alimentación. Por otra parte, el único caso de desove constatado en nuestro archipiélago corresponde a la tortuga laúd, observado en las playas de barlovento de Fuerteventura; al parecer se trató de un caso aislado, pero es muy probable que en el pasado esta isla fuese un lugar de reproducción importante.

En los últimos tiempos son frecuentes las interacciones de estos animales con las actividades humanas (enredos en artes de pesca, cabos y plásticos, inmersión en hidrocarburos, etc.). Desgraciadamente, son bien conocidos los frecuentes casos de muertes accidentales y variamientos masivos de tortugas en las costas canarias, sobre todo de la tortuga boba. Actualmente se propugna la protección de sus áreas de mayor abundancia y desde hace algún tiempo se realiza una importante labor de recuperación y suelta de ejemplares heridos. Una actividad que les está causando daños importantes es la pesca con palangres de superficie, que realizan en nuestras aguas y en su entorno los palangreros peninsulares y extranjeros, y que también está afectando a los tiburones pelágicos.

MAMÍFEROS

Actualmente se tiene registrada la presencia de 27 especies, un pinnípedo (la foca monje) y 26 cetáceos (19 odontocetos y 7 misticetos), mientras que en el catálogo de 1992 sólo se registraban 20 especies (Bonnet y Rodríguez, 1992) (Tablas 26.1 y 26.5). Sin duda, el auge de los estudios sobre los mamíferos marinos y la creciente actividad de observación de cetáceos, como un importante mercado relacionado con el turismo, han favorecido la localización de especies poco comunes como la ballena franca (*Eubalaena glacialis*) (Martín *et al.* 1999), el zifio de Gervais (*Mesoplodon europaeus*) (Carrillo y Martín 1999), el rorcual azul (*Balaenoptera musculus*) (Ritter y Brederlau 1999), el delfín de Fraser (*Lagenodelphis hosei*) o la yubarta (*Megaptera novaeangliae*); la presencia de esta última fue constatada recientemente (mayo 1999) en El Hierro por primera vez (Díaz y Aguilar en prensa).

Algunas de las especies se observan sólo esporádicamente, de paso en el curso de sus migraciones, destacando la orca (*Orcinus orca*) o el rorcual azul, o como en el caso de la foca monje (*Monachus monachus*) mediante la aparición de ejemplares jóvenes erráticos, en proceso de dispersión desde las colonias próximas, una instalada en Madeira (Islas Desertas) y otra en Mauritania (Cabo Blanco) (López *et al.* 1995). Por el contrario, otras especies parecen constituir colonias estables o con diversos grados de residencia, como son los casos del calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*) (Heimlich-Boran 1990), el cachalote (*Physe-*

ter macrocephalus) (André 1998) o el delfín mular (*Tursiops truncatus*).

Entre las especies de misticetos de paso las más frecuentes son el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*), que se desplaza hacia zonas subtropicales desde latitudes tropicales, y el rorcual aliblanco (*Balaenoptera acutorostrata*), que recalca en aguas canarias en su viaje de ida y vuelta desde latitudes septentrionales hasta los trópicos; este último se ve sobre todo en las islas orientales. En el Atlántico occidental se han registrado algunas tendencias poblacionales aún por confirmar en el Atlántico oriental. Así, algunas especies de misticetos parecen presentar una sola población panmictica en ese lado del Atlántico, como la yubarta (Clapham *et al.* 1993), mientras otras tienen poca mezcla genética entre subpoblaciones, como el rorcual común (*Balaenoptera physalus*) (Berubé *et al.* 1999), aunque exista cierto intercambio al menos en los centros de alimentación (Watkins *et al.* 1984). Los cetáceos presentan generalmente amplias distribuciones, sin embargo existen especies con afinidades más estrictamente frías o cálidas, a veces del mismo género y que comparten nicho ecológico, de modo que la separación geográfica ha eliminado evolutivamente la competición interespecifica entre ellas (caso del calderón tropical *Globicephala macrorhynchus* y el calderón común *G. melas* o las dos especies de ballena franca, por ejemplo). Es a este nivel que las peculiaridades oceanográficas de Canarias convierten al archipiélago en un centro de alta riqueza de cetáceos, mezclándose especies más norteñas, como el calderón boreal (*Hyperoodon ampullatus*), con otras típicamente tropicales, como el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*) o el delfín de Fraser (*Lagenodelphis hosei*). De esta última especie sólo se tenían datos de dos variamientos (Martín y Carrillo 1992, Martín *et al.* 1995) hasta el presente año, en el que la hemos avistado al SO de Tenerife y NO de Gran Canaria.

La colonia más abundante de cetáceos en Canarias es la de calderón tropical, cuya población residente en el suroeste de Tenerife fue censada por primera vez a principios de la década de los noventa, estimándose en unos 495 ejemplares, agrupados en 15 grupos visitantes y 31 residentes (Heimlich-Boran 1993). El cachalote también tiene una población residente de importancia, concentrada entre Gran Canaria y Tenerife pero distribuida en todo el archipiélago (André 1998). El delfín mular presenta poblaciones residentes en Canarias (Martín *et al.* 1992), con subpoblaciones en todo el archipiélago, que necesitan de estudios más profundos para delimitar su grado de residencia. Las subpoblaciones más conocidas son las de las costas de sotavento de Tenerife y Gran Canaria. En ambas islas la distribución es similar, con zonas de mayor concentración de los delfines mulares al norte, pero distribuyéndose en todo el perímetro costero oeste-suroeste. Antes de la entrada en funcionamiento de los *fast ferries* en el trayecto Santa Cruz de Tenerife-Agaete (Gran Canaria), en abril de 1999, en la zona de Agaete los delfines mulares y comunes

Tabla 26.5

Mamíferos marinos presentes en Canarias, distribución y hábitat, con indicación de su presencia en los demás archipiélagos macaronésicos y áreas continentales del entorno de Canarias; Hábitat C = costero, O = oceánico.

Especie	Distribución	Madeira	Azores	Cabo Verde	Atlántico ibérico	Marruecos a Senegal	Hábitat
Orden Cetacea							
Suborden Odontoceti							
Familia Delphinidae							
<i>Delphinus delphis</i>	Cosmopolita *	+	+	+	+	+	O
<i>Steno bredanensis</i>	Pantropical	+	+	+		+	O
<i>Stenella frontalis</i>	Anfiatlántica tropical		+	+		+	O
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Cosmopolita *	+	+			+	O
<i>Tursiops truncatus</i>	Cosmopolita *		+	+	+		C/O
<i>Lagenodelphis hosei</i>	Pantropical					+	O
<i>Grampus griseus</i>	Cosmopolita *		+		+		O/C
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Pantropical	+	+	+		+	O
<i>Globicephala melas</i>	Antitropical **				+	+	O/C
<i>Pseudorca crassidens</i>	Cosmopolita *		+		+	+	O
<i>Orcinus orca</i>	Cosmopolita		+		+	+	C
Familia Ziphiidae							
<i>Ziphius cavirostris</i>	Cosmopolita *		+	+	+		O
<i>Hyperoodon ampullatus</i>	Anfiatlántica templado-fría***		+	+			O
<i>Mesoplodon densirostris</i>	Cosmopolita *	+			+		O
<i>Mesoplodon europaeus</i>	Anfiatlántica tropical		+		+		O
<i>Mesoplodon mirus</i>	Antitropical	+	+		+		O
Familia Physeteridae							
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cosmopolita	+	+		+		O
Familia Kogiidae							
<i>Kogia breviceps</i>	Pantropical		+		+	+	C
<i>Kogia simus</i>	Pantropical	+	+	+			O
Suborden Mysticeti							
Familia Balaenopteridae							
<i>Balaenoptera musculus</i>	Cosmopolita		+		+	+	O/C
<i>Balaenoptera physalus</i>	Cosmopolita		+		+	+	O/C
<i>Balaenoptera borealis</i>	Cosmopolita		+		+	+	O/C
<i>Balaenoptera edeni</i>	Pantropical					+	O/C
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Cosmopolita	+	+		+		O/C
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Cosmopolita		+	+	+		O/C
Familia Balaenidae							
<i>Eubalaena glacialis</i>	Cosmopolita ***	+	+		+		O/C
Orden Carnivora							
Suborden Pinnipedia							
Familia Phocidae							
<i>Monachus monachus</i>	Mediterráneo, Egeo, Mar Negro						
	Mauritania y Madeira	I. Desertas				+	Mauritania C

Legenda: *Ausente en aguas frías o muy frías. **Ausente del Pacífico norte. ***Restringida al Hemisferio norte.

Referencias: Duguay 1974, Casado 1981, Bonnet y Rodríguez 1992, Martín *et al.* 1992, Serrao *et al.* 1995, Quiroga 1996, Carrillo *et al.* 1999, Martín *et al.* 1999, Ritter y Brederlau 1999, Simas *et al.* 1999, Díaz y Aguilar en prensa.

Se aportan datos propios no publicados para las islas de Cabo Verde.

presentaban poblaciones simpátricas y probablemente ambas eran residentes. Aunque el mular es más costero y el común se concentra en el borde de la plataforma continental, sus áreas se superponían (Aguilar en prensa); este hecho, aunque no es frecuente, ocurre también en otros lugares del mundo (Politi *et al.* 1999). Actualmente estas poblaciones parecen haber sido desplazadas, aunque es necesario un periodo de estudio más amplio para confirmarlo. Se requiere además, un mayor esfuerzo de fotoidentificación para averiguar el grado de intercambio de individuos entre las subpoblaciones de todas las islas (Mar de las Calmas en El Hierro, sudeste de Lanzarote, oeste de La Palma, sotavento de Tenerife y Gran Canaria), dado que son frecuentes los avistamientos de esta especie en puntos fuera de sus supuestas áreas de residencia y es conocido que su grado de movilidad puede ser alto (Dhermain *et al.* 1999). El mismo planteamiento puede aplicarse para las subpoblaciones de calderón tropical.

Otras especies son también merecedoras de estudios más profundos por su abundancia en las islas, lo que podría indicar algún grado de residencia. Estas son el calderón gris (*Grampus griseus*), presente principalmente en las islas orientales, así como en puntos determinados de las islas centrales (sur de Gran Canaria, Roque de Garachico en Tenerife), y diversas especies de zifios, más frecuentes en las islas centrales y occidentales, coherentemente con su afinidad por las aguas profundas. Para la familia Ziphiidae, escasamente conocida a nivel mundial, las islas parecen resultar un hábitat muy favorable. Destacan *Ziphius cavirostris* y *Z. densirostris* (Carrillo *com. pers.*).

Las islas oceánicas son lugares muy favorables para los cetáceos. Este hecho se confirma en los archipiélagos de la Ma-

caronesia, con una mayor riqueza de cetáceos que en las áreas continentales próximas (Tabla 26.5), a pesar de su menor longitud de costa y amplitud latitudinal, aunque los catálogos para algunos sectores necesitan ser actualizados como ocurre con las costas saharianas, Madeira y Cabo Verde. Ejemplo de la particularidad macaronésica es la presencia del cachalote enano (*Kogia simus*), así como del delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*) o el delfín moteado atlántico (*Stenella frontalis*), especies que no aparecen en las costas ibéricas. Es destacable que el efecto masa de isla crea en estos archipiélagos áreas encalmadas protegidas de los alisios, que son altamente favorables para las poblaciones de cetáceos; igualmente lo son las grandes cotas batimétricas a escasa distancia de la costa, en las que abundan los cefalópodos, presa principal de diversas especies como el calderón, el cachalote o los miembros de la familia Ziphiidae y Kogiidae. En Canarias se mezclan así especies típicamente oceánicas, como las de los géneros *Ziphius* y *Mesoplodon* o el cachalote, con otras que se suelen observar asociadas a la plataforma continental, como el delfín mular o el calderón gris.

Las variaciones oceanográficas tienen una gran influencia en las poblaciones de cetáceos (Smith y Whitehead 1993), probablemente por su efecto sobre la distribución y abundancia de las presas. En Canarias se observó en 1997-98 un descenso importante en las poblaciones de delfines, coincidente con un incremento notable de la temperatura superficial del mar en el área (Aguilar en prensa). El aumento global de la temperatura del mar pudo favorecer sin embargo a otras especies, como parece ser el caso del calderón tropical, cuyo área de distribución se expandió en el Atlántico oriental hacia el norte (González *et al.* 1999) y del que se tienen indicios de haber aumentado su población en Canarias.



Foto: José Manuel Moreno

Ardilla Moruna (*Atlantoxerus getulus*)

Capítulo 27

FAUNA INTRODUCIDA



Frecuentemente, cuando se habla de extinción de especies se piensa en la caza furtiva, la contaminación o la destrucción de los hábitats, pero se infravaloran las consecuencias de las introducciones, es decir, la dispersión accidental o intencionada por parte del hombre, de organismos vivos fuera de su área de distribución histórica. El impacto humano sobre la biodiversidad global se puede dividir en tres fases que se solapan. La primera es la eliminación directa de las presas por caza (el hombre como depredador invasor). La segunda es la modificación del hábitat, ocasionando la pérdida de especies mediante el fuego, la deforestación, la agricultura, la desertificación y la polución. La tercera fase es la introducción de especies fuera de su área de distribución natural, ocasionando una masiva pérdida de biodiversidad y amenazando al Planeta con la homogeneización de su biota.

La introducción de especies suele ocasionar un impacto sobre la dinámica de las poblaciones nativas y sobre la estructura de la comunidad. Las causas pueden ser:

- a) la depredación sobre animales o plantas, muchas veces endémicos, que no presentan sistemas de defensa al haber evolucionado en ausencia de depredadores,
- b) la competencia por el alimento, el espacio, etc., con especies autóctonas que ocupan el mismo nicho ecológico y que tienden a ser desplazadas,
- c) la alteración del hábitat y consecuente modificación de la estructura de comunidad, actuando como «especie clave» en esas comunidades reestructuradas,
- d) la hibridación con especies similares ocasionando dilución genética y pérdida de biodiversidad,
- e) la transmisión de enfermedades y parásitos a especies que nunca las habían sufrido.

Las causas de las introducciones se pueden agrupar en voluntarias e involuntarias. Entre las primeras se encuentran las realizadas con fines cinegéticos (colín de Virginia y de California, faisán, gamo, muflón, arruí, etc.) y piscícolas (el 25% de los peces de los ríos españoles); el control de plagas de insectos y roedores (mangostas, lechuzas, minas, etc.); y la liberación de animales de compañía molestos (perros, gatos, pá-

jaros, reptiles, etc.). Las involuntarias están relacionadas con la fuga de animales de compañía (cotorra de Kramer, cotorra argentina, pico de coral, etc.); la fuga de animales de explotaciones comerciales (ranicultura, peletería, acuariofilia, terrariofilia, etc.); y la dispersión a través de los medios de transporte (invertebrados, reptiles y roedores).

Los ejemplos de introducciones son cientos (Drake *et al.* 1989) y evidencian que las invasiones biológicas amenazan la biodiversidad a una escala global. Las especies invasoras se encuentran en todos los grupos taxonómicos, desde los virus hasta los mamíferos, y han afectado virtualmente a todos los ecosistemas del Planeta. Sin embargo, las islas son particularmente sensibles pues se caracterizan por tener una menor diversidad de especies, y por ser más fáciles de invadir. Además, suelen tener una proporción mayor de especies vulnerables, como aves no voladoras, que han perdido el miedo o que nidifican en el suelo.

INVERTEBRADOS

El número de especies de invertebrados introducidos en Canarias podría situarse por encima del millar (ver capítulo 12). Entre los no artrópodos merecen especial mención los caracoles terrestres, pues cuentan con un 84% de endemismos y se ha comprobado como en Gran Canaria los caracoles introducidos por el puerto durante los últimos 500 años se han extendido por el norte de la isla compitiendo y desplazando a las especies endémicas y conquistando sus nichos, una vez alterados por el hombre (Ibáñez *et al.* 1997).

Los artrópodos, representados por más de 5.000 especies, cuentan con numerosos casos de especies introducidas, algunos de los cuales son citados por Báez (1984). Los escorpiones están representados por una sola especie, que es introducida: *Centruroides gracilis*. Este escorpión, de origen norte y centroamericano, habita en la zona costera de Santa Cruz de Tenerife, fue introducido, casi con toda seguridad, de manera accidental como consecuencia del tráfico marítimo de mercancías.

Entre las cucarachas hay una elevada proporción de especies introducidas, seguramente de manera accidental, y de

amplia distribución mundial como: las cucarachas pardas comunes (*Periplaneta americana* y *P. australasiae*), la pequeña cucaracha rubia de los hogares (*Blattella germanica*) y la cucaracha gris (*Rhyparobia maderae*). Otras, como *Phoetalia palida* y *P. circumvagans*, han sido introducidas probablemente desde las islas de El Caribe. Es previsible que se hayan dado fenómenos de competencia con las especies autóctonas.

Entre los hemípteros, los áfidos (pulgonos) tienen gran interés económico, pues son responsables de numerosas enfermedades en las plantas cultivadas. Pues bien, la fauna de áfidos de Canarias ha sido en gran parte introducida, no existiendo ninguna especie endémica. Los himenópteros (abejas, hormigas y avispas) cuentan también con ejemplos de introducciones voluntarias en relación con la actividad apícola; y accidental, como es el caso de la hormiga argentina (*Linepithema humile*). Aunque su efecto en Canarias no ha sido estudiado, esta hormiga, muy voraz y depredadora, se introdujo en Hawái donde depreda sobre artrópodos endémicos, incluyendo polinizadores específicos, generando un impacto no sólo sobre los artrópodos sino sobre numerosas plantas endémicas. Además, desplaza a las hormigas nativas de ese archipiélago. Es un ejemplo de lo que se ha denominado *efecto dominó*.

El caso más reciente de introducción es el del tristemente famoso cangrejo norteamericano (*Procambarus clarkii*), detectado en 1997 en un barranco del NE de Tenerife. Este crustáceo se considera una plaga en la Península Ibérica, y constituye uno de los factores que amenazan a los anfibios, pues depreda sobre larvas y adultos de varias especies de ranas y tritones (Pleguezuelos 1997). Las consecuencias de su presencia en Canarias no ha sido evaluada, pero considerando que todos los anfibios han sido introducidos, podría ser preocupante su efecto sobre las escasas comunidades de invertebrados y plantas dulceacuícolas, particularmente si se produce la expansión de su población.

PECES DE AGUA DULCE

En Canarias, los hábitats acuáticos naturales se reducen a pequeños arroyos, algunos de flujo constante, en Fuerteventura, Tenerife, La Gomera y La Palma. Sin embargo, como consecuencia de la actividad agrícola y la necesidad de captar agua para uso humano, han proliferado las charcas para riego y embalses.

La introducción de peces se ha realizado de manera voluntaria, al parecer en este último siglo, en todas las islas salvo Fuerteventura y Lanzarote (tabla 27.1). Las causas de la introducción han sido: por motivos decorativos, como la carpa (*Cyprinus carpio*) y el carpín dorado (*Carasius auratus*); sanitarios, como el guppy (*Poecilia reticulata*) y la gambusia (*Gambusia* sp.) con el fin de controlar los mosquitos en la lucha contra el paludismo; o para fomentar la pesca deportiva, como la perca americana (*Micropterus salmoides*) (Dominguez 1984). No está documentado que tengan un efecto negativo sobre la flora y fauna autóctona.

Tabla 27.1

Distribución insular de los peces de agua dulce introducidos en Canarias.

Especie	Modo	Fecha	L	F	C	T	G	H	P
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	V	s. XX			+	+			+
Carpín dorado (<i>Carasius auratus</i>)	V	s. XX			+	+			+
Guppy (<i>Poecilia reticulata</i>)	V	s. XX			+	+			
Gambusia (<i>Gambusia</i> sp.)	V	s. XX			+	+			
Perca americana (<i>Micropterus salmoides</i>)	V	s. XX			+			+	

V: Introducción voluntaria, +: Especie reproductora

ANFIBIOS Y REPTILES

Los anfibios y reptiles introducidos en Canarias son ampliamente tratados en la obra editada por Pleguezuelos (1997). Los únicos anfibios presentes en Canarias son la ranita meridional (*Hyla meridionalis*) y la rana común (*Rana perezi*); ambas están citadas en todas las islas (Tabla 27.2). La ranita meridional es una especie introducida en Canarias antes del siglo XX y, curiosamente, se describió para la ciencia en Santa Cruz de Tenerife en 1874 y, de esta localidad también proceden los ejemplares que, a finales de los sesenta, se introdujeron en el Parque del Retiro en Madrid. La rana común parece haber sido introducida antes del siglo XIX y también habita en todas las islas. El efecto de estos animales sobre las especies de los escasos hábitats acuáticos naturales es desconocido.

La fauna de reptiles de Canarias se caracteriza por presentar un elevado índice de endemidad. De un total de 12 especies: 11 son endémicas y sólo una es introducida, la salamandrosa rosada (*Hemidactylus turcicus*). La salamandrosa rosada es de origen circummediterráneo aunque ha sido introducida en Estados Unidos, Méjico y Cuba. Se ha citado en Tenerife y Gran Canaria, donde ha arribado seguramente favorecida por el intenso tráfico marítimo de las últimas décadas, si bien no ha llegado a colonizar las zonas no urbanizadas.

También se da la circunstancia de que lagartos endémicos de unas islas han sido introducidos en otras. El lagarto atlán-

Tabla 27.2

Distribución insular de los anfibios y reptiles introducidos en Canarias.

Especie	Modo	Fecha	L	F	C	T	G	H	P
Rana común (<i>Rana perezi</i>)	V	antes s. XIX	+	+	+	+	+	+	+
Ranita meridional (<i>Hyla meridionalis</i>)	V	antes s. XX	+	+	+	+	+	+	+
Salamanquesa rosada (<i>Hemidactylus turcicus</i>)	Ac	S. XX			+	+			

V: Introducción voluntaria, Ac: Introducción accidental, +: Especie reproductora

tico (*Gallotia atlantica*) fue introducido, probablemente a principios del siglo XX, en las zonas arenosas de Arinaga (Gran Canaria); y el lagarto gigante de Gran Canaria (*Gallotia stehlini*), también a principios del siglo XX, en algunas explotaciones agrícolas de Fuerteventura. Además, se dan casos como el de lagartos de Tenerife y Gran Canaria que, como consecuencia del tráfico de mercancías, son localizados en otras islas; o como el de perenquenes canarios que viajan a la Península Ibérica en las manillas de plátanos.

Por otra parte, con cada vez mayor frecuencia aparecen, en zonas urbanas y rurales, ejemplares de animales de compañía comercializados legal o ilegalmente como: la culebra viperina (*Natrix maura*), el camaleón común (*Chamaeleo chamaeleon*), la iguana común (*Iguana iguana*) o el galápagos de Florida (*Trachemys scripta*). En otras ocasiones se trata de animales cuya aparición está claramente relacionada con el tránsito de mercancías. En ningún caso se ha comprobado su reproducción en el medio natural, pero no sería sorprendente. Aunque no hay documentación específica sobre las consecuencias de la introducción de estos reptiles, no se puede descartar que se puedan producir fenómenos de competencia y posterior desplazamiento de las especies autóctonas, u otros que puedan incidir negativamente sobre éstas.

AVES

Las introducciones se han realizado a partir del siglo XV, para la práctica cinegética, o como consecuencia de la huida de mascotas. En la relación de aves nidificantes y migradoras de Canarias (Emmerson *et al.* 1994): 63 se consideran nativas, 12 han sido introducidas directa o indirectamente por el hombre, y 7 ofrecen dudas sobre la forma en que consiguieron asentarse en el archipiélago. En este último caso, según estos autores, están la perdiz moruna (*Alectoris barbara*), la perdiz común (*A. rufa*), la tórtola turca (*Streptopelia decaocto*), el verdicillo (*Serinus serinus*), el verderón común (*Carduelis chloris*), el gorrión moruno (*Passer hispaniolensis*) y el gorrión molinero (*Passer montanus*) (Tabla 27.3).

Las aves nidificantes introducidas por motivos cinegéticos son la perdiz moruna (*Alectoris barbara*), la perdiz roja (*Alectoris rufa*) y, probablemente, aunque no tienen la consi-

deración legal de especies cazables: el pavo bronceado (*Meleagris gallopavo*) y la pintada común (*Numida meleagris*). Ningún autor ha señalado posibles efectos negativos de estas especies.

Respecto al origen de la perdiz moruna, Martín (1987) considera que resulta mucho más arriesgado suponer su introducción que en el caso de la perdiz roja, puesto que ésta se distribuye ampliamente por todo Marruecos. Reconoce, también, que resulta extraño que la especie haya colonizado de manera natural Tenerife y La Gomera, antes que Fuerteventura y, quizás, que Lanzarote. Opina, además, que esta especie está perfectamente acoplada en los ecosistemas canarios, al menos en Tenerife y La Gomera.

También en relación con la caza, en los últimos años, se han detectado ejemplares de faisán común (*Phasianus colchicus*), colín de Virginia (*Colinus virginianus*) y colín de California (*Callipepla californica*), hecho que relacionamos con su liberación ilegal. Asimismo, los Cabildos Insulares vienen permitiendo concursos de caza en los que se liberan codornices japonesas (*Coturnix japonica*), con los riesgos de hibridación y transmisión de enfermedades a la avifauna autóctona que ello conlleva.

La tenencia de aves en cautividad con fines lúdicos o culturales (mascotas y colombofilia) y la exhibición comercial (zoológicos), ha propiciado la huida de ejemplares que se han ido asilvestrando, principalmente en medios antropizados. En este caso se encuentran varias especies de psitácidos (loros, cotorras, etc.) (Lorenzo 1993); de estríldidos, como el estrilda común y afines (*Estrilda* spp.); de estúrnidos, como el miná común (*Acridotheres tristis*); y de columbiformes, como la tórtola de collar (*Streptopelia risoria*).

Respecto a este grupo de especies, Lever (1994) señala que 16 especies de psitácidos se han naturalizado hoy en diferentes partes del mundo, donde se han caracterizado por ser fuertes competidores con las especies nativas y por ocasionar importantes daños en la agricultura. En lo que se refiere a los estríldidos, se han introducido diferentes especies en las Islas Fiji, Cabo Verde y Hawai, entre otras, donde han ocasionado graves daños en la agricultura y competido con especies na-

Tabla 27.3

Distribución insular de las aves nidificantes introducidas en Canarias.

Especie	Modo	Fecha	L	F	C	T	G	H	P
Perdiz moruna (<i>Alectoris barbara</i>)*	V	s. XV	+	+		+	+	+	+
Perdiz común (<i>Alectoris rufa</i>)*	V	s. XV			+	(+)		+	?
Pavo bronceado (<i>Meleagris gallopavo</i>)	As	s. XX			+				
Pintada común (<i>Numida meleagris</i>)	As	s. XX				+			
Periquito común (<i>Melopsittacus undulatus</i>)	As	s. XX				+			
Lorito senegalés (<i>Poicephalus senegalus</i>)	As	s. XX				+	+		
Inseparable de Fischer (<i>Agapornis fischeri</i>)	As	s. XX			+	(+)			
Inseparable cabecinegro (<i>Agapornis personatus</i>)	As	s. XX			+				
Cotorra de Kramer (<i>Psittacula krameri</i>)	As	s. XX			+	+			
Cotorra argentina (<i>Myiopsitta monachus</i>)	As	s. XX	(+)	+	+	+			
Tórtola turca (<i>Streptopelia d. decaocto</i>)*	As	s. XX			+	+			
Tórtola de collar (<i>Streptopelia risoria</i>)	As	s. XX			+	+	pr		
Miná común (<i>Acridotheres tristis</i>)	As	s. XX				+			
Estrilda melpada	As	s. XX				(+)			
Estrilda troglodytes	As	s. XX			+	(+)			
Estrilda común (<i>Estrilda astrild</i>)	As	s. XX			+	(+)			

V: introducción voluntaria, As: asilvestramiento de especies procedentes de cautividad, *: origen controvertido, +: especie nidificante, (+): no se ha confirmado su nidificación, pr: nidificación probable, ?: existen dudas.

tivas. El miná común, especie originaria de la India y sudeste asiático, se ha naturalizado en numerosas islas oceánicas, Sudáfrica, Madagascar, Australia y Nueva Zelanda, donde compete con las especies nativas, dispersa parásitos y enfermedades, y depreda sobre huevos y pollos de otras aves. En lo que se refiere a las tórtolas, son numerosos los casos en los que se han convertido en verdaderas plagas agrícolas. En Canarias aún no se han documentado casos de depredación, competencia, o transmisión de enfermedades y parásitos, por parte de estas especies. Sin embargo, comienzan las quejas por daños ocasionados por aves exóticas en jardines y cultivos.

MAMÍFEROS

En Canarias habitan actualmente alrededor de una veintena de mamíferos, de los que 16 son introducidos (Tabla 27.4). Distinguiremos, en la secuencia de su introducción: un período prehispánico, entre el siglo III-V aC y el siglo XV; y otro desde la Conquista (siglo XV) hasta nuestros días.

Período prehispánico

La mayoría de las introducciones en el período prehispánico están relacionadas con la actividad ganadera: la cabra, la oveja, el cerdo y el perro. Al parecer, además de los anteriormente citados, los estudios arqueológicos revelan que el ratón casero (*Mus domesticus*) (Carrascosa y López Martínez 1988) y el gato (*Felis catus*) (Hutterer 1990), también convivieron con ellos.

Si en la actualidad todavía no conocemos bien el efecto que ejercen las especies introducidas, aún más difícil resulta conocer y valorar el que debieron tener los mamíferos introducidos por los pobladores prehispánicos, sobre la flora y la fauna autóctona. En este sentido, cabe destacar que la extinción de la rata gigante (*Canariomys tamarani*), en Gran Canaria, se relaciona con la depredación por parte de los perros que introdujeron los habitantes prehispánicos (López-Jurado y López-Martínez 1988-91).

De la Conquista a nuestros días

Entre las introducciones realizadas en el siglo XV, ambas con fines cinegéticos, merecen especial mención las del conejo (*Oryctolagus cuniculus*), que se extendió progresivamente en todas las islas, la de la liebre (*Lepus sp.*) que no tuvo éxito, y la del ciervo, suponemos que común (*Cervus elaphus*). Las consecuencias de la introducción de los conejos en otras partes del mundo, como Australia, son sobradamente conocidas. En Canarias, esta especie es responsable de alteraciones en el hábitat y disturbios en colonias de aves marinas; de daños en repoblaciones forestales, y en programas de reintroducción y reforzamiento de poblaciones de plantas amenazadas. Sin embargo, su efecto sobre las especies vegetales amenazadas —a juzgar por las escasas veces que es citado por Gómez Campo *et al.* (1996) como factor de amenaza— no ha sido objeto de suficiente atención. Su introducción debió favorecer, en su momento, al milano real (*Milvus milvus*) —ya extinguido en Canarias—, y al ratonero común (*Buteo buteo*), aves para las que representa un importante recurso trófico.

Tabla 27.4

Distribución insular de los mamíferos introducidos en Canarias.

	Modo	Fecha	L	F	C	T	G	H	P
Erizo moruno (<i>Atelexis algirus</i>)	V	1892	+	+	+				
Musgajo enano (<i>Suncus etruscus</i>)	Ac	años 80				+			
Ardilla moruna (<i>Atlantoxerus getulus</i>)	As	1965		+	+				
Conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	V	s. XV	+	+	+	+	+	+	+
Ratón casero (<i>Mus domesticus</i>)	Ac	*	+	+	+	+	+	+	+
Rata negra (<i>Rattus rattus</i>)	Ac	s. XV	+	+	+	+	+	+	+
Rata parda (<i>Rattus norvegicus</i>)	Ac	s. XVII	+	+	+	+	+	+	+
Gato doméstico (<i>Felis catus</i>)	As	*	+	+	+	+	+	+	+
Perro doméstico (<i>Canis familiaris</i>)	As	*	+	+	+	+	++	++	+
Carnero doméstico (<i>Ovis aries</i>)	As	*	+	+	+	+	+	+	+
Muflón europeo (<i>Ovis orientalis</i>)	V	1971				+			
Arrui (<i>Ammotragus lervia</i>)	V	1972							+
Cabra doméstica (<i>Capra hircus</i>)	As	*	+	+	+	+	+	+	+

V: Introducción voluntaria, AC: Introducción accidental, AS: Asilvestramiento de especies procedentes de cautividad, *: Introducciones entre el siglo III-V aC y el siglo XV.

El ciervo se introdujo en La Gomera a finales del siglo XV. Está documentado que llegó a alcanzar una población de 1.000 ejemplares, y que ocasionó importantes daños en la agricultura —¿Quién sabe cuál fue su efecto en la flora autóctona?—. Se extinguió en el siglo XIX por motivos que se desconocen.

El erizo moruno (*Atelexis algirus*) fue introducido en Fuerteventura en 1892 al importarse una pareja procedente de Cabo Juby (Marruecos), habiendo colonizado Lanzarote, Gran Canaria y Tenerife (Hutterer 1983). Por ahora no se ha documentado su presencia en La Palma, La Gomera y El Hierro. Ha sido acusado de depredar sobre nidos de aves, algunas amenazadas como la hubara canaria, pero no se ha comprobado. Tampoco se ha estudiado su posible efecto sobre invertibrados amenazados.

Ya en el siglo XX, en la primavera de 1965 se introduce en Fuerteventura, procedente de Sidi Ifni (Marruecos), la ardilla moruna (*Atlantoxerus getulus*). En 1982, F. Domínguez y A. Machado elaboran un informe por encargo del Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) —administración competente por entonces en conservación de la naturaleza— del que destacamos algunas de las conclusiones: (1) la ardilla se encuentra definitivamente asentada en Fuerteventura, explotando un nicho parcialmente vacío; (2) en 1981 ocupan una quinta parte de la isla y los autores prevén su colonización total en pocos años; (3) observan una importante reducción de las poblaciones de caracoles en áreas habitadas por la ardilla; (4) no detectan desplazamiento ni reducción en las poblaciones de otras especies animales, ni ataques a huevos o pollos; (5) carecen, prácticamente, de depredadores; (6) no consideran importante su impacto socioeconómico; (7) consideran prácticamente imposible su erradicación, y que ha pa-

sado a formar parte integrante del ecosistema insular en el que no ha ocasionado desajustes significativos; (9) recomiendan establecer medidas administrativas para evitar su expansión a otras islas. Otros autores han considerado su posible efecto negativo sobre aves que nidifican en el suelo, pero no hay estudios concluyentes. En la actualidad ocupa la totalidad de Fuerteventura y se han detectado ejemplares en Tenerife y Gran Canaria; en esta última parece haberse establecido recientemente. Habiendo transcurrido más de diez años desde el citado estudio, se debería volver a evaluar cuál es su incidencia sobre el ecosistema, particularmente sobre los caracoles amenazados.

En la década de los setenta, con fines cinegéticos, se introducen: el muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) y el gamo (*Dama dama*), en Tenerife; y el arrui (*Ammotragus lervia*), en La Palma. El gamo fue introducido en el monte de Las Mercedes, en el noreste de Tenerife: un bosque de laurisilva que alberga una elevada diversidad taxonómica y que hoy forma parte del Parque Rural de Anaga. Se extinguió, en poco tiempo, como consecuencia de la caza furtiva y los atropellos por vehículos.

El muflón europeo tiene su origen en el acimarronamiento de ovejas domésticas introducidas por los navegantes neolíticos en Córcega. Ha sido objeto de numerosos cruces con oveja doméstica e introducido, como especie de caza mayor, en prácticamente toda Europa, algunos países sudamericanos, Estados Unidos y en los archipiélagos de Hawái y Kerguelen. En Hawái ocasiona daños en la flora y vegetación por lo que es objeto de programas de control.

En Canarias, el muflón habita en el matorral de retama y

codoso, y el pinar de la parte central de Tenerife, donde mantiene una población de varios cientos de individuos. La práctica totalidad de su área de distribución se encuentra en el Parque Nacional del Teide y el Parque Natural de la Corona Forestal. Al menos, 38 taxones vegetales –la mayoría de ellos endémicos– forman parte de su dieta y, en su área de distribución, se encuentran 35 especies vegetales amenazadas sobre las que puede ejercer un efecto negativo (Rodríguez Luengo 1993).

El arruí, pariente cercano de cabras y ovejas, es originario del norte de África, ha sido introducido con fines cinegéticos en varios países europeos y en el suroeste de Estados Unidos donde cuenta con importantes poblaciones y ocasiona problemas de competencia con un carnero autóctono: *Ovis canadensis mexicana*.

En Canarias, el arruí ocupa los pinares de la porción central y noroccidental de La Palma, áreas incluidas en el Parque Nacional de La Caldera de Taburiente y otros espacios naturales protegidos aledaños. Su población, de pocos cientos, tampoco se ha censado con exactitud. En lo que se refiere a su alimentación, se han determinado 41 taxones vegetales como integrantes de su dieta de otoño, de las que 21 son endémicas (Rodríguez Piñero y Rodríguez Luengo 1992). Entre las especies vegetales amenazadas presentes en el Parque Nacional de La Caldera de Taburiente, nueve se consideran afectadas por esta especie, y el único ejemplar adulto conocido de *Helianthemum ciraе* fue destruido por los arruies en el verano de 1993 (Gómez Campo *et al.* 1996).

Posiblemente, el mamífero introducido en Canarias más recientemente es el musgaño enano (*Suncus etruscus*). Esta musaraña está distribuida por Europa, África y Asia, y se considera una buena viajera. Su presencia se detectó en el norte de Tenerife a principios de los años 80 (Martin *et al.* 1984), y su llegada podría estar relacionada con el tráfico de mercancías. Actualmente se distribuye, fundamentalmente, en zonas antropizadas del norte, este, suroeste y sueste de la isla. Si bien aún no se ha detectado su presencia en la laurisilva –hábitat que se caracteriza por albergar una elevada proporción de invertebrados endémicos– no se debería descartar su incidencia sobre invertebrados amenazados, ni su previsible dispersión a otras islas. Tampoco hay que olvidar la posibilidad de que la colonización de otras islas o islotes por parte de la musaraña canaria (*Crocodyrus canariensis*) pueda ocasionar problemas de conservación. En este sentido, es conveniente señalar que está en estudio la validez del estado taxonómico de la musaraña de Osorio (*Crocodyrus osorio*), especie endémica de Gran Canaria, que pudiera no ser tal, por lo que engrosaría la lista de especies introducidas.

Los depredadores introducidos, principalmente el gato (*Felis catus*) y la rata negra (*Rattus rattus*), han contribuido a

la extinción o drástica reducción de los efectivos de numerosas de especies animales, particularmente en islas oceánicas, a lo largo de todo el Planeta. Ambas se consideran entre los factores que amenazan la supervivencia de 14 (26%) de los 54 vertebrados incluidos en el *Libro Rojo de los Vertebrados de Canarias* (Martin *et al.* 1990).

La depredación del gato cimarrón sobre vertebrados amenazados es especialmente preocupante cuando se produce sobre especies endémicas amenazadas de extinción, como es el caso del lagarto gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi*), el lagarto gigante de La Gomera (*Gallotia gomera*), especies que cuentan con una población muy reducida, y del lagarto (*Gallotia intermedia*), descubierto en Teno (Tenerife). En lo que se refiere a las aves, resultan particularmente sensibles las aves marinas de pequeño tamaño, por lo que este depredador introducido debería ser erradicado sin demora de las principales colonias de aves marinas. Otras aves que nidifican en el suelo, como el alcaraván o la chocha perdiz, son presas fáciles. El gato es, también, una importante amenaza para las musarañas endémicas: la canaria y la de Osorio.

Curiosamente, los resultados de los estudios sobre la alimentación del gato cimarrón en Canarias a partir del análisis de excrementos (Nogales y Medina 1996) revelan, entre otros aspectos, que ésta varía entre los diferentes hábitats y que los mamíferos introducidos son su principal presa, excepto en el matorral de alta montaña de Tenerife, que es sustituida por los reptiles.

De las dos especies de ratas presentes en Canarias: la rata común (*Rattus norvegicus*) y la rata negra (*Rattus rattus*), se ha comprobado que la segunda incide negativamente sobre buena parte de los vertebrados amenazados. Se especula en algunos casos y se ha comprobado en otros, su depredación sobre el Lagarto Gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi*), incluso sobre sus huevos; sobre huevos y adultos de diferentes especies de aves: petreles, pardelas, paños, etc.; sobre otras aves que nidifican sobre el suelo, como el alcaraván (*Burhinus oedicnemus*) o la chocha perdiz (*Scolopax rusticola*), y bien poco es lo que se sabe respecto a su efecto sobre especies endémicas de invertebrados y de flora. Pero especialmente preocupante resulta la depredación que ejerce sobre los huevos y pollos de la paloma turquí (*Columba bollii*) y, particularmente, sobre los de la rabiche (*C. junoniae*), ambas especies endémicas amenazadas.

CONCLUSIONES

El número de invertebrados introducidos en el medio terrestre canario ronda el millar. De los 123 vertebrados terrestres silvestres o asilvestrados que hoy habitan en Canarias, 83 son nativos (67,47%), –de ellos, 17 son endémicos–, siete tienen un origen dudoso (5,69%) y 33 (26,82%) son in-

Tabla 27.5

Número de vertebrados terrestres introducidos en las diferentes Islas Canarias.

Grupo	Lanzarote	Fuerteventura	Gran Canaria	Tenerife	La Gomera	El Hierro	La Palma
Peces	-	-	5	4	1	-	2
Anfibios	2	2	2	2	2	2	2
Reptiles	-	-	1	1	-	-	-
Aves	1	2	10	9	2	2	1
Mamíferos	8	10	9	10	6	6	8
Total	11	14	27	26	11	10	13

roducidos: cinco peces, dos anfibios, un reptil, 12 aves y 13 mamíferos (Tabla 27.5).

El efecto de los invertebrados introducidos no es bien conocido, si bien es previsible que se estén dando fenómenos de competencia y posterior desplazamiento de especies autóctonas. No hay que olvidar los perjuicios económicos que ocasionan las plagas agrícolas.

También es mucho lo que falta por conocer respecto al papel que han jugado y juegan, en la actualidad, los vertebrados introducidos. Hasta donde hoy sabemos, los mamíferos, tanto herbívoros como carnívoros, son los que tienen un efecto negativo más significativo sobre la flora y la fauna autóctona,

por lo que deben ser objeto de medidas de control o erradicación. En este sentido, las islas mayores, más habitadas, con hábitats más alterados y mayor tráfico de mercancías (Tenerife y Gran Canaria) son las que albergan mayor número de vertebrados introducidos.

Es necesario crear una cultura social, especialmente entre los gestores y responsables políticos, en relación con el peligro de la introducción de especies y la necesidad de controlar o erradicar aquellas que ocasionan algún perjuicio. Un instrumento fundamental para alcanzar este objetivo, es que la Comunidad Autónoma de Canarias se dote de un marco legal que permita la prevención de las introducciones e impulse la erradicación o control de las especies introducidas perjudiciales.

Poblamiento y actividades humanas

28. Poblamiento e impacto aborigen
José Carlos Cabrera
29. Seres humanos y ecosistemas: Hacia una historia ecológica
Fernando Sabaté
30. Historia del agua
Carlos Soler Licerias y Miriam Hernández Andréu
31. La Agricultura
Antonio Marrero y Juan Capote
32. Los aprovechamientos forestales
Jorge Naranjo Borges
33. La pesca
Eduardo Balguerías
34. La mirada turística de Canarias
Agustín Santana Talavera
35. La observación de cetáceos
Vidal Martín y Erika Urquiola
36. Perspectivas energéticas de cara al año 2020
Roque Calero
37. El valor económico de la naturaleza:
los motivos de opción y de existencia
Carmelo J. León
38. Contaminación edáfica y de acuíferos
Jesús Notario del Pino y Ricardo Díaz Díaz
39. Erosión y desertificación
Antonio Rodríguez Rodríguez
40. La contaminación atmosférica
Venerando González
41. La contaminación del litoral
Ángel Luque
42. El impacto del fuego en los ecosistemas
Peter W. Höllermann



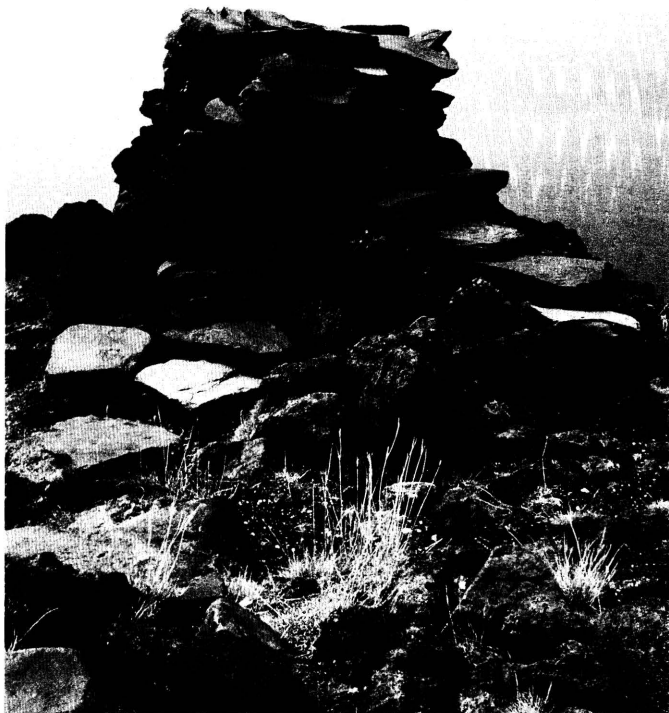


Foto: Iñaki Caza

«Tagoron» de El Julan, El Hierro

Capítulo 28

POBLAMIENTO E IMPACTO ABORIGEN



El presente capítulo pretende abordar uno de los aspectos más trascendentales y peor conocidos de la Prehistoria canaria, como es el de la primera colonización humana del Archipiélago, la ocupación progresiva e integral de los respectivos territorios insulares, así como el proceso de adaptación desarrollado por cada una de las poblaciones asentadas en las distintas islas y sus repercusiones sobre el medio natural de las mismas.

El análisis de estos factores, responsables en gran medida de las peculiaridades culturales de las sociedades prehistóricas del Archipiélago, no ha sido objeto de atención por parte de la Arqueología canaria, y sólo en algunas publicaciones recientes comienzan a abordarse aspectos de gran interés relacionados con los procesos de colonización de la isla de Tenerife (González Antón *et al.* 1995).

La Prehistoria de cada una de las islas se ha intentado explicar exclusivamente en función del origen de sus antiguos habitantes y de los patrones culturales desarrollados en las áreas continentales de procedencia, complementado con la información —muchas veces confusa y fragmentaria— contenida en las fuentes escritas o etnohistóricas, legadas por viajeros y conquistadores y referidas a la fase epigonal del mundo aborígen. La escasez de yacimientos que permitieran una visión diacrónica de la evolución del poblamiento desde las etapas iniciales hasta el contacto europeo, así como la carencia de estudios territoriales o de un número suficiente de excavaciones rigurosas y dataciones absolutas fiables, han propiciado la existencia de importantes lagunas en el conocimiento del devenir de estas sociedades a través del tiempo. Un vacío que se acentúa en un tema tan prioritario como el referido a las estrategias adaptativas que los grupos poblacionales desarrollarían bajo unas condiciones de aparente aislamiento, en un marco territorial reducido —nunca superior a los 2.036 km² de la isla de Tenerife— y con implicaciones sobre un entorno natural frágil y altamente vulnerable.

Este proceso adaptativo que se prolongó durante, al menos, 2.000 años, ejercería un papel determinante sobre los distintos aspectos de la cultura (comportamiento demográfico, pautas de subsistencia, desarrollo tecnológico, formas de organización sociopolítica y sistema de creencias), que, aún mostrando rasgos externos diferentes de una isla a otra, derivan —en su conjunto— de unas circunstancias comunes: el asentamiento en un territorio reducido en extensión y limitado en recursos; una tendencia recurrente a los fenómenos de presión demográfica, que redundaría en la precariedad del equilibrio existente entre el volumen de recursos y la población de cada isla; así como la adopción de unas estrategias adaptativas que perseguirían una explotación más eficaz del territorio —intensificando los niveles productivos— y el desarrollo de mecanismos de control del tamaño de la población por debajo de la capacidad de sustentación del medio insular.

EL POBLAMIENTO ABORIGEN DEL ARCHIPIÉLAGO

Resulta sencillo sintetizar las múltiples teorías esgrimidas acerca de los orígenes de las poblaciones prehistóricas canarias, ni de las supuestas motivaciones que desembocaron en la colonización del Archipiélago. La mitología, las tradiciones históricas, las distintas tendencias ideológicas y la ciencia prehistórica se han amalgamado en la difícil tarea de determinar con exactitud el lugar de procedencia y la fecha de arribada de los primitivos pobladores de Canarias. No obstante, en la actualidad —y a tenor de las mediciones efectuadas mediante el método del Carbono 14, el paleomagnetismo o la termoluminiscencia— la mayor parte de los investigadores acepta una cronología relativamente tardía, circunscrita al último milenio a.C. y, probablemente, no anterior al 600 a.C. Este primer poblamiento estaría protagonizado por grupos protoberberes o líbicos procedentes de una o varias zonas aún no determinadas del amplísimo marco territorial delimitado por el Mediterráneo, la costa atlántica y el desierto del Sahara; en un proceso sincrónico a la etapa de expansión de las grandes civilizaciones mediterráneas más allá de las Columnas de Hércules¹.

¹ Cada vez son más numerosos los testimonios materiales que apuntan a una posible participación de fenicios, cartagineses o romanos en la colonización de Canarias. Existe una abundante bibliografía referida a este tema: González *et al.* (1995), Atoche *et al.* (1995, 1997), Balbín *et al.* (1996) y González Antón (1998).

Al margen de las causas que la indujeron, de su carácter voluntario o forzoso, o del papel desempeñado por las grandes culturas marineras de la antigüedad, lo que no admite duda alguna es la férrea dependencia a la que estuvieron expuestas las pequeñas comunidades de población inicialmente asentadas en cada una de las islas respecto a su medio natural. Las células fundacionales procederían a un reconocimiento del territorio que derivaría en la ocupación y explotación de las zonas más favorables para cubrir las necesidades colectivas de alimentación, cobijo, suministro de agua, materias primas y combustible, a la vez que se iniciaba la transformación de unos ecosistemas naturales originados tras una evolución milenaria ajena a la intervención antrópica.

Las estrategias reproductivas inicialmente adoptadas por el grupo colonizador tenderían a favorecer la natalidad, así como un crecimiento exponencial del número de habitantes, aligerándose los impedimentos sociales del matrimonio –o al menos de las relaciones sexuales– para evitar así su extinción a corto plazo. Paralelamente, el éxito en la colonización de territorios insulares vírgenes se subsume a la introducción y proliferación de aquellas especies domesticadas –animales y vegetales– propias de su cultura originaria, que habrían de pasar por una necesaria fase de aclimatación a las nuevas condiciones ambientales. Este período transitorio sería cubierto mediante un aprovechamiento integral de los recursos comestibles del nuevo hábitat, mediante el desarrollo de prácticas cinegéticas y recolectoras, tanto sobre el medio terrestre como sobre el marino, que suplieran el déficit alimenticio motivado por la adaptación de las especies trasplantadas.

Los testimonios de esta dieta de amplio espectro, que incluye vestigios de reptiles, avifauna y pequeños mamíferos terrestres, comienzan a documentarse en las campañas de excavación más recientes, atestigüándose su presencia desde las fases más antiguas de ocupación de los distintos yacimientos e incrementándose en niveles posteriores, como consecuencia del proceso de intensificación en la explotación de los recursos disponibles, al hilo del crecimiento de las respectivas poblaciones insulares. Restos de reptiles hoy desaparecidos en la isla (*Gallotia maxima* y *Gallotia goliath*) han sido registrados en yacimientos prehistóricos de Tenerife, asociándose, en el caso de la Cueva de la Arena (Bco. Hondo), a sus estratos más antiguos. Otros hallazgos han sido efectuados en el en-

torno de Mña. de Guaza (Arona), en un enterramiento aborigen descubierto en la Cañada de la Angostura (Las Cañadas), así como en algunos covachos del Bco. de Santos. En fechas recientes se han documentado restos de *Gallotia goliath* en las cuevas de La Fuente, Las Estacas y Las Arenas (Buenavista del Norte, donde constituyen un recurso alimenticio desde una fecha tan temprana como el siglo IV a.C. (Galván *et al.* 1999)².

La captura de aves se ha verificado arqueológicamente en casi todas las islas, documentándose igualmente desde los horizontes de ocupación más antiguos. No obstante, los fragmentos óseos de estas especie aparecen siempre escasamente representados debido a problemas de conservación de los restos, por la propia manipulación alimentaria, así como por el carácter reciente de las investigaciones arqueozoológicas (González Antón *et al.* 1995). Este aprovechamiento incluiría diversas especies de paloma (*Columba sp.*), pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*), cernicalo (*Falco tinnunculus*), codorniz (*Coturnix sp.*), estrigiformes y córvidos. Con el avance de la investigación se ha ido incrementando el número de yacimientos en los que se detectan restos de aves³.

Por último, han de ser citados los vestigios de dos especies de mamíferos presumiblemente extinguidos hace algunos siglos, cuyos restos se han localizado en varios yacimientos de las islas. En los poblados grancanarios de Lomo Granados (La Aldea) y de El Hormiguero (Santa M^a de Guía) se han documentado restos de un tipo de rata gigante endémica de Canarias (*Canariomys bravo* y *tamarani*) (López Martínez y López-Jurado 1987). En los yacimientos de La Fuente y Las Arenas (Buenavista del Norte, Tenerife) se han documentado abundantes restos de *Canariomys bravo* entre los detritus culinarios del grupo humano que las ocupó, en una secuencia cronológica bastante amplia que se aproxima a las fechas de la conquista (Galván *et al.* 1999). En Fuerteventura, los restos óseos del legendario *lobo marino* o foca monje (*Monachus monachus*), cuya distribución geográfica en el Archipiélago se confinaba a su sector más oriental, han sido registrados por vez primera en la Cueva de Villaverde (La Oliva).

La necesidad de recurrir al aprovechamiento cinegético durante esta primera etapa de ocupación de las islas, coincidiendo con la fase de aclimatación de la fauna y flora domesticada traída desde el vecino continente africano, así como la

² En el resto del Archipiélago destaca la aparición de restos de *G. maxima* en una cueva funeraria localizada en el Bco. del Cuervo (Santa Cruz de La Palma) y de un fragmento de mandíbula de *G. goliath* en el yacimiento de Cueva Chica (Puntallana, La Palma), posiblemente consumidos por sus antiguos ocupantes; mientras que en El Hierro se registran restos de *Gallotia simonyi* entre los vestigios de arqueofauna del conchero de Guinea (Frontera) (Martín *et al.* 1985).

³ En Tenerife se pueden citar los de la Cueva de Las Palomas (Icod, siglo III a.C.), Cueva de Don Gaspar (Icod) y Guargacho (Arona); en La Palma, la Cueva del Tendal (San Andrés y Sauces); en Gran Canaria, los asentamientos de la Aldea de San Nicolás y Los Barros (Teide); en El Hierro, los de Guinea y los Juacods (Frontera); en Lanzarote, El Bebedero (Teguise), aunque aquí los restos de aves se encuentran muy escasamente representados; y en Fuerteventura, la Cueva de Las Palomas (La Oliva) en el Maipais de la Arena y la Cueva de las Paredejas (Antigua) en el Maipais Grande, donde se han hallado restos de una especie de pardela –*Puffinus olsoni*– actualmente extinta (McMinn *et al.* 1990, Rando y Perera 1994).

posterior intensificación de las capturas, como consecuencia del crecimiento poblacional y la necesidad de una explotación integral de todos los recursos ofrecidos por el medio, podría contribuir a explicar los fenómenos de extinción de muchas de estas especies. No pocos autores achacan al aborigen la desaparición de *G. goliath* y *G. maxima*, así como del múrido gigante *Canariomys bravoii* o de diversas especies de aves; bien de forma directa, por servir como fuente de alimento; bien indirecta, al introducir depredadores de las mismas como perros o gatos. En el caso de la foca monje, los conquistadores normandos de Lanzarote y Fuerteventura mencionan su abundancia en 1402 en el islote deshabitado de Lobos, aunque presumiblemente habrían desaparecido de sus otros hábitats naturales –Fuerteventura y Lanzarote– por efecto de la depredación aborigen⁴.

LAS NUEVAS ESPECIES INTRODUCIDAS

La introducción de especies vegetales y animales domesticadas por parte de la población colonizadora constituye otro de los factores perturbadores que incide en la alteración y degradación del medio natural de las islas, especialmente en lo referido a los ovicápridos, que se caracterizan por su notable capacidad de destrucción de la cubierta vegetal, en especial en entornos limitados como los insulares. La base ganadera de las culturas prehistóricas canarias repercutió de forma ineludible en los ecosistemas de las islas, sobre todo en Fuerteventura y Lanzarote, o en las zonas bajas del resto, en los que las peculiaridades climáticas dificultaban la regeneración de una vegetación afectada por el sobrepastoreo ovicáprino⁵.

El cerdo constituye el otro gran mamífero introducido por los grupos fundacionales norteafricanos en el Archipiélago. Animal colonizador por excelencia, proporciona una elevada cantidad de proteínas con un costo casi nulo, adaptándose perfectamente a los bosques termófilos y subhúmedos de los sectores de medianías de las islas centrales y occidentales y documentándose en todo el Archipiélago desde fechas bastante remotas⁶.

Otros animales, como el perro, desempeñarían un papel esencial en las labores de pastoreo, constatándose prácticas cinofágicas –posiblemente de carácter esporádico– en algu-

nas cuevas de Tenerife, Gran Canaria y La Palma. Asimismo, se cuenta con vestigios excepcionales de felinos, procedentes de la Cueva de Don Gaspar (Icod, Tenerife) –atribuidos a *Felis margarida*– y del Bco. de Guayadeque (Gran Canaria).

Por lo que se refiere a las especies vegetales domesticadas introducidas en época prehistórica, la cebada representa el cereal más extendido, como lo corroboran las excavaciones arqueológicas efectuadas en Tenerife, Gran Canaria y La Palma, aunque sólo en la primera de ellas ha podido ser identificada como *Hordeum vulgare* (Cueva de Don Gaspar). Para el resto del Archipiélago, las fuentes etnohistóricas mencionan la cebada en Lanzarote y, de manera muy ambigua, para en La Gomera y El Hierro, sin que en ninguno de estos casos exista verificación arqueológica. El trigo sólo parece haber existido en Tenerife y en Gran Canaria, si bien en la primera de ellas, y a tenor de las excavaciones efectuadas en Icod, se certifica su progresiva desaparición o abandono antes de la llegada de los conquistadores castellanos.

Finalmente, se deben citar dos especies cuya introducción en el Archipiélago ha estado sujeta a discusión. La interpretación tradicional señalaba a los frailes y navegantes mallorquines, que a mediados del siglo XIV están presentes en Gran Canaria, como responsables de la importación de la higuera (*Ficus carica*); sin embargo, estudios antracológicos más recientes han identificado unidades de carbón de esta especie en diversos yacimientos de la comarca de Icod-Daute (Tenerife), con una cronología bastante temprana –siglo III a.C.–, lo que asegura su inclusión en el bagaje cultural de los primeros pobladores de las islas. La palmera datilera (*Phoenix dactylifera*), originaria del Próximo Oriente y extendida por todo el Norte de África durante el primer milenio a.C., habría sido introducida en Canarias desde los primeros momentos de la colonización, a juzgar por el importante papel que desempeñaba en la economía de las poblaciones libicas del Magreb prerromano.

La presencia o ausencia de las distintas especies cultivadas en cada una de las islas sería resultado de las estrategias adaptativas seguidas por sus respectivas etnias, que les llevaría a abandonar el cultivo ante la mayor eficacia, de otras prácticas como la recolección de especies vegetales silvestres (siempre desde el punto de vista de la relación costes/beneficios)⁷.

⁴ Entre las especies desaparecidas o severamente esquilmadas durante la etapa prehistórica destaca la *Patella candei*, un molusco marino ampliamente documentado en los yacimientos prehistóricos y actualmente extinguido en casi todas las islas, salvo Lanzarote y Fuerteventura.

⁵ No se puede descartar la presencia de bóvidos y équidos en un primer momento de la colonización, aunque su menor número y la exigencia de un pasto más especializado habrían supuesto obstáculos insalvables, precipitando su desaparición (González Antón *et al.* 1995 p.48).

⁶ Con una cronología del siglo I d.C. aparece en Tenerife (Cueva de la Arena), Gran Canaria (La Aldea y Cueva Pintada de Gáldar) y La Palma (Belmaco, El Tendal y Cueva del Humo). En Lanzarote (El Bebedero) y Fuerteventura (Cueva de Villaverde) se documenta en los siglos II d.C. y III d.C. respectivamente.

⁷ En la isla de La Palma se detecta la desaparición del cultivo cerealístico hacia el 700-800 d.C., mientras que en Fuerteventura, los conquistadores normandos apuntan a la ganadería como única fuente proveedora de alimentos.

LA SATURACIÓN DEL TERRITORIO INSULAR

na vez consolidadas las primeras células fundacionales en cada una de las islas, el crecimiento demográfico se aceleraría notablemente, procediéndose a la ocupación y explotación del resto del territorio insular. Este proceso diacrónico, general a todo el Archipiélago, no ha podido ser reconstruido mediante la investigación arqueológica, y sólo para La Palma –a través de las variaciones de las formas cerámicas y otros vestigios de la cultura material– se ha diseñado un modelo aproximativo de evolución cultural (Martín 1993).

Los primeros asentamientos parecen localizarse en zonas ricas en recursos naturales y con una orografía favorable, en especial en la comarca oriental y nororiental de la isla palmera, donde se ha documentado una antigua y amplia presencia humana. En una siguiente fase, a partir del siglo III a.C., se desarrolla un sistema de ganadería trashumante costa-cumbre, a la vez que se inicia un movimiento de los excedentes de población hacia otros puntos de la geografía insular, en un proceso continuado hasta su completa ocupación. A partir de este momento, de fecha no determinada, se asiste a una situación de competencia intergrupal con la que se encuentran los europeos al arribar a la isla en el siglo XV.

En el resto del Archipiélago el proceso de adaptación y ocupación del territorio debió de tener unas características generales muy similares a las descritas para La Palma, aunque mediatizadas en cada caso por numerosos factores internos y externos, en gran medida desconocidos: catástrofes naturales (erupciones volcánicas, sequías), fracaso de determinadas estrategias tecno-económicas adoptadas o, incluso, la arribada de nuevos contingentes colonizadores. Pero, con independencia de las circunstancias particulares de cada isla, el aumento del tamaño de la población y la amenaza de presión demográfica en medios insulares llevaría aparejada de forma ineludible la puesta en funcionamiento de tres tipos de mecanismos culturales de ajuste, que, aun con la escasa documentación disponible, pueden ser rastreados en las diferentes islas (Cabrera 1996).

Por un lado, se desarrolla una tendencia a la intensificación de la producción en las distintas actividades de subsistencia con el fin de generar un excedente que cubra las demandas de una población creciente. Las fórmulas más frecuentes son las aplicadas sobre prácticas agrícolas, en especial, sobre aquellos cultivos –como los cereales– susceptibles de ser sometidos a un almacenamiento prolongado, fundamentándose en la introducción del regadío o en la ampliación de la superficie cultivada. Este fenómeno se encuentra contrastado en la isla de Gran Canaria, con la aparición en los siglos posteriores de la etapa prehistórica de grandes núcleos protourba-

nos en la desembocadura de los principales barrancos, cuya actividad económica principal es el cultivo de riego, asegurando la subsistencia de un contingente de población importante.

En segundo lugar, la intensificación productiva propicia la alteración del modelo tribal y escasamente jerarquizado de las sociedades canarias, que acaba siendo reemplazado por un sistema de jefatura centralizada, cuya función es la de coordinar el esfuerzo productivo, así como gestionar y redistribuir de forma eficaz entre la población los excedentes generados por el proceso de intensificación. En el momento de la conquista europea, las islas de Lanzarote, El Hierro y Gran Canaria están sujetas a una autoridad central –*reyes* o *guanarteme*, respectivamente–, que representa la cabeza visible del sistema de jefatura consolidado en estas islas durante la fase epigonal de su Prehistoria.

Por último, estas culturas insulares introducirían una serie de prácticas orientadas a reducir la tasa de crecimiento e imponer un control férreo en el número de nacimientos y en el total de pobladores de la isla, concediéndose poco énfasis a la alta fertilidad. Entre los métodos documentados por los conquistadores europeos destaca el infanticidio en La Palma, que en Gran Canaria adopta su variante femenina y que en Lanzarote podría intuirse a partir de la existencia del matrimonio poliándrico: tres hombres casados con una mujer⁸.

En las restantes islas –Tenerife, La Palma, Fuerteventura y La Gomera–, el territorio insular aparece fragmentado en varias demarcaciones políticas enfrentadas de forma permanente entre sí mediante crueles guerras internas; una situación que se repitió en Gran Canaria y Lanzarote con anterioridad a la institucionalización de las respectivas jefaturas insulares.

A pesar de las diferencias detectadas en el proceso de evolución cultural de las siete poblaciones aborígenes, se puede afirmar que en los umbrales de la conquista europea, y tras dos milenios de proceso adaptativo en condiciones de aparente aislamiento, se había alcanzado o incluso rebasado la capacidad de sustentación del medio, desencadenando un conjunto de mecanismos culturales de respuesta –guerra interna, incremento de la cabaña ganadera, desarrollo del regadío (sólo en Gran Canaria y quizá en Tenerife), centralización política, control de nacimientos– como reflejo de las dificultades del medio natural para satisfacer las necesidades de una población excesiva. Las sequías prolongadas, las epidemias del ganado o las plagas de langosta desencadenarían un incremento de la tensión interna, exacerbando la hostilidad intergrupal y los mecanismos de control demográfico.

⁸ La poliandria implica un desequilibrio entre sexos, sólo explicable en virtud de una reducción sistemática de uno de ellos.

EL IMPACTO SOBRE LOS ECOSISTEMAS

ste proceso evolutivo seguido por las sociedades canarias, debería haber acarreado un impacto considerable sobre los ecosistemas insulares⁹. En el caso del Archipiélago, sin embargo, la situación de deterioro del entorno no parece haber alcanzando la gravedad del ejemplo mencionado, si bien se carece de datos suficientes para poder evaluar con criterios científicos el estado del medio natural de las islas en el momento de la conquista europea.

Las únicas fuentes de información disponibles, provenientes de los testimonios literarios de los primeros colonizadores europeos, describen unas islas occidentales en las que las formaciones boscosas ocupaban una superficie bastante considerable. Expresiones como *selvas espesísimas* en La Gomera; *llena de grandes bosques de diferentes condiciones*, la isla de La Palma; *bosques grandes y verdes en toda estación* en El Hierro; o *grandes bosques y hermosos manantiales, con dragos y con muchos otros árboles de diversas condiciones* de Tenerife, constituyen el reflejo literario de un medio natural que, en apariencia, no habría resultado excesivamente alterado por la ocupación humana del territorio. Para la isla de Gran Canaria se mencionan *muchas y espesas arboledas de diversos géneros de árboles*, así como la existencia de *nueve ríos* permanentes, que justifican la introducción del regadío por parte de los antiguos canarios. Sólo las islas de Fuerteventura y, probablemente, Lanzarote mostraban un entorno más degradado, debido al impacto provocado por la importancia y las dimensiones de los rebaños de ovicápridos que existían en ellas como base de subsistencia de sus poblaciones y a consecuencia de un fenómeno de especialización pastoril¹⁰.

La aparente contradicción que supone la existencia de unas poblaciones insulares obligadas a adoptar diversos mecanismos culturales tendientes a salvar las constricciones impuestas por el medio natural, frente a la imagen de un entorno boscoso, munificentemente rico en recursos puede explicarse si se considera que, salvo en Gran Canaria, el recurso básico en estas culturas —el ganado— está sometido a frecuentes y drásticas fluctuaciones, lo que obligaría a sus pobladores, según la Ley del Mínimo de Liebig, a limitar severamente el número de habitantes¹¹. Por otro lado, las formaciones forestales suministraban un importante conjunto de materias primas y alimentos —vegetales y animales—, que complementaban su base de subsistencia, obligando a su conservación frente a las agresiones del ganado.

No obstante, existen pocas dudas de que los aborígenes canarios provocaron la transformación de las comunidades de bosques termófilos desarrolladas en el nivel bioclimático donde se concentraban los asentamientos permanentes y donde se localizarían —en el caso de Tenerife— las zonas de cultivo. Estas formaciones vegetales ofrecen mayores facilidades para la roturación del terreno, su piso bioclimático es el idóneo para el cultivo de secano, suponen un aporte de madera para el utillaje de uso cotidiano y proporcionan, asimismo, magníficos pastos para el ganado. La presión de las actividades humanas en estos sectores precipitaría los procesos de deforestación mediante talas, incendios y pastoreo abusivo, aunque sin parangón con el cambio radical que el Archipiélago experimenta a partir de la conquista europea y la implantación de un nuevo modelo económico de base mercantilista, con repercusiones nefastas desde el punto de vista de los valores ecológicos de las islas.

⁹ Los ejemplos de este tipo de degradación medioambiental han sido recurrentes en las islas y archipiélagos del Pacífico, teniendo como paradigma el caso de la isla de Pascua. Los estudios palinológicos han puesto de manifiesto la existencia de extensos bosques en la isla antes de la llegada de los primeros pobladores. Progresivamente, comenzaron a hacerse patentes los efectos de la deforestación inducida por la tala abusiva, que coadyuvada por el empeoramiento de las condiciones climáticas, desencadenaron gravísimos conflictos sociales y guerras intertribales como respuesta al desequilibrio ecológico.

¹⁰ Los conquistadores europeos mencionan la existencia de 60.000 cabras en Fuerteventura en el momento de la conquista.

¹¹ Este principio básico en Antropología cultural establece que el crecimiento de las poblaciones está limitado no tanto por la abundancia de todos los factores necesarios para la subsistencia como por la disponibilidad mínima de cualquiera de ellos; o, lo que es igual, el tamaño de las comunidades humanas se ajusta atendiendo a las situaciones en las que el entorno natural aporta menos recursos (Harris 1981).



Foto: José Manuel Moreno
Valle Gran Rey, La Gomera

Capítulo 29

SERES HUMANOS Y ECOSISTEMAS: HACIA UNA HISTORIA ECOLÓGICA

FERNANDO SABATÉ



El autor del presente capítulo se le propuso escribir un texto sobre *El impacto europeo en los ecosistemas canarios*. Aunque existen algunos precedentes interesantes al respecto (entre otros, la aportación de Santos *et al.* 1985, y numerosos trabajos historiográficos sobre el conjunto del Archipiélago o acerca de localidades concretas), la evolución histórica de los ecosistemas y su mutua influencia con el proceso de humanización en las Islas Canarias no ha sido abordada de forma específica y sistemática. Sin duda, constituye un apasionante reto para la investigación transdisciplinar en los próximos años. En esa labor deberán colaborar científicos sociales y naturales, y resultará de gran utilidad la aportación realizada por la historiografía económica sobre las Islas. Sin embargo, estamos convencidos de que previamente se requiere incorporar un nuevo paradigma, que suministre un marco de interpretación adecuado para la realización de esa futura *Historia Ecológica de Canarias*. En las líneas que siguen nos proponemos desbrozar el terreno en esa dirección. Para ello repasaremos, desde una perspectiva geográfica, algunos aspectos relativos a la gestión tradicional del territorio y su organización: la peculiar articulación que se gestó en Canarias entre los seres humanos y el medio ambiente a lo largo de la Historia y hasta tiempos relativamente recientes.

HUMANIZACIÓN Y DESARROLLO COEVOLUCIONARIO

Los ecosistemas de las Islas Canarias han evolucionado en presencia de los seres humanos durante un periodo de, al menos, veinte siglos. Si exceptuamos los últimos 150 años (aunque para la mayor parte del Archipiélago, incluidas islas completas y la mayor parte de las áreas rurales y menos transformadas, esa cifra se puede reducir a cincuenta años o menos), el bagaje cultural de los seres humanos (socioecosistema) y el conjunto de los diversos ecosistemas insulares conocieron un estilo de *desarrollo coevolucionario*. Este paradigma ha sido definido por Norgaard (1984), a partir de los trabajos de numerosos ecólogos culturales que le precedieron. La coevolución entre los seres humanos y el medio ambiente se refiere a un proceso basado en respuestas recíprocas de cambio y adaptación entre los sistemas social y ecológico. Se trata mucho

más de una interacción, atravesada por procesos históricos de retroalimentación (*feedback*) en los dos sentidos, que de un proceso paralelo o de imposición exclusiva de un sistema sobre el otro.

Si existe coevolución, puede hablarse, en ciertos casos, de desarrollo coevolucionario cuando se produce “un proceso secuencial que implica un superávit de energía más allá de la necesaria para mantener los sistemas ecológico y social en sus estados actuales”. La interacción y la consecuente aparición de respuestas adaptativas entre las comunidades humanas y su medio geográfico es condición necesaria, pero no suficiente, para que se produzca el desarrollo coevolucionario. La generalización de la civilización industrial a escala planetaria, fundamentada en la explotación de recursos no renovables (hasta su virtual agotamiento futuro), constituye un modelo plenamente vigente de desarrollo no-coevolucionario. Se produce a costa de la explotación de un *stock* que ya nunca nadie más podrá aprovechar para sustentar su proceso de desarrollo; y limita severamente, cuando no aniquila en su totalidad, el potencial de desarrollo contenido en el conocimiento empírico acumulado por los seres humanos y la información particular que suministran los ecosistemas en cada rincón del Planeta.

CANARIAS: DE LA DIVERSIDAD ECOLÓGICA A LA DIVERSIDAD CULTURAL

Un modo particular en que se desarrolló este proceso de desarrollo coevolucionario (en las Islas Canarias y en otros muchos lugares) se basó casi siempre en la identificación y la apropiación simultánea por los seres humanos de *múltiples* ecosistemas (diversidad ecológica). De éstos se extrajeron *múltiples* recursos (biodiversidad), para satisfacer principal y casi exclusivamente los requerimientos básicos de comida, ropa, cobijo y salud. Y ello fue posible a través de la ejecución de *múltiples* procedimientos, individuales y colectivos, ensayados y perfeccionados a lo largo del tiempo (diversidad cultural). Este proceso de interacción entre las comunidades indígenas y campesinas y su medio ambiente ha sido sistematizado con carácter general por el ecólogo mexicano Víctor Toledo (1985), quien suministra un modelo fecundo para inter-

pretar lo ocurrido en nuestro Archipiélago hasta 1850 aproximadamente (ó 1950, según las comarcas a las que nos refiramos).

La particular configuración de los fenómenos naturales en este sector del Planeta (volcanismo activo, potente gradiente altimétrico, singularidades climáticas de la región atlántica subtropical, insularidad) ha creado las condiciones para la existencia de una potente diversidad genética (ver capítulos 12 y 13) y una no menos notable riqueza de ecosistemas (ver capítulo 17). Esto ocurre en una porción minúscula del territorio mundial, que apenas supone un 0,005 por ciento de la superficie total de las tierras emergidas. Los elementos antes aludidos determinan que dicho capital ecológico se organice potencialmente en forma de bandas horizontales que se van superponiendo, en su adaptación a las condiciones bioclimáticas, desde el litoral marino a los sectores más elevados. Este esquema general se enriquece, además, con la existencia de otros factores adicionales: la presencia de coladas recientes, afloramientos y cursos de agua o paredones rocosos, entre otros, que dan origen a peculiares ecosistemas azonales; ámbitos especialmente humanizados (como las áreas de cultivo o agroecosistemas); y múltiples condicionamientos locales derivados de la exposición diferencial que ofrece un territorio de montaña frágoso como el canario (barlovento/sotavento, solana/umbria).

Desde el punto de vista de la diversidad biológica, a las especies que han poblado de forma natural las Islas se debe sumar todo el potencial genético incorporado deliberadamente por la acción humana (cultivos agrícolas y razas ganaderas, principalmente). Ese potencial ha sido evaluado recientemente en más de mil quinientas especies, que se suman a las aproximadamente catorce mil quinientas que integran la biota silvestre de las Islas Canarias (Machado 1998).

Por estas razones, la estrategia humana de colonización (en sentido diacrónico) del territorio canario se pudo sustentar sobre un modelo que integraba *verticalmente* la apropiación y gestión, con diferente grado de intensidad en cada caso, de todos los ecosistemas disponibles en cada ámbito insular. En un trabajo colectivo reciente (Aguilera *et al.* 1994) propusimos denominar a este modelo como *estrategia tradicional canaria de aprovechamiento vertical y múltiple de los ecosistemas* (ETCAVEM). En la tabla 29.1 se sistematizan los principales procedimientos y actividades que lo componen y que hicieron posible la supervivencia, con un alto grado de autosuficiencia alimentaria y productiva en la mayor parte de las comarcas insulares.

Para una exposición detallada de las características de la ETCAVEM remitimos al lector interesado a la citada obra, donde se describe con una amplia profusión de ejemplos característicos de todo el Archipiélago. Nos parece importante advertir que dicho modelo sólo pretende suministrar una guía

de trabajo para profundizar en el estudio de cada situación particular (del mismo modo que los esquemas de zonación ecológica propuestos en éste y otros libros indican unas pautas generales que pueden conocer muchas adaptaciones en cada caso concreto). Si la complejidad real, tanto de la vida social como del funcionamiento de la naturaleza, siempre es superior a nuestra capacidad de reducirla a un esquema, ¡cuánto más no lo será la compleja interacción entre ambos sistemas! En la figura 29.1 se ilustra un caso particular, como ejemplo de la estrategia de apropiación humana de la naturaleza en una determinada comarca del Archipiélago.

Es interesante destacar que muchas de las actividades humanas que, convenientemente articuladas, constituyen dicha estrategia, han funcionado en la práctica como *satisfactores sinérgicos* (Max-Neef 1994). Es decir, constituyen fórmulas de optimización adaptadas tradicionalmente a cada medio local por la experiencia, donde con frecuencia una misma práctica servía a la vez para satisfacer a un tiempo distintas necesidades humanas (como las de alimentación, identidad, seguridad o afecto), tanto individuales como colectivas. El cultivo del cereal, por ejemplo, suministraba la base fundamental de la alimentación en forma de grano para elaborar el gofio; pero la paja, subproducto del cereal, resultaba un aporte igualmente útil para la alimentación complementaria del ganado (y éste a su vez era fuente de carne, leche, cuero, energía para el trabajo agrícola o el transporte, entre otros aspectos); los tallos secos del cereal también servían a menudo para construir y renovar las cubiertas de viviendas campesinas (como los *pajares* del Norte de Tenerife, o las *casas de colmo* de El Hierro). Al mismo tiempo, faenas largas y pesadas como la siega o la trilla se debían abordar a menudo de forma comunitaria, satisfaciendo de paso la necesidad humana de sociabilidad y hasta de creatividad (al constituir la base de partida de géneros específicos del folklore musical). Contrasta todo esto con el modelo fuertemente especializado y parcelario que impera en el presente.

La estrategia de aprovechamiento vertical y múltiple de los ecosistemas se desarrolló como un proceso histórico de carácter coevolucionario, generando fecundas adaptaciones locales y metabolizando incorporaciones exógenas (como la papa o el millo, que revolucionaron la alimentación campesina en el siglo XVIII, tras su lenta difusión durante las dos centurias precedentes). No se trató en absoluto de un modelo estático. La influencia de esta potente red de relaciones verticales entre los seres humanos y los ecosistemas quedó plasmada incluso en instituciones duraderas en el tiempo como los municipios canarios, cuyos términos se extienden en su mayor parte como gruesos trazos verticales de la cumbre al mar (Aguilera *et al.* 1994).

Ahora bien, dentro del modelo que con carácter general hemos planteado para el conjunto del Archipiélago, se pueden señalar evidentes singularidades insulares. Volviendo a la

Tabla 29.1

Principales actividades que sustentaron la autosuficiencia alimentaria (*Estrategia tradicional canaria de aprovechamiento vertical y múltiple*).

Actividad o procedimiento	Ecosistemas o ámbitos territoriales en que se desarrolla	Tipo de productos que se obtienen
1. Agricultura cerealista	Diversos ecosistemas, desde el litoral hasta los 1.200 metros (1.800 m. en vertientes a sotavento)	Diversidad de especies y variedades de cereales adecuados a cada ámbito bioclimático; a menudo, rotación con diversas leguminosas nitrificantes
2. Horticultura	Ecosistemas subhúmedos (medianías a barlovento o bien ámbitos susceptibles de recibir riego)	Gran diversidad de especies y variedades (hortalizas, tubérculos, bulbos, cucurbitáceas); con frecuencia, rotaciones y asociaciones agrícolas
3. Fruticultura	Múltiples ecosistemas (0 – 1.800 m)	Diversidad de especies y variedades adecuadas, o singularmente adaptadas, a cada ámbito bioclimático
4. Ganadería estabulada doméstica	Ámbito próximo a la residencia principal (tradicionalmente en la Medianía).	Diversidad de especies: gallina, cerdo, conejo, paloma, cabra, vaca, equinos
5. Ganadería extensiva o de suelta	Ecosistemas xerófilos de costa o cumbre (en general, marginales desde el punto de vista agrícola). Frecuente trashumancia para aprovechar la estacionalidad de los pastizales.	Cabras y ovejas (principal y casi exclusivamente) y todos sus productos derivados. En las Islas Orientales: dromedarios
6. Cultivo o recolección de plantas forrajeras para el ganado	Ecosistemas subhúmedos o termófilos de transición; en general, ámbitos próximos a la residencia.	Especies arbustivas seleccionadas (predominan leguminosas forrajeras), que reciben diversas labores culturales
7. Apicultura	Diversidad de ecosistemas, que contienen especies de potencial melífero. Frecuente movilidad estacional de las colmenas para optimizar el diferencial de la floración.	Miel (principal edulcorante tradicional), cera
8. Aprovechamientos forestales	Casi todos los ecosistemas (0 - 2.000 m), aunque más centrado sobre el monteverde, pinar y matorral de cumbre.	Madera para múltiples usos (construcción, herramientas de trabajo, instrumentos musicales). Combustible (en forma de leña y carbón)
9. Otros aprovechamientos de vegetales silvestres	Todos los ecosistemas.	Múltiples aprovechamientos específicos de la biodiversidad: fuente complementaria de alimentos, sobre todo en situaciones excepcionales (hambrunas); medicina popular; veterinaria popular; condimentos; aromatizantes y conservantes; cosméticos; tintes, etc.
10. Marisqueo	Ecosistemas de la zona mesolitoral rocosa y charcos.	Diversidad de especies de moluscos, equinodermos y crustáceos, principalmente
11. Pesca de orilla	Charcos, zona meso e infralitoral poco profunda.	Peces frecuentes en los ecosistemas reseñados

12. Caza menor	Prácticamente todos los ecosistemas terrestres.	Conejos y perdices, principalmente Pero también: pardelas, crías de cuervo
13. Piscicultura	Algunos ecosistemas azonales: barrancos con curso semipermanente de agua, charcas, canalizaciones. Poco frecuente, en general.	Anguilas y ciertas especies cultivadas de peces dulceacuícolas
14. Pequeños aprovechamientos minerales relacionados con la alimentación	Múltiples ecosistemas azonales, para la obtención de productos singulares.	Sal producida en el borde litoral Piroclastos explotados como <i>mulching</i> para cultivos singulares en seco Idem arenas orgánicas eólicas. Azufre (uso fitosanitario). Nieve y hielo (repostería y conservación de medicamentos)

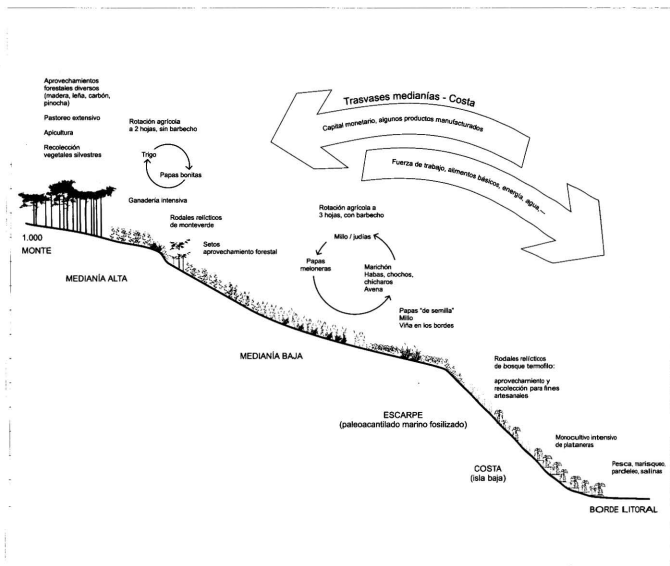


Figura 29.1

Estrategia de apropiación humana de una determinada comarca del archipiélago.
Elaboración propia a partir de Álvarez Alonso (1976).

idea planteada en la introducción, también en el sentido que aquí nos ocupa las Islas Canarias se pueden contemplar como un variado mosaico de experiencias contrastadas. En lo que resta de capítulo planteamos algunas ideas al respecto.

CANARIAS COMO LABORATORIO DE ESTILOS DE DESARROLLO COEVOLUCIONARIO

Antes de la Conquista, la isla de El Hierro presentaba un modelo aborigen de base pastoril, fuertemente condicionado por la escasez de agua. El recubrimiento de la mayor parte de su superficie por materiales volcánicos permeables provoca una elevada tasa de infiltración del agua de lluvia, que apenas se acumula en forma de acuífero, ni aflora a través de nacientes, debido a la juventud geológica de sus materiales constituyentes (ver capítulo 30). Tras la colonización europea (de base étnica no exactamente igual a la que conocerán otras Islas, con una presencia destacada de leoneses en el caso herreño), estos factores naturales imposibilitaron la puesta en marcha de un modelo agrícola de plantación, como el implantado en otros casos. Por ello, *pervive y domina el modelo de base ganadera hasta bien avanzado el siglo XX* (Lorenzo Perera 1992). Este hecho evitó que se produjera una ruptura tan traumática, entre el modelo económico y cultural aborigen y la nueva sociedad que se implanta tras la Conquista. Por el contrario, la agricultura de secano se fue extendiendo en un proceso lento, y sólo se consolidará con los procesos de desamortización y desvinculación del siglo XIX. Otras singularidades que presenta El Hierro fueron: la roturación de la cobertera de monteverde de su meseta central (Nisdafe) en el siglo XVII, que implicó la pérdida del principal espacio forestal, pero que fue al menos reemplazado por un sistema agrosilvopastoral duradero; cierta estabilidad demográfica a lo largo de la historia, manteniendo un precario equilibrio con los limitados recursos naturales, mediante el obligado recurso casi permanente a la emigración de los excedentes demográficos. Y un corolario que parece derivarse de su proceso histórico: El Hierro constituye, en términos relativos al conjunto del Archipiélago, una comunidad cohesionada y dotada de una identidad insular que parece construirse sobre valores positivos. Como manifestación de este hecho podría interpretarse el contundente y efectivo rechazo mostrado recientemente por la población insular a la implantación de ciertas infraestructuras militares y de lanzamiento de satélites. ¿Sustentarán estos valores un futuro estilo de desarrollo sostenible (bien concebido, fundamentado e interrelacionado) como el que actualmente parece marcarse como objetivo el pueblo herreño?

La Gomera plantea una situación bien diferente de la anterior, aunque no menos interesante. En este caso, dominan los factores históricos de extroversión insular que, posiblemente, hunden sus primeras raíces en un proceso de incorporación a la cultura y la economía europea fuertemente compulsivo y traumático. Lo abrupto del relieve, consecuencia en este

caso de la antigüedad geológica y de la peculiar evolución morfoclimática del edificio insular, favoreció además situaciones de aislamiento secular en cada uno de los principales valles-barranco gomeros. Paradójicamente, el proceso contemporáneo de vinculación de la Isla a la economía mundial profundizó todavía más el carácter autárquico de cada una de estas unidades geográficas (economía agroexportadora con un pequeño embarcadero en la desembocadura de cada barranco), y una débil articulación intercomarcal, que se mantiene casi hasta la reciente irrupción del turismo (Varios Autores 1988). La grave crisis sociodemográfica padecida en la segunda mitad del siglo XX supone un lastre para la consolidación de su identidad insular (o la construcción de otra nueva) y la autoidentificación del pueblo gomero sobre bases positivas.

La Palma, como Tenerife o Gran Canaria, responde de forma más convencional al modelo anteriormente descrito (ET-CAVEM). Las tres fueron tras la Conquista islas *de realengo*, merced a la superior dotación de recursos naturales con que contaban, cuya gestión directa se reservó para sí la Corona (frente al modelo feudal implantado en las otras cuatro, precisamente para incentivar la colonización de unas Islas peor dotadas por la Naturaleza). Sin embargo, se pueden destacar notables diferencias en la evolución pasada y reciente de estas tres Islas. Gran Canaria y Tenerife introducen el turismo de masas en la década de 1960, y éste constituye actualmente el sector hegemónico de su economía y la columna vertebral del modelo de desarticulación / rearticulación territorial actualmente en curso. Se suele observar que el proceso de desvertebración del modelo anterior se encuentra más avanzado en Gran Canaria; sin embargo, el estilo de desarrollo implantado en Tenerife apenas se diferencia en un cierto desfase temporal (de una década aproximadamente) y en algunas singularidades territoriales. Así se puede deducir del estado de procesos de degradación socio-ecológica como el agotamiento del acuífero, la crisis de la agricultura de subsistencia, la urbanización del suelo rústico o la erialización de amplios sectores del territorio (Rodríguez Brito 1995).

Por su parte, la singularidad de La Palma reside en que el proceso contemporáneo de *modernización económica* de esta Isla se sustentó sobre una base agraria (García Rodríguez 1992): la gran expansión plantanera producida desde los años sesenta (y que incluso ha conocido un pequeño impulso reciente, bajo el paraguas proteccionista europeo de la Organización Común de Mercado para este producto). Esta relativa fortaleza del agro palmero se ha traducido en cierta resistencia económica, pero también cultural, a la extensión del turismo masivo. A ello se suma un cierto grado de autonomía cultural «de hecho» respecto a las islas capitalinas (que también se puede sustentar históricamente), el cual se traduce en la aplicación de programas europeos y enfoques de gestión que apuntan hacia la sustentabilidad, sobre bases más firmes que en otros ámbitos insulares canarios.

Fuerteventura y Lanzarote constituyen sendos casos de extraordinario interés, desde el punto de vista de un estudio comparado de cómo se llevan a cabo estilos bien diferenciados de coevolución entre seres humanos y medios geográficos inicialmente parecidos. Fuerteventura consolida, tras la colonización europea, un modelo de *expansión pastoril* ya iniciado en la etapa aborigen, cuyos efectos históricos se pueden leer como los de una auténtica catástrofe ecológica (Cabrera 1997 y ver también capítulo 28). Junto al sobrepastoreo, factores coadyuvantes al forzamiento de los ecosistemas majeros, fueron: la extensión compulsiva del monocultivo cerealista a terrenos que nunca debieron ser roturados, durante los siglos XVII y XVIII (cuando las dos Islas Orientales se configuraron como el *granero de Canarias* para complementar el abastecimiento de alimento básico al resto del Archipiélago que se especializaba por entonces en la producción y exportación de vino); y el acoso pirático internacional a este territorio frágilmente accesible desde el mar. Este hecho, unido a repetidas hambrunas como consecuencia de la sequía, configuró una situación histórica de periódico despoblamiento y baja densidad demográfica, mantenida ésta última prácticamente hasta la década de 1970. Como hipótesis, se puede plantear la idea de que esta Isla (por diversos condicionamientos, tanto endógenos como externos) no logró consolidar un estilo de desarrollo coevolucionario estable. En el periodo reciente, Fuerteventura ve extenderse un monocultivo turístico masivo, que ha quebrado en muy breve plazo la precaria estructura territorial tradicional y ha construido otra nueva que aún no ha tenido tiempo de consolidarse. Ello se traduce en la rápida arribada de población, en un porcentaje elevado de procedencia extrainsular. Fuerteventura presenta actualmente una ratio población nativa / población inmigrante que, lejos de posturas xenóforas, supone sin duda una profunda convulsión para el modelo cultural gestado lentamente a lo largo de su historia.

Lanzarote, aunque sufre en buena medida del mismo problema anteriormente reseñado (aportes inmigratorios veloces y compulsivos), construye su incorporación al turismo masivo sobre bases diferenciadas y ciertamente singulares. Este hecho hunde sus raíces, probablemente, en el singular modelo agroecológico lanzaroteño, amasado a lo largo del tiempo pero consolidado particularmente durante el siglo XIX. Tales sistemas agrarios, basados en la identificación y puesta en valor de elementos ambientales inicialmente hostiles al proceso de humanización, presentan una fuerte originalidad (Tabla 29.2). Esta singular *escuela de coevolución* de base agraria, complementada con la explotación tradicional del caladero costero africano (Banco Pesquero Canario - Sahariano, ver capítulo 33) conformó una sociedad insular que pudo sostener autónomamente contingentes significativos de población, a pesar de desenvolverse en un marco subdesértico (desde el punto de vista de la pluviometría).

La tardía implantación del turismo en Lanzarote (diez años más tarde de su consolidación en las dos Islas Centrales) se

desarrolla también sobre bases diferenciadas. Entre éstas se pueden reseñar: la existencia de un proyecto institucional de modelo turístico, auspiciado por la Autoridad Insular (Cabillo) y diseñado creativamente por un artista nativo de notable proyección internacional; la revalorización del paisaje y la cultura insular (más allá del recurso exclusivo de *sol y playa*, esgrimido por la mayoría de los destinos turísticos); la promoción temprana de *rutas temáticas*, apoyadas sobre la promoción de *hitos territoriales* de alta calidad, algunos de los cuales se construyen sobre la *rehabilitación de entornos que se hallaban fuertemente degradados*; y la generación, igualmente temprana, de una cultura de que el turismo debe remunerar monetariamente la conservación del paisaje y a la sociedad que lo sustenta, concepto que se adelanta a ese mismo debate a escala estatal o incluso internacional. Sin embargo, estas bases inicialmente favorables (y que llevaron a la declaración de la Isla como *Reserva de la Biosfera* por la Unesco en 1993), corren serio riesgo de desmoronarse, ante la descontrolada masividad que ha cobrado la afluencia turística. Lanzarote corre el riesgo de *morir de éxito*: tras una estabilización en torno a los 200.000 viajeros a comienzos de los años ochenta, se alcanzó por primera vez la cifra de un millón de visitantes en 1992; en 1996 se sobrepasó el millón y medio, y la afluencia de turistas sigue creciendo ininterrumpidamente. El modelo inicial lanzaroteño, sobre el que recaía el mérito de haber logrado una singular y relativamente favorable inserción a la economía turística internacional, presenta ya claros síntomas de degradación (Marsá 1997). Ello está dando lugar a un interesante debate social en la Isla, donde se plantea la conveniencia de ralentizar el crecimiento, centrarse en la gestión de lo existente, y procurar una mejor redistribución de los evidentes beneficios económicos obtenidos, frente a los partidarios de mantener un aumento de las plazas turísticas.

¿UN ESTILO DE DESARROLLO COEVOLUCIONARIO EN LA ACTUALIDAD?

La extensión al Archipiélago Canario del modelo civilizatorio industrial, paralelo a su progresiva expansión mundial, cuenta con un hito destacado en el estatuto de Puertos Francos de 1852. El proceso de extraversión socioeconómica que a partir de entonces se consolida, nos permite formular la pregunta de hasta qué punto las Islas presentan (o pueden presentar) un estilo de desarrollo coevolucionario en la actualidad. Aguilera *et al.* (1994) analizan las actuales relaciones entre Naturaleza y Sociedad en Canarias, centrándose en algunos aspectos estratégicos como la energía, el modelo de transporte, la generación de residuos o la *ordenación* territorial. Por nuestra parte, en la figura 29.2 presentamos un esquema que trata de dar cuenta de algunas de las interrelaciones que caracterizan el actual estilo de desarrollo en Canarias.

La tendencia general que parece apuntarse resulta particularmente perversa en las Islas Centrales (aunque es extensible



Foto: José Manuel Moreno

La laurisilva, en bosque subtropical húmedo, compuesto por árboles perenniformes de gran parte. Bosque de Garajonay. La Gomera



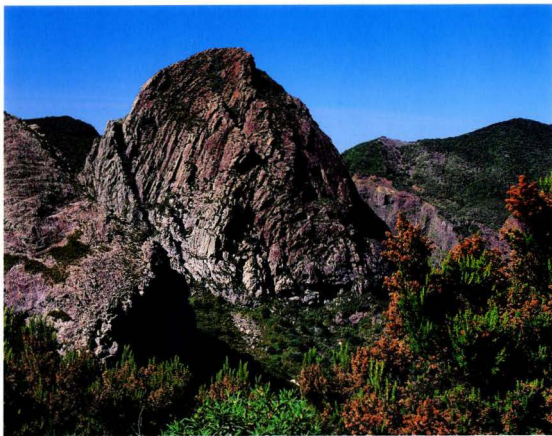


Foto: José Manuel Moreno

Los Roques o pitones volcánicos, constituyen uno de los paisajes más característicos del archipiélago canario. Roques de Ojila, Los Roques, P. N. de Garajonay, La Gomera



Foto: Diego L. Sánchez

La umbra y humedad de la laurisilva crea un ambiente ideal para la proliferación de helechos. Arriba, *Blechnum spicant*; Izqda. Laurisilva, P. N. de Garajonay



Foto: José Manuel Moreno



El Pinar canario, formado por el pino canario (*Pinus canariensis*) es una formación boscosa relictica que coloniza fácilmente los terrenos volcánicos. Pinar de Las Lajas, Tenerife



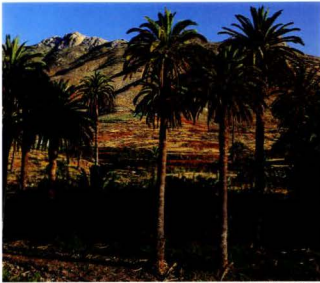


Foto: José Manuel Moreno
Palmeral, Fuerteventura



Foto: José Manuel Moreno
Malpais, P. N. del Teide



Foto: José Manuel Moreno
Acantilado y derrubios, Punta de La Dehesa, El Hierro



Foto: José Manuel Moreno
Sotobosque del Pinar canario, P. N. Caldera de Taburiente



Foto: Sindo Caza

La Graciosa y Montaña Clara, al fondo



Foto: Fernando Cava

Opuntia sp, cultivo introducido en Canarias, Lanzarote



Foto: Fernando Cova
Lavas cordadas, Lanzarote



Foto: Fernando Cova
Lavas cordadas, Lanzarote

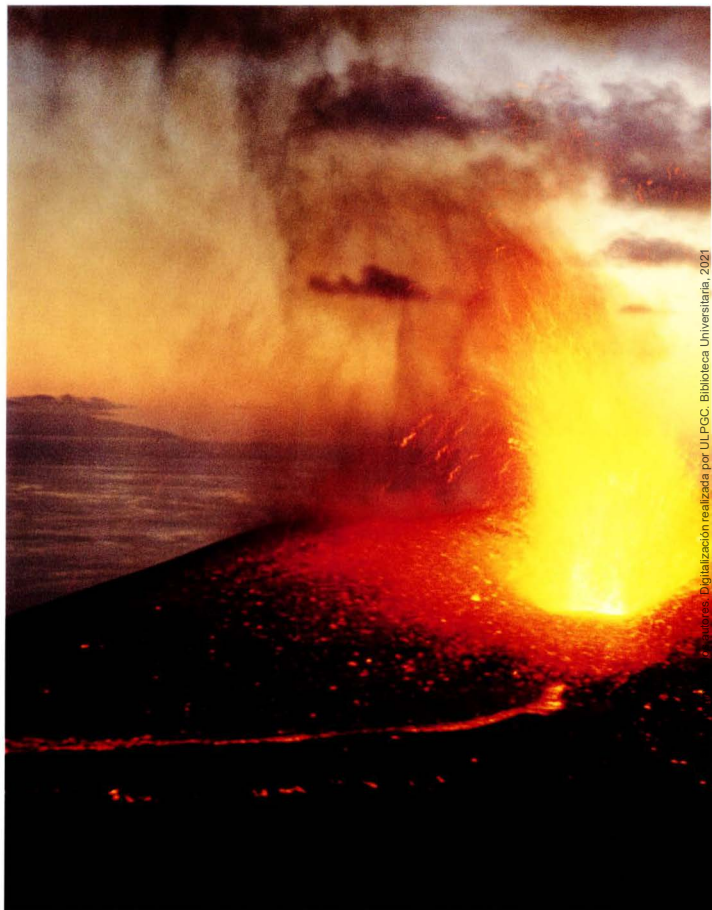




Foto: Juan Cuello
Erupción del Teneguía,
La Palma, 1971



Foto: José Manuel Moreno
Pico Viejo y Narices de El Teide, Tenerife



Foto: José Manuel Moreno
Volcán Montaña Rajada, Timanfaya, Lanzarote



Foto: José Manuel Moreno
Volcán Timanfaya, Lanzarote



Foto: José Manuel Moreno
Cyrtophora citricola



Foto: José Manuel Moreno
Aculepeira annulipes



Foto: José Manuel Moreno
Xisticus sp.



Foto: José Manuel Moreno
Chinche de la familia Miridae



Foto: José Manuel Moreno
Anataelia canariensis, especie que vive en lavas recientes



Foto: José Manuel Moreno
Escarabajo Longicornio (*Trichoferus roridus*)

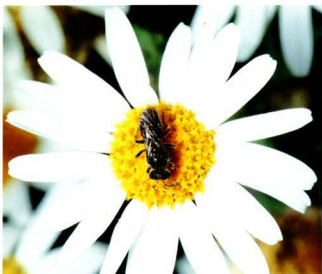


Foto: José Manuel Moreno
Abeja de la familia Megachilidae



Foto: José Manuel Moreno
Hemicycla sp.



Foto: José Manuel Moreno
Coccinella miranda



Foto: José Manuel Moreno
Eristalis tenax



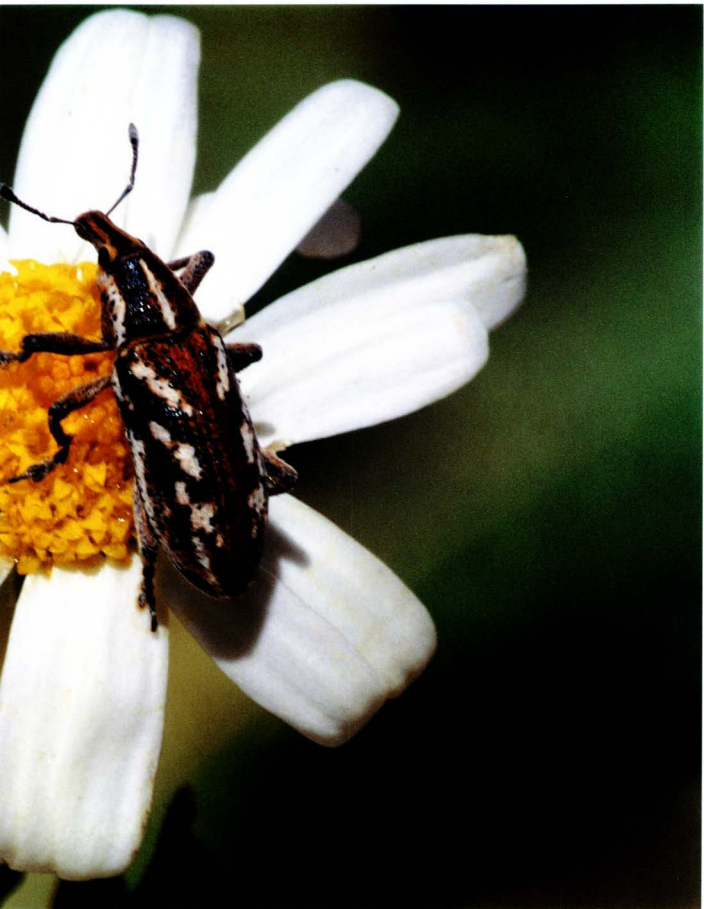


Foto: José Manuel Moreno

Gorgojo de Las Cañadas (*Cyphocleonus armitagei*)



Foto: José Manuel Moreno

Chinche Arlequin (*Enydema lundbladi*)



Foto: Pedro Orsini

Acrostira euphorbiae, especie endémica de La Palma, muy escasa



Foto: José Manuel Moreno
Colias común (Colias crocea)



Foto: José Manuel Moreno
Vanessa vulcania, endémica de Canarias y Madeira



Foto: José Manuel Moreno
Mariposa Tigre (Danaus chrysippus)



Foto: José Manuel Moreno
Pontia dapliae



Foto: José Manuel Moreno

Mantis del Teide (*Pseudoyersinia teydeana*), especie exclusiva de Las Cañadas



Foto: José Manuel Moreno
Tachina cf. canariensis



Foto: Fermín Guerra
Insulivitrina sp.



Foto: José Manuel Moreno
Buprestis berthelotii



Foto: José Manuel Moreno
Promachus vexator



Foto: José Manuel Moreno
Graphoma semipunctatum



Foto: Pedro Orsini
Majorenus randoi, arácnido cavernícola endémico de Fuerteventura



Foto: Pedro Orsini
Pimelia granulicollis, endémico de Gran Canaria



Foto: Pedro Orsini
Rhopalomesites euphorbiae, vive en la tabaiba (*Euphorbia mellifera*)



Foto: Rogelio Herrera

Speleonectes andinae, exclusivo de lagos subterráneos de los Jameos del Agua en Lanzarote



Foto: Rogelio Herrera

Jameito [*Munidopsis polymorpha*], especie propia de hábitat anquialinos de Lanzarote, particularmente en los Jameos del Agua



Foto: José Manuel Moreno
Thais haemastoma



Foto: José Manuel Moreno
Conejo de Mar (*Aplysia dactylomela*)



Foto: Jorge Núñez

Lapa Majorera (*Patella candei candei*), especie endémica de Canarias y Salvajes, donde actualmente vive sólo en Fuerteventura



Foto: José Manuel Moreno
Patella piperata



Foto: José Manuel Moreno
Littorina striata



Foto: José Manuel Moreno
Grapsus grapsus adscensionis



Foto: Leopoldo Mari
Polycera elegans



Foto: Leopoldo Mari
Palythoa cf. caribbea



Foto: Leopoldo Mari
Clavelina lepadiformis

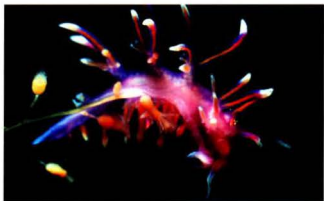


Foto: Leopoldo Mari
Flabellina affinis

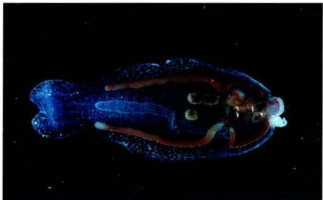


Foto: Palma Hernández
Phylliroe bucephala



Foto: Leopoldo Mari
Hypselodoris bilineata

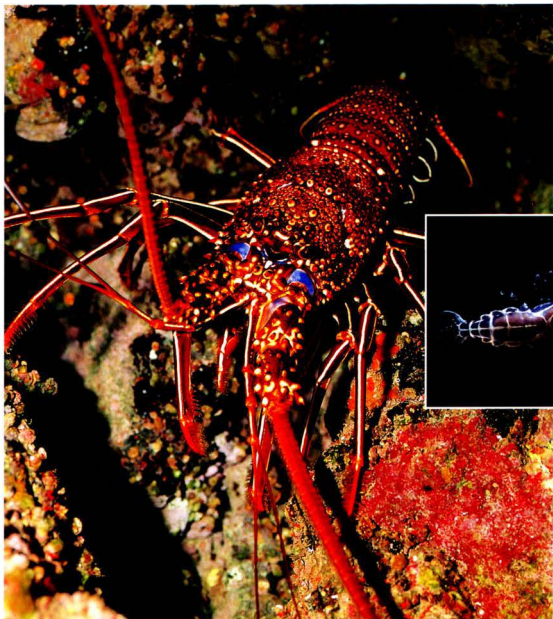


Foto: Fatima Hernández
Pontonia pinnophylax

Foto: Rogelio Herrera
Langosta Herreña (*Panulirus echinatus*), especie de litorales rocosos



Foto: Leopoldo Mora
Pseudosquilla oculata

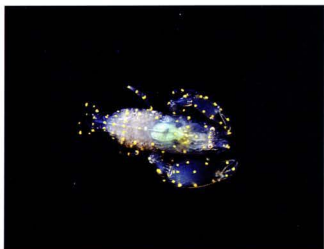


Foto: Fatima Hernández
Pontonia flavamaculata



Abade (*Mycteroperca fusca*), serránido litoral endémico de las islas macaronésicas, incluyendo las Islas de Cabo Verde

Foto: Alberto Brito



Pejeperro (*Bodianus scrofa*), lábrido litoral endémico de las islas macaronésicas, incluyendo las Islas de Cabo Verde; un macho en la foto

Foto: Alberto Brito



Foto: Sergio Hanquet

Scorpaena canariensis, especie bentónica litoral sólo conocida de Madeira y Canarias



Foto: Jesús M. Falón

Gnatholepis thomsoni, góbido de distribución anfialtántica tropical que se ha establecido recientemente, con notable éxito, en las islas occidentales y centrales del archipiélago canario

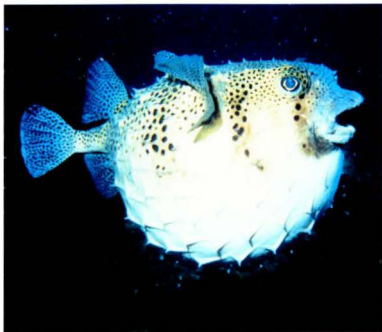


Foto: Pedro Marrero
Tamboril Espinoso [*Chilomycterus atringa*]



Foto: Alberto Brito
Seriola rivoliana



Foto: Rogelio Herrera
Romero Capitán [*Labrus bergylta*], especie poco frecuente

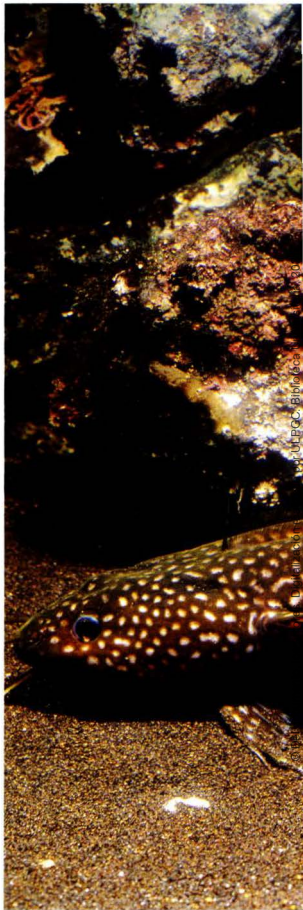




Foto: Alberto Brito

Brota de tierra (*Gaidropsaurus guttatus*), especie bentónica de aguas costeras endémica de las islas macaronésicas (Azores, Madeira, Canarias)

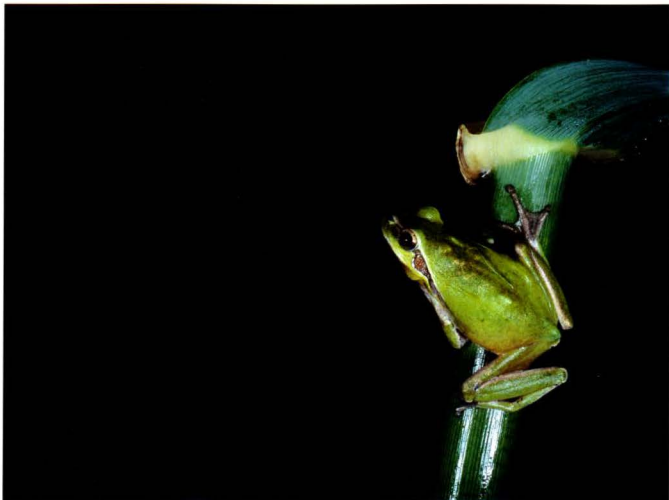


Foto: José Manuel Moreno

Ranita Meridional (*Hyla meridionalis*). Anfibio, posiblemente introducido por el hombre en Canarias



Foto: Rogelio Herrera

Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*). Considerada accidental en Canarias. Se avistó, por primera vez en La Palma, en 1982



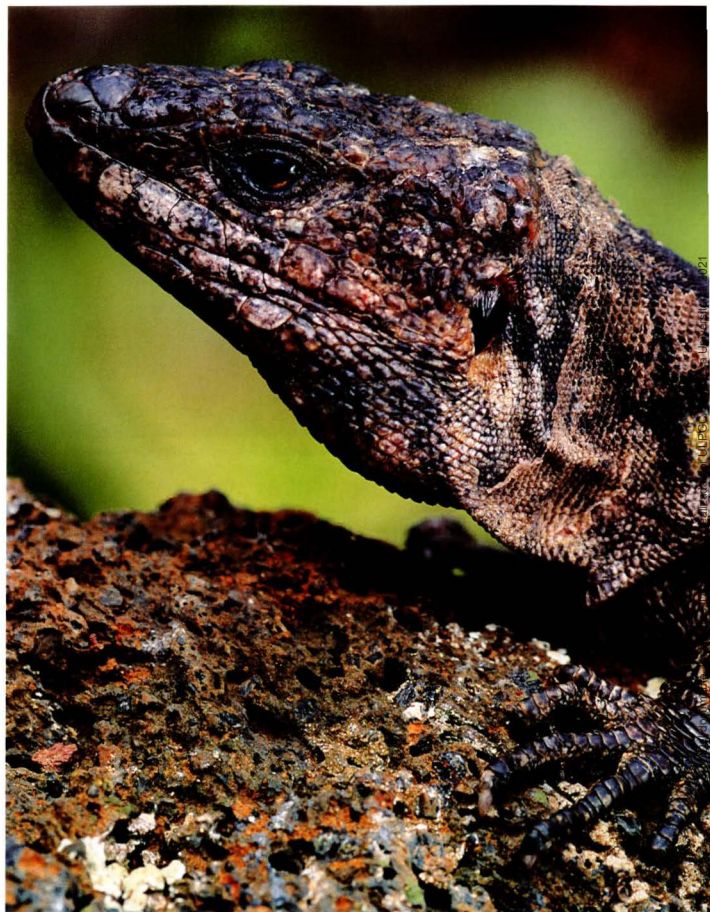
Tortuga Boba (*Caretta caretta*), la más abundante de las tortugas presentes en aguas del archipiélago

Foto: Sergio Haniquét



Tortuga Verde (*Chelonia mydas*)

Foto: Rogelio Herrera



Lagarto Gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi*)



Foto: Diego I. Sánchez



Foto: Jim Pether

Lagarto Gigante de La Gomera (*Gallotia gomerana*), especie descubierta recientemente, con una población muy pequeña



Foto: Domingo Trujillo

Lagarto Gigante de Teno o Moteado (*Gallotia intermedia*), especie descubierta recientemente en Tenerife



Foto: José Manuel Moreno

Lagarto Atlántico (*Gallotia atlantica*), especie endémica de Lanzarote, Fuerteventura e islotes



Foto: Domingo Trujillo

Lagarto atlántico del Malpais de La Corona (*Gallotia atlantica laurae*).
Vive en Lanzarote, en un área muy reducida, conocida como Malpais de La Corona



Foto: José Manuel Moreno

Lagarto Tizón de El Hierro o «lagartijón» (*Gallotia caesaris caesaris*)



Foto: Pedro Felipe Acosta

Lagarto Canarión (*Gallotia stehlini*)



Foto: José Manuel Moreno

Lagarto Tizón (*Gallotia galloti*)



Foto: José Manuel Moreno

Perenquén Gomero (*Tarentola gomerensis*), endémico de La Gomera



Foto: José Manuel Moreno

Perenquén Majorero (*Tarentola angustimentalis*), endémico de Fuerteventura, Lanzarote e islotes



Foto: Domingo Trujillo
Lisneja (*Chalcides simonyi*). Endémica de Lanzarote y Fuerteventura



Foto: José Manuel Moreno
Lisa Común (*Chalcides viridanus*), representada por dos subespecies en el archipiélago



Foto: Domingo Trujillo
Lisa variable (*Chalcides sexlineatus*), endémica de Gran Canaria



Foto: Pedro Felipe Anasta

Erizo Moruno (*Echinocactus algirus*), probablemente fue introducido desde Marruecos a finales del siglo XIX



Foto: José Manuel Moreno

Ardilla Moruna (*Atlantoxerus getulus*) mamífero introducido en Fuerteventura sobre 1965



Foto: Domingo Trujillo

Murciélago Rabudo (*Tadarida teniotis*)



Foto: Domingo Trujillo

Orejudo canario (*Plecotus teneriffae*), murciélago endémico de Canarias



Foto: Domingo Trujillo
Murciélago de Madeira (*Pipistrellus maderensis*)



Foto: Domingo Trujillo
Musaraña Canaria (*Crocidura canariensis*), especie endémica de Lanzarote, Fuerteventura e islates



Foto: José Manuel Moreno

Pardela Cenicienta (*Calenectris diomedea*)

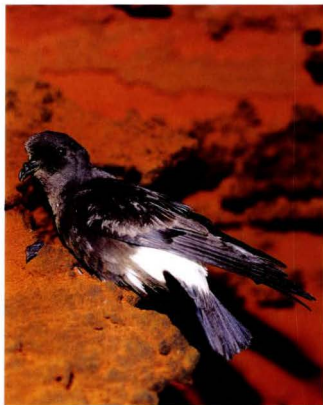


Foto: Domingo Trujillo

Paiño común (*Hydrobates pelagicus*)

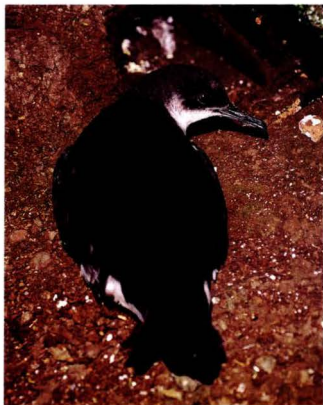


Foto: Domingo Trujillo

Pardela Pichoneta (*Puffinus puffinus*)



Foto: Domingo Trujillo

Paño Pechialbo (*Pelagodroma marina*)



Foto: José Manuel Moreno

Paño de Madeira (*Oceanodroma castro*)



Foto: Domingo Trujillo

Halcón de Berbería (*Falco pelegrinoides*)



Foto: Domingo Trujillo

Ratonero Común (*Buteo buteo*)

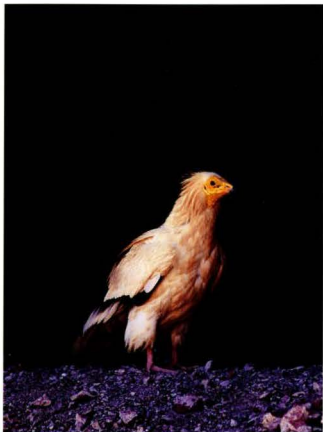


Foto: José Manuel Morales

Alimoche o «guirre» (*Neophron percnopterus*)



Foto: Domingo Trujillo

Halcón de Eleonora (*Falco eleonorae*), especie migratoria que nidifica en los islotes, al norte de Lanzarote



Foto: Domingo Trujillo

Búho Chico (*Asio otus*)



Foto: Domingo Trujillo

Chorlitoje Patinegro (*Charadrius alexandrinus*), cría en pequeñas zonas costeras



Foto: Nicolás Martín

Corredor (*Cursorius cursor*), especie propia de los llanos desérticos y semidesérticos de Lanzarote y Fuerteventura



Foto: Alexander Díaz

Focha Común (*Fulica atra*), nidifica en charcas de agua dulce
Pág. siguiente: Hubara (*Chlamydotis undulata*). Foto: Domingo Trujillo





Foto: Guillermo Delgado

Ortega (*Pterocles orientalis*), especie exclusiva de Fuerteventura

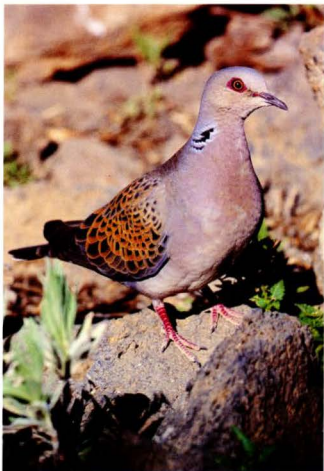


Foto: José Manuel Moreno

Tórtola Común (*Streptopelia turtur*), una de las pocas especies que migra tras la nidificación



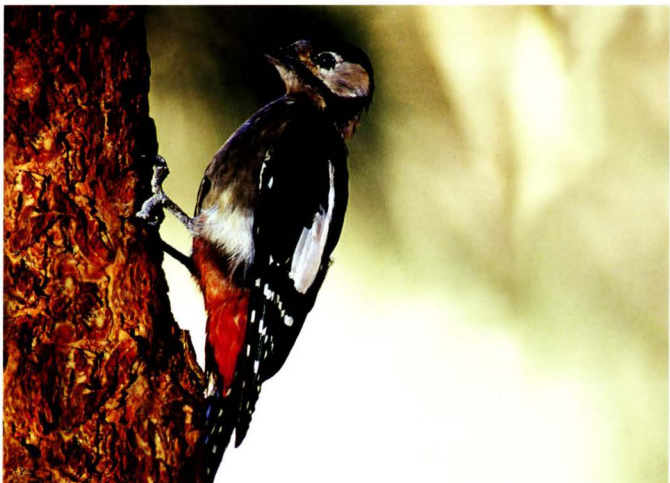
Foto: Silvio Cazzu

Tórtola Turca (*Streptopelia decaocto*), ha colonizado recientemente el archipiélago



Paloma Turqué (*Columba bollii*), endémica de Canarias, propia de la laurisilva de las islas occidentales

Foto: Domingo Trujillo



Pico Picapinos (*Dendrocopos major canariensis*), propia de los pinares de Tenerife, *D. m. thanneri*, habita en Gran Canaria

Foto: Diego L. Sánchez



Foto: José Manuel Moreno

Bisbita Caminero (*Anthus berthelotii*), endemismo macaronésico presente en todas las islas



Foto: Domingo Trujillo

Tarabilla Canaria (*Saxicola dacotiae*), especie endémica de Fuerteventura



Foto: Domingo Trujillo

Terrera Marismeña (*Calandrella rufescens*)



Foto: Domingo Trujillo

Herrerillo Común (*Parus caeruleus*), representado en Canarias por cuatro subespecies endémicas



Foto: Domingo Trujillo

Mosquitero Común (*Phylloscopus collybita canariensis*)



Foto: José Manuel Moreno

Pinzón Azul (*Fringilla teydea*) subespecie *teydea*, exclusiva de los pinares de Tenerife



Foto: Nicolás Martín

Pinzón Azul (*Fringilla teydea*) subespecie *polatzeki*, exclusiva de los pinares de Gran Canaria



Foto: Juan Ramón Acebes

Normania nava, endémica de Gran Canaria y Tenerife, con solo seis localidades



Foto: Julio Rodrigo

Onopordon carduelinum, cardo endémico de Gran Canaria, con solo cinco poblaciones



Foto: José Alfrado

Tababa de Monte (*Euphorbia mellifera*)



Foto: Julio Rodrigo

Centaurea Rosada (*Cheirolophus falcisectus*), endémica de Gran Canaria



Foto: Carlos Samarín

Oro de Risco (*Anagyris latifolia*), endémica de Canarias, con una población muy escasa



Foto: Rubén Barone

Piña de Mar (*Atractylis preauxiana*), especie endémica de Tenerife y Gran Canaria



Foto: José Alfredo

Pico de Paloma (*Lotus maculatus*), especie endémica de Tenerife



Foto: Gerardo García Casanova

Cienfuegos (*Lotus pyranthus*), especie extremadamente rara y endémica de La Palma, con dos poblaciones de un único individuo en cada una de ellas



Retama (*Spartocytisus supranubius*), propia de la alta montaña de Canarias (Tenerife y La Palma)



Margarita del Teide (*Argyranthemum tenerifae*), endemismo tinerfeño



Cardo de Plata (*Stemmacantha cynaroides*), especie exclusiva de Las Cañadas, Tenerife



Foto: José Manuel Moreno

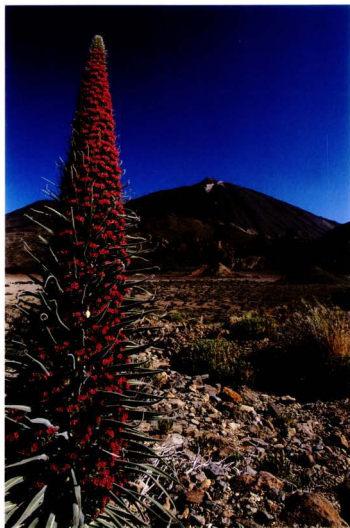


Foto: José Manuel Moreno

Tajinaste Rojo (*Echium wildpretii*)



Foto: José Manuel Moreno

Tajinaste Picante (*Echium auberianum*)



Foto: Agusto Marrero

Drago de Gran Canaria (*Dracaena tamaranae*), endémico de Gran Canaria, descrito recientemente (1998)



Foto: Patro Román

Faya herreña (*Myrica rivis-martinezii*), endemismo escaso, exclusivo de El Hierro, La Palma y La Gomera



Foto: Agusto Marrero

Jarilla de Famara (*Helianthemum gonzalezferri*) endémica de riscos de Lanzarote



Foto: Diego L. Sánchez

Tabaiiba dulce (*Euphorbia balsamifera*)



Foto: José Benito Ruiz

Lechuga de Mar (*Astydamia latifolia*)



Foto: Gerardo García Casanova

Cresta de Gallo (*Isoplexis isobelliana*), endémica de Gran Canaria



Foto: Diego L. Sánchez

Grenovia aurea



Foto: José Manuel Marón

Aeonium cf. *hierrense*

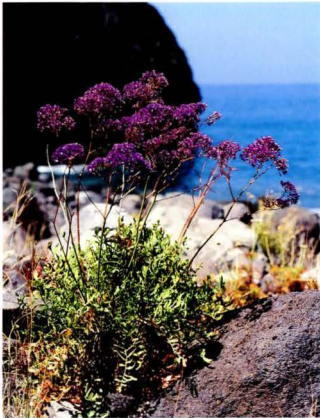


Foto: Gerardo García Casanova

Limonium spectabile, exclusiva de Tenerife, con solo tres poblaciones



Foto: Diego L. Sánchez

Algaritofe (*Cedronella canariensis*), endémica de Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro, propia de zonas húmedas



Foto: Diego L. Sánchez

Lavandula pinnata



Foto: José Manuel Moreno

Barlia metlesiciana, exclusiva y endémica de Tenerife



© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2021

Arcilla (Pericallis steetzii), propia de la laurisilva, endémica de La Gomera



Foto: José Manuel Moreno



Foto: José Manuel Moreno

Bicacera (*Canarina canariensis*), propia del monteverde de las islas centrales y occidentales



Foto: Diego L. Sánchez

Violeta (*Viola anagae*), endemismo tinereño



Foto: Aguedo Marrero

Huellas o improntas foliares, no identificadas del Plioceno de Gran Canaria, asociadas a la base de la formación de Roque Nublo
 Pág. siguiente: *Sideritis macrostachys*. Foto: Diego L. Sánchez



Tabla 29.2

Singularidad de los sistemas agroecológicos de Lanzarote.

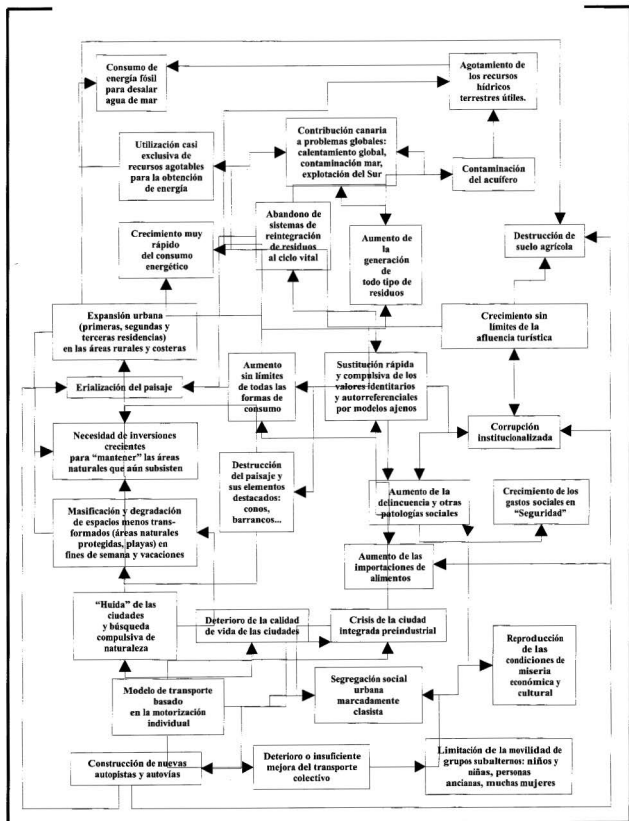
Sistema agroecológico	Obstáculo general que enfrenta	Obstáculo específico que resuelve	Procedimiento que emplea	Producciones tradicionales
Nateros	Estrés hídrico	Erosión torrencial. Pérdida de nutrientes	Paredes transversales al curso de los barrancos; retención de suelo, nutrientes y humedad	Frutales de secano y templados. Cereales. Leguminosas
Arenados naturales	Estrés hídrico	Intensidad viento Recuperación de antiguos suelos fértiles sepultados por piroclastos	<i>Mulching</i> de piroclastos <i>in situ</i> que retiene la humedad. Hoyo y seto (de piedra) cortavientos	Viña. Frutales de secano: higueras, morales, durazneros
Arenados artificiales	Estrés hídrico	Escasez o ausencia de suelo fértil localmente	<i>Mulching</i> de lapilli <i>ex situ</i> , periódicamente renovado, que retiene la humedad; en su caso, aportación de suelo fértil de prestación	Gran diversidad de: cereales, leguminosas, hortalizas, tubérculos, cucurbitáceas Frutales de secano y templados. Tuneras (cochinilla)
Cultivos en trincheras o zanjas	Estrés hídrico. Intensidad del viento	Recuperación de antiguos suelos fértiles sepultados por coladas recientes	Apertura de trincheras en las coladas, aprovechando grietas naturales de retracción. Setos cortavientos complementarios	Viña. Frutales de secano. Tuneras
Cultivos en jable	Estrés hídrico. Intensidad del viento.	Corredor de arenas eólicas (jables) en el área central de la Isla, que forman nebkas y sepultan cultivos y construcciones	Manejo de la circulación del jable, implantando y desmontando pequeños setos provisionales. Optimización de la arena: <i>mulching</i> higrométrico y térmico, contenido en materia orgánica. Adaptación de las variedades cultivadas	Tomates. Batatas. Cucurbitáceas: melones, sandías, calabazas

al conjunto archipelágico, con honrosas excepciones como algunas de las ya señaladas). Estas tendencias no son en absoluto ajenas a lo que está suponiendo en todo el orbe la extensión del *estilo de vida occidental*. A pesar de las críticas científicas y ciudadanas a las que se ve sometido, sigue hegemonizado por una racional-

idad fuertemente crematística, a corto plazo, individualista e insolidaria con los colectivos subalternos (personas de renta baja, buena parte de la población infantil, femenina y anciana), con los demás seres vivos que componen el ecosistema y con las futuras generaciones de seres humanos a los que corresponde habitar estas Islas.

Figura 29.2

Esquema de algunas de las interrelaciones que caracterizan el actual modelo de desarrollo en Canarias.



Capítulo 30

HISTORIA DEL AGUA



CARLOS SOLER LICERAS y FERRIARTE HERNÁNDEZ ANDRÉU

La historia del agua en Canarias es la historia de las necesidades de agua que han padecido sus pobladores. Bajo esta definición, esta historia se podría dividir en cuatro etapas, tanto más cortas cuanto más nos acercamos a la actualidad. Las dos primeras abarcarían desde la irrupción del hombre en las islas hasta el año 1850; el resto, hasta hoy, serían las dos últimas etapas. En las dos primeras, los isleños se acomodaron al caudal de agua que ofrecía la isla donde habitaban. Durante los 150 años que comprenden los dos últimos periodos, la demanda que impuso el hombre con su desarrollo hizo primero que esta oferta fuese insuficiente y luego, extrajo de las entrañas de la isla hasta diez veces más de lo que ella le ofrecía.

Esta historia del agua en Canarias se inició en las zonas brumosas de la isla de El Hierro y todavía no ha terminado, pero todas las obras hidráulicas que hay en estas islas convierten al Archipiélago en una escuela de ingeniería hidráulica, porque pocos sitios hay en el mundo donde se haya buscado agua con tanto afán y de tantas formas como en este Archipiélago. El resultado final ha sido que hoy estas islas mantienen una población muchísimo mayor y, sobre todo, unos turistas y unos cultivos devoradores de agua, pero que han sido capaces de generar una economía que nos está sustentando a todos.

PRIMERA ETAPA

Comprende ésta desde el poblamiento humano de las islas (ver capítulo 28) hasta la Conquista del Archipiélago (1492). Según los arqueólogos, las islas estaban pobladas por un número reducido de habitantes. En La Palma, los aborígenes (auaritas) nunca llegaron a superar los cuatro mil. Tomando como referencia esta isla ¿cuáles serían sus necesidades de agua? La actividad de los auaritas se centraba en el pastoreo y en la recolección de vegetales. En estas condiciones sus necesidades de agua podrían evaluarse en unos 2 litros por persona y día, y una cantidad igual o inferior para el ganado. Bajo este supuesto, bastaría con un aporte de agua de 8.000 litros/día para tener satisfechas todas las necesidades de La Palma. Ocho metros cúbicos al día los proporciona un grifo abierto de una de nuestras casas. Como puede apreciarse, la demanda

prehistórica era muy exigua. ¿De dónde podían obtener el agua? En esa época había dos formas de conseguirla: en los barrancos y en los nacientes, siempre y cuando aportasen un caudal continuo a lo largo del año.

Barrancos con caudal durante todo el año había muchos en Tenerife, Gran Canaria, La Gomera y La Palma. Sin embargo, las tres islas restantes, El Hierro, Fuerteventura y Lanzarote, no tenían ningún cauce que asegurara un caudal continuo a lo largo de todo el año. La otra forma de coger agua, los nacientes, estaba mejor repartida. Todas las islas, menos una, El Hierro, tenían nacientes que daban agua durante todo el año. La tabla 30.1 recoge la aportación aproximada de estos nacientes en cada una de las islas antes de 1500.

Tabla 30.1

Producción de agua en las diferentes islas antes de la llegada de los europeos (1 hm³ es igual a 1 millón de m³).

ISLA	hm ³ /año
La Palma	25
Gran Canaria	50
Tenerife	22
La Gomera	6
Lanzarote	0,05
Fuerteventura	0,06
El Hierro	0

Las exiguas necesidades de los guanches, cifradas para los auaritas en ese grifo abierto (0,02 hm³/año), estaban de sobra satisfechas con el agua aportada por los nacientes, prácticamente les sobraban los barrancos; pero eso no era óbice para que no los apreciaran como se merecían. Por tanto, podrían asegurar que los guanches de las islas no tenían problemas de agua, todos tenían esa necesidad cubierta excepto en El Hierro, donde aunque existían 16 nacientes, ninguno garantizaba un caudal continuo durante todo el año. La aportación de agua desde estos nacientes se limitaba y se limita actualmente, a mantener un caudal exiguo durante pocos meses después de haber llovido. En estas condiciones y teniendo en cuenta que además no hay ningún barranco que

transporte agua durante todo el año, es lógico suponer que los bimbaches eran los únicos que pasaban sed; una sed crónica que como veremos más adelante, la heredaron los futuros colonos y se ha cernido como una sombra funesta sobre El Hierro.

SEGUNDA ETAPA

Comienza con la Conquista del Archipiélago por los castellanos y abarca hasta 1850. Así como la política hidráulica de los conquistadores se aplicó de forma tajante, no sucedió igual con la tecnología. Con ella se podrían construir embalses, pozos y galerías. ¿Por qué no se hizo ninguna de estas obras que podrían haber aumentado la disponibilidad de recursos? La respuesta es simple: porque no les hacía falta; con el agua aportada por lo nacientes tenían de sobra para asegurar sus necesidades. Únicamente cabe señalar los tres pozos que desde siempre se han atribuido a los conquistadores: el de El Rubicón en Lanzarote, el de Pozo Negro en Fuerteventura y el de La Aguada en La Gomera. Los tres tienen una cosa en común, sus aguas salobres que las convertían en idóneas para las largas travesías. Además de los tres pozos mencionados cabe citar, como obras hidráulicas de esa época, algunos pozos en La Laguna y pozos costeros en varias islas y en las playas de acarreo, allí donde se observaba esa surgencia de agua dulce en mareas bajas.

TERCERA ETAPA

El comienzo de la tercera etapa está marcada por la llegada a Canarias de los aportes tecnológicos de la Revolución Industrial. Aunque esta revolución comenzara a gestarse en Inglaterra y a finales del siglo XVIII, Canarias, por razones obvias, no cogió el tren hasta 1850. El aporte de la máquina de vapor hizo que la superficie de cultivo se extendiera y entonces comenzó, en todas las islas, una afanosa búsqueda de agua para cubrir una cada vez mayor demanda.

La creciente puesta en regadío de superficies que hasta

entonces eran de secano, obligó al Gobierno Español a dictar una Ley de Aguas, que vio su luz en 1879. En su apartado de aguas subterráneas la Ley consideraba al agua como un mineral, la propiedad del agua era de aquél que la alumbraba y por tanto su extracción no estaba sujeta a ningún condicionante. Esta misma Ley amparaba los pozos ya perforados marcando un perímetro de protección de 100 metros. En Canarias este límite se amplió diez veces más, decisión que no obedecía a ningún justificante técnico, fue más bien una decisión provocada por el desconocimiento de lo que sucedía en el subsuelo. Aún así, esta decisión fue un total acierto, puesto que fue capaz de preservar las captaciones de la afección de otras que, como buitres, se cernían sobre las que ya habían logrado alumbrar las aguas.

En 1850 comienza la perforación de galerías en Tenerife. Desde este año hasta 1910 las galerías se ubican en las proximidades de los nacientes, con la clara intención de captar sus caudales, dejando de surgir las aguas por donde siempre lo habían hecho y aflorando ahora por la boca de la galería. Tal fue el caso de las galerías en la zona costera de Los Realejos. Con estas obras no se aumentaba el caudal, pero sí se lograba que el agua cambiara de propietario, lo que en algunos casos permitía la liberación de un volumen de agua para un uso más racional y en otros era un claro expolio. A partir de 1910 las galerías pierden su carácter tímido y ya presentan longitudes mayores. Ahora ya no se emboquillan en las inmediaciones de los nacientes, sino que se emplazan y dirigen hacia las dorsales para drenar el acuífero, superando ya los 1.000 metros de perforación. En la isla de La Palma durante esta época se perforaron muchas galerías, aquí la dirección se definía igual para todas ellas: fuese cual fuese el emplazamiento de la boca de la galería, todas se dirigían hacia el centro de La Caldera de Taburiente, buscando a la Madre del Agua.

Entre 1945 y 1965 ocurre el frenesí de las galerías, los kilómetros de longitud se acumulan y se perfora por doquier. Al final de este período están ya perforadas, sólo en Tenerife, 900 galerías, el 90% del total. Es en ese momento cuando se al-

Tabla 30.2

Recursos de agua subterránea en el momento de mayor producción (1973).

	NACIENTES		GALERIAS			POZOS		
	nº	Caudal medio (l/sg)	nº	Caudal (l/sg)	Perforación (km)	nº	Caudal (l/sg)	Perforación (km)
Tenerife	135	100	986	6.350	1.327	291	910	14,0
Fuerteventura	5	1,6	1	1,5	0,3	1.447	248	14,0
Gran Canaria	20	9,5	339	627	177	1.888	3.200	172,6
La Palma	150	500	158	1.202	128	52	882	2.595
Lanzarote	6	0,1	7	15	2,6	100	2	1,0
La Gomera	385	196,6	5	15	3,3	23	117	1,4
El Hierro	15	0	6	0	5,8	14	85	3,9
Canarias	716	807,80	1.502	8.210,5	1.644	3.815	5.444	2.801,9

canza la mayor producción de agua en esta isla: 220 hm³/año. A partir de entonces este máximo histórico no dejará de bajar, aunque se reperforen viejas galerías o se perforen otras nuevas. El año 1965 marca el declive de las galerías y el comienzo de los pozos. Así como las galerías eran el tipo de captación que caracterizaba a las islas de Tenerife y La Palma, el pozo era característico de Gran Canaria y Fuerteventura (Tabla 30.2).

En El Hierro la revolución industrial llegó con el comienzo del siglo. Este hecho lo marcó claramente la perforación del pozo de Agua Nueva. El éxito que se alcanzó hizo que se trajesen tierras de la meseta de Nisdafe y se comenzasen a fabricar fincas donde se plantó caña de azúcar. Con la caña de azúcar se instaló una fábrica de machaqueo y destilación de ron en el mismo edificio del pozo. El exquisito sabor de este ron hizo que se exportara hasta América. Sólo hubo que esperar unas décadas para ver al ron hacer el camino contrario. El pozo de Agua Nueva no sólo fue un éxito mientras duró, también señaló el camino a los que le siguieron. Así se perforaron el pozo La Coruja, Fátima, Tejeguate, Tigaday, Los Llanillos y La Frontera. Cada uno emplazado por encima del anterior, hicieron que, con la suma de los excesivos caudales, se fueran progresivamente salinizando. Además, en el año 1959 se perforaron cinco galerías a diferentes cotas y en muy diferentes lugares que no aportaron todas juntas ni un solo litro de agua.

Mientras todo esto iba pasando en El Hierro, en el resto de las islas, a otra escala, comenzaba a ser igual. Las galerías descendían de caudal y comenzaban a proliferar los pozos. Éstos al principio obtenían agua mucho más rápidamente que las galerías, pero si unas se secaban los otros se salinizaban. En la isla de La Palma se perforaron 69 pozos y de ellos se abandonaron la mitad, el resto sobreviven actualmente gracias a que la necesidad no pone límites a la calidad.

Pero antes de llegar a las penas, volvamos de nuevo a las alegrías, aunque sean pasajeras. En Tenerife la perforación de los pozos supuso inicialmente la compensación por la pérdida de las galerías. Los cuatrocientos pozos y los 50 sondeos aportaron los 50 hm³/año que sumados a los 150 en que estaba la producción de las galerías, iban salvando la situación.

En los comienzos de la década de los setenta la Administración comenzó un ambicioso estudio acerca de los recursos de agua de cada una de las islas de este Archipiélago. Este Proyecto llamado SPA-15 fue una novedad. Por primera vez se realizó un inventario de todos los puntos de agua en todas las islas. Se evaluaron los principales parámetros hidrológicos: precipitación, evaporación, escorrentía e infiltración y dejó sentadas las bases para todos los estudios siguientes. El mérito del Proyecto SPA-15 fue el que por primera vez la Administración se preocupó de los pozos y de las galerías, más allá del mero papel de comisaría y vigilancia, intentando comprender

un hecho del que técnicamente hasta entonces había prescindido. Los problemas del SPA-15 fueron varios: indicaba una realidad pero no daba soluciones, homogeneizó lo heterogéneo y se decantó estrepitosamente por las dos islas capitales. Tras este proyecto aparecieron otros como el MAC-21 y Canarias Aguas 2000. Ambos carentes de la virtud de la primicia que tuvo el SPA-15 y con los mismos defectos que su antecesor quedaron relegados a los archivos.

En esta misma década, la Administración comenzó a construir obras hidráulicas. Mérito del Servicio Hidráulico de la provincia de Las Palmas fue la realización de 60 presas con una capacidad de embalse de 78 hm³. En La Gomera 12 presas generaron una capacidad de embalse de 4,5 hm³. Estas fueron las únicas obras hidráulicas con resultados positivos que aumentaron la producción de agua en las islas. El resto, con un volumen de inversión nada desdeñable, consistieron en depósitos y redes de abastecimiento urbano.

Los Servicios Hidráulicos de la provincia de Las Palmas comenzaron a instalar plantas desaladoras, mientras en la provincia de Santa Cruz de Tenerife las protagonistas de las obras hidráulicas fueron las balsas. Este tipo de obra, como captación de agua de escorrentía defraudó, pero en cambio, resultaron satisfactorias como embalse y regulación de los excedentes de las galerías en invierno. La proliferación de estas obras hidráulicas permitió a los técnicos de la Administración situarse a la vanguardia mundial. Dos veces se batió el récord del mundo: una vez en capacidad con la Laguna de Barlovento y otra vez en altura con la balsa de Adeyahamen, ambas en la isla de La Palma.

También se construyeron algunas presas convencionales en Tenerife durante los años setenta, pero todas constituyeron un fracaso que durante años arrojaron una pésima imagen de la Administración empañando otros logros más satisfactorios. La actuación de los Servicios Hidráulicos, salvando las desaladoras de la provincia oriental, no constituyó un aumento apreciable de la producción de aguas. De 1400 a 1980 el consumo de agua había aumentado 5.000 veces. Inevitablemente surgen una serie de preguntas: ¿es éste el sacrificio de la civilización? ¿es la platanera un cultivo que demanda demasiada agua? ¿sigue siendo nuestro futuro? ¿hemos de cambiar plátanos por turistas? El agua que necesita una hectárea de platanera se la beben 100 turistas durante un año. Todas estas preguntas no se hacían sólo en Gran Canaria y Tenerife, más tarde en los inicios de ésta década también empezó a preguntárselo La Palma y La Gomera. En Fuerteventura y Lanzarote nunca se hicieron esas preguntas porque en ellas las plataneras sólo se podían poner de adorno en los hoteles. Nunca existió la alternativa. Como tampoco existió en El Hierro; el evaluador de 1982 y el comienzo de la salinización del pozo La Frontera, el único pozo que tenía agua para regar, no dieron opción a que llegasen a hacerse estas preguntas existencialistas.

Tabla 30.3

Recursos actuales extraídos por islas (hm³/año). Fuente: Avances de los Planes Hidrológicos Insulares y del Plan Hidrológico Regional.

	Tenerife	Fuerteventura	Gran Canaria	Lanzarote	La Palma	La Gomera	El Hierro
Agua superficial	1,0	1,8	11,0	0,07	5,5	3,4	0
Agua subterránea	217,0	5,3	80,1	0,1	68,0	11,0	2,1
Desalación (2002)	12,3	7,2	88,9	14,7	0	0	0,4
Reutilización (2002)	28,5	4,3	20,3	5,0	0,3	0,1	0
TOTAL	258,8	18,6	200,3	19,87	73,8	14,5	2,5

Por su parte, en Gran Canaria en 1980 los 2.300 pozos existentes habían perforado la isla por todas partes. Los que se hicieron por la cumbre y muchos otros, se llevaron por delante los 50 hm³/año de agua de nacientes que surtían a los habitantes. Aquellos que cubrían holgadamente las exiguas necesidades de los canarios, se sacrificaron para que la producción de la isla alcanzase el doble: los 100 hm³/año.

Así llegamos al final de la década de los años 80 y con él al final de la tercera etapa que se caracterizó en Canarias por el aumento explosivo de la producción de agua y de la inversión privada.

CUARTA ETAPA

Este es el panorama al inicio de la última década del siglo XX. Hemos visto que la demanda ha aumentado y que la oferta ha ido, como ha podido, respondiendo. Antes de 1500 el agua surgía del interior de las islas, tanta era su preñez que rebosaba. En 1990 la mano del hombre había entrado en sus entrañas, extrayendo el agua que necesitaba para desarrollar su economía. Las producciones de agua que se consiguieron se recogen en la tabla 30.3.

¿Quién había logrado este aumento de la producción? En Canarias la mayoría de este aumento se debía a la iniciativa privada. En islas como La Palma, Tenerife y El Hierro el 80% de la infraestructura hidráulica de la isla se había financiado con capital privado. Pero no sólo eso, en otras islas como en La Gomera donde el capital público había sido mucho mayor, la producción de agua sólo había logrado un aumento del 20% del agua producida. En Lanzarote y Fuerteventura las desaladoras eran públicas y privadas, el consumo urbano y turístico podían pagar esos precios.

Sobre todo en las cuatro islas más occidentales, el milagro de la multiplicación de las aguas fue obra de la iniciativa privada. Para lograrlo fueron capaces de hacer obras de una gran envergadura y que en conjunto, representan una obra hidráulica única en el mundo. Nadie como los canarios puede enorgullecerse de conocer más íntimamente al acuífero. Los 1.600 km de galerías perforadas en la isla de Tenerife permiten, a todo aquel amante de la curiosidad, ver y tocar el acuífero,

mojarse en él hasta ducharse o incluso nadar. Los hidrogeólogos de Canarias no tienen por qué imaginarse cómo es un acuífero, como hacen sus colegas del resto del mundo, en Tenerife hay casi un puesto de observación por kilómetro cuadrado. Un telescopio que nos conduce personalmente hasta el acuífero para que lo conozcamos y veamos cómo evoluciona con la lluvia y con el drenaje que se le hace desde la misma galería o desde sus contiguas.

Pese a ello, la situación hídrica a comienzos de esta última década, comenzaba a ser dramática para las islas occidentales. En Fuerteventura y Lanzarote la tecnología de las desaladoras y el uso del agua, permitían vivir holgadamente sin depender de los avatares climáticos. En Gran Canaria la situación era diferente debido a que el consumo agrícola no podía pagarse el lujo de un agua industrial. La situación se salvaba momentáneamente a costa de enviarle a los plátanos las aguas depuradas de la cada vez mayor demanda urbana y turística. Pero en las cuatro islas de la provincia de Santa Cruz de Tenerife la escasez comenzaba a enseñar los dientes. En Tenerife el turismo del sur provocaba que por primera vez los propietarios de agua y tierra vendieran el agua y no les quedara más remedio que quedarse con las tierras yermas. La mala calidad del agua empeoraba la calidad del plátano. En La Gomera el abastecimiento urbano comenzó a presentar problemas en los veranos, hasta que la sequía sufrida en esos años alargó la problemática a la mayoría de los meses. Así, todos los municipios comenzaron a sufrir restricciones o a depender del transporte de aguas con camiones-cuba.

En La Palma, en donde desde siempre se creyó que le sobraba el agua, demostró en esos mismos años que la cruda realidad distaba mucho de ese optimismo. El Valle de Aridane, la zona agrícola productora del mejor plátano de Canarias, presentaba la mitad del agua que consumía con una calidad cada vez peor. En muchos casos los pozos que abastecían esta mitad del consumo, extraían aguas que sólo podían ser utilizadas si se mezclaban con otras, degradando con ello la calidad del conjunto. Pero la peor situación de todas las islas era como siempre la de El Hierro. El abastecimiento urbano de la población del valle de El Golfo estaba relegado a las captaciones que no podían suministrar agua a la agricultura. En el resto de la isla la situación era todavía peor: el agua de su-

ministro en los domicilios era tan salada que ni para lavar servía. La degradación de la calidad era tan clara que muchos apostaban por ver salir peces por los grifos. La agricultura del valle de El Golfo todavía, aunque parezca imposible, estaba aún en peor situación. De todos los pozos sólo había uno, el de La Frontera, que extraía agua de buena calidad, el resto estaban ya salinizados y él solo se mantenía como podía como única reserva de la isla. Pero como los demás disminuían los caudales, se exigía a La Frontera que aumentase el suyo para compensar el que los demás mermaban. Al final comenzó también a sucumbir presa de la salinización. En tan sólo dos años el contenido en sales del agua de este pozo se vio multiplicada por dos. La situación era trágica y se vislumbraba el dramatismo del futuro. La agricultura comenzó a abandonarse y de las 140 hectáreas plantadas en la década anterior, al principio de ésta quedaban sólo 60. El Hierro seguía siendo la isla con menor cantidad y con peor calidad de agua de todo el Archipiélago. Era verdaderamente triste ostentar en una misma isla los dos récords.

Este era el panorama hídrico a comienzos de la década de los noventa, en el que hemos visto cómo la iniciativa privada había conseguido aumentar la producción hasta multiplicarla por diez como en el caso de Tenerife. Ya en la década de los ochenta la Administración comenzó a desarrollar el todavía inconcluso Plan Hidrológico Nacional. En Canarias se redactaron los Avances de los Planes Hidrológicos de cada isla para que después concluyeran en los Planes y los siete se fundieran en un solo Plan Hidrológico de Canarias. Los siete Avances estudiaron la demanda actual y sus problemas hídricos. A la vez, y esto constituyó una novedad en Canarias, se hacía una proyección de futuro intentando calcular la demanda para el año 2002 y de nuevo como innovación, se definían las obras hidráulicas que podrían satisfacer esta demanda futura a la vez que podían mejorar la situación actual. Por primera vez la Administración asumía desde un punto de vista global e insular la problemática del agua y a la vez, asumía también el relevo de ser ella y no la iniciativa privada la encargada de proporcionar la oferta del futuro. Este cambio de predisposición marca el inicio de la cuarta etapa en esta historia del agua. Los

Avances concluyeron al principio de la década de los noventa y todos eran unánimes en una premisa: había que producir más agua. En algunas islas como las capitalinas, este aumento era obligado por la demanda actual y sobre todo por la futura; en otras islas, este aumento era necesario para poder sustituir el cada vez mayor volumen de agua que no presentaba una calidad adecuada para el uso urbano, agrícola, industrial o turístico. Por tanto, una cosa era clara y tajante: la producción de agua de cada isla debía aumentar para adelantarse al futuro y de paso remediar el presente.

La tecnología hidráulica de finales del siglo XX permite, en una isla, extraer agua de cuatro formas diferentes:

Del agua superficial. El método consiste en construir presas si existen terrenos impermeables, o tomaderos que deriven los caudales hacia balsas impermeabilizadas cuando el terreno es permeable. En cualquier caso lo fundamental es tener aguas de escorrentía en los barrancos. Es este un método caro, en el que el coste inicial puede oscilar entre las 1.000 y las 1.500 pesetas por cada metro cúbico embalsado. Los costes de explotación son en cambio muy baratos. Prácticamente los emplazamientos de grandes presas en Canarias están ya agotados (Tabla 30.4)

Del agua subterránea. Este es el método empleado por los canarios, el de mayor aceptación por ser el de mayor rentabilidad. Consiste en perforar galerías o pozos que llegando al acuífero drenan o bombean los caudales que aporta esta formación a la captación. Es uno de los métodos más baratos, pudiendo oscilar el coste de inversión entre 80 y 300 pesetas por metro cúbico. El coste de explotación es nulo en el caso de las galerías y el equivalente al bombeo para el caso de los pozos (máximo 40 pts/m³).

De desaladoras de agua de mar. Es un método industrial que por medio de la osmosis inversa o la presión de vapor permite separar el agua de las sales a partir de la toma bruta del agua de mar. El coste de la inversión en la instalación oscila entre 400 y 700 pts/m³. El coste de producción del agua,

Tabla 30.4

Recursos superficiales de las diferentes islas.

	Escorrentía (hm ³ /año)	nº de Presas	Capacidad (hm ³)	Recursos extraídos (hm ³ /año)
Tenerife	22,00	17	4,83	1,00
Fuerteventura	4,90	3	2,60	1,80
Gran Canaria	75,00	62	78,40	11,00
Lanzarote	1,30	1	0,18	0,07
La Palma	15,00	4	5,00	5,50
La Gomera	8,00	33	4,79	3,40
El Hierro	0,60	0	0,00	0,00
Canarias	126,80	120	95,80	22,77

sujeta a los avatares que marque el mercado del petróleo, oscila hoy en día entre 100 y 200 pts/m³ según se trate de un método o de otro, o de si se contemplan la totalidad o parte de los costes de producción.

De depuradoras de aguas residuales. Es también un método industrial que consiste en recoger las aguas del abasto urbano y turístico mediante las redes de alcantarillado y conducirlas a una estación de depuración. Allí una vez depuradas si se las somete a un tratamiento terciario pueden ser utilizadas para riego, pero con unas restricciones muy severas según el tipo de cultivo al que se destine. El coste de instalación de la depuradora únicamente, puede oscilar entre 300 y 500 pts/m³ y el coste de producción entre 60 y 90 pts/m³, de las que hay que descontar las 30 primeras por depuración obligatoria.

Resulta evidente que estos cuatro métodos diferentes tienen sus limitaciones según sea la isla donde se trate de aplicar. Así las islas con baja pluviometría no dispondrán del recurso potencial de las aguas subterráneas ni de las superficiales, tal y como sucede en el caso de Lanzarote y Fuerteventura. El método de la desalación tiene la grave limitación de su dependencia del petróleo: en unas islas que carecen de este recurso parece muy peligroso confiar también la disponibilidad del agua y, desde luego, fuera siempre de una política de desarrollo sostenible. El método de la depuración y su reutilización en la agricultura, puede ser válido en islas donde la demanda agrícola sea baja y alta la población y el turismo. De todas formas hay que tener en cuenta que las redes de alcantarillado y los consumos domésticos, limitan la recogida de aguas en un 70% de la dotación que se da para el consumo urbano. El tratamiento de depuración también consume otro 30% del agua que entra en la depuradora. Por tanto es muy difícil que la depuración pueda llegar a reutilizar el 50% del agua que se destina al consumo urbano. En islas como El Hierro, La Gomera y La Palma, el abastecimiento urbano actual es poco más del 10% del total. La infraestructura de reutilización para aumentar la producción en tan sólo un 5% no admite justificación; menos si además tenemos en cuenta su uso restrictivo, la dispersión de la población y que en todo el proceso se produce un aumento del contenido en sales equivalente a medio gramo por litro.

Como ya se ha dicho los siete Avances eran unánimes, había que incrementar la producción de agua desde cada una de las islas. De las cuatro formas que hoy tiene la técnica para lograr este incremento ¿cuál o cuáles se escogieron para cada isla? Las islas de Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife, apostaron claramente por el proceso de desalación como solución al abastecimiento urbano y turístico, y el método de reutilización de las aguas depuradas para el incremento de agua con fines agrícolas. En cambio, La Palma, La Gomera y El Hierro, se decantaron totalmente por la explotación de las aguas subterráneas. Las aguas superficiales pueden pre-

cer las grandes olvidadas, de hecho así es y las causas ya están expuestas. El cálculo de la escorrentía superficial, sobre todo en las cuatro islas de la provincia de Tenerife, estaba sobredimensionado desde la época del SPA-15. Los embalses de Gran Canaria, de La Gomera y de Tenerife, así lo han demostrado y además se han agotado ya los barrancos donde la aportación de las lluvias y la impermeabilidad de los terrenos permiten obras hidráulicas con un mínimo de rentabilidad. Aún así en los Planes Hidrológicos Insulares quedaban por hacer obras de captación de estas aguas superficiales: en Tenerife el proyecto Tenade y en La Palma la presa de La Viña. Dos obras hidráulicas de gran envergadura, complejidad y coste, pero que con su baja rentabilidad sólo es obviada por la presión social al ver todos los años correr agua por los barrancos hacia la mar oceánica. Lástima que la opinión pública no vea que por cada pipa de agua que los barrancos vierten al mar, el acuífero descarga más de diez pipas al mismo lugar.

En las tres islas occidentales y una vez asegurados y contrastados estos valores altos de la infiltración y bajos para la escorrentía, viendo además que este recurso subterráneo era varias veces superior a la demanda actual y futura, toda la fuerza se derivó hacia el estudio de la hidrogeología de las tres islas. De esta forma se llegó a conocer cuál era la situación del agua en el subsuelo, cuál era su calidad, cuál era la forma de preservar la calidad ante las extracciones y cuál era la dirección y el sentido del movimiento del agua en el subsuelo. Los Avances de las islas de El Hierro, La Gomera y La Palma concluyeron también de forma unánime: la solución más segura, más barata y que menos impactaba sobre el paisaje insular, era la captación de aguas subterráneas.

Más segura, porque se hacía depender el agua de consumo de la recarga por las aguas de lluvia, teniendo un acuífero que a modo de embalse de regulación era capaz de eliminar las diferencias de aporte entre años secos y húmedos. La desalación no es un método seguro por su dependencia con el petróleo, en los pozos también es cierto que para su extracción es necesaria esa dependencia, pero siempre en menor grado y en último extremo limitaría la extracción y el transporte, pero nunca su captación y existencia. Además en islas como La Palma, la solución que se proponía daba el abastecimiento desde galerías situadas a cotas más altas que el consumo, por lo que su extracción y transporte se hacía por gravedad, independiente por tanto de la aplicación externa de energías derivadas del petróleo.

Más barata, porque, como ya se ha expuesto, tanto los pozos como las galerías constituyen en Canarias las obras hidráulicas más baratas y rentables, tanto en su coste de instalación como en el de explotación. En este último, si la solución es con galerías, el coste es nulo y si es desde pozos, como es el caso de El Hierro, el coste es únicamente el de elevación, común a los otros métodos. El coste de la instalación, tal y como

ya se ha expuesto, es mucho más barato que el de los otros tres métodos, sobre todo si se logra la efectividad en las obras que proponen los Planes Insulares y que se basan en el estudio de todas las captaciones existentes en estas islas.

Menos impacto, porque el impacto que produce una desaladora, una depuradora o una presa, no admite comparación con la que produce el brocal de un pozo o la boca de una galería. Además y dentro de esta afirmación cabe mencionar una utilidad nada despreciable de estas obras hidráulicas de captación de aguas subterráneas. La utilidad es promover un turismo científico que visitando el subsuelo de las islas aumente nuestro conocimiento y el de ellos, en la hidrogeología y en el proceso de formación de nuestras islas (ver capítulo 5).

Los Avances de los Planes Hidrológicos de estas tres islas se aprobaron por unanimidad en los Consejos Insulares respectivos. El correspondiente a la isla de La Palma se ha visto pospuesto en sus obras de ampliación de producción, por considerar conveniente el Consejo Insular que era más urgente la realización de otras obras que ellos consideraban más efectivas. En La Gomera el Plan Hidrológico se está realizando y con las captaciones de agua subterránea ejecutadas hasta ahora, que son provisionales y no definitivas, se ha encontrado ya el recurso suficiente para dar el abastecimiento urbano de to-

dos los municipios. En El Hierro se propuso como solución para toda la isla la reperforación del pozo de Los Padrones, de 52 metros de profundidad y con una galería en su fondo de 1.011 metros de longitud. La espectacularidad del éxito obtenido con esta captación, anticipada en el Avance del Plan Hidrológico, le hizo acreedor del Premio Agustín de Bethencourt, a la mejor obra de ingeniería, a la vez que es ahora el encargado de suministrar toda el agua que necesita la isla para su desarrollo urbano, agrícola, turístico e industrial, erigiéndose en el mejor pozo y una de las mejores captaciones de agua en Canarias. En Tenerife se comienzan a construir dos grandes desaladoras y una depuradora que aliviarán la demanda urbana y agrícola. Mientras en las tres islas de la provincia oriental, sucesivas desaladoras y depuradoras cubren los incrementos de la demanda urbana y agrícola.

La última etapa de esta historia del agua en Canarias, sólo abarca los diez últimos años pero algo ha cambiado radicalmente. La Administración por primera vez ha evaluado los recursos y la demanda actual y futura; en definitiva, ha establecido una planificación a nivel de cada isla y ha asumido sobre sí la responsabilidad de dar la cantidad y calidad de agua necesaria para que pueda continuar el desarrollo de las economías insulares y con ellas la del Archipiélago.



Foto: José Manuel Moreno
Valle Gran Rey, La Gomera

Capítulo 31

LA AGRICULTURA

ANTONIO MARRERO Y JUAN CAPOTE



Poco sabemos de la actividad agrícola llevada a cabo por los aborígenes de las Islas antes de la conquista europea. Las referencias históricas disponibles indican que la alimentación de los guanches se basaba en el pastoreo de ganado caprino, y quizás ovino y de cerdos, suplementado con el cultivo de cereales (cebada y, en menor medida, trigo), habas y arvejas, así como con la recolección de algunos frutos y rizomas silvestres –mocán (*Visnea mocanera*), bicácaro (*Canarina canariensis*), dátil, helechos–. Solamente en Gran Canaria y en algunas zonas del norte de Tenerife desarrollaron los guanches una agricultura de regadío con la construcción de acequias para riego.

Tras el periodo de conquista las tierras fértiles aptas para el cultivo y las fuentes de agua fueron, en su mayoría, distribuidas entre los conquistadores por medio de las datas, mientras que la Corona retuvo para sí los terrenos de monte y los menos productivos (tierras realengas). Los primeros cultivos implantados por los colonos reflejan el origen mediterráneo de éstos: los cereales (trigo, cebada y centeno), la vid, siguiendo siempre el empeño evangelizador de la conquista, las hortalizas y los frutales templados (higuera, membrillos...). Además de estos cultivos destinados al consumo interno, se establece también, a finales del siglo XV, el primer gran cultivo de exportación: la caña de azúcar procedente de Madeira.

A lo largo de los siglos XVI y XVII se introducen otras especies cultivadas, algunas originarias de América como la papa y el maíz, mientras que una importante crisis de mercado hace que el cultivo de la caña de azúcar decaiga y que la vid, y su producto el vino, se afiance como principal cultivo para la exportación. Los vinos canarios, en especial el malvasía, pasan a ser célebres en la Europa del norte y en las colonias americanas.

Desde finales del siglo XVII hasta mediados del siglo XIX el cultivo de la vid se vio sujeto a una serie de vaivenes comerciales a consecuencia de situaciones políticas y bélicas que afectaban a la exportación, así como por la competencia de otros vinos de origen portugués (Oporto) y español (Jerez y Málaga). Transitorias mejoras del mercado impulsaron la exten-

sión de este cultivo hasta zonas marginales, aunque a mediados del siglo XIX se encontraba en franco declive. Los otros dos principales productos de exportación de la época, la orquilla (*Rocella* spp., un líquen del que se extrae un tinte púrpura) y la barrilla (*Mesembrianthemum crystallinum*, utilizada para la extracción de álcali y posterior fabricación de jabón), sufren también reveses económicos en este periodo.

No es hasta la mitad del siglo XIX que emerge con fuerza un nuevo producto agrícola de exportación: la cochinilla (*Dactylopius coccus*), un insecto parásito del nopal (*Opuntia ficus-indica*), originario de Centroamérica, del que se extrae el ácido carmínico, un tinte color rojo intenso. El cultivo del nopal trae aparejado una importante innovación para la agricultura canaria: el uso generalizado de los fertilizantes minerales. El auge de este cultivo no duró mucho ya que la aparición en el mercado en el último cuarto de siglo de las anilinas (tintes artificiales de síntesis, más baratos) provocó su crisis y hundimiento.

Es en las dos últimas décadas del siglo XIX cuando comienza en Canarias la etapa *moderna* de la producción agrícola de exportación. Por iniciativa de compañías inglesas se comienza la producción intensiva y la exportación hacia Inglaterra de plátano (presente ya en las islas a principios del siglo XVI, pero no exportado comercialmente hasta 1887), y, en los primeros años del siglo XX, de tomate de temporada y papa temprana. El plátano y el tomate han continuado siendo los principales productos agrícolas del archipiélago hasta nuestros días, mientras que la papa, pese a haber perdido en gran medida su carácter de producto de exportación, continúa siendo el principal cultivo para el mercado interior.

En la segunda mitad del siglo XX se ha introducido, además, otros cultivos intensivos entre los que cabe destacar las flores cortadas y las plantas ornamentales y esquejes, así como diversas hortalizas de invierno, la mayoría producidos bajo condiciones de protección climática por medio de invernaderos o umbráculos. Estas técnicas de protección climática se han aplicado también al cultivo del tomate y del plátano, aumentándose así notablemente su productividad.

EVOLUCIÓN RECIENTE, SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA ACTIVIDAD AGRARIA

Los datos más recientes disponibles muestran que, en la distribución del uso del suelo en Canarias, menos del 7% de la superficie de las islas (aprox. 46.000 has de las 750.000 has totales) está ocupada por cultivos mientras que otro 7% se clasifica como barbecho (tierras en descanso), aunque posiblemente incluya, en buena medida, tierras de cultivo abandonadas. La superficie forestal supone un 11% del total mientras que un 40% lo constituyen tierras de aprovechamiento marginal (erial a pastos, pastos ocasionales, espartizal) y el 36% lo ocupan terrenos improductivos o no agrícolas. La extensión de terreno cultivada representa una tasa de unas 0,03 has por habitante (0,06 si se consideran las tierras en barbecho), uno de los índices más bajos de todas las comunidades autónomas españolas, similar al de Madrid y diez veces inferior al de la otra comunidad autónoma insular, Baleares.

Los cultivos que ocupan esta superficie (datos para 1998) se relacionan en la figura 31.1. Se observa que cuatro especies (tomate, papa, vid y platanera) representan las dos terceras partes de la superficie efectivamente cultivada. El valor de la producción de estos cultivos no es proporcional a la superficie que ocupan (Fig. 31.2), así los cultivos para la exportación (plátano, tomate y otras hortalizas, y flores y planta ornamental) constituyen el 85% del valor total de la producción agrícola (aprox. 90.000 millones de ptas. ó 500 millones de dólares en 1998) mientras que la papa y la vid sólo representan el 10% de este valor. Es de destacar la productividad del sector ornamental (flor cortada, planta ornamental y esquejes) que, ocupando sólo el 1% de la superficie agrícola, aporta el 14% del valor de la producción.

La evolución reciente de la superficie ocupada por cultivos muestra una clara tendencia decreciente (Fig. 31.3), habiéndose pasado de 68.000 has en 1974 a 46.000 has en 1998. Esta reducción ha afectado especialmente a los cultivos herbáceos de secano (papas, cereales y leguminosas) cuya superficie global ha disminuido en más de un 60% en este período y cuya supervivencia parece dudosa.

Con respecto al subsector ganadero, su aportación a la producción agraria es de unos 25.000 millones de ptas. (aprox. 150 millones de dólares), lo que representa más de un 20% del valor final total. Este porcentaje ha experimentado una tendencia creciente en los últimos años. La avicultura es la actividad más importante (9% de la producción) seguido de la explotación caprina, bovina y porcina (5,6%, 3,7% y 3% respectivamente). La actividad ganadera en las islas muestra la misma tendencia que en la mayor parte de los países industrializados: una mayor intensificación y tecnificación de la producción paralela al aumento de capitalización de las empresas.

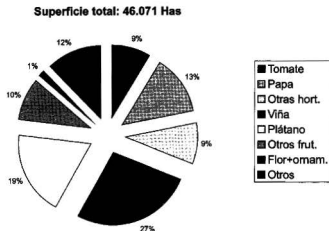


Figura 31.1

Superficie ocupada por cultivos en 1998 (Fuente: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación).

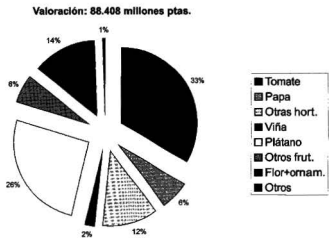


Figura 31.2

Valor de la producción por cultivos en 1998 (Fuente: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación).

Por otro lado, la puesta en marcha de denominaciones de origen para los quesos Majorero y Palmero (éste último con carácter provisional) ha propiciado una mejora notable de la calidad y cotización de estos productos, al tiempo que ha favorecido un incremento del censo de ganado caprino.

La incorporación de España a la Unión Europea y la integración de Canarias en la Política Agraria Común (PAC) ha llenado de interrogantes el futuro del sector agrario en las islas. Desde 1993 la comercialización del plátano en Europa se encuentra regulada por una Organización Común de Mercados (OCM) que otorga a Canarias un con-

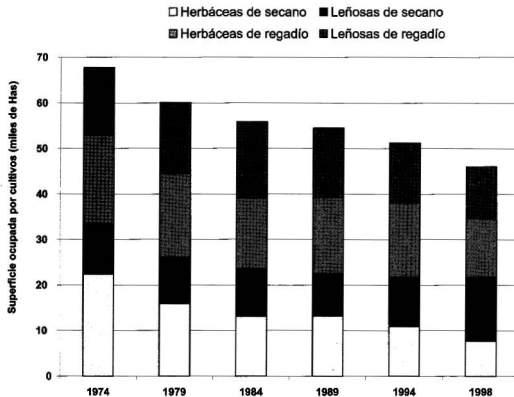


Figura 31.3

Evolución reciente de la superficie ocupada por cultivos en Canarias.

tingente de 420.000 toneladas anuales, al tiempo que establece una ayuda compensatoria por pérdida de renta para los agricultores canarios a fin de hacer viable la supervivencia del cultivo frente a la competencia de la producción centroamericana con menores costes de producción. Esta normativa se encuentra en la actualidad en proceso de revisión y de su evolución dependerá en buena medida el futuro de la producción de plátano en las islas.

El tomate, pese a haber aumentado en los años recientes sus volúmenes de exportación, se encuentra asimismo con dificultades crecientes de mercado debido a la competencia de la producción del sureste peninsular español y de los países norteafricanos, mientras que el sector ornamental, y en particular la flor cortada, ha sufrido similares problemas por la llegada masiva a los mercados europeos de flores procedentes de países del sur de África y Centroamérica.

De los cultivos destinados al mercado local, la papa atraviesa también difíciles momentos debido a la competencia de las importaciones, algunas de ellas amparadas por el Régimen Especial de Abastecimientos (REA) cuyo objetivo es reducir el coste de la cesta de la compra del consumidor canario, una

situación similar a la del sector cárnico de las islas. El cultivo de la vid ha tenido una ligera recuperación debido a las medidas de apoyo del gobierno local destinadas a la mejora de la calidad de los vinos canarios.

Por todas estas circunstancias continúa siendo crucial la innovación tecnológica que permita el aumento de la productividad de los cultivos tradicionales y la búsqueda de producciones alternativas que permitan la continuidad de la actividad agrícola en las islas. Dentro de este grupo se podrían citar la producción de semillas (de alto valor por unidad de peso), la producción de plantas aromáticas, medicinales y cosméticas (que, dada la estabilidad política y económica de las islas, sus posibilidades de desarrollo industrial y su cercanía a los mercados europeos, pudiesen resultar competitivos frente a los países suministradores tradicionales), la producción biológica o ecológica de productos hortofrutícolas o la certificación de calidad con productos con denominación de origen. Además de estas alternativas se deben también tener en cuenta las actividades complementarias que permitan al agricultor suplementar sus ingresos, y, en especial, el turismo rural, que goza de una popularidad creciente y que permitiría potenciar dos actividades económicas hasta ahora consideradas antagónicas.

UTILIZACIÓN DEL AGUA

La escasez de recursos hídricos en la mayor parte de las islas del archipiélago, ha hecho que el agricultor canario haya desarrollado desde antiguo sistemas eficientes de captación de agua y de economía en su utilización. El suministro de agua para riego se ha basado en el embalse del agua de lluvia en presas y estanques, en la apertura de pozos y galerías y, en épocas más recientes, en la desalación de agua de mar y la reutilización del agua depurada de las ciudades (ver capítulo 30).

La agricultura de secano, por su parte, ha dependido de la optimización de la captación del agua de lluvia y la minimización de las pérdidas por evaporación. Para el primer fin el agricultor ha utilizado, sobre todo en las islas más orientales, la canalización de los cursos naturales del agua de lluvia hacia los terrenos de cultivo (nateros) o el envío del agua de escorrentía de las laderas de montañas y colinas —con o sin impermeabilización de las mismas— (gavias). En ambos casos se persigue la acumulación del agua de escorrentía en el suelo de las parcelas de cultivo por orden secuencial en altura, procediéndose con posterioridad a su siembra en el mismo orden.

Para la reducción de las pérdidas por evaporación del suelo se ha utilizado en diferentes islas el *mulching* con distintos tipos de materiales naturales: lapilli volcánico (picón), tobas pumíticas (jable blanco), arena (jable). Estos materiales de alta porosidad no sólo disminuyen la evaporación sino que favorecen la condensación nocturna de rocío, pero su extracción masiva podría contribuir a la degradación de espacios naturales.

Más recientemente la economía en el uso del agua se ha visto favorecido por la adopción generalizada de las técnicas de riego localizado (goteo y microaspersión) que han proporcionado una mayor eficiencia de riego con la consiguiente reducción de los consumos. Aún así actualmente el consumo agrícola de agua supone aproximadamente el 50% de los cursos hídricos de las Islas.

La calidad del agua disponible para el riego en Canarias ha sufrido un proceso de deterioro debido a la extracción excesiva de agua del subsuelo que, en algunas zonas costeras, ha ocasionado fenómenos de intrusión marina y subsecuente salinización de los acuíferos. Por su parte, niveles excesivos de fertilización y aplicación de productos fitosanitarios en algunas zonas agrícolas han llevado a la contaminación de los acuíferos subyacentes por nitratos y pesticidas. En la actualidad se encuentran en elaboración por la administración normas para la producción integrada de cultivos que permitan un uso racional de los productos agroquímicos y eviten los riesgos de degradación de los suelos y las aguas (ver capítulos 38 y 39).

USO DEL SUELO

La escasez en Canarias de grandes extensiones de terreno llano apto para el cultivo ha obligado al agricultor canario a adoptar prácticas de modificación del espacio natural que han contribuido a la creación de un paisaje agrícola muy característico. Así, la mayoría de los cultivos de consumo interno (papas, vid, hortalizas de temporada) se producen en zonas de medianías (400 a 1.000 m de altitud) sobre suelos naturales de buena fertilidad pero, con frecuencia, con pendientes excesivas y abundante pedregosidad, por lo que se ha recurrido al despedregado (y subsiguiente construcción de paredes de piedra o *majanos*) y al abancalamiento del terreno. Estos suelos así transformados pasan a ser tremendamente susceptibles a la erosión en el caso de que se abandone su cultivo, por lo que el mantenimiento de la actividad agrícola en estas zonas tiene importantes consecuencias no sólo económicas y sociales, sino también ecológicas.

Los cultivos de exportación, por su parte, se localizan en las zonas costeras de mejores características térmicas. En estas zonas, sin embargo, los suelos naturales son poco profundos y de mala calidad agrícola (salinizados y/o sodificados) por lo que para su puesta en producción se realiza la práctica del sorribado: aterrazado del suelo natural, construcción de muros de contención y aportación de suelo de buenas características procedente de zonas más altas de la isla. Esta práctica, de marcado impacto medioambiental, se encuentra regulada y es cada vez más difícil conseguir tierra de buena calidad habiendo de recurrirse a los desmontes realizados para la construcción de carreteras. La creciente adopción de las técnicas de cultivo sin suelo (hidropónico o sobre sustratos más o menos inertes) en la horticultura intensiva podría hacer disminuir la incidencia de estas prácticas, aunque podrían ocasionarse otros problemas medioambientales por la extracción excesiva de materiales inertes autóctonos (*picón*).

La competencia de otras actividades económicas más rentables (construcción, turismo, etc.) ha causado una disminución de la superficie destinada a la producción agrícola al tiempo que se ha producido un alejamiento progresivo de las zonas de cultivo de los núcleos urbanos, especialmente a medida que se mejoran las vías de comunicación terrestres por medio de la construcción de autopistas. En este sentido el paso a los ayuntamientos de la potestad de recalificar el terreno agrícola como urbanizable ha conducido a una pérdida importante de los mejores suelos agrícolas, una situación que trata de paliarse por medio de la elaboración de los planes insulares de ordenación del territorio (PIOTs) (ver capítulos 43 y 44).

IMPACTO PAISAJÍSTICO

El efecto de la actividad agrícola sobre el medio natural fue evidente desde los primeros tiempos de la colonización de las islas, con importantes talas de masas forestales de laurisilva, fayal-brezal y pinar para su puesta en cultivo y/o explotación maderera. Por otro lado, como ya se ha citado, la actividad agrícola ha contribuido también a crear un entorno característico en zonas de medianías y en valles destinados al cultivo de la platanera que hoy día se trata de preservar por su valor paisajístico definidor, en parte, de la imagen turística de Canarias. La adopción de técnicas de cultivo protegido (invernaderos y umbráculos) tiene en general un impacto negativo sobre el valor visual del espacio agrario, por lo que la implantación de este tipo de estructuras está prohibida en ciertas áreas de las islas.

De las especies vegetales introducidas por su valor agrícola u ornamental, algunas de ellas (*Opuntia*, *Pennisetum*, etc.) han mostrado un marcado carácter invasor amenazando con desplazar de su hábitat natural a especies de la flora autóctona.

LA AGRICULTURA COMO ACTIVIDAD DE RECICLAJE MEDIOAMBIENTAL

En los países desarrollados se contempla de forma creciente a la agricultura no sólo desde su vertiente exclusivamente productiva sino como parte de las diferentes actividades de gestión medioambiental. A este respecto la actividad agrícola ha pasado a jugar un papel importante en la absorción de los residuos generados por otros sectores de la actividad humana permitiendo el cierre de los ciclos de utilización de los recursos naturales.

En Canarias se han desarrollado experiencias pioneras en España en la reutilización de las aguas depuradas urbanas en la agricultura. Esta reutilización se ha visto facilitada por la buena calidad de dichas aguas, con niveles extremadamente bajos de metales pesados debido a la baja actividad industrial en las islas. En la actualidad se reutilizan en la isla de Tenerife más de 5 hm³ anuales de agua depurada y un volumen similar en Gran Canaria, aunque se prevé que en esta década el volumen de agua reutilizada en ambas islas será superior a los 60 hm³, más de un 40% del total del agua consumida en la agricultura. También se han desarrollado programas de utilización de los lodos de depuración, subproductos con un alto contenido en materia orgánica, a partir de enero de 1999, fecha en la que quedó prohibido su vertido al mar en todo el territorio de la Unión Europea. Por otra parte, funciona desde hace años en la isla de Tenerife una planta de fabricación de compost a partir de residuos sólidos urbanos para su utilización en agricultura.

RECURSOS GENÉTICOS EN LA AGRICULTURA CANARIA

Las Islas Canarias no son centro de origen de ningún cultivo de importancia agrícola. Tan sólo algunas especies endémicas como la palmera canaria (*Phoenix canariensis*) o el pino canario (*Pinus canariensis*) son utilizadas en jardinería y paisajismo en distintas partes del mundo, mientras que otras especies silvestres de valor ornamental (*Senecio* spp. *Limonium* spp. *Argyranthemum* spp., etc.) han sido usadas en programas de mejora genética para la obtención de cultivares para jardinería.

En la actualidad se realizan estudios sobre las posibilidades de utilización agrícola de otras especies de la flora canaria para uso ornamental –bicacarerero (*Canarina canariensis*) y otras– o forrajero –tagasaste (*Chamaecytisus* spp), tederá (*Aspalthium bituminosum*)–. La flora canaria tiene también un potencial aún no adecuadamente explotado para la selección de especies de valor medicinal o aromático. Otras especies presentes en la flora autóctona canaria tales como *Cicer canariensis* o *Avena canariensis* podrían ser interesantes en programas de mejora genética de especies comestibles.

Con respecto a las especies cultivadas, todas ellas introducidas, se encuentran en fase de realización los trabajos de caracterización del germoplasma vegetal existente en las islas por parte de grupos de investigadores pertenecientes a distintas instituciones canarias. En el caso de la platanera (*Musa acuminata* AAA), el principal cultivar presente es la Pequeña Enana (*Dwarf Cavendish*), aunque en los últimos años se ha comenzado una reconversión varietal hacia otros cultivares del grupo Cavendish (*Grand Nain* y otros). La presencia de esta especie en las islas durante cuatro siglos, el último de ellos bajo condiciones de cultivo intensivo, ha posibilitado la selección por parte de los agricultores de tipos locales, originados por mutaciones somáticas, sobre los que en la actualidad se realizan varios trabajos de caracterización.

En el caso del tomate y demás hortalizas de exportación, el carácter anual de su cultivo con sustituciones frecuentes de las variedades cultivadas, hace que la principal fuente de variabilidad genética existente concierna a la persistencia de variedades comerciales, hoy día en desuso, que algunos agricultores siguen cultivando a pequeña escala para el consumo local.

El cultivo de la papa es otro de los de más temprana introducción en las islas. Los cultivares introducidos en las distintas etapas históricas pertenecen a dos subespecies de *Solanum tuberosum*: ssp. *tuberosum* y ssp. *andigena*, aunque existen dudas sobre si una variedad local (papa negra) pudiera pertenecer a la especie *Solanum x chaucha* (*S. mamilliferum*). Algunos de los cultivares de la ssp. *andigena* (bonita, colorada, torrenta, azucena,...) fueron introducidos

desde el siglo XVI mientras que otros fueron traídos en el siglo pasado por emigrantes canarios retornados de Sudamérica. Los cultivares de la ssp. *tuberosum* comprenden variedades recientes para la exportación (*King Edward*, *Uptodate*, *Arran Banner*, *Kerr's Pink*, ...) así como otras que fueron importantes a nivel comercial en su día (Liria, Rafaela, Rosita...). En esta especie, sin embargo, la existencia de un alto nivel de sinonimia, así como la incidencia de las mutaciones somáticas e infecciones víricas que pueden alterar las características morfológicas de las plantas, hacen preciso realizar una caracterización rigurosa por métodos morfológicos y moleculares.

En cuanto a la vid, la situación del estudio del germoplasma existente es similar a la de la papa, estando en curso de realización los trabajos de caracterización de los cultivares locales por métodos ampelográficos. La ausencia de filoxera en las islas puede haber permitido el mantenimiento en cultivo de variedades ya desaparecidas en el mercado europeo, aunque es probable que la mayoría de las variedades locales (Listán blanco, Listán negro, Malvasía, Negramoll, Vijariego...) correspondan a cultivares existentes en la Península.

Con respecto a la producción ganadera, hasta mediados del presente siglo ésta se sustentaba en la cría de una serie de razas autóctonas rústicas y, en general, de aptitud polivalente. Así el ganado vacuno, representado por las razas Palmera y Canaria o Criolla, se explotaba por sus características lecheras y cárnicas, pero, sobre todo, por su capacidad de trabajo; de las ovejas Canarias y Palmeras se utilizaba la leche, la lana y los corderos, mientras que el cerdo Negro Canario (un tipo graso), proporcionaba carne, tocino y manteca. Las cabras, por el contrario, eran de aptitud exclusivamente lechera en todas las razas (Majorera, Tinerfeña y Palmera), aunque en la

actualidad la práctica totalidad de esta producción de leche se destina a la elaboración de queso.

Hoy en día la gran mayoría de los cerdos, aves y ganado vacuno existentes en las islas son híbridos comerciales que se explotan en condiciones de alta intensificación. Buena parte del ganado vacuno de la raza Frisona es enviado y criado en Europa dada la falta de recursos forrajeros en las islas y el alto coste de los piensos y forrajes de importación. Solamente en los pequeños rumiantes, y más en particular en el caso del ganado caprino, se mantienen en explotación las razas autóctonas. Con respecto al ganado ovino, la actuación de la Administración ha permitido la recuperación de la oveja Palmera al tiempo que se han producido importaciones de razas de oveja sin lana procedentes de países del Caribe y que, muy posiblemente, son descendientes de las ovejas primitivas llevadas desde Canarias a esos países en otras épocas.

El resto de las razas autóctonas ganaderas se encuentran en situación preocupante con censos muy reducidos tanto de cerdo Negro Canario como de vaca Palmera. La vaca Canaria o Criolla ha experimentado un incremento en los últimos años como consecuencia de las subvenciones oficiales para su cría y su utilización en espectáculos lúdico-deportivos (competiciones de arrastre).

Finalmente, hay que destacar que las islas son depositarias de una importante entomofauna autóctona que tiene un importante valor potencial para la selección de enemigos naturales de las plagas de los cultivos que faciliten las actividades de lucha biológica en una agricultura eco-compatible. Ya existen asimismo ejemplos del uso de insectos autóctonos (*Bombus canariensis*) como agentes polinizadores en el cultivo del tomate en invernadero.

Capítulo 32

LOS APROVECHAMIENTOS FORESTALES



Los productos que generan los bosques constituyen la base de los aprovechamientos forestales. Hay que tener presente que estos aprovechamientos forestales existen desde que el hombre entra en contacto con el medio, pues requiere el uso de los recursos naturales para su desarrollo. Los aprovechamientos y la presencia del hombre en los distintos ecosistemas forestales van, por tanto, estrechamente ligados. Las variables son las que responden a las preguntas qué, dónde, cuándo, cuánto y cómo se aprovecha o se ha aprovechado.

En lo que concierne a esa serie de preguntas, se puede ponderar para Canarias que los aprovechamientos forestales han consistido principalmente en carbón, leña, madera, resina, frutos, follaje y sustrato mineral. Durante los últimos cinco siglos el hombre ha hecho uso de estos recursos en los ecosistemas forestales del bosque termófilo, monteverde y pinar canario (ver capítulo 19). Sin embargo, el uso fue tan desordenado e intensivo que grandes extensiones de bosques desaparecieron o quedaron alterados. Son por tanto las preguntas acerca de cuánto y cómo se ha aprovechado, las que aluden al sistema de aprovechamiento llevado a cabo y al estado actual de la vegetación.

Si bien durante épocas prehistóricas, los aborígenes canarios carecían del desarrollo tecnológico y población suficiente como para devastar los bosques, no por eso dejaron de hacer uso de los recursos naturales que ponían a su disposición los distintos ecosistemas forestales. Pruebas de su legado son el *chacrerquén* elaborado a base del fruto del mocán, artesanías de hoja de palma o ataúdes labrados en madera de pino.

Resulta indudable que es a partir de la conquista y posterior colonización de las Islas cuando aumentan los aprovechamientos forestales. Las datas, las frecuentes usurpaciones, la tala desconsiderada y sin método, los incendios provocados, el pastoreo intensivo o los monocultivos fueron las muchas causas que alteraron y fragmentaron los montes sin que las ordenanzas existentes fueran suficientes para su conservación (González de Chávez 1983). Las causas profundas de tal deterioro, que afectarían en distinta medida a las islas, eran el continuo aumento de la población, sus penurias y consiguiente

avidez de campos de cultivo. Ahí queda la isla de Gran Canaria como el ejemplo más patente de aprovechamiento incontrolado, pues de su geografía han desaparecido la práctica totalidad del bosque termófilo y del monteverde.

Según las épocas y las características de las distintas islas, los aprovechamientos variaron de intensidad, aunque se puede hablar de una época que abarcó desde finales del siglo XV hasta principios del siglo XX, caracterizada por el aprovechamiento incontrolado anteriormente descrito. Es a partir de los años 30 del siglo XX cuando comienza una nueva época marcada por la Ley de Creación del Patrimonio Forestal del Estado y la redacción del Plan Nacional de Repoblación Forestal, con el cual se pretendió llevar a cabo una política de restauración, ordenación y aprovechamiento del sector forestal.

A continuación se considera oportuno abordar los aprovechamientos forestales según los ecosistemas presentes en las islas. A pesar de la dificultad de recopilar datos, se ha acudido a las pocas fuentes existentes, con el fin de dar a conocer los aprovechamientos durante los últimos años.

CASTAÑARES

El castaño (*Castanea sativa*) fue introducido por los conquistadores españoles en las Islas Canarias. El castaño forma parte del paisaje de las medianías del norte de las islas centrales y occidentales desde hace ya varios siglos y goza de aceptación por parte de la población rural. Esta especie arbórea puede aparecer de forma aislada, mezclada con otras especies autóctonas o formando masas monoespecíficas de castañares. En el presente capítulo se incluye esta formación boscosa por encontrarse en algunas islas como masa forestal mayor de una hectárea y con una fracción de cubida cubierta (proyección ortogonal de las copas de los árboles sobre la superficie del suelo) igual o superior al 10%.

Los castañares han llegado a ser utilizados ocasionalmente como montes adhesados en sistemas silvopastoriles, en donde junto al recurso forestal existía un ganado que pastaba libremente entre sus anchas copas. Sin embargo, en la mayo-

ría de los casos, han sido aprovechados para la recolección de la castaña y la obtención de varas, pudiéndose tratar la masa para ello a monte bajo. La castaña destaca por tratarse de un fruto rico en almidón, mientras la madera se caracteriza por ser de color pardo amarillento, dura, flexible y de fibra fina.

Actualmente se pueden encontrar pies aislados vigorosos, con fustes rectos y portes superiores a los 25 metros de altura en fondos de barranco, aunque en la mayoría de los casos se trata de ejemplares achaparrados, vetustos o con cepas agotadas. Las propuestas de mejora para el futuro pasan por evitar la introducción de enfermedades peligrosas tales como la tinta (*Phytophthora cinnamomi*) y el chancro (*Endothia parasitica*), trabajar en la mejora genética de variedades de la especie y fomentar la plantación en determinadas áreas. Las propuestas más realistas para fomentar la especie parecen ser la plantación como árbol frutal forestal en sistemas agroforestales o silvopastoriles en áreas rurales de desarrollo socioeconómico, así como la creación de masas mixtas con especies del monte-verde. En sistemas agroforestales y silvopastoriles se compatibilizarían los aprovechamientos agropecuarios con los forestales en un monte adeshado, el cual podría ser tratado a monte bajo o medio para la obtención de rama verde, varas y castañas. En castañares susceptibles de transformación a monte-verde, las especies de la laurisilva se beneficiarían de la media sombra que proporciona el castaño para crear masas mixtas de monte alto, en donde tratamientos de claras y selección de árboles de porvenir determinarían los aprovechamientos. Por árboles de porvenir se entienden aquellos árboles que permanecen formando la masa final después de todas las claras.

EUCALIPTARES

El eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus*), originario de los estados australianos de Tasmania y Victoria, fue introducido a principios del siglo XX en terrenos particulares del antiguo dominio del monteverde. Las razones que llevaron a ello fueron principalmente el rápido crecimiento de la especie y la capacidad de rebrote de sus cepas. Como contrapartida también se comprobó su enorme capacidad para sustraer agua y reducir así la cantidad de agua útil del suelo.

Los eucaliptares se concentran principalmente en lomas y

laderas de las medianías del norte de las islas de Gran Canaria y Tenerife. Muchos de estos eucaliptares se encuentran fraccionados o en pequeñas parcelas sin llegar a conformar una masa forestal de gran extensión. Por un lado, aparecen masas sin ningún tipo de tratamiento selvícola que a menudo se ven invadidas por un sotobosque de laurisilva si la estación es buena. Por otro lado, existen también masas sometidas a tratamiento selvícola que constituyen montes bajos regulares tratados a corta a *hecho* (corta de todos los pies o brotes de cepa que forman la masa forestal) o montes bajo semirregulares sometidos a un tratamiento emparentado con la técnica del resalveo, en donde los resalvos (brotes de cepa) más vigorosos son respetados hasta la siguiente corta, pero en donde escasean especies del sotobosque. Los turnos de corta oscilan entre los tres años para la técnica de resalveo y los seis o más años para el tratamiento de corta a hecho. Los productos obtenidos han sido varas y puntales, los cuales han sido empleados para cultivos, estructura de invernaderos o vallados. Esta producción decrece paulatinamente, debido a la escasa demanda y al elevado número de recepes (corta de los brotes de cepa o resalvos) efectuados con el consiguiente agotamiento de las

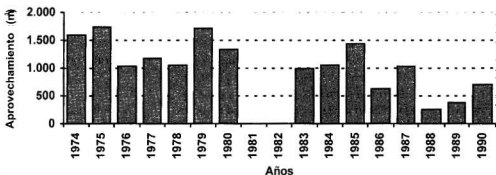


Figura 32.1

Aprovechamientos de eucalipto en la isla de Gran Canaria durante el periodo 1974-1990 (según Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1995, Canarias, Las Palmas, 1994).

cepas sin que por contrapartida haya habido una renovación de las mismas (Fig. 32.1).

De seguir existiendo una demanda de productos de eucalipto, la propuesta de mejora para el futuro pasa tanto por una mejora selvícola como ecológica de los actuales eucaliptares. Las mejoras selvícolas deben consistir en una renovación de cepas y optimización de los tratamientos en cuanto a turnos y época de cortas, evitando una posible plaga de foracanta (*Phoracantha semipunctata*). Las mejoras ecológicas deben consistir en evitar cortas a hecho que induzcan procesos erosivos y en plantar especies alternativas y compatibles con el eucalipto. En el caso de las plantaciones de eucalipto en explotación, se requiere de un servicio de extensión forestal para el asesoramiento de los propieta-

rios particulares. En lo que respecta a la presencia del eucalipto en montes públicos, se recomienda su erradicación que puede consistir en el destoconado (extracción del tocón o cepa), el anillamiento, la corta o el tratamiento químico con arboricida.

BOSQUES TERMÓFILOS

La mayor parte de las primeras poblaciones fundadas en las Islas lo fueron en áreas con bosques termófilos en sus alrededores, desde Tegui (Lanzarote) y Betancuria (Fuerteventura), pasando por el Real de Las Palmas, Telde, Gáldar (Gran Canaria), La Orotava, Gúímar y Adeje (Tenerife) hasta Santa Cruz de La Palma. Las primeras transformaciones de este paisaje natural, y especialmente de las comunidades forestales, estaban directamente relacionadas con la existencia y aprovechamiento del agua y la madera. Así, podemos afirmar que las primeras agresiones importantes al medio natural se dirigieron a la destrucción de los bosques termófilos, tanto para deforestarlos y convertirlos en zonas de cultivo como para extraer de ellos las leñas que el consumo del hogar, los hornos de tejas y cal y, sobre todo, los ingenios azucareros, demandaban para la elaboración de los respectivos productos (Santos *et al.* 1985).

Los usos que se dieron a las distintas especies de este ecosistema forestal fueron muchos. El acebuche (*Olea europaea* ssp. *cerasiformis*), por ejemplo, destacó por su leña exquisita para el fuego (Viera y Clavijo 1866-1869) y su madera apta para ejes de carretas, aperos de labranza y construcción. Del almárgico (*Pistacia atlantica*) se apreciaba su resina "la almárgica", la cual se usaba en la elaboración de barnices, como bálsamo, para perfumar casas o fortalecer los dientes. La madera de sabelino (*Juniperus turbinata* ssp. *canariensis*) sirvió como excelente combustible, así como por su agradable olor y buen pulimento para acabados de gran belleza en interiores. La sangre de drago (*Draecena draco*) fue tan solicitada para usos medicinales, tintes y barnices que en poco tiempo empezó a escasear. Por último, los usos de la palmera (*Phoenix canariensis*) han sido variados, pues con sus troncos se han techado casas, mientras que sus hojas han suministrado el material necesario para cestería.

Hoy en día han desaparecido los bosques termófilos de Betancuria, Las Palmas de Gran Canaria, Valle de La Orotava o de tantos otros lugares, y tan sólo permanecen restos de sabinas en La Gomera y El Hierro, vestigios mudos de un pasado esplendoroso. Actualmente sólo se llevan a cabo aprovechamientos de la palmera, bien para la extracción de miel de palma o guarapo en la isla de La Gomera, o bien tras las podas, para forraje de ganado o cestería en Lanzarote, Gran Canaria y La Gomera. La recuperación del bosque termófilo en las islas sólo se podrá concebir a través de la estricta conserva-

ción de sus relictos actuales y de una restauración forestal apoyada por un Plan forestal ambicioso.

MONTEVERDE (FAYAL-BREZAL Y LAURISILVA)

Fueron los problemas demográficos y la desaparición de los bosques termófilos de las zonas bajas lo que impulsó a la población al aprovechamiento de los montes de medianías de laurisilva y fayal-breza. Los ingenios de azúcar, los hogares y la construcción de viviendas y barcos, seguían necesitando madera, leña o carbón. La producción de carbón vegetal entrañó una notable explotación de los recursos forestales de las zonas de medianías. La elaboración del carbón se llevó a cabo en el mismo monte, en el que se construían las carboneras, apilamientos de troncos de pequeño tamaño cubiertos de tierra, en los que se llevaba a cabo la combustión lenta de la madera en ausencia casi del aire. Los incendios forestales, unas veces fortuitos y otras veces provocados para obtener rápidamente campos de cultivo o pastizales, restaron también muchas hectáreas al monte (León 1984). Asimismo, las ramas de especies del monteverde sirvieron de cama de ganado y forraje. El monte fue, por tanto, un complemento de primera magnitud para la economía campesina y la agricultura de autoabastecimiento, practicada sobre todo en las zonas de medianías de las vertientes a barlovento.

Dentro de la amplia gama de especies arbóreas del monteverde, hubo varias especies que se utilizaron en la construcción. El barbusano o "ébano de Canarias" (*Apollonia barbusana*), de madera dura y color oscuro, fue muy apreciado para muebles, balcones, pasamanos, balaustres y escaleras; el viñatigo o "caoba de Canarias" (*Persea indica*), de madera con tonos rojizos, fue muy estimado para trabajos finos de ebanistería, mientras que el til (*Ocotea foetens*) podía ser utilizado en carpintería después de secarse, pues de esa manera desaparecía el olor desagradable que la madera recién cortada desprende (Peraza y López de Roma 1967). También se apreciaban el acebiño (*Ilex canariensis*), pues era muy apropiada para ser pulida, y el palo blanco (*Picconia excelsa*) por ser madera muy dura y densa. Estas maderas no sólo se exportaron entre las diferentes islas, sino que incluso se llegó a exportar a la Península y al extranjero.

Ceballos y Ortuño (1976) describen en su obra los tratamientos selvícolas en el monteverde. Así, explican la existencia de un monte bajo explotado por cortas a hecho a turno corto, en el que las especies definitivas se mantienen exclusivamente por brote de cepa. Esta modalidad de tratamiento está encaminada a la producción de leñas para carbón y a la obtención de varas y horquetas para los cultivos del plátano, la vid y el tomate. Muchos de estos montes se hallan sometidos a un plan metódico de explotación, con turno fijo, generalmente comprendido entre 15 y 20 años. Al quedar el suelo periódicamente puesto al descubierto por las cortas, las espe-

cies de sombra quedan desfavorecidas al igual que aquéllas con menor capacidad de rebrote. Bajo este tratamiento van desapareciendo las especies nobles, mientras que son el brezo (*Erica arborea*), la faya (*Myrica faya*), el acebiño (*Ilex canariensis*) y el laurel (*Laurus azorica*) las especies que permanecen.

Principalmente, es en montes particulares de fayal-brezal de las islas de La Palma y Tenerife donde continúan existiendo aprovechamientos forestales (Fig. 32.2). Estas masas de monte bajo son generalmente sometidas a cortas a hecho con turnos cortos, donde los productos obtenidos consisten en su mayoría en varas y horquetas destinadas a los cultivos de planterías y vides. En Gran Canaria, donde ya no existe la posibilidad de realizar aprovechamientos forestales del fayal-brezal, las varas y horquetas para cultivos son importadas en oca-

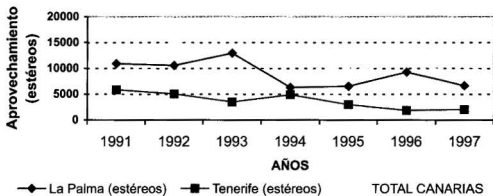


Figura 32.2

Aprovechamientos de fayal-brezal en las islas de La Palma y Tenerife en estéreos (0,7 m³) durante el período 1991-1997 (según datos de la Viceconsejería de Medio Ambiente).

siones desde La Palma. No obstante, también existen en Tenerife y Gran Canaria unas pocas muestras de montes resalvados.

Con el fin de contribuir a la mejora selvícola y ecológica de estas masas se considera oportuno cambiar de método de beneficio, el cual se obtendría mediante una conversión a monte medio o alto de las actuales masas de monte bajo. Para ello es imprescindible seleccionar las cepas más sanas, de las cuales brotarían los resalvos más vigorosos que producirían los frutos suficientes para la posterior diseminación de semillas y regeneración natural. Una vez establecida la regeneración natural se consolidaría un monte medio formado tanto por árboles procedentes de semillas como por árboles procedentes de cepas, en el cual existirían dos turnos de corta. En el supuesto de que las cepas estén agotadas y que de ellas no puedan brotar resalvos vigorosos, hay que incluir la plantación. La consolidación de un monte medio reportaría, entre otras ventajas, la obtención de una mayor variedad de pro-

ductos, menor índice de erosión, menor impacto paisajístico y, en definitiva, la búsqueda de un compromiso social y el logro de un sistema sostenible.

PINARES

En contraposición al resto de los ecosistemas forestales ya tratados, los pinares fueron aprovechados principalmente para obtener madera, ya que se localizan sobre suelos pobres y a considerable altitud, careciendo por tanto del interés agrícola de los suelos de medianías o zonas bajas. El pino sufrió una gran explotación, debido a que su madera tuvo múltiples usos, tanto en la construcción de hogares y edificios públicos, como en la fabricación de barcos, lagares, andamios o para proporcionar leña, carbón o resina. Los ejemplares viejos fueron talados en su mayoría

para la obtención de *tea* (duramen o parte central e imputrescible de la madera), que sirvió para construir los techos, pisos, balcones, puertas y ventanas de casas señoriales y edificios públicos, así como para la extracción de la pez o brea.

A pesar de los aprovechamientos realizados, el pino es hoy en día el ecosistema forestal mejor representado en el archipiélago canario. Esto es en parte consecuencia de las repoblaciones forestales efectuadas a partir

de los años 40 en todas las islas, la capacidad de regeneración natural, así como de su gran resistencia a la sequía y los incendios. Entre las especies plantadas destacan el pino canario (*Pinus canariensis*), el pino insigne (*P. radiata*), pino piñonero (*P. pinea*) y el pino carrasco (*P. halepensis*).

Los pinares de repoblación se caracterizan por ser en su mayoría masas monoespecíficas y coetáneas, por lo que presentan un aspecto muy artificial. Estos bosques cumplen con su función hidrológica-forestal, evitando la erosión y aumentando la infiltración del agua, pero están necesitadas de tratamiento selvícolas por dos motivos: poseen densidades altas por falta de claras y/o se localizan en terrenos potenciales de matorral de cumbre, monteverde o bosque termófilo. A pesar de la existencia de aprovechamientos continuados en las islas occidentales durante las últimas décadas (Tabla 32.1), los primeros tratamientos selvícolas que han origi-

Tabla 32.1

Aprovechamientos madereros de pino [m³] durante el periodo 1974-1990 por provincias (según Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1995, Canarias, Santa Cruz de Tenerife, 1994 y Las Palmas, 1994).

año	Provincia de Santa Cruz de Tenerife		Provincia de Las Palmas	
	Pino canario	Pino insigne	Pino canario	Pino insigne
1974	11.392	3.000	2	-
1975	10.543	2.100	7	-
1976	10.122	3.800	1	-
1977	7.991	3.561	3	-
1978	11.257	3.600	15	-
1979	11.548	3.600	10	-
1980	8.300	1.200	2	-
1981	7.831	-	-	-
1982	6.011	2.048	8	2
1983	6.648	1.150	3	-
1984	5.781	14.800	1	-
1985	5.949	2.450	4	-
1986	2.653	550	-	2.076
1987	5.749	1.919	-	-
1988	2.978	4.472	-	-
1989	767	707	8	1.957
1990	103	900	-	-

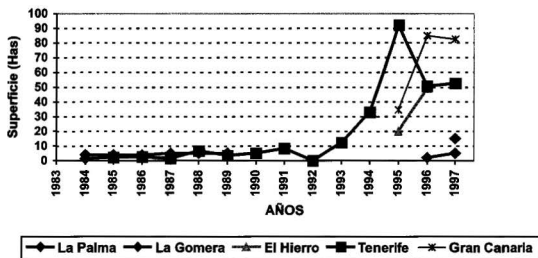


Figura 32.3

Tratamientos selvícolas realizados en las islas centrales y occidentales en los últimos años por superficies en hectáreas [Fuente: Viceconsejería de Medio Ambiente y Cabildos Insulares].

nado también los primeros aprovechamientos madereros ordenados de Canarias y con ello, una política forestal moderna, se han llevado a cabo sobre todo en los últimos años (Fig. 32.3).

En la figura 32.3 también se puede apreciar que si bien la superficie tratada en hectáreas aún supone una pequeña cantidad referida al total de la superficie repoblada, también es

cierto que se percibe una continuidad en las islas de Tenerife y Gran Canaria desde el año 1995. Esta gestión forestal moderna basada en una selvicultura sostenible tiene todos los visos de la debida continuidad en el tiempo y en el espacio. Las diferencias en superficie entre Gran Canaria y Tenerife son debidas a distintos tipos de claras. Mientras en Gran Canaria prevalecen las claras altas, en Tenerife son más frecuentes las claras bajas.

La mejora de las masas artificiales se puede llevar a cabo mediante la progresiva transformación de pinares de pino insignis, carrasco o piñonero hacia masas mixtas más estables de monteverde o bosque termófilo. En lo que concierne a los pinares de pino canario, éstos pueden ser sometidos a un tratamiento de claras con edades preestablecidas, selección de árboles de porvenir y turnos largos de corta final, con el fin de lograr masas adultas que compatibilicen de manera sostenida los diferentes usos del monte.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Hoy en día nos encontramos ante una sociedad sensibilizada con el medio ambiente que debe ser, no obstante, informada adecuadamente acerca de los recursos naturales renovables que ofrecen nuestros ecosistemas forestales. Dentro de este contexto se requiere ser consciente, por un lado, de la existencia de necesidades humanas y, por otro lado, del respeto hacia el medio ambiente. Por lo tanto, ante las preguntas de cuánto y cómo se aprovecha debemos responder con unos métodos que aseguren la persistencia del bosque y sus recursos naturales. Bajo el principio de persistencia se entiende que sólo es aprovechable aquello equivalente a lo que el bosque crece anualmente y no más, en términos económicos se trata de aprovechar la renta y mantener el capital.

Actualmente hay que destacar la clara dependencia que tiene Canarias del exterior en materia forestal, ya que en lo que respecta al sector de la madera las necesidades de la Comunidad Autónoma se cubren a través de una treintena de países exportadores. El escaso mercado local de primera transformación existente tiene su único origen en la política de transformación de las masas de pino insignis o en las claras de los pinares de repoblación de pino canario.

La madera de importación llega a Canarias elaborada y se centra alrededor de una quinceña de especies principalmente, de las cuales destacan maderas tropicales como la caoba (*Swietenia macrophylla*), samanguila (*Khaya sp.*), bitacola

(*Manilkara sp.*) u okoumé (*Aucomea klaineana*); el resto de especies suelen ser pinos (*Pinus caribea*, *P. pinaster*, *P. sylvestris*, *P. radiata* o *P. cembra*). La especie que se importa en mayor cantidad es el *P. caribea*, conocida vulgarmente como riga americana u hondureña.

Si se observan los valores de importación, se aprecia como Canarias no sólo no es autosuficiente, sino que además consume madera en grandes cantidades (Tabla 32.2). Es evidente que no se pretende cubrir la actual demanda de madera procedente de los bosques canarios, pero habría que valorar y prever, en función de las alternativas, la situación de los productos maderables de primera transformación, así como las posibilidades de abastecimiento continuado.

Por una parte, la reducción del consumo de algunos productos forestales, como la pinocha y la leña (hasta casi desaparecer), debido a la mejora del nivel de vida de la población y a la disminución de la ganadería estabulada, así como la utilización del gas butano en las cocinas y otros combustibles fósiles en las diferentes actividades que consumen energía, han propiciado el aumento de la extensión del monte en el medio natural canario. Por otra parte, sin embargo, queda patente en este capítulo que los aprovechamientos forestales son inherentes a la sociedad humana, por lo que las tendencias apuntan a que Canarias siga dependiendo de la importación de madera. Para ello se requiere una mentalidad coherente por parte de la sociedad canaria, la cual ha de percatarse de esta realidad.

Contemplando esas tendencias, en el marco del uso sostenido se deben proponer para el archipiélago medidas modernas similares a la ecocertificación. La ecocertificación tiene dos objetivos principales: mejorar el manejo de los bosques y asegurar un acceso al mercado para la madera certificada. Los potenciales beneficios son acceso al mercado y fijación de precios (la *prima verde*), además de los beneficios no mercantiles que se acumulan a través de la certificación de productos forestales que pueden ser en términos de biodiversidad o de aumento de infiltración de agua.

Tabla 32.2

Datos de importación internacional de madera a la Comunidad Autónoma de Canarias (según Documento de Bases del Plan Forestal de Canarias, 1995).

AÑO	S/C. DE TENERIFE		LAS PALMAS		TOTAL CANARIAS	
	Peso (Tm)	Valor (Mill. Ptas.)	Peso (Tm)	Valor (Mill. Ptas.)	Peso (Tm)	Valor (Mill. Ptas.)
1990	24.002	1.541	25.652	1.528	49.654	3.069
1991	20.915	1.388	20.544	1.289	41.469	2.677
1992	27.178	1.626	23.819	1.523	50.997	3.149
1993	20.270	1.647	20.764	1.633	41.034	3.280

Capítulo 33

LA PESCA



Una de las peculiaridades más notables de la pesca de los canarios es su dualidad geográfica. Desde tiempos muy remotos la actividad pesquera realizada desde Canarias ha sido compartida entre la explotación de los recursos propios del litoral de las islas y la de los existentes en la cercana costa africana, en el denominado banco canario-sahariano, cuyas imprecisos límites podrían situarse en Cabo Juby (27°N) por el Norte y Cabo Blanco (21°N) por el Sur.

El origen de este hecho es diverso, concurriendo en él factores de muy variada índole. La escarpada orografía de las islas determina la carencia de refugios naturales y la práctica inexistencia de plataforma insular, lo que combinado con la pobreza productiva de las aguas oceánicas que bañan el archipiélago, hacen de la explotación de los recursos del litoral una empresa difícil y poco rentable económicamente. Por el contrario, a escasa distancia, en el continente africano, se encuentra una de las regiones pesqueras más ricas del mundo, caracterizada por la enorme extensión de su plataforma continental, apta para cualquier tipo de pesca, y que, hasta principios del siglo actual, fue de uso exclusivo de los pescadores canarios.

SITUACIÓN ACTUAL

El conocimiento que se posee en la actualidad sobre la pesca en Canarias es confuso. Se dispone de una información extensísima, detallada y fiable sobre las pesquerías desarrolladas en la costa noroccidental africana por buques basados en puertos del archipiélago, pero, paradójicamente, se conoce poco de la actividad ejercida por la fracción más próxima de la flota, aquella constituida por las embarcaciones menores que faenan en el litoral. Es muy probable que ello se deba a la relativamente escasa importancia económica de su actividad y a la dificultad que entraña el hacer un seguimiento rutinario de unas unidades pesqueras con características estratégicas y operativas tan peculiares.

La primera descripción global conocida de la flota que opera en aguas circundantes del archipiélago, se debe a García Cabrera (1970). Con posterioridad se han hecho redes-

cripciones de la misma, basadas en estudios puntuales que abordan aspectos determinados de su actividad (Anónimo 1983, Pascual *et al.* 1982, Pascual 1991) y en revisiones generales, más o menos extensas y detalladas, aparecidas en publicaciones de naturaleza diversa (Perdomo 1992, Bas 1995, González 1996, González y Lozano 1996). Según los últimos datos publicados (existe un censo más reciente que no es de acceso público), en la actualidad el grueso de la flota está formado por unas 1.140 embarcaciones de pequeño porte, en su mayoría de madera, con un arqueo medio de algo más de 2 toneladas de registro bruto (TRB en adelante) y un tamaño generalmente inferior a los 9 m de eslora (Perdomo 1992, Castro 1995, González 1996). Estas embarcaciones, junto con otras 55 de mediano porte (32 TRB) que completan la flota, se hallan distribuidas por todos los puertos, refugios y playas existentes en los 1.300 km que conforman la costa del archipiélago, desde donde practican una actividad económica de connotaciones típicamente artesanales y carácter marcadamente familiar.

Se trata de embarcaciones que despliegan una estrategia aparentemente polivalente, explotando más de una centena de especies distintas que abarca tanto a las pelágicas (costeras y oceánicas), como a las demersales. La complejidad de la actividad varía de una isla a otra, encontrándose unidades altamente especializadas en un tipo de pesca y unidades que alternan o simultanean la captura de especies de hábitos y/o localizaciones geográficas distintas.

La pesca de los recursos pelágicos costeros se realiza fundamentalmente con redes de cerco (traíñas), en menor medida con redes izadas (guelderas y pandorgas) y, eventualmente aunque su uso está prohibido en la vigente legislación pesquera, por medio de redes de cerco y arrastre (artes de playa o chinchorros) (González y Lozano 1996). Se orienta fundamentalmente a la captura de caballa (*Scomber japonicus*), boga (*Boops boops*), sardina (*Sardina pilchardus*) y otros clupeidos, y guelede blanco (*Atherina presbyter*), que se utilizan como cebo en la pesca de pelágicos oceánicos y para consumo humano. En el caso de esta pesquería no se puede hablar de zonas estables de pesca, localizándose éstas siempre en aguas próximas a las islas, aunque en situaciones más o menos variables en función de la capacidad migratoria de las especies objetivo.

Los pelágicos oceánicos, especialmente los túnidos, constituyen el principal recurso pesquero de Canarias. Se trata de especies altamente migratorias que periódicamente recalcan en las islas en sus travesías alimenticias o reproductivas. La posición geográfica del archipiélago y las características oceanográficas que en él concurren, hacen que sus aguas puedan ser estacionalmente frecuentadas por varias especies de túnidos, tanto del grupo de los templados como del de los tropicales, siendo seis las explotadas regularmente: el rabíl (*Thunnus albacares*), la tuna (*Thunnus obesus*), el listado (*Katsuwonus pelamis*), el barrilote o albacora (*Thunnus alalunga*), el patudo (*Thunnus thynnus thynnus*) y el peto (*Acanthocybium solandri*).

Esta pesquería es la mejor conocida de las que se practican en aguas jurisdiccionales canarias, quizás debido a su importancia económica y social y a que incide sobre recursos transzonales, y por tanto compartidos, cuya evaluación y gestión son del interés y competencia de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT en adelante). Su seguimiento lo inició, en 1974, el Centro Oceanográfico de Canarias del Instituto Español de Oceanografía (COC en adelante), estableciendo un programa de investigación, aún vigente en la actualidad, que contempla la adquisición y análisis de la información estadística y el estudio de la biología de las especies más importantes en las capturas.

La característica principal de la flota que realiza la pesca de túnidos en Canarias es su heterogeneidad, que se debe, fundamentalmente, a que simultanea ésta con la de otras especies, dependiendo de la época del año, la abundancia, los precios, la demanda del mercado, etc. En el periodo 1994-1996 un total de 309 barcos basados en puertos del archipiélago practicaron esta modalidad de pesca, 286 (93%) de los cuales tenían un arqueo inferior a 50 TRB y 23 (7%), superior. El esfuerzo global desarrollado por cada una de dichas fracciones de flota en ese mismo trienio fue de 19,629 mareas de un día de duración para las embarcaciones menores de 50 TRB y de 1.101 mareas, equivalentes a 9.909 días de mar, para las mayores.

En lo que respecta a la pesquería de recursos demersales, se practica todo el año utilizando diversos tipos de trampas (nasas, tambores), aparejos de anzuelo (liñas, palangres), redes de enmalle (trasmallo), redes de cerco (salemeras) y redcizadas (González y Lozano 1996). Las especies más frecuentes en las capturas son espáridos como el bocinero (*Pagrus pagrus*), la breca (*Pagellus erythrinus*), los sargos (*Diplodus* spp.), la salema (*Sarpa salpa*), la chopá (*Spondyliosoma cantharus*) y la sama de pluma (*Dentex gibbosus*); serránidos como las cabrillas (*Serranus cabrilla* y *Serranus atricauda*), el mero (*Epinephelus marginatus*) y el abade (*Mycteroperca fusca*); escáridos como la vieja (*Sparisoma cretense*); mullidos como el salmonete (*Mullus surmuletus*); y murénidos constituidos por diferentes especies. Los caladeros de las embarcaciones que practican este tipo de pesca se encuentran próximos a la costa, sobre fondos que raramente exceden de los 300 m de profundidad y en lugares fácilmente localizables a partir de marcas situadas en tierra cuya posición exacta constituye uno de los secretos mejor guardados por los pescadores y que es generalmente transmitido de padres a hijos.

La producción pesquera de las aguas canarias es difícil de determinar con precisión, ya que no existe ninguna organización estatal, autonómica, profesional o privada que se haya preocupado de recoger rutinariamente los datos necesarios para construir unas estadísticas suficientemente detalladas y fiables. Las únicas excepciones a esta lamentable realidad son las correspondientes a las pesquerías de túnidos y las obtenidas en el transcurso de un proyecto de investigación, desarrollado en 1982 por el Centro de Tecnología Pesquera de Taliarte del Cabildo Insular de Gran Canaria, actualmente Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM), dependiente del Gobierno canario, y por el COC, en el marco de la denominada Ley de Pesca para Canarias (Ley 71/1978), parte de cuyos resultados muestra la tabla 33.1.

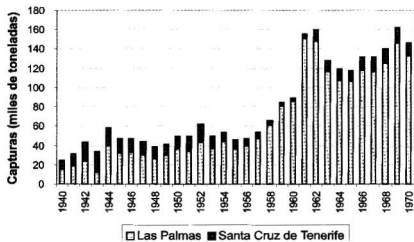
Las estadísticas oficiales españolas podrían ofrecer algunas indicaciones, más que nada cualitativas, de la evolución experimentada por la producción de la pesca de litoral canaria. En la figura 33.1 se recogen las cantidades de capturas desem-

Tabla 33.1

Capturas, en kilogramos, de peces, crustáceos y cefalópodos realizadas en aguas de las dos provincias canarias durante 1982, en los periodos marzo-noviembre (Las Palmas) y marzo-septiembre (Santa Cruz de Tenerife) (Fuente: Anónimo 1983).

Especie	Nombre Científico	Las Palmas	S/C de Tenerife
Abade	<i>Mycteroperca fusca</i>	4.020	13.576
Alfonsiño	<i>Beryx</i> spp.	848	5.443
Araña	<i>Trachinus</i> spp.	13	0
Baila	<i>Dicentrarchus punctatus</i>	5	0
Berrugato	<i>Umbrina</i> spp.	199	5
Besugo	<i>Pagellus acarne</i>	13.885	10.309
Bicuda	<i>Sphyraena viridensis</i>	660	9.881

Especie	Nombre Científico	Las Palmas	S/C de Tenerife
Bocinegro	<i>Pagrus pagrus</i>	33.740	26.035
Boga	<i>Boops boops</i>	53.126	0
Breca	<i>Pagellus erythrinus</i>	52.594	8.615
Brota	<i>Phycis phycis</i>	373	5.236
Burrito	<i>Parapristipoma octolineatum</i>	2.101	1.145
Caballa	<i>Scomber japonicus</i>	448.161	181.7520
Cabrilla	<i>Serranus spp.</i>	6.283	26.250
Calamar	<i>Loligo forbesi</i>	5.336	1.059
Camarón	<i>Plesionika spp.</i>	0	10.635
Candil	<i>Epigonus telescopus</i>	201	74
Catalufa	<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	0	4.469
Cherne	<i>Polyprion americanus</i>	25	2.189
Chicharro	<i>Trachurus spp.</i>	5.220	140.770
Choco	<i>Sepia officinalis</i>	2.076	39
Chopa	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	31.254	1.726
Conejo	<i>Promethichthys prometheus</i>	0	1.303
Congrio	<i>Conger conger</i>	3.092	6.650
Escolar	<i>Ruvettus pretiosus</i>	11	17.734
Fula	<i>Chromis limbatus</i>	2.097	7.391
Galana	<i>Oblada melanura</i>	0	3.632
Gallo	<i>Balistes carolinensis</i>	5.441	52
Gallo verde	<i>Stephanolepis hispidus</i>	168	0
Guelde	<i>Atherina prebyster</i>	229	0
Herrera	<i>Lithognathus mormyrus</i>	808	385
Jediondo	<i>Mora moro</i>	203	89
Jurel	<i>Caranx dentex</i>	2.213	5.028
Langosta	<i>Scyllarides latus</i>	0	973
Lenguado	<i>Solea spp.</i>	4	4
Lisa	<i>Mugil spp.</i>	152	708
Machuelo	<i>Sardinella maderensis</i>	0	17.110
Medregal	<i>Seriola spp.</i>	0	609
Merluza	<i>Merluccius merluccius</i>	33	0
Mero	<i>Epinephelus guaza</i>	13.380	5.156
Morena	<i>Muraenidae</i>	4.360	35.957
Palometa	<i>Trachinotus ovatus</i>	4	1.800
Pámpano	<i>Schedophilus ovalis</i>	100	269
Peces de cuero	<i>Elasmobranquios</i>	391	1.875
Pejeperro	<i>Pseudolepidoplois scrofa</i>	0	410
Pejerrey	<i>Pomatomus saltator</i>	97	0
Pejeverde	<i>Thalassoma pavo</i>	0	60
Pota	<i>Todarodes sagittatus</i>	0	254
Pulpo	<i>Octopus vulgaris</i>	33.647	12.706
Rascacios	<i>Scorpaenidae</i>	766	10.856
Roncador	<i>Pomadasyd spp.</i>	196	3.034
Salema	<i>Sarpa salpa</i>	29.760	49.872
Salmón	<i>Polymixia nobilis</i>	0	231
Salmonete	<i>Mullus surmuletus</i>	16.044	7.663
Sama	<i>Dentex spp., Sparus spp.</i>	22.246	14.259
Sardina	<i>Sardina pilchardus</i>	139.139	489.160
Sargo	<i>Diplodus spp.</i>	15.195	13.588
Seifio	<i>Diplodus vulgaris</i>	9.925	3.427
Vieja	<i>Sparisoma cretense</i>	99.805	100.568
Otros		7.946	0

**Figura 33.1**

Capturas totales desembarcadas en las dos provincias canarias durante el periodo 1940-1970 (Fuentes: Dirección General de Pesca Marítima y Macías 1982).

barcadas en las dos provincias y en la totalidad del archipiélago durante el periodo 1940-1970 (Macías 1982). En dichas estadísticas se engloban las capturas realizadas por buques nacionales y extranjeros, tanto en aguas litorales como en aguas lejanas (fundamentalmente en el banco canario-sahariano). Se aprecia que las capturas globales experimentaron una tendencia creciente, con un fuerte incremento a partir de 1960 si bien es imposible distinguir su origen. Haciendo un análisis de la producción pesquera a nivel provincial, parece que los valores más elevados de las descargas en las islas orientales se deben a la importancia de la pesca en el banco canario-sahariano y que las efectuadas en las occidentales podrían ser más representativas de las capturas propias del litoral de dichas islas, por lo menos hasta 1962 cuando también se empezaron a detectar desembarcos de pescado procedente del banco canario-sahariano en el puerto de Santa Cruz de Tenerife. Asumiendo la veracidad de estas consideraciones se podría concluir que entre 1940 y 1970 la pesca de litoral sufrió un retroceso continuado, especialmente a partir de 1953, con mínimos de producción en el periodo 1958-1961.

La excepción a la carencia generalizada de estadísticas pesqueras la constituye la pesquería de túnidos. La serie histórica disponible ofrece información detallada de las capturas, por especie y por puerto de descarga, desde 1975 hasta la actualidad. Las cifras anuales por especie para el conjunto del archipiélago se muestran en la tabla 33.2. Se observa que la producción es bastante variable, oscilando entre un mínimo de 5.370 t en 1983 y un máximo de 15.667 t en 1994, con un valor medio de unas 9.600 t anuales. La especie más abundante en las capturas, hasta 1980, es la tuna, alternándose posteriormente con el listado.

En lo que respecta a las pesquerías desarrolladas en la costa noroccidental africana, las disponibilidades de conocimiento e información son bien distintas. Su gran importancia económica y el permanente asesoramiento requerido por las administraciones pesqueras española y de la Unión Europea, así como por el Comité de la FAO para las Pesquerías del Atlántico Centro-Oriental (CECAF), determinaron el establecimiento, en 1974, de un programa de investigación sobre dichas pesquerías, financiado, dirigido y ejecutado por el Instituto Español de Oceanografía desde su Centro Oceanográfico de Canarias. En el marco del mismo se ha realizado un seguimiento continuo y pormenorizado de la actividad de todas las embarcaciones españolas que han explotado dichas pesquerías hasta la actualidad. Las que tienen base en puertos canarios se engloban en tres flotas bien diferenciadas que son: la sardinal, la cefalopoda

ra y la artesanal. Su evolución reciente ha estado marcada, en todos los aspectos, por la extensión, a mediados de los años sesenta, de las Zonas Económicas Exclusivas de los países ribereños africanos, y por la aplicación de los Acuerdos Tripartitos de Madrid que otorgaban a la administración del Sahara Occidental al reino de Marruecos. Ello ha obligado, primero a España y luego a la Unión Europea, a firmar sucesivos acuerdos bilaterales de pesca con los países de la región, para garantizar un acceso, cada vez más restrictivo, de sus flotas a los caladeros africanos.

La actividad de la flota sardinal se remonta a los años 50 cuando algunos cerqueros andaluces comenzaron a desembarcar sus capturas en el puerto de Arrecife de Lanzarote, donde existían fábricas de salazones y de conservas de atún que iniciaron una actividad paralela orientada a la elaboración de conservas de sardina (*Sardina pilchardus*). La rentabilidad de la pesquería propició la adquisición, en la década de los 60, de algunas embarcaciones por parte de industriales canarios y la extensión de la industria de transformación y de la comercialización a los puertos de Las Palmas de Gran Canaria y de Puerto del Rosario (Fuerteventura) (García Santamaría 1995). En los últimos años, la flota sardinal ha quedado reducida a poco más de una decena de barcos basados en el puerto de Arrecife de Lanzarote. Se dedican exclusivamente a la pesca de la sardina utilizando artes de cerco de jareta en dos zonas geográficas tradicionales situadas, respectivamente, entre Sidi Ifni (29°N) y Cabo Bojador (26°N), y entre Cabo Bojador y Cabo Blanco (21°N). Ambos caladeros están bajo la administración de Marruecos quien, en el acuerdo de pesca firmado con la Unión Europea en 1996, obligó al desplazamiento de la totalidad de la flota española a la segunda de las zonas (21°N-26°N), reservando para su propia flota la exclusividad de la

Tabla 33.2

Capturas, en toneladas, de túnidos y especies afines realizadas en aguas de Canarias durante el periodo 1975-1996 (Fuente: COC).

AÑO	patudo	rabil	albacora	tuna	listado	otras sp.	TOTAL
1975	978	1.189	1332	6.391	914	-	10.804
1976	832	228	656	5.278	604	-	7.598
1977	1.250	273	975	3.561	728	-	6.787
1978	1.548	243	1160	3.851	558	-	7.360
1979	758	145	604	2.975	1.330	-	5.812
1980	397	77	518	4.034	2.162	-	7.188
1981	524	96	1009	2.313	3.876	-	7.818
1982	43	385	519	1.449	3.366	-	5.762
1983	305	690	768	2.352	1.255	-	5.370
1984	16	2.449	985	2.817	2.013	-	8.280
1985	133	2.824	1470	4.920	5.652	5	15.004
1986	78	1.644	443	2.779	2.499	10	7.453
1987	25	2.731	181	3.615	3.369	11	9.932
1988	92	2.010	280	2.276	3.103	41	7.802
1989	265	964	141	2.382	5.161	38	8.951
1990	121	2.213	138	3.515	4.322	25	10.334
1991	59	2.451	93	5.129	5.751	41	13.524
1992	29	1.493	299	5.267	7.128	37	14.253
1993	31	1.128	603	4.376	2.839	25	9.002
1994	56	1.329	160	9.325	4.772	25	15.667
1995	4	801	657	7.271	5.143	20	13.896
1996	157	2.621	743	5.253	4.472	32	13.278

explotación de la primera (26°N-29°N). Con el transcurso del tiempo la captura ha pasado de ser conservada en hielo a ser congelada en salmuera. Ello tiene que ver con los avances tecnológicos y con la evolución regresiva del sector canario de transformación de la sardina, el cual ha pasado de ser principalmente conservero (en 1980 el 90% de las capturas era des-

tinada a la fabricación de conservas) a dedicarse fundamentalmente a la elaboración de harinas y aceites (90% de la producción), y en mucha menor medida a la de conservas (6%) y congelados (4%). La figura 33.2 resume la evolución experimentada por esta flota desde 1975, en términos de número de barcos.

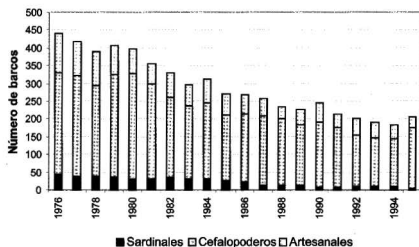


Figura 33.2

Número de barcos sardinales, cefalopoderos y artesanales, con base en Canarias, que faenaron en la costa noroccidental africana durante el periodo 1975-1996 (Fuente: COC).

Según García Cabrera (1968) y otros autores que recogieron sus ideas en años posteriores, el origen de la pesquería de cefalópodos de África noroccidental es una consecuencia directa de la sobreexplotación a la que se vieron sometidas las poblaciones de peces, principalmente los espáridos, después de la llegada masiva a la región de las flotas industriales, durante la Segunda Guerra Mundial. Hasta la década de los sesenta, la flota española que explotaba esta pesquería estaba constituida por arrastreros en fresco, muchos de los cuales operaban en la modalidad de pareja y otros individualmente, en cooperación con buques factoría. Posteriormente comenzaron a actuar buques arrastreros congeladores en una zona comprendida entre Cabo Garnet y Cabo Blanco, y en Mauritania, concentrándose la mayor parte del esfuerzo pesquero entre 23°N y 25°N (Ariz 1985). En la actualidad, la flota está compuesta exclusivamente por buques arrastreros congeladores, con base en el puerto de Las Palmas de Gran Canaria, que se dedican a la captura de pulpo (*Octopus vulgaris*), choco (*Sepia hierredda*) y calamar (*Loligo vulgaris*) a lo largo de toda la costa noroccidental africana, donde faenan al amparo de los acuerdos de pesca establecidos entre la UE y varios países de la zona (Marruecos, Mauritania, Senegal, Guinea Bissau y Guinea Conakry).

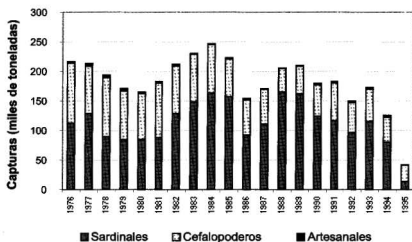


Figura 33.3

Capturas, en toneladas, realizadas por los buques sardinales, cefalopodos y artesanales, con base en Canarias, que faenaron en la costa noroccidental africana durante el periodo 1975-1996 (Fuente: COC).

Con la expansión definitiva de la pesca industrial en el banco canario-sahariano, acaecida después de la segunda guerra mundial, la actividad pesquera que desde el siglo XV venían desarrollando los antiguos veleros tripulados por canarios entró en una fase de regresión, ante su incapacidad para competir, por los recursos y en producción, con las modernas embarcaciones llegadas de todas las partes del planeta. Esta circunstancia les obligó a acometer en poco tiempo una pro-

funda reconversión, en el transcurso de la cual se perdieron definitivamente los barcos a vela, que fueron sustituidos por buques importados del norte de la Península mejor adaptados a los nuevos tiempos, dotados de motor y provistos de notables adelantos técnicos. Se incorporó como sistema de conservación el hielo, aunque nunca se abandonó del todo la salazón. Sin embargo los métodos de captura no variaron en demasía, manteniéndose las tradicionales liñas y nasas, y generalizándose el empleo de las redes corvineras o artes de tendedo.

Así, la posición hegemónica de los pescadores isleños en el banco canario-sahariano cambió radicalmente, pasando de explotar una pesquería que en algún momento de su dilatada historia tuvo visos de semi-industrial, a desarrollar una actividad extractiva secundaria, de características auténticamente artesanales en cuanto a organización social y tecnologías empleadas, lo que ha originado que, en el ámbito de la pesca africana, se les conozca con el nombre genérico de *artesanales canarios* (Balguerías 1995). La evolución reciente de esta flota (Fig. 33.2) está igualmente relacionada con las vicisitudes de los acuerdos de pesca suscritos por España, y posteriormente por la UE, con algunos países de la región (Marruecos y Mauritania). Las aproximadamente 35 embarcaciones que la componen actualmente están mayoritariamente basadas en los puertos de Las Palmas de Gran Canaria, Santa Cruz de Tenerife y Arrecife de Lanzarote. Sus especies objetivo principales las constituyen diversos espáridos como la sama de pluma (*Dentex gibbosus*), el garapello (*Pagellus bellottii*), la chacarona (*Dentex canariensis*) y la chopa (*Spondyliosoma cantharus*); la corvina (*Argyrosomus regius*); el burro (*Plectorhynchus mediterraneus*); y el cherne (*Epinephetus aeneus*), cuyas capturas son destinadas en su totalidad para el consumo local.

Las estadísticas de las flotas con base en Canarias (Fig. 33.3) muestran que la flota sardinal es la que contribuye mayoritariamente a la producción total, considerada ésta en términos de peso. Las capturas de la cefalopodera son más reducidas, sobre todo a partir de 1981, pero mucho más valiosas económicamente por el elevado valor comercial de las especies explotadas. La menos rentable es la artesanal, aunque la singularidad de su estructura y funcionamiento hacen que sea enormemente importante desde el punto de vista social. En el periodo de tiempo considerado, las capturas globales han oscilado entre un máximo de 247.289 t, en 1984, y un mínimo, localizado en 1995, de 41.930 t. La tendencia general de las capturas global y de cada una de las flotas es claramente decreciente, lo cual no está relacionado con una disminución

generalizada de los recursos, sino con las cada vez más restrictivas condiciones de acceso a los caladeros, impuestas a estas flotas en los acuerdos de pesca firmados con los países en los que faenan.

NIVELES DE EXPLOTACIÓN Y MEDIDAS DE REGULACIÓN DE LOS RECURSOS

Las últimas estimaciones existentes sobre la abundancia de los pequeños pelágicos en el archipiélago fueron realizadas por métodos acústicos y datan de 1984 (Pastor y Delgado 1985). Los resultados de los trabajos mostraron que la biomasa total de dichas especies ascendía a un total de 73.000 t, siendo la caballa la más abundante (38.000 t), seguida por la boga (29.000 t). Otras evaluaciones parciales efectuadas en años posteriores siguiendo metodologías comparables, rindieron cifras relativas muy semejantes en cuanto a la proporcionalidad de las especies.

En lo que respecta a los recursos de túnidos, las evaluaciones se realizan para cada una de sus poblaciones, cuyas áreas de distribución comprenden, en todos los casos, extensas zonas del océano Atlántico. Su estado es determinado anualmente por los grupos de trabajo y por el Comité Científico de la ICCAT. Los resultados de los análisis indican que las poblaciones de rabil y de barrilote se encuentran plenamente explotadas, y que las de tuna y patudo han sobrepasado el punto de producción máxima sostenible, estando en una situación de clara sobrexplotación. El estado de la población de listado es desconocido, al no haberse desarrollado todavía una metodología adaptada a las características biológicas y de explotación de la especie que permita efectuar su evaluación de una manera fiable (Ariz, com. pers.).

Las únicas indicaciones acerca del estado de los recursos demersales son de tipo cualitativo e intuitivo, y siempre subjetivas y generalistas. La experiencia parece demostrar que la mayoría de las poblaciones de las especies demersales que viven en las aguas poco profundas (de menos de 300 m) del litoral canario se encuentra en una situación de pesca muy intensa, si no de sobrexplotación. Las escasas evaluaciones parciales de algunos de estos recursos, efectuadas por métodos indirectos en el contexto de tesis doctorales, ratifican estas apreciaciones. Las especies de aguas profundas (de más de 300 m de profundidad) son escasas o nulamente explotadas, desconociéndose no sólo su abundancia, sino incluso su distribución en el archipiélago.

Los recursos explotados por barcos canarios en la costa noroccidental africana son objeto de revisiones periódicas en el marco del Comité de la FAO para las Pesquerías del Atlántico Centro-Oriental (CECAF). Los últimos grupos de trabajo de evaluación se celebraron en 1997 teniendo como objeto las

poblaciones de sardina y de pulpo. Los resultados mostraron que existe una elevada cantidad de sardina (4,5 millones de t) en el sector comprendido entre Cabo Bojador y Cabo Blanco, cuyo potencial productivo no ha sido aún alcanzado, lo que permitiría incrementar sensiblemente el esfuerzo pesquero actual. Por el contrario, las tres poblaciones de pulpo identificadas en la región, localizadas en las zonas de Dakhla, Cabo Blanco y Senegal, se encuentran en una situación de plena explotación o clara sobrexplotación, según los casos. En lo que respecta a las especies demersales sobre las que inciden los artesanales canarios, son difícilmente evaluables, dada su gran variedad y el hecho de constituir también el objetivo de la innumerable cantidad de pequeñas embarcaciones que operan desde el litoral noroccidental africano (estimada en varias decenas de miles de unidades) y de formar parte de las capturas accesorias de muchas de las flotas industriales que faenan en la región. No obstante, se supone que el estado de la mayoría de sus poblaciones es malo o, al menos, está muy por debajo de sus niveles de producción máxima sostenible.

La regulación de las pesquerías que se desarrollan en la costa noroccidental africana compete a los países ribereños. Las recomendaciones emanadas de los distintos cuerpos del CECAF no son vinculantes y normalmente sufren modificaciones o adaptaciones, más o menos profundas, antes de formar parte de las legislaciones nacionales. En la actualidad, las medidas de técnicas de gestión que afectan a las pesquerías de sardina, cefalópodos y peces demersales, contemplan la regulación del esfuerzo pesquero (que ha significado la disminución progresiva de las flotas con base en Canarias en beneficio de las de los países de la región), la regulación de unas tallas mínimas de captura, el establecimiento de vedas espacio-temporales (prohibición de pescar a ciertas distancias de la costa y observancia de los denominados *paros biológicos*), y la utilización de artes y aparejos de características determinadas. Esta variedad de medidas que configura las condiciones de acceso a las pesquerías, son cambiantes de acuerdo a acuerdo, e incluso dentro del periodo de vigencia de un mismo acuerdo (como ocurre, por ejemplo, con el suscrito con Marruecos), y se encuentran perfectamente detalladas en los anexos correspondientes de los mismos.

PERSPECTIVAS DE FUTURO DE LA PESCA CANARIA

La viabilidad de la pesca canaria parece depender de un cúmulo de factores interactuantes, algunos de los cuales son difícilmente controlables. Es evidente que en un futuro no muy lejano, una buena parte de las embarcaciones que ahora faenan en la costa noroccidental africana perderá los derechos de acceso a sus caladeros tradicionales, al no renovarse los actuales acuerdos de pesca. Este es un hecho que ya ha sido reiteradamente anunciado por las autoridades marroquíes y que es muy posible que tan sólo se trate del inicio de una serie de

actuaciones en el mismo sentido, a la que pronto se adhieran otros países de la región. La absorción, en las aguas jurisdiccionales canarias, de los excedentes de flota que se produzcan, es una tarea imposible en las circunstancias actuales.

En párrafos precedentes se comentó la limitación de los recursos pesqueros canarios y las particularidades del sector extractivo, absolutamente apegado a unas tradiciones de explotación y consumo que han dado lugar al desarrollo de unas pesquerías de tipo artesanal, basadas en unas cuantas especies *estrella*. Ello ha originado una disminución aparentemente importante, aunque incuantificable, de dichos recursos, lo que a su vez está dando lugar a no pocos conflictos de competencia por los mismos entre pescadores de todas las categorías (profesionales, deportivos, aficionados de fin de semana, etc.). Si en este sistema absolutamente inestable y ya encaminado hacia una destrucción lenta, se introduce una componente distorsionadora más, es muy probable que se produzca un colapso de consecuencias impredecibles, aunque ciertamente

perjudiciales para todos sus integrantes.

Así pues, urge tomar medidas preventivas antes de que ocurra un desastre que ahora parece inevitable. La ordenación del sector pasa necesariamente por un conocimiento exhaustivo de los recursos en cuanto a su distribución en el tiempo y en el espacio, y a su abundancia. Sólo a partir de ese conocimiento y de la apertura de mercados para especies explotadas o poco explotadas en la actualidad, se podrá abordar la necesaria reconversión de la flota, dimensionándola y distribuyéndola convenientemente en función de los recursos disponibles. Ello permitiría que, de manera simultánea, se fuera aliviando la excesiva presión pesquera a la que se ven sometidos los recursos del litoral, propiciando su recuperación. Es probable que en esta reestructuración global de las pesquerías de aguas jurisdiccionales canarias no tuvieran cabida las grandes unidades industriales que operan en la costa africana, para la que habría que buscar acomodo en caladeros alternativos y/o nuevos recursos en aguas internacionales.



Foto: Fernando Cova

Vieja (*Sparisoma cuscarum cretense*)

Capítulo 34

LA MIRADA TURÍSTICA
DE CANARIAS

Algunas regiones poseen recursos que, por acción de las modas, por el ejercicio de la oferta y la demanda, suben a la pasarela del mercado, abren sus puertas y ventanas y se preparan para ser visitadas, recorridas, fotografiadas, consumidas y, en el mejor de los casos, gratuitamente recordadas como el destino de unas merecidas vacaciones. Algunas, además, optan y apuestan por esa actividad, la turística, como fuente principal de ingresos, como forma de desarrollo, no sólo económico. Canarias es una de ellas. Sin lugar a dudas, se puede afirmar que el turismo se ha convertido en el principal generador de empleo, que pesa sobre las decisiones políticas y financieras, que influye de manera directa sobre gran parte de los residentes, que, en definitiva, se encuentra presente –en cualquiera de sus manifestaciones– en todo el Archipiélago.

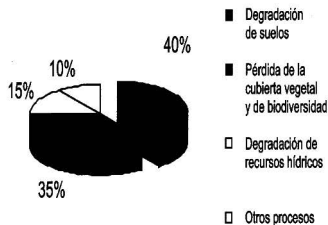


Figura 34.1

Distribución sectorial de la población activa de Canarias en el período 1964-1996. Fuentes: CEDOC, ISTAC, Gobierno de Canarias y elaboración propia.

En 1998 visitaron las islas 9.349.152 turistas extranjeros¹, repartiéndose un total de 364.378 plazas de alojamiento y siendo directa o indirectamente atendidos por un 72% de la po-

blación activa canaria. Evidentemente son sólo cifras, pero deben insertarnos en el contexto determinado en el que se desenvuelve la vida cotidiana en las Islas. Cualquier discusión sobre su futuro, sobre la posible conservación y progreso de entornos naturales, sociales y culturales, pasa por encajar las soluciones aportadas en un territorio que es un área de destino por excelencia.

Así las cosas, sin pretensión de describir la historia del turismo en Canarias, distinguimos tres grandes etapas de tal proceso, la primera hasta 1957, la segunda, de ese año hasta 1990, marcadas fundamentalmente por la dificultad/facilidad de comunicación de las islas con el exterior y, consecuentemente, de los grupos sociales que pueden acceder a estos viajes². La tercera abarca desde 1990 en adelante y está caracterizada por la búsqueda de una nueva imagen y de formas de turismo más sofisticadas. Jalonadas por algunas crisis reales (mostradas por tasas de variación porcentual negativas en el crecimiento de turistas recibidos) y otras más o menos ficticias (menos crecimiento que el esperado), a través de tales períodos, se conforman las islas como un enorme *centro de vacaciones*, en el que gran parte de su población abandonó sus fuentes de ingreso habituales, mayoritariamente agrícolas, pasando a convertirse en asalariados del turismo y los servicios anexos a una sociedad dependiente de él (Fig. 34.1 y Tabla 34.1).

A lo largo de estos cuarenta años, y de la mano de los cambios económicos, se apuraron importantes modificaciones sociales y culturales, no siempre como consecuencia única y directa del contacto con los millones de turistas que han arribado a las Islas. El efecto demostración, la necesidad –generalmente inconsciente– de emular a los viajeros ociosos con los que el residente se encuentra habitualmente, ha contribuido a que se den valores nuevos a espacios sociales, a posiciones socioeconómicas, a objetos (que se reinventan como símbolos de identidad), a las ocupaciones de la gente. Ha sido uno de los aceleradores culturales-económicos que posibilitaron el surgimiento de un imaginario modernizado, desarrollándose un nuevo conjunto de historias, cuentos y leyendas adornados para su comercialización como productos

¹ Fuente: Consejería de Turismo y Transportes. Gobierno de Canarias.

² Entendiendo que no es hasta principios del siglo XX, cuando el viajar se convierte en un negocio para otros, los organizadores.

Tabla 34.1

Evolución del número de plazas hoteleras y extrahoteleras por isla, 1987-1998. Fuentes: ISTAC; Consejería de Turismo y Transportes. Gobierno de Canarias.

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Lanzarote	30.783	42.105	48.726	57.281	60.467	52.962	52.962	52.678	43.659	46.703	55.672	57.536
Fuerteventura	10.629	17.886	25.478	33.057	37.238	20.025	22.420	23.075	25.393	26.925	48.968	34.296
Gran Canaria	122.268	139.611	139.840	142.030	146.702	135.543	133.641	126.912	126.625	126.179	144.638	142.856
Tenerife	84.055	103.919	121.402	122.758	121.905	120.079	120.079	117.819	117.819	117.819	116.829	116.345
La Gomera	1.964	2.322	3.225	3.688	3.804	3.603	3.603	4.086	4.416	4.416	4.416	4.750
La Palma	1.079	1.912	4.409	4.933	5.350	4.710	4.710	5.347	5.507	5.507	7.615	7.624
El Hierro	389	422	479	525	529	560	560	697	705	705	957	971
CANARIAS	251.167	308.177	343.559	364.272	375.995	337.482	337.975	330.614	324.124	328.254	379.095	364.378

turísticos. Convirtiéndolas en objeto de intercambio económico, las celebraciones festivas y religiosas han pasado a formar parte de la oferta, dotándolas de una condición singular, un sentido diferente al carácter sagrado que la tradición, la cultura y el paso del tiempo les había conferido. La representación de labores y/o rituales tradicionales, el comportamiento público, los cánones del prestigio, el reconocimiento familiar y/o grupal, las representaciones individuales, son objeto de cambios más lentos que la economía o el medio físico bajo el peso del turismo. Son aquellos que denominamos *impactos secundarios*, por definición lentos y consolidados en el tiempo. Una demostración de que las culturas están vivas, no son estáticas y, tal vez por encima de todo, son sumamente adaptativas.

Ahora bien, nos podríamos preguntar cómo es que con tales modificaciones no se ha resentido la imagen, aquello que vende –promociona– el Archipiélago o, si ello ocurrió, qué medidas se tomaron. Lo que a continuación se relata sucintamente es una mirada concreta de los cambios acaecidos en la época turística de Canarias. La imagen de un destino turístico consolidado en su origen, allá por la década de los sesenta, como vendedor de *sol y playa* debe aguantar los avatares del mercado, debe incluir, necesaria e imprescindiblemente, un componente que al turista potencial le destaque lo familiar, lo seguro que para él puede representar este destino. Ello se cumplió desde el primer momento. El Archipiélago unía un supuesto exotismo y clima geográficamente africanos, con condiciones para el desarrollo de actividades ociosas, para la vida cotidiana, similares a las del continente europeo. Además, aquellos turistas estaban poco o nada interesados por la cultura de las Islas. Nada tenían que ver con los viajeros adinerados que visitaron Canarias en los albores del pasado siglo, nada con los científicos naturalistas que vieron en las Afortunadas un paraíso hasta entonces casi olvidado; más bien poco con aquellos, más cercanos en el tiempo, que trataron de encon-

trar en su viaje a las Islas unas cualidades favorables para fortalecer y/o recuperar su salud. Reducido el costo del desplazamiento y estancia, un tropel de viajeros desembarcó en los aeropuertos de las islas de Gran Canaria y Tenerife, primero; más tarde, y con menor masificación, llegó el turno de Lanzarote y Fuerteventura. No se acortó la diversidad de naciones de procedencia, pero la demanda fue concentrándose en el Reino Unido y Alemania (Fig. 34.2), turistas que poco a poco fueron exigiendo del destino no sólo más higiene, comodidades y servicios, sino también más elementos comunes a sus lugares de origen.

En este caso fueron determinantes circunstancias como el momento de auge económico y de refuerzo de la identidad europea, la popularización del viaje, de los ocios con mucho sol, arena y diversión, todo lo cual profetizaba lo que hoy conocemos como *Aldea Global*. En ella, todas sus gentes podrían disfrutar, al menos por el limitado periodo vacacional, del estilo de vida mostrado por otros, económicamente más pudientes; compartiendo destinos, disfrutando de *los mismos placeres* de aquéllos y sentir el deleite de *estar allí* con un afán notorio de distinción, dejando atrás el ritmo de su vida cotidiana. Una de las consecuencias de aquellos requerimientos y estos referentes fue el aporte de un conjunto de agregados que igualaban el destino con otros en los que este tipo de turismo era también mayoritario. Sin prevenirlo ni temerlo, el sistema turístico suministró los ingredientes necesarios para llegar a hacer de Canarias un destino monocolor, homogéneo con otros muchos y tan sólo distinguido con el honor poco labrado de estar cerca y ser seguro. No se ofertó un destino con sus diferentes agentes y procesos de cambio, historia, costumbres y condiciones medioambientales, sino que, lejos de ello, las modas de las sociedades generadoras, influyeron decisivamente en la creación –recreación– de un determinado tipo y forma *idealizada* de destino deseado y solicitado por la demanda³.

³ Poco se ha estudiado de cómo este tipo de juegos del sistema reconduce a las sociedades, siendo consecuente con el tiempo histórico en el que se desarrolla y constituyéndose a sí mismo como reproductor de estilos de vida determinados y, con ello, asegurando la continuidad del sistema social en su doble papel de generador y anfitrión de turistas.

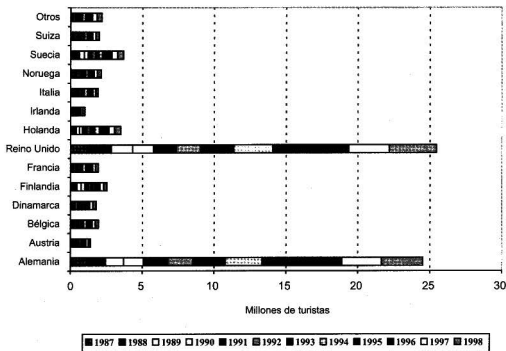


Figura 34.2

Turistas extranjeros recibidos en Canarias por nacionalidades. Fuentes: ISTAC, Consejería de Turismo y Transportes (Gobierno de Canarias).

En un proceso no muy dilatado, el Archipiélago se vio envuelto en una telaraña mundial que iba más allá de la competencia, hasta entonces común, entre destinos. Fuertemente homogeneizada en lo que a la oferta turística se refiere, sólo fue favorecida por desgraciados acontecimientos internacionales tales como guerras (Golfo Pérsico y África Occidental) y actos de terrorismo (Egipto y países del sudeste asiático), hambrunas (África Central y Oriental), incertidumbre socioeconómica y/o política (países del este europeo y Caribe), que prácticamente cerraron para la mayoría los accesos a determinados destinos competidores durante gran parte de la década de los noventa. Por añadidura, los tiempos cambian y las apatencias de la gente con ellos. Los hábitos y expectativas de los potenciales turistas europeos fueron poco a poco inclinándose hacia valores sustancialmente diferentes a los que la oferta turística canaria tenía en el mercado mundial; ahora esperaban y exigían no sólo buenos precios y una atención y servicios cualificados, sino además un entorno de calidad, en el que la conservación y cuidado fuera manifiesto.

Básicamente, en los últimos años la demanda se ha vuelto más compleja, diversificando sus preferencias entre diversas formas de turismo convencional –mayoritario– y otros nuevos modelos de vacación más ligados a áreas no masificadas. En cualquier caso, las Islas siguen obteniendo la mayor parte de sus ingresos por el otrora criticado turismo de masas, ahora no tan homogeneizado con lo fue en los setenta. Parte de

esos turistas actuales siguen pasando su estancia en los complejos hoteleros y extrahoteleros que les sirven de alojamiento temporal y, con ello, consumiendo los servicios y productos que, con pequeñas modificaciones, estaban ya presentes en décadas anteriores. Sin embargo, otros usuarios de esos mismos servicios han comenzado a demandar, dentro de los patrones de calidad antedichos, un nuevo conjunto de productos y actividades a desarrollar en el resto del territorio insular (excursiones, museos, ferias y exposiciones, productos artesanos, conciertos, etc.). Obviamente, el destino Canarias, ya prefabricado y vendido, no iba a demolerse y, de manera más o menos clara, con pasos más o menos diestros, se inician los movimientos que tratarían desde entonces de enmarcar el Archipiélago en un tipo de destino diferenciado tanto por la diversidad ofertada como por el trato al visitante.

Pero Canarias va a convertirse también en un polo de atracción de otros tipos de turismo. Al inicio de la década de los noventa, en un tiempo histórico marcado por las crisis económica, medioambiental e ideológica, una parte de la ciudadanía europea comienza a manifestar, más frecuentemente que lo ocurrido hasta entonces, la necesidad imperiosa de huir de las muchedumbres, de las ciudades. En un acto de reconciliación del sistema y sus usuarios, aseveran su ansia de experimentar el contacto con la naturaleza, la tradición y el pasado perdido, reforzando la idea existencial de la individualidad y la conciencia de unos *otros* (llámense campesinos o aborige-

nes) a los que se le supone al borde de la desaparición, y la concienciación de un medio ambiente que *hay que conservar a toda costa*, de lo *verde*, el *reciclaje* y el *desarrollo sostenible* de esos *otros*. La conciencia colectiva apuntó en esta ocasión a los territorios –y actividades– que años antes fueron abandonados por la migración a las ciudades y a la periferia de los núcleos turísticos, revalorizando los bienes inmuebles –construcción y suelo– de tales zonas con posibles efectos, aún no calculados, en el desarrollo de nuevas iniciativas sobre actividades tradicionales.

Canarias, en realidad los organismos promotores del turismo en Canarias y algunas agencias inmobiliarias europeas, se lanzan entonces a una operación de lavado de la imagen vendida, acompañada por intervenciones sobre el territorio (restricciones para la construcción de nuevos complejos turísticos y para la urbanización de carácter civil) y sobre el medio ambiente (ampliación en número y superficie de áreas protegidas). Se trata de hacer compatible el turismo ecológico y el de masas, el aprovechamiento racional de los recursos y los campos de golf, el turismo de sol y playa con el turismo de interior. Todo en siete ecosistemas insulares que deben competir con nuevos productos en el mercado turístico.

Se generan pues toda una nueva gama de productos, de uso más o menos compartido con las formas sofisticadas del turismo alojado en las costas. Tal oferta se encuentra enmarcada en dos grandes paquetes altamente vinculados: medio ambiente físico (la naturaleza) y cultural (patrimonial). En ambos casos se presenta al exterior como *turismo alternativo* –supuestamente al sucedido hasta entonces–, respetuoso respecto a la conservación y dignificación de la Vida, y uno de

sus representantes empresariales fue el turismo rural.

El turismo rural⁴, planteado como un modelo alternativo al turismo de masas en países en vías de desarrollo que no han pasado previamente por despliegues turísticamente extensivos, en Canarias está siendo utilizado como una forma de aplicar la puesta en uso de las medianías y cumbres para el alojamiento turístico, complementaria a la saturada franja costera (Tabla 34.2). La posibilidad de optar implícitamente al término *alternativo* debe entonces referirse, para nuestro caso, al demandante del servicio, es decir, el turista puede optar por un alojamiento en complejos de servicio –más barato– o por hospedarse en casas rurales –más caro–. El planteamiento de una opción de desarrollo basada en el turismo rural, esta vez visto como alternativa al de masas, sólo será posible plenamente en las islas de El Hierro, La Palma y La Gomera, en tanto que pueda ser controlada la intensidad de la edificación (sobre todo en las dos últimas). De la misma forma, en el resto del Archipiélago el turismo rural podría ser planteado como una forma posible y factible de aumento del nivel de vida de algunas áreas, donde el desarrollo de conurbaciones recreativas no ha alcanzado su apogeo.

Sin embargo, hasta la fecha, no son comunes los casos en que se cumplan tales logros, antes bien, han aparecido demasiados problemas e implicaciones socioculturales, enajenación de bienes inmuebles de sus propietarios tradicionales, dependencia de las subvenciones estatales y supraestatales, altos costes y baja rentabilidad, que han sido ignorados sistemáticamente por sus defensores. Actualmente, el turismo rural en Canarias se reduce, en gran parte, a mero alojamiento, acompañado en el mejor de los casos por algunos folletos

Tabla 34.2

Oferta de casas, hoteles y albergues rurales en el Archipiélago, 1999. Elaboración Propia⁵.

	Casas Rurales	% Casas Rurales	Nº. de plazas	% plazas
LANZAROTE	8	3,63	40	3,53
FUERTEVENTURA	1	4,5	70	6,18
GRAN CANARIA	25	11,36	151	13,35
TENERIFE	26	11,81	162	14,32
LA GOMERA	36	16,36	235	20,77
LA PALMA	88	40,00	356	31,47
EL HIERRO	36	16,36	117	10,34
CANARIAS	220		1.131	

⁴ El turismo rural lo definimos, básicamente, como el uso o aprovechamiento turístico del entorno rural, ateniéndose a las premisas del desarrollo sostenible, generar efectos eminentemente positivos (conservación del patrimonio, la protección del medio, etc.), promoverse en áreas "no invadidas", incluir a la población local como actores culturales, ser minoritario y promover, a través de encuentros espontáneos y la participación, el contacto cultural.

⁵ Si bien consideramos interesante exponer estos datos, dada la dispersión de la oferta y la novedad que representa para las administraciones, es muy posible que los mismos sean inferiores a la oferta real. De otra parte, se incluyen algunos hoteles y apartamentos que se ofrecen como alojamientos rurales y, para Fuerteventura, un albergue, lo cual aumenta considerablemente el número de plazas ofertadas.

y propuestas de actividades deportivas o de naturaleza. A ello hay que añadir que en demasiadas ocasiones los propietarios de las viviendas en uso turístico no son residentes en el área y, por tanto, su relación con los locales suele venir precedida por la distancia social marcada por una visión desde la ciudad. Esto es, el turismo rural ha abierto las puertas a un sinnúmero de nuevos pequeños empresarios que, unas veces aprovechando las subvenciones, otras reinvertiendo ahorros u ocupando herencias, han activado el capital durmiente en el ámbito rural, sin que aún éste haya revertido sobre los moradores de tales áreas. Tal vez la falta de formación de los locales residentes y su desconocimiento del sistema, además de la poca valoración de su entorno físico y cultural, esté condicionando las tomas de decisión personales o de las unidades domésticas para iniciarse en estas nuevas empresas.

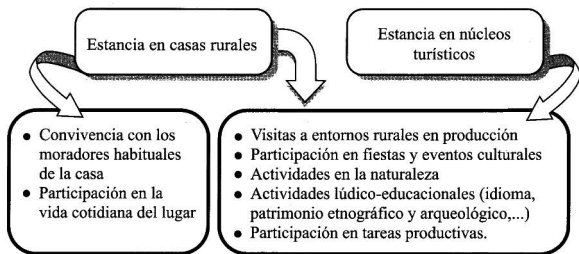
Claro está que con estas nuevas propuestas turísticas (charter y rural, esto es, las dirigidas a personas que desean conocer de primera mano el destino) la cotidianidad pasa a ser un recurso que se solapa a los ya existentes; como cualquier otra mercancía es explotable, cumpliendo con el ciclo de consumo de cualquier producto. El problema surge de la combinación de esos rasgos cotidianos y su comercialización. El producto, en este caso medio ambiente y cultura, necesita ser adornado, empaquetado y vendido, con lo que podríamos encontrarnos con serias contradicciones entre lo conservable por su propio valor medioambiental o cultural y aquellas acciones que deberían ser tomadas sobre tales entes para su inserción en el mercado. Existe una fuerte apreciación y condicionamiento sobre esa imagen de lo estéticamente –turísticamente– atractivo y bello, que puede llevar a los gestores a conservar, mantener, rehabilitar entornos o rasgos no por su importancia intrínseca sino más bien por su apariencia significativa o relevante en el contexto recreacional, despreciando aquellos valores iniciales.

Por otra parte, llevados por la imperiosa necesidad de adaptar el destino a los requerimientos del visitante, la no planificación en los entornos concretos podría (como ya lo hizo en otros tiempos) fomentar la rivalidad y competencia visitante/residente aún cuando, suponiendo el libre acceso, la percepción y ocupación de espacios, tanto de uso social como de uso económico, se dé de forma diferenciada. Sirva de ejemplo la extendida tendencia a ver los espacios rurales como museos vivos y al medio ambiente como paisaje prístino e intocable, donde se restringen los desarrollos de infraestructuras o actividades productivas tales como la agricultura, la silvicultura, la ganadería, etc., y en cambio son fomentados como áreas de esparcimiento y recreación a través del senderismo, descenso de barrancos, parapente, escalada u otras actividades afines. En cuanto al entorno cultural-patrimonial, las últimas décadas nos muestran que la imagen que ha sido vendida del Archipiélago –y por tanto es esperada por los visitantes– se fundamenta en un rol folclórico y tradicional, en franca contra-

dicción con los deseos de modernización, y el consecuente aumento de la calidad de vida, de las poblaciones locales, así como con los actos y centros culturales de alcance internacional que pueden ser encontrados en las Islas y que son, simultáneamente con aquella imagen, publicitados en los países generadores de turistas. Canarias se encuentra actualmente en un proceso de mejora de la oferta de productos patrimoniales, escogidos de un amplio repertorio de elementos artísticos, arquitectónicos, arqueológicos y etnográficos de calidad, pero, sin embargo, sigue adoleciendo de esfuerzos creativos e inversores que promocionen este patrimonio como algo más que vestigios de un pasado más o menos lejano.

El éxito de las nuevas formas de hacer turismo y de los productos que para ello han sido y serán creados, está vinculado a que las medidas iniciadas de control del crecimiento se atengan a una planificación global previa de las áreas –todas de extrema fragilidad–, un control y corrección de impactos, y se evite la dependencia en exclusiva de las áreas de servicio (por ejemplo a través de la reinversión de, al menos, una parte de los beneficios en sectores de ocupación tradicionales). Con ello, estamos proponiendo un uso y gestión múltiple de las áreas afectadas, donde la población local –incluida la no participante en la construcción-rehabilitación de alojamientos– aparezca como implicada. Recordemos que son todos los habitantes del destino los que se ven afectados. El uso y gestión múltiple, cumpliendo el requisito de estudio del área y prevención de efectos no deseados, debe hacer compatible las tareas tradicionales con la conservación medioambiental y la actividad turística, sin que ésta última condicione las medidas a tomar, solapando a las primeras. Pero además se habrá de mostrar a la población que la conservación puede generar beneficios materiales, tanto infraestructurales como económicos, a los que ella podrá acceder y gestionar mancomunadamente a otros agentes. Una imagen vendida del destino acorde con lo dicho, con una población informada y parte interesada, abaratará los costes de mantenimiento a medio plazo de la conservación medioambiental y patrimonial, en tanto que, de una parte, implicaría en las tareas necesarias a la población local y –con un turismo responsable– a los turistas, además de que, de otra parte, reduciría el riesgo de agresiones y expolios.

Una de tantas formas, ya probadas, para mermar las huellas que con el tiempo deja el turismo, trata de centrar los esfuerzos no tanto en el alojamiento (siempre y cuando éste exista de manera más o menos próxima) como en las actividades a desarrollar por aquellos que visitan el destino (Fig. 34.3). Éstas, vinculadas con un concepto amplio del patrimonio, incluyen las tareas tradicionales, quehaceres culturales, vida cotidiana, aspectos educacionales, culinarios, paisajísticos, etc., constatándose que tales actividades aportan tanto o más ingresos y empleo que el mero alojamiento, se muestran más atractivas para el turista y, con la participación, se llega a lo

**Figura 34.3**

El ámbito rural como producto turístico según lugar de alojamiento.

más parecido al contacto intercultural. La cultura es una construcción constante de grupos y actores que reinterpretan un papel social, adaptándose a nuevas situaciones, solucionando problemas e intentando sobrevivir como grupo, o no. La adaptación cultural, su preparación para entrar en un juego am-

plio con otros, debe filtrarse por el tamiz de una imagen vendida que se corresponda con los valores del área, logrando con ello que el comprador de ese producto, patrimonial en sentido amplio, genere expectativas que puedan ser cumplidas en Canarias como destino diferenciado.



Foto: José Manuel Moreno

Calderón Tropical (*Globicephala macrorhynchus*)

Capítulo 35

LA OBSERVACIÓN
DE CETÁCEOS

La observación de cetáceos con fines turísticos es un fenómeno que ha experimentado un auge considerable en todo el mundo desde la década de los cincuenta, fruto del creciente interés del público hacia el turismo de naturaleza y hacia estos mamíferos marinos. Esta industria turística constituye un floreciente negocio en varias regiones costeras del Planeta con un rango de crecimiento espectacular en los últimos 10 ó 15 años. Se ha desarrollado en al menos 87 países y territorios o dependencias ultramarinas (incluyendo la Antártida), con una participación de más de 9 millones de visitantes en más de 295 localidades y unos ingresos directos durante el año 1998 estimados en unos 492 millones de dólares (Hoyt 2000). Si a estos últimos añadimos los ingresos indirectos, es decir aquellos derivados de viajes, hoteles, adquisición de recuerdos, esta cifra se aproximaría a unos 1.049 millones de dólares. Por otro lado, en los últimos años ha aumentado la preocupación por el efecto potencial de la actividad en las poblaciones de cetáceos.

La observación de cetáceos en Canarias se inició en el año 1991 en la costa suroeste de Tenerife, experimentando un crecimiento espectacular que sitúa a España en segundo lugar en el mundo en número de visitantes después de los Estados Unidos, y a Tenerife como primera localidad seguida de Massachusetts. Las especies observadas son, el calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*) y el delfín mular (*Tursiops truncatus*), además de otras cuya frecuencia en el área es menor. Posteriormente, la actividad se ha extendido al sur de La Gomera, la costa oeste de la Palma y el sur de Gran Canaria aunque sin alcanzar las cotas de desarrollo de Tenerife. El objetivo del presente trabajo pretende aportar una visión del desarrollo de la actividad en la costa S-SO de Tenerife, así como las posibles repercusiones en los cetáceos y en su hábitat.

LOS CETÁCEOS DE LAS ISLAS CANARIAS

Tenemos constancia de la presencia de 27 especies de cetáceos en las Islas Canarias (ver capítulo 26). Esta cifra representa el 70% de las 39 especies registradas en la vertiente sur del Atlántico nororiental (de Gibraltar al Ecuador), el 60% de las especies del Atlántico norte y el 32% de

los cetáceos conocidos en la actualidad. Esta diversidad se debe a una combinación de factores entre los que cabe destacar el enclave geográfico del archipiélago, los fenómenos oceanográficos y el carácter de islas oceánicas que favorece la aproximación de especies de hábitos oceánicos. Así, es posible encontrar especies de ambientes cálido-templados (las más numerosas) junto a elementos de latitudes más septentrionales como el calderón común (*Globicephala melas*) o el zifio calderón del norte (*Hyperoodon ampullatus*)—que llegan hasta las islas bajo la influencia de la Corriente Fría de Canarias—, o aquellas de distribución pantropical como el delfín de Fraser (*Lagenodelphis hosei*) o el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*). En cualquier caso, una característica común e interesante de los cetáceos de Canarias es su carácter oceánico ya que incluye a taxones poco conocidos globalmente como los zifidos y ciertos delfinidos.

Conocemos poco acerca de la distribución, estacionalidad, frecuencia y uso del hábitat de estas especies en Canarias ya que las investigaciones acerca de este grupo faunístico son relativamente recientes, iniciándose a principios de la década de los ochenta, centrándose en el seguimiento y examen de especímenes varados. Más tarde, a partir de 1989, comienzan los estudios en el mar aunque dirigidos a unas pocas especies. La información que poseemos es que un grupo de especies compuesto por el delfín mular (*Tursiops truncatus*), el delfín gris (*Grampus griseus*), el calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*) y el cachalote (*Physeter macrocephalus*) parecen hallarse en Canarias a lo largo de todo el año. Otro, compuesto por los pequeños delfinidos de los géneros *Stenella* y *Delphinus*, exhiben una marcada estacionalidad, estando presentes en las aguas del archipiélago sólo en los meses de invierno. Finalmente existe un tercer grupo de especies entre las que hay que incluir a los zifidos y algunos delfinidos de las que no poseemos información al respecto. Por último, los rorcuales (Fam. Balaenopteridae) pasan por Canarias en el curso de sus rutas migratorias y especies como la ballena franca (*Eubalaena glacialis*), la yubarta (*Megaptera novaeangliae*) y el rorcual azul (*Balaenoptera musculus*), tienen avistamientos puntuales en Canarias.

LA ACTIVIDAD EN LA COSTA S-SO DE LA ISLA DE TENERIFE

Aunque ya en la década de los 80 se realizaba de forma esporádica, la observación de cetáceos en Canarias se inició fundamentalmente en 1991, favorecida por el auge turístico y el importante desarrollo económico del sur de Tenerife, que dio lugar a un incremento en la demanda de nuevas actividades turísticas, sobre todo relacionadas con el mar. Esto, en conjunción con la divulgación a nivel mundial de la existencia de una colonia estable de calderones en esta agua, la ha convertido en una imparable actividad turística que se desarrolla de forma más o menos uniforme a lo largo de todo el año, siendo Tenerife el núcleo de la misma. En esta isla, la evolución de los últimos años es claramente ascendente, desde los 40.000 observadores en el año 1991 (Hoyt 1995), pasando por los más de 500.000 en 1994 (Urquiola 1996) hasta los 700.000 en 1996 (Arechavaleta y Montero 1997). El crecimiento del número de observadores es tal que es razonable esperar que cerca de un millón de personas haya visitado las ballenas y delfines durante 1998 (Urquiola y Sevilla 1998) y esta cifra se haya, como poco, mantenido hasta el 2000. Todo ello conlleva unos ingresos directos superiores a 2.000 millones de pesetas, a lo que habría que añadir los beneficios indirectos, que sin embargo son difíciles de cuantificar dado su carácter de actividad de ocio complementaria en el núcleo turístico del sur de Tenerife.

El área de observación

Aunque la observación se realiza fundamentalmente en el suroeste de Tenerife, también se practica de forma apreciable en el Sur de La Gomera (Valle Gran Rey), contando con unos cuatro barcos y actualmente está empezando en el sur de Gran Canaria (de dos barcos en 1999 han pasado a cinco barcos en el 2000). En Tenerife hay dos áreas bien diferenciadas:

1. La zona noroeste, entre Punta de Teno y Callao Salvaje, que cuenta para realizar esta actividad con el puerto privado de Los Gigantes y el comercial de Playa San Juan, en la que operan ocho barcos con una capacidad de 335 pasajeros.
2. La zona suroeste, de Callao Salvaje a Punta de La Rasca, donde 42 barcos, con una capacidad de 2.000 pasajeros, se reparten entre el puerto de Los Cristianos (municipio de Arona) y el puerto privado de Las Américas, Puerto Colón (municipio de Adeje). Esta zona, de apenas 250 km², soporta la mayor densidad de barcos turísticos (y también recreativos) con un 83% de la actividad comercial de observación de cetáceos.

Los cetáceos observados

La observación de cetáceos en la costa suroeste de Tenerife está dirigida hacia el calderón tropical y el delfín mular con una media de avistamientos por día de esfuerzo de 7,4 y 0,4 respectivamente durante los años 1996 a 1998 (Urquiola *et al.* 2000) lo que supuso, para dar una idea, unos 2.155 avistamientos en 1997. El primero es una especie relativamente común en las

aguas cálido-templadas, subtropicales y tropicales de todos los océanos, cuya presencia aquí ya fue constatada desde 1936, durante una campaña oceanográfica emprendida por el museo de Mónaco entre las islas de Tenerife y La Gomera, aunque era conocida de antes por los pescadores de la zona. Esta especie es sexualmente dimórfica, y mientras las hembras no superan los 4,5 m, los machos alcanzan una longitud máxima de 5,2 m. No obstante, la evidencia parece sugerir que los especímenes canarios ostentan una talla ligeramente menor. Los estudios de Heimlich-Boram (1993) demuestran que la especie forma grupos familiares con una estructura matrilineal, compuestos por todas las clases de edad y sexo con estrechos vínculos entre ellos. Después de 22 meses de observación mediante fotoidentificación, este autor identificó 46 manadas integradas por 2 a 33 animales, con un promedio de 12,2 ejemplares.

El delfín mular muestra una amplia distribución en los océanos y mares de todo el Planeta. Es relativamente frecuente en las costas europeas septentrionales, conociéndose comunidades residentes en la Bretaña francesa, Irlanda y Escocia, así como en la costa atlántica y mediterránea de la Península Ibérica. En el Archipiélago Canario, el delfín mular está estrechamente vinculado a la costa, en aguas con una profundidad inferior a los 600 m, donde desarrolla gran parte de sus actividades cotidianas (Martin 1998). La estructura social de la especie es compleja formando manadas que se hallan segregadas en función a la edad, sexo y estatus reproductor de los animales. Esta segregación es trasladable a la distribución y uso del hábitat de la especie. Un estudio preliminar llevado a cabo por el primer autor en Los Gigantes identificó alrededor de un centenar de individuos, la mayoría hembras adultas y ejemplares jóvenes.

Los calderones tropicales y los delfines mulares se localizan en el canal que separa la isla de Tenerife de La Gomera, también conocido como Canal del Prim. No obstante, mientras la distribución del primero está marginada al sector sur de la costa SO de Tenerife en una zona de aproximadamente 150 km², el delfín mular exhibe una extensión más amplia, con una clara preferencia por la vertiente norte de la misma. La práctica ausencia de plataforma insular de la isla de Tenerife motiva que los fondos descendan abruptamente, alcanzándose los 1.000 m de profundidad a escasa distancia de la costa. El calderón tropical muestra una preferencia por los fondos con una profundidad media de 1.500 m (Heimlich-Boram 1990, 1996, Martin 1996). El asentamiento de comunidades de pequeños cetáceos en ciertas áreas costeras del Archipiélago Canario, puede estar asociada a fenómenos oceanográficos como el denominado *efecto de masa de isla*, una perturbación provocada por una isla en la circulación general oceánica, que causa un incremento en la producción fitoplanctónica alrededor de ésta o en un sitio determinado (Hernández-León, 1986).

Tabla 35.1

Evolución del nº y capacidad de los barcos, así como de las empresas antes y después de la publicación del decreto 320/1995.

PUERTOS BASE		1994		1995		1996		1997	
		Sin Decreto	Autorizado	Activos	Autorizado	Activos			
PUERTO COLÓN	Nº de barcos	17	20	25	24	27	23		
	Capacidad	447	725	901	889	905	829		
	Empresas	11	13	15	15	11	10		
LOS CRISTIANOS	Nº de barcos	12	15	15	13	15	11		
	Capacidad	728	999	1.179	1.143	1.295	1.026		
	Empresas	9	11	12	11	11	9		
LOS GIGANTES Y SAN JUAN	Nº de barcos	7	9	8	8	8	8		
	Capacidad	323	407	313	353	335	323		
	Empresas	6	7	6	8	6	6		
TOTAL TENERIFE	Nº de barcos	36	44	48	45	50	42		
	Capacidad	1.498	2.131	2.393	2.385	2.537	2.178		
	Empresas	26	31	33	34	27	24		

En los estudios realizados en la zona sur del Canal del Prim, gracias a los datos tomados por la lancha de vigilancia "Calderón", además del calderón tropical –conocido por los pescadores como roaz– y el delfín mular, se han visto hasta 13 especies diferentes como orcas (2 avistamientos en 1997), grandes ballenas, cachalotes, delfines comunes, moteados, de diente rugoso, listados, calderones grises e incluso zifios (Urquiola 1998). Estas no son las únicas ya que otras 7 especies han sido registradas en esta zona entre las que destacamos la ballena franca –en peligro de extinción– y el gran gigante, el orcaual azul. Se trata de una alta diversidad para un área muy reducida.

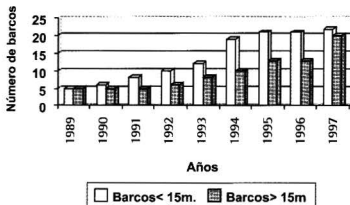
Empresas y operadores

En 1997, 50 barcos pertenecientes a 27 empresas obtuvieron licencia para realizar la actividad, 6 empresas menos que el año precedente, eso supone que si normalmente varias empresas gestionan más de un barco (a veces hasta cinco), se está tendiendo a la concentración de los barcos en menos manos, siendo las empresas más estables y con mayor capital las que se mantienen o amplían (Tabla 35.1).

Las embarcaciones

En 1996, hasta 48 barcos turísticos se dedicaron a la actividad de observación de cetáceos con una media en la zona sur de Tenerife de 17 barcos al día y un máximo de 29 el mismo día sobre todo en julio y agosto. En 1997 fueron cincuenta los barcos co-

merciales que con una capacidad de 2.537 pasajeros se dedicaron a esta actividad, aunque en realidad no todos los que tienen autorización de la Administración la utilizan, contabilizándose para este año 42 realmente activos. De ellos, 34 en la zona sur con una media de 19 el mismo día en dicha zona y un máximo de 27 en julio. Analizando los datos de 1998 se observa que la media de barcos al día fue de 18 con máximos de 25 en octubre. Todo esto muestra que la media de barcos al día no ha variado mucho en estos años, mientras que sin embargo, el número máximo de barcos al día sí ha disminuido.

**Figura 35.1**

Evolución del número de barcos de observación de cetáceos en el S-SO de Tenerife.

No hay que olvidar, pese a todo, que cada barco realiza dos, tres y hasta cuatro viajes al día en los meses estivales. (Figura 35.2).

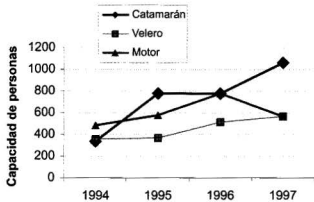


Figura 35.2

Evolución del tamaño de los barcos de observación de cetáceos.

El número de embarcaciones que vienen realizando esta actividad desde sus comienzos hasta la actualidad, es un buen indicador para analizar la evolución de la misma (Fig. 35.1). Desde los 10 barcos que se podían contabilizar en los años 90 hasta los 50 de 1997, la progresión ha sido importante. Sin embargo, en los últimos años el número parece haberse estabilizado, lo cual no implica que no se hayan producido cambios, si bien al contrario algunos barcos se han intercambiado por otros más grandes y de mayor capacidad en respuesta a la creciente demanda. Así, por ejemplo, el 10% de los barcos que actuaban en 1996 ha dejado de hacerlo, apareciendo otros nuevos construidos específicamente para estas excursiones. Este intercambio de barcos parece ser debido fundamentalmente a la falta de atraques en los puertos del SO de Tenerife.

Las excursiones

Hay diversas modalidades de excursiones. La más habitual es la excursión corta de 2 a 3 horas que además de la observación de cetáceos, incluye un pequeño crucero por el litoral y un baño. El precio oscila entre 2.500 y 3.000 pesetas. Las excursiones más largas, de 4 ó 5 horas suelen llegar hasta la costa de Los Gigantes y además del baño incluyen comida a bordo. Sus precios varían entre 5.000 y 7.000 pesetas. Los horarios oscilan entre las diez de la mañana y las seis de la tarde en invierno o las ocho en verano. El servicio más importante que se ofrece, amén del propio viaje, son los medios de transporte gratuitos que se ponen a disposición de los turistas.

Potencialidades y limitaciones de la actividad

En dicha actividad concurren una serie de factores que la hacen especialmente productiva:

- 1) **Tiempo:** La bonanza climática del sur-suroeste de la isla de Tenerife, unido a que sus aguas se hallan generalmente en calma al estar protegidas al socaire del Teide por los vien-

tos dominantes, motiva que aproximadamente un 86% de los días al año sea adecuados para la observación, lo que supone tan sólo unos 50 días malos al año concentrados normalmente en los meses de diciembre y enero.

- 2) **Predecibilidad:** Tanto el calderón tropical como el delfín mular están presentes a lo largo de todo el año. Por sí esto no fuera suficiente, los calderones se pueden avistar a cualquier hora mientras haya luz, y cualquier día del año. Se ha encontrado que la frecuencia de avistamientos de cetáceos en el área sur no varía demasiado a lo largo del año, lo que asegura casi siempre el objetivo de los visitantes. Un análisis de los datos tomados por la lancha de vigilancia "Calderón" (Urquiola *et al.* 1998) muestran como el 95% de días de esfuerzo (aquéllos en que la lancha toma datos en el mar al menos 3 horas, que son unos 275 días al año), se han visto al menos calderones y en el restante 5% de los días otras especies como el delfín mular, común o moteado.
- 3) **Accesibilidad:** El calderón tropical y el delfín mular tienen su principal ámbito de distribución en un área de fácil acceso para todo tipo de embarcaciones. Veinte minutos se tarda en llegar al área donde más probabilidad hay de encontrar los cetáceos. Esta proximidad ha permitido una mayor diversificación en la oferta de las excursiones.
- 4) **Infraestructuras:** La costa sur-suroeste de Tenerife es un enclave turístico por excelencia, con varios puertos deportivos o comerciales de fácil acceso. En ellos encontramos una amplia variedad de embarcaciones que van de pequeños veleros a grandes catamaranes de ventanas submarinas que salen a diferentes horas del día, éstos últimos, con sólo 4 unidades cubren el 50% de la capacidad total de pasajeros. Por el momento, la capacidad de los barcos cubre la demanda existente aunque la actividad tiene a crecer, dado el interés que despierta y las potencialidades que presenta. Sin embargo, la falta de atraques está limitando toda posible expansión.
- 5) **Capacidad:** Este factor tiene dos vertientes, la anteriormente descrita, esto es la capacidad de pasajeros que tienen los barcos y por otra parte la capacidad que tiene el medio de aportar esos pasajeros. En el caso de Tenerife, de los cuatro millones de turistas que visitaron la isla en 1997, estimamos que un 20-25% de los mismos realizó una excursión a los cetáceos. Queda pues un porcentaje muy alto de posibles visitantes. También habría que valorar a los habitantes de Tenerife, que aunque hoy en día, la cantidad de residentes que van a ver las ballenas es insignificante, si representa un recurso potencial estimable.

Este tipo de turismo, puede representar una fuente de molestia, ya que en ocasiones puede causar lesiones a los ani-

Tabla 35.2

Especies de cetáceos catalogadas mediante Orden del Ministerio de Medio Ambiente (9 de Junio de 1999 y 24 de Marzo de 2000).

En peligro de extinciónBallena franca (*Eubalaena glacialis*)**Vulnerables**Calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*).

Poblaciones de Canarias.

Delfín mular (*Tursiops truncatus*)Rorcual común (*Balaenoptera borealis*)Rorcual azul (*Balaenoptera musculus*)Rorcual boreal (*Balaenoptera borealis*)Rorcual aliblanco (*Balaenoptera acutorostrata*)Cachalote (*Physeter macrocephalus*)Delfín común (*Delphinus delphis*).

Poblaciones del Mediterráneo.

Marsopa (*Phocoena phocoena*) *

* Especie no presente en aguas canarias.

Sensibles a la alteración del hábitatYubarta (*Megaptera novaengliae*). Poblaciones del Atlántico peninsular y Mediterráneo.**De interés especial**

Yubarta. Poblaciones de Canarias.

Calderón tropical. Poblaciones del Atlántico peninsular y Mediterráneo.

Delfín común. Poblaciones del Atlántico.

Cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*)Orca (*Orcinus orca*)Calderón común (*Globicephala melas*)Calderón gris (*Grampus griseus*)Delfín listado (*Stenella coeruleoalba*)

males y generar una contaminación acústica considerable. Además, no son raros los casos de hostigamiento, acoso y aglomeración de las mismas en torno a los grupos de cetáceos. La consecuencia puede ser una sustancial alteración del hábitat debido a la contaminación acústica, a residuos sólidos (bolsas de plástico y otros) y gasóleos. A esto cabe sumar la degradación del litoral por la construcción de infraestructuras turísticas como urbanizaciones, playas artificiales y puertos deportivos. En la zona está prevista la construcción de un gran muelle comercial en un área que la comunidad de delfines mulares utiliza regularmente. Estas alteraciones provocan a corto plazo, perturbaciones en el comportamiento normal de los cetáceos, y a medio y largo plazo pueden inducir al estrés de la población, el abandono progresivo del lugar y problemas en el éxito de la reproducción.

Un estudio realizado para la Consejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias por Martín y Montero (1993) puso de manifiesto que los calderones reaccionaban adversamente a la presencia de las embarcaciones con cambios en el comportamiento, en el espaciado existente de los animales, en los patrones de respiración y en los desplazamientos. Otro estudio posterior realizado por Montero y Arechavaleta (1997) vino a confirmar estas aseveraciones.

LA REGULACIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CANARIAS

En 1983, la conferencia de Boston sobre la utilización no consumista de los cetáceos advirtió sobre la necesidad de regulación de esta actividad en varios países. Diez años más tarde, la Comisión Ballenera Internacional expresó su interés por la observación de cetáceos, y en 1994 creó un gru-

po de trabajo con este fin que facilitó la inclusión al año siguiente de la observación de cetáceos en la agenda de su comité científico. Éste adoptó como objetivo general en la gestión de la actividad que su desarrollo sea ecológicamente sostenible y que responda en lo posible a los requerimientos de la industria y a las expectativas de la comunidad. Para lograr este fin se precisarían dos objetivos:

- Asegurar que no aumente el riesgo de supervivencia de las poblaciones locales o de su medio, y por lo tanto, que no se alteren los parámetros poblacionales básicos ni las pautas normales del uso del hábitat por parte de los cetáceos.
- Desarrollar y mantener una observación de cetáceos viable y responsable.

Desde una perspectiva científica se considera necesario el conocimiento de la biología de las especies observadas, la comprensión de las características de las operaciones y de las embarcaciones y una aproximación, aunque sea preliminar, a lo que puede ser la *capacidad sostenible* de la actividad de esta industria.

Los cetáceos presentes en el archipiélago se recogen en diversos convenios y tratados internacionales (Convenio de Berna, Convenio de Bonn, CITES). De las especies registradas en Canarias, 21 figuran como *insuficientemente conocidas*, dos como *vulnerables* y dos en *peligro* en el Libro Rojo de la UICN. Así mismo, todas aparecen en el anexo IV (taxones estrictamente protegidos) y una, el delfín mular, en el anexo II de la Directiva Hábitat, directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres transpuesta al ordenamiento

jurídico por el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Según el artículo 10 del citado real decreto, éstos gozarán de las medidas de protección establecidas en la ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre y el Real Decreto 439/1990 por el que se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas. Además, el que el delfín mular se halle en el anexo II representa que han de designarse zonas de especial protección para esta especie.

Recientemente, se han incluido en el catálogo nacional de especies amenazadas 16 cetáceos presentes en aguas canarias. Dos de ellos, el calderón tropical y el delfín mular en la categoría de vulnerables, aun siendo, o precisamente por ser, los protagonistas de la observación de cetáceos y estando presentes en el área de mayor presión de la misma. En este mismo área encontramos también la ballena franca, especie catalogada como en *peligro de extinción* (Tabla 35.3).

El 10 de noviembre de 1995 el Gobierno de Canarias aprobó el Decreto 320/1995, por el que se regulan las actividades de observación de cetáceos, cuyo contenido establece de forma resumida:

- a- La necesidad de una autorización de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias para realizar actividades de observación de cetáceos.
- b- La presencia de un monitor-guía a bordo.
- c- Un Código de Conducta a cumplir, que marca las pautas de comportamiento con los animales, formas de aproximación y distancias.

Este código incluye entre sus obligaciones básicas el no interceptar la trayectoria de los animales, no separar ni dispersar el grupo de animales observados –especialmente si se trata de una madre y una cría–, evitar la presencia simultánea de más de tres embarcaciones a menos de 200 m de un cetáceo o grupo de ellos, guardar una distancia de al menos 60 m de los animales salvo situaciones de emergencia o autorización expresa, no perseguir y acosar a los animales y no bañarse o bucear deliberadamente en la proximidad de los animales.

Respecto a los métodos de aproximación, cuando una embarcación se encuentre en un área de 300 m en las proximidades de los cetáceos, deberá moverse con velocidad lenta, no más rápida que el animal más lento del grupo. La aproximación a los cetáceos se hará de forma suavemente convergente con la dirección de los mismos, nunca se realizará por el frente, permitiéndose en todo caso el movimiento de los cetáceos en cualquier dirección. Mientras dure la observación se procurará mantener una trayectoria paralela a la de los animales, se evitará en todo caso los cambios bruscos en la direc-

ción y velocidad. Se deberá poner el motor en punto muerto, al menos un minuto antes de apagarlo si la embarcación se para con el fin de observar los cetáceos, y obrar de igual modo si es el cetáceo el que se acerca a la embarcación. No poner el motor en marcha o, en su caso, no aumentar la velocidad mientras los animales se encuentran a menos de 60 m de la embarcación.

En cuanto al comportamiento con los cetáceos, se establece la obligación de abandonar la zona si se observa alguna señal de alarma, alteración o angustia como un cambio repentino de dirección o velocidad, zambullidas sucesivas o exhalación del aire debajo del agua. Igualmente se han de evitar ruidos que puedan molestar a los animales, así como emitir sonidos para atraerlos. En caso de que algún ejemplar resultase herido o se encontrase un animal muerto se establece la obligación de informar a las autoridades competentes. Por último, también se recoge cómo han de comportarse dos o más embarcaciones que se aproximan al mismo individuo o grupo de ellos para coordinar las aproximaciones y maniobras de forma que la repercusión sobre los animales sea mínima.

En Octubre de 2000 se aprobó un nuevo Decreto que aunque no varía la filosofía general del primero ni las disposiciones del código de conducta, si presenta alguna novedad como el distintivo de bandera azul para las embarcaciones turísticas autorizadas, que el monitor-guía de a bordo sea un guía de turismo sectorial habilitado, la obligación de hacer un estudio de impacto ambiental y la creación de un fondo de garantía. El nuevo Decreto regula de forma más eficaz las cuestiones de las infracciones.

En orden a garantizar la eficacia de este decreto, el 21 de febrero de 1996 se puso en marcha un programa de vigilancia y control a través de la lancha "Calderón", que ha venido funcionando diariamente, con la cobertura de los agentes de Medio Ambiente y la cooperación con la Guardia Civil, durante 1996 y 1997 y, con menor asiduidad a partir de 1998.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La actividad de observación de cetáceos como industria turística en expansión está contribuyendo significativamente a la economía de las islas, fundamentalmente de Tenerife, pero este desarrollo debiera dirigirse hacia un uso sostenible de un recurso natural, los cetáceos, cuya principal preocupación habría de ser la propia conservación de los animales y su hábitat, así como su contribución a la educación y al conocimiento científico. La observación recreativa de ballenas y delfines en su medio constituye un bien científico-cultural y educativo, además de una importante actividad turístico-recreativa para las islas, no siendo perjudicial para los cetáceos si las visitas se hacen de forma ordenada. Resulta sorprendente que la regulación de la actividad esté

más relacionada con la disponibilidad de atraques para embarcaciones en los puertos de la zona en lugar de una correcta política de manejo de las comunidades de especies residentes de la zona. Por tal motivo se hace necesario la estimación aproximada del número máximo de embarcaciones que podrían dedicarse a la actividad, sin causar un

impacto significativo. Otras medidas podrían ser las de diversificar la oferta hacia otras áreas y hacia otro tipo de actividad menos intensiva y más educativa, así como mantener un esfuerzo para que la regulación sea efectiva e impulsar las labores de educación e investigación a medio largo plazo.

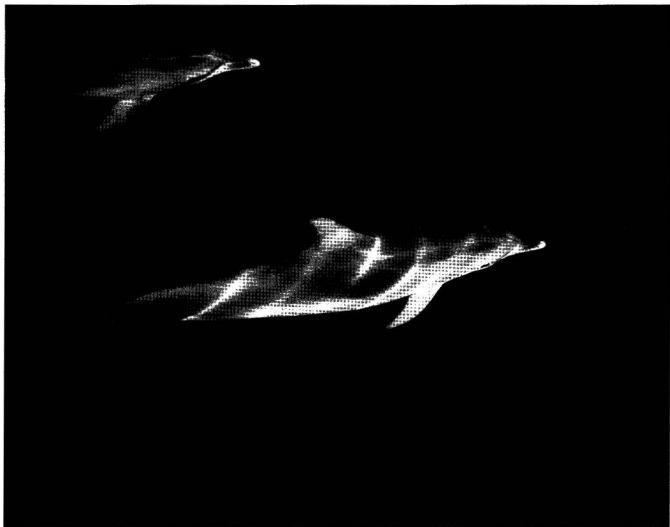


Foto: Sergio Hansuel
Delfin Mular (*Tursiops truncatus*)



Parque Eólico de Granadilla, fotografía del Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (ITER)

Capítulo 36

PERSPECTIVAS ENERGÉTICAS DE CARA AL AÑO 2020



El panorama energético mundial presenta dos graves aspectos para un futuro a medio plazo. Por un lado, la certeza de la aparición del efecto invernadero o calentamiento global de La Tierra como consecuencia de la combustión masiva de los combustibles fósiles, con todas las consecuencias que ya se hacen notar. Por otro lado, diferentes fuentes aseguran que las reservas mundiales de recursos petrolíferos, centralizadas en unos pocos puntos, tienen una duración de aproximadamente 40 años si se mantiene el consumo energético actual, lo que implica graves consecuencias para la economía mundial y situaciones de tensión política a medio plazo. Ocho países acumulan el 81% de todas las reservas mundiales de crudo, seis el 70% de las reservas de gas y ocho el 89% de las de carbón. Más de la mitad de Asia, África y América Latina, lugares donde la demanda de energía aumenta continuamente, importan más de la mitad de toda su energía comercial.

Este incierto y preocupante panorama señala unas claras necesidades: por un lado, el recurrir a medidas de ahorro energético, campo en el que se ha demostrado que existe un enorme potencial (sobre todo en los países industrializados), incluso sin llegar a aplicar innovaciones tecnológicas. Por otro lado, la promoción del uso intensivo de fuentes de energía renovables, que actualmente representan sólo el 5% de todo el consumo mundial de energía primaria. Finalmente, y con mucha probabilidad, la intensificación de la producción de energía a partir del carbón y nuclear. En todo caso, el consumo energético futuro se compondrá de muchas sumas de pequeñas, medianas y grandes aportaciones, siguiendo el lema "todos los recursos son aprovechables".

LA SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL DE CANARIAS

En el Archipiélago Canario, el petróleo supone prácticamente la única fuente de suministro energético, mientras

se ha comenzado tímidamente a planificar la introducción del gas natural. Las energías renovables ocupan una posición débil y se encuentra en sus inicios una política de promoción de ahorro energético. El perfil del consumo energético de Canarias se encuentra muy distorsionado respecto del continental, existiendo dos sectores de consumo diferentes y predominantes: el transporte (marítimo, aéreo y terrestre) y la desalación, depuración y bombeo del agua.

Ello implica una grave vulnerabilidad de las Islas frente a cualquier crisis energética, que tendría consecuencias negativas en tres sectores clave: el transporte (tanto interno como externo), la fabricación de agua potable y el turismo (el 40% del costo de la estancia turística en Canarias corresponde al transporte aéreo).

ENTRADA DE CRUDO EN LAS ISLAS CANARIAS

Las Islas Canarias, si bien dependiendo del suministro de combustible del exterior, presentan la ventaja de disponer de una refinería en Santa Cruz de Tenerife, y por consiguiente, importa directamente el crudo de petróleo, con todas las ventajas que ello comporta. Las tablas 36.1 a y b muestran la evolución del crudo importado y su procedencia, respectivamente:

Tabla 36.1 a

Evolución de la importación de crudo en Canarias entre 1990 y 1997.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Crudo importado (miles de tn)	4.211	4.429	3.911	4.111	4.187	4.132	3.975	4.199

Tabla 36.1 b

Procedencia del crudo importado en Canarias.

Procedencia (%)	1995	1996	1997
África	56,1	80,6	73,5
América	25,7	19,0	26,5
Oriente Medio	3,2	0,4	0
C.E.I.	13,3	0	0
Europa	1,7	0	0

Como se ve, se mantienen las importaciones de crudo, incluso con un ligero descenso en 1996, mientras que la procedencia se centra progresivamente en África. En 1997 la situación difiere de la del año 1995 y 1996, en la que además del crudo procedente de África y América también se recibía de Europa, de la Comunidad de Estados Independientes y de Oriente Medio.

CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN CANARIAS

El consumo de combustibles en Canarias presenta la particularidad de que más de la mitad se invierte en transportes marítimos y aéreos (como corresponde a un archipiélago desarrollado, que en parte funciona como una estación de servicios marítimos), repartiéndose un 70 % a buques y un 25 % a aeronaves. Del consumo interior, un 47 % se destina a producir electricidad, un 34 % a transporte terrestre y casi un 10 % a la producción de agua potable. Las tablas 36.2 a y b muestran la evolución de estos consumos, así como la distribución tipológica de los mismos. En ella puede observarse la caída y posterior recuperación del suministro a buques, y el crecimiento constante del suministro a aeronaves.

LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD EN CANARIAS

Potencia eléctrica instalada

Las tablas 36.3 a y b muestran la evolución de la potencia eléctrica instalada, por islas y por tipo, respectivamente, así como la evolución de la energía producida. Es de destacar la complejidad y vulnerabilidad del sistema eléctrico regional, constituido en realidad por siete subsistemas (seis, si se contempla como un único sistema el de las islas de Fuerteventura y Lanzarote, unidas por un cable submarino), así como el fuerte incremento de la potencia instalada, derivada de una demanda que crece a fuerte ritmo (más del doble que la de España en

Tabla 36.2 a

Evolución del consumo de combustibles (miles de tn) en Canarias entre 1990 y 1998.

Año	Mercado Interior	Buques	Aeronaves	Total
1990	1.988	2.024	591	4.603
1991	2.054	1.981	656	4.691
1992	2.088	1.911	678	4.677
1993	2.135	1.778	702	4.615
1994	2.216	1.988	803	5.007
1995	2.361	2.156	834	5.351
1996	2.396	2.329	873	5.598
1997	2.481	2.511	957	5.949
1998	2.619	2.511	959	6.320

Tabla 36.2 b

Distribución por sectores y tipos del consumo de combustible (tn) en Canarias en 1997.

Sector (año 1996)	Gas de Refinería	GLP	Gasolina	Queroseno	Gasóleo	Fueloil	Total
Producción Pública de Electricidad					40.721	1.121.841	1.162.562
Producción combinada de Agua y Electricidad	51.161					103.990	155.151
Industria y construcción					103.186 ¹	103.640	206.826
Transporte terrestre			547.926		316.179 ¹		864.105
Resto de sectores ²		91.577		1.020			92.597
Mercado interior	51.161	91.577	547.926	1.020	460.086	1.329.471	2.481.241
Buques nacionales					300.830	184.640	485.470
Buques extranjeros					632.439	1.392.705	2.025.144
Transporte aéreo nacional			182	154.084			154.266
Transporte aéreo extranjero			19	802.850			802.869
Total buques y aeronaves			201	956.934	933.269	1.577.345	3.467.749
Total	51.161	91.577	548.127	957.954	1.393.355	2.906.816	5.948.990

¹ Una parte desconocida de esta cantidad se destina a otros sectores.

² Sectores agrícola, residencial, comercio y servicios.

Tabla 36.3 a

Evolución de la potencia eléctrica instalada (megawatios) en Canarias, por islas.

Año	El Hierro	La Palma	La Gomera	Tenerife	Gran Canaria	Fuerteventura	Lanzarote	Total
1990	3,63	44,47	7,54	396,10	505,11	54,02	87,47	1.098,3
1991	5,55	44,47	11,42	444,98	505,11	54,02	85,23	1.150,7
1992	5,55	44,47	11,42	445,28	544,53	80,15	110,36	1.241,8
1993	5,65	44,47	11,42	445,28	544,90	80,15	115,64	1.247,5
1994	5,82	45,73	11,42	484,48	546,16	91,27	108,44	1.293,3
1995	7,29	53,25	11,42	644,28	633,32	91,49	108,44	1.549,7
1996	7,29	53,25	13,90	644,28	733,72	91,49	108,44	1.652,4
1997	7,29	53,25	12,62	649,08	719,74	91,49	108,44	1.641,9
1998	8,56	54,75	12,62	654,58	743,43	91,49	144,92	1.710,36

No se incluye la energía fotovoltaica.

Tabla 36.3 b

Evolución de la potencia eléctrica instalada (mw), por tipos

Año	Térmica	Eólica	Fotovoltaica	Minihidráulica
1990	1.096,47	1,07	0,04	0,80
1991	1.148,03	1,89	0,09	0,80
1992	1.234,53	6,43	0,10	0,80
1993	1.234,53	12,18	0,14	0,80
1994	1.266,39	26,13	0,18	0,80
1995	1.522,53	26,35	0,23	0,80
1996	1.604,45	47,12	0,23	0,80
1997	1.603,17	57,94	0,23	0,80
1998	1.641,95	69,19	0,57	0,80

su conjunto), y el menor consumo por habitante que el resto del territorio nacional (3.290 kwh año / habitante, frente a 4.320 kwh año / habitante de la media nacional, debido a menores niveles de industrialización y a las menores demandas de calor por su clima).

Como se ve, la mayor potencia instalada se encuentra en

la isla de Gran Canaria, seguida por Tenerife. Por otra parte, Lanzarote y Fuerteventura, debido a su fuerte desarrollo turístico y las elevadas exigencias de energía para desalación, tienen una potencia instalada considerablemente mayor que las islas occidentales. Por otra parte, en la tabla inmediatamente anterior puede observarse que en el año 1998 las energías renovables sólo representaban en Canarias el 3,6 % de la potencia total instalada, muy por debajo de las cifras deseables, especialmente si se considera el alto potencial de las islas en estos tipos de energía. Por otra parte, la energía eólica representa el 83 % total de las renovables.

Energía eléctrica producida

En cuanto a la energía eléctrica producida en Canarias, las tablas 36.4 a y b muestran el crecimiento constante de la producción de energía eléctrica en todas las islas, entre los años 1990 y 1998. Destacan especialmente los crecimientos de Fuerteventura y Gran Canaria, que prácticamente se duplican en el periodo analizado, seguido por los experimentados por las islas de El Hierro y Tenerife. El menor crecimiento se ha producido en La Gomera, lo que indica un cierto nivel de estancamiento económico en esta isla.

Tabla 36.4 a

Evolución de la energía eléctrica producida (gwh) en Canarias, por islas.

Año	El Hierro	La Palma	La Gomera	Tenerife	Gran Canaria	Fuerteventura	Lanzarote	Total
1990	11,26	111,07	23,63	1.470,46	1.739,00	149,92	318,86	3.824,2
1991	12,45	122,45	25,87	1.547,96	1.819,00	211,61	292,48	4.031,8
1992	13,14	131,79	27,64	1.635,61	1.894,13	201,25	316,97	4.220,5
1993	13,51	130,79	30,00	1.697,17	1.941,59	187,90	354,58	4.355,5
1994	14,73	141,56	32,77	1.812,89	2.066,55	223,16	373,31	4.665,0
1995	17,25	157,43	34,98	1.937,72	2.237,64	242,70	407,70	5.035,4
1996	18,12	154,56	35,44	2.039,02	2.328,51	274,26	426,58	5.276,5
1997	20,03	165,95	38,06	2.179,31	2.582,51	284,00	469,20	5.744,1
1998	21,85	197,85	42,38	2.291,24	2.497,78	309,10	507,08	6.167,3

No incluye la energía fotovoltaica.

Tabla 36.4 b

Evolución de la energía eléctrica producida (gwh) en Canarias, por tipos.

Año	Térmica	Minihidráulica	Eólica	Fotovoltaica	Total
1990	3.821,26	2,62	0,32	0,07	3.824,27
1991	4.026,40	2,25	3,17	0,16	4.031,98
1992	4.204,67	2,89	12,97	0,19	4.220,72
1993	4.327,20	2,15	26,19	0,26	4.355,80
1994	4.599,95	2,71	62,31	0,33	4.665,30
1995	4.970,73	1,68	63,01	0,39	5.035,81
1996	5.203,40	2,59	70,52	0,39	5.276,90
1997	5.665,17	2,46	76,44	0,39	5.744,46
1998	5.732,47	2,90	115,38	0,79	5.850,83

Puede notarse en esta última tabla como la producción de la energía eléctrica de origen eólico ha experimentado un fuerte crecimiento, en contraste con el práctico estancamiento en el crecimiento de la energía solar fotovoltaica y de la energía minihidráulica.

LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN CANARIAS

Energía eólica

Dentro de las energías renovables, la eólica ocupa en Canarias un lugar preponderante debido a su alto potencial y la constancia de los vientos durante la mayor parte del año (con la práctica ausencia de temporales o vientos fuertes y calmas prolongadas). Los parques eólicos de Canarias se encuentran entre los de mayor productividad del mundo, con factores de capacidad (energía realmente producida en un año, dividida por la teóricamente producible en el mismo periodo) superiores al 0,4 (40 %). La energía eólica está presente en todas las islas, y ha sufrido un incremento considerable en los pasados años, de manos no sólo del impulso de la Administración, sino también de la iniciativa privada (dada la alta rentabilidad

de las inversiones en parques eólicos). Las tablas 36.5 a y b muestran la evolución de la potencia eólica instalada por islas, así como la evolución de la energía producida, respectivamente.

En esta tabla se aprecia el espectacular crecimiento del parque eólico en las islas de Gran Canaria y Tenerife, así como el estancamiento que ocurre en las islas periféricas. Ello es debido a que por problemas derivados de penetración en la red eléctrica de esta energía, las islas periféricas se encuentran saturadas, mientras que en las grandes ello no es así. Sin embargo, cuando se instalen en Tenerife los 52.7 mw y en Gran Canaria los 71.7 mw previstos prácticamente se habrá alcanzado el nivel de saturación en todas ellas.

Se observa en la tabla anterior la variabilidad interanual de este tipo de energía, con oscilaciones que se mueven en un entorno de $\pm 10\%$ alrededor del valor medio. Además, merece destacarse por un lado la gran variabilidad que adquiere este tipo de energía durante todo el año, así como que la mayor parte de la energía eólica se produce durante los meses de verano debido a la fuerte incidencia en Canarias de los vientos alisios.

Tabla 36.5a

Evolución anual de la potencia eólica instalada (kw) en Canarias.

Año	El Hierro	La Palma	La Gomera	Tenerife	Gran Canaria	Fuerteventura	Lanzarote
1990	0	0	0	500	565	0	0
1991	0	0	0	1.380	510	0	0
1992	0	0	0	1.680	2.485	1.125	1.125
1993	100	0	0	1.680	2.860	1.125	6.405
1994	280	1.260	0	2.680	4.120	11.385	6.405
1995	280	1.260	0	2.680	4.120	11.610	6.405
1996	280	1.260	360	2.680	24.520	11.610	6.405
1997	280	1.260	360	7.480	10.540	11.610	6.405
1998	280	2.760	360	12.730	33.100	11.385	6.405
En Obras	0	1.350	0	16.500	2.355	0	0
En Trámite	0	0	0	8.000	41.405	0	0

Tabla 36.5 b

Evolución anual de la producción eléctrica eólica (kwh) en Canarias, por islas.

Año	El Hierro	La Palma	La Gomera	Tenerife	Gran Canaria	Fuerteventura	Lanzarote
1990	0	0	0	102.000	215.981	0	0
1991	0	0	0	1.766.682	1.396.342	0	0
1992	0	0	0	3.193.050	4.607.654	970.400	4.204.300
1993	312.830	0	0	2.857.479	8.546.532	2.763.300	11.710.240
1994	836.321	2.743.632	0	5.241.762	13.582.356	21.831.174	18.092.204
1995	643.530	2.509.740	0	5.920.889	12.757.880	24.292.310	16.882.486
1996	963.500	2.512.600	370.600	6.292.892	15.367.681	26.257.453	18.755.570
1997	761.240	2.010.600	728.800	10.504.166	28.311.673	21.362.596	12.758.348
1998	921.380	2.209.200	600.800	23.217.230	39.792.698	25.195.200	17.443.339

Tabla 36.6Área de paneles solares (m²) instalados en Canarias, por islas.

Isla	El Hierro	La Palma	La Gomera	Tenerife	Gran Canaria	Fuerteventura	Lanzarote	Total
Área	355	2.045	937	25.164	16.968	1.666	2.221	49.357
Tep	27	157	72	1.938	1.306	128	171	3.800

Energía solar térmica

Por razones diversas, la energía solar térmica no ha alcanzado en Canarias un gran desarrollo, a pesar del alto potencial disponible y de las elevadas demandas de agua caliente existentes en el sector doméstico y turístico (sanitario y piscinas). Existen, por parte de la Administración Regional, diversos programas para el fomento de esta energía y salvar su principal escollo, cual es el alto coste de la inversión inicial comparada con los sistemas convencionales de electricidad y gas. Una ventaja añadida del empleo de esta energía es la posibilidad de fabricar los paneles solares en la propia región, cosa que ya ocurre en una fábrica instalada en la isla de Tenerife. La tabla 36.6 muestra la superficie de paneles instalados en las diferentes islas, así como el equivalente energético anual en Tep (tn equivalentes de petróleo). La realidad supera estas cifras, puesto que en ellas sólo se contemplan los paneles subvencionados dentro de los diferentes programas de ayuda a la instalación.

Como puede verse, destaca sobre todas las demás la isla de Tenerife, y en menor medida Gran Canaria, siendo prácticamente testimonial la superficie de paneles solares instalados en La Gomera y en El Hierro.

Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica en Canarias tampoco ha alcanzado un gran desarrollo, debido por una parte a su alto coste, y por otro al elevado nivel de electrificación alcanzado en las islas. Casi un 90 % de la potencia instalada se dedica a electrificación rural y el resto alumbrado público, sistemas de bombeo, etc. Las centrales fotovoltaicas más importantes son la de La Graciosa, con 25.48 kw, la de La Palma, de 25.175 kw, y la de Granadilla en Tenerife, con 27.98 kw (estas dos últimas conectadas a la red eléctrica general). La tabla 36.7 muestra la potencia instalada, así como el equivalente energético anual en Tep.

Tabla 36.7

Potencia instalada (Kwp) de energía fotovoltaica en Canarias, por islas.

Isla	El Hierro	La Palma	La Gomera	Tenerife	Gran Canaria	Fuerteventura	Lanzarote	Total
kwp	5,7	49,3	11,2	525,8	57,7	9,5	58,9	718
Tep	0	3,95	0	79,7	5,87	0	0	89,6

Tep: Sólo de los sistemas conectados a red

En este tipo de energía también destaca la isla de Tenerife, con más del 70 % del total instalado en la región, así como el relativamente bajo nivel en la isla de Gran Canaria.

Energía minihidráulica

El potencial minihidráulico de Canarias es bajo, dada la ausencia de caudales continuos importantes (a pesar de las altas cotas de los existentes). En todo caso, no está explotada en su totalidad, existiendo solamente dos centrales: la de El Mulato, en La Palma, con una potencia instalada de 800 kw, y una producción anual próxima a los 2,5 millones de kwh, y la de La Guancha, en Tenerife, con una potencia instalada de 356 kw, en periodo de puesta en marcha.

TENDENCIAS EN EL DESARROLLO ENERGÉTICO DE CANARIAS

Demanda energética

A la vista de la evolución de los consumos energéticos de Canarias, pueden deducirse las siguientes tendencias:

- Crecimiento sostenido (y alto) de las demandas de electricidad, basado en el crecimiento de la planta alojativa turística, el aumento del nivel de vida y la timidez de las políticas de ahorro.
- Crecimiento de la demanda energética para producción de agua, derivada de las necesidades de incrementar la desalación y la depuración del agua.
- Ligero incremento de las demandas en la industria, habida cuenta de su bajo desarrollo.
- Aumento progresivo, pero lento, de la demanda energética para transporte interno.
- Progresivo incremento de las demandas en transporte naval y aéreo.

En resumen, un incremento elevado y sostenido de la demanda energética total, lo que implica un aumento de la importación de crudos (o productos petrolíferos elaborados) y un incremento de la generación a partir de energías renovables.

Producción energética

La planificación energética de Canarias pasa por tres grandes áreas de actuación: En primer lugar, la potenciación del ahorro y la eficiencia, tanto en materia de energía como de agua. En segundo lugar, la promoción del uso de las diferentes fuentes de energías renovables (energía eólica, energía solar térmica y fotovoltaica, energía minihidráulica, energía de la biomasa y residuos sólidos urbanos, energía del oleaje, etc.), que en Canarias muestran un enorme potencial (en especial la energía eólica y la solar). Y, por último, la diversificación de los combustibles fósiles (utilización de gas natural y posible utilización de carbón).

LÍMITES EN EL EMPLEO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN CANARIAS

Las energías renovables tienen como principal inconveniente su variabilidad a lo largo del tiempo, lo cual exige la presencia de grupos convencionales térmicos, para el suministro eléctrico a la población. Ello introduce serias limitaciones a la hora de conectar estas fuentes energéticas a los sistemas eléctricos generales, especialmente si estos son débiles, como ocurre en el caso de Canarias. En consecuencia, no puede aprovecharse todo el potencial disponible, en forma de energía eléctrica, lo cual es especialmente grave en el caso de la energía eólica. En cuanto a los límites de la energía eólica, la tabla 36.8 muestra el potencial eólico susceptible de ser instalado, en las diferentes islas del archipiélago (según los estudios efectuados en el Departamento de Ingeniería Mecánica-DIM- de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y el Centro de Investigación en Energía y Agua-CIEA- del Instituto Tecnológico de Canarias).

En la primera línea de esta tabla se presenta la potencia térmica instalada en cada isla, y en la segunda, la energía producida por tales centrales. En la tercera línea se indica la energía eólica que podría ser instalada, sin considerar restricciones derivadas de las limitaciones de penetración y, en la cuarta, la energía eléctrica obtenible de estos parques eólicos.

Destacan las islas de Fuerteventura y El Hierro, donde la energía eléctrica de origen eólico puede ser superior a las demandas globales de la isla. En las islas de Gran Canaria y Tenerife, por su alta demanda de energía eléctrica, la energía eólica nunca podrá superar el porcentaje del 30 % sobre el total. En las líneas 5ª y 6ª se exponen los valores de la potencia y energía eólica que con las limitaciones actuales de penetración podrían ser alcanzados. Como se ve, son valores muy por debajo de los teóricamente posibles, lo cual indica la dirección de los esfuerzos a realizar para potenciar el uso de esta energía en las islas. Del estudio efectuado en el DIM de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, es de destacar que con esta energía eólica podrían cubrirse las necesidades energéticas para desalación y bombeo de todas las islas. En particular, la capacidad desaladora del viento en la isla de Gran Canaria equivale a una producción anual de 90 Hm³, o lo que es lo mismo, a la capacidad de todos los embalses de la isla juntos.

Los límites de la energía solar térmica no se han evaluado, pero está claro que ellos dependen sólo de consideraciones económicas, y no de otras de tipo técnico. En cuanto a la energía solar fotovoltaica, especialmente conectada a la red eléctrica, sus limitaciones son dobles: por un lado, el alto coste (por ahora) de las células fotovoltaicas, y por otro, la variabilidad de la energía producida (aún cuando con su carácter mucho menos aleatorio que la energía eólica). Tampoco se ha evaluado el potencial disponible, función del grado de insolación de las zonas y el suelo disponible para este caso, pero

Tabla 36.8

Límites en la producción de energía eólica en Canarias, por islas.

Parámetro	El Hierro	La Palma	La Gomera	Tenerife	Gran Canaria	Fuerteventura	Lanzarote	Total
Potencia eléctrica total instalada (MW)	8,57	54,75	12,62	654,58	743,43	91,49	144,92	1.710,36
Energía eléctrica producida (GWh)	21,85	497,85	42,38	2.291,24	2.497,78	309,10	507,08	6.167,28
Potencia eólica instalable (MW)	11,50	24,50	6,00	150,00	215,00	100,00	70,00	577,00
Energía eólica obtenible (GWh)	34,50	49,00	9,00	345,00	645,00	220,00	182,00	1.484,50
Potencia eólica conectable (MW) (*)	1,71	10,95	2,52	130,92	148,69	18,30	28,98	342,07
Energía eólica introduducible en la red (GWh)	4,37	99,57	28,48	458,25	499,56	61,82	101,42	1233,46
% de energía eólica aprovechable (**)	13	100	94	100	77	28	56	67
% de energía eólica obtenible frente a la energía total producida	158	10	21	15	26	71	36	24

*: El 20% de la potencia convencional.

**: Porcentaje de energía eólica introduducible frente a la obtenible.

puede suponerse bastante alto para la mayoría de las islas.

Desde un punto de vista técnico, y con independencia de los cambios que pueden y deben ser introducidos en los sistemas eléctricos insulares de cara a mejorar los límites de penetración de las energías renovables, varias acciones pueden y deben llevarse a cabo en orden a maximizar el empleo de estas energías autónomas, renovables y no contaminantes:

- Aprovechamiento de la energía eólica y solar para la producción (desalación) y bombeo de agua, en sistemas aislados de las redes eléctricas.
- Implantación (en aquellas islas donde resulte factible) de centrales eólico-hidráulicas, semiaisladas de la red eléctrica.
- Producción de hidrógeno como combustible, a gran escala, a partir de parques eólicos aislados de la red.
- Empleo masivo de la energía solar térmica para la producción de agua caliente, climatización de piscinas y producción de frío y aire acondicionado.
- Política de incentivo de la energía solar fotovoltaica, para suministro de electricidad (tejadys y plataformas fotovoltaicas).

PERSPECTIVAS ENERGÉTICAS PARA EL AÑO 2020

Los diferentes análisis prospectivos indican un rápido declinar del petróleo a partir de la 2ª década del siglo entrante siglo, y posteriormente con unos pocos años de retra-

so, del gas, por razones de agotamiento de las reservas (quizás antes se plantee, de forma más imperiosa, limitar la combustión de estos combustibles dado el rápido incremento del efecto invernadero, y con él, del cambio climático, aspecto éste que también pone en tela de juicio el uso del carbón, que sí cuenta con mayores reservas). Esta situación no sólo obliga a buscar alternativas a los combustibles fósiles convencionales, sino a una búsqueda imperiosa, por parte de los países más desarrollados, de fuentes de energía alternativas (nuclear) que garanticen un suministro energético a largo plazo, en un entorno de máxima independencia, y un mínimo impacto sobre el medio ambiente.

A nivel mundial, todas las previsiones efectuadas por diversos organismos indican un enorme incremento en el uso de las energías renovables. Así, el Libro Blanco de la Energía de la Unión Europea se fija como objetivo doblar la aportación actual de las energías renovables en el año 2010 (de un 6 % actual a un 12 %). El estudio realizado por el World Energy Council indica una penetración de las energías renovables del 50 % en el año 2100 (escenario ecológico sostenido), mientras que el estudio elaborado por la empresa Shell estima una penetración del 48 % en el año 2060. Según los estudios de Greenpeace, en el año 2100 el 100 % del consumo energético mundial debería ser producido con fuentes de energía renovables.

En este contexto, la situación de Canarias, región plenamente desarrollada, es profundamente vulnerable respecto del

suministro de energía del exterior (dado que no puede ser conectada a grandes redes eléctricas de transporte). Es más, cada isla se comporta como un sistema aislado, y por tanto, tampoco cabe hablar de una red regional. Por el contrario, Canarias es una región privilegiada en cuanto a la disponibilidad de energías renovables, lo cual sumado a la benignidad del clima, a la coincidencia de los picos de demanda anual con los periodos de máxima producción de energías renovables y a la posibilidad de almacenar éstas en forma de energía potencial, agua desalada o hidrógeno, hace que el futuro energético de Canarias pueda ser contemplado con un cierto optimismo.

Para conseguir estos objetivos se requiere una política decidida para potenciar este tipo de energías, en los marcos industrial, tecnológico, administrativo (ordenación del suelo), legal, educativo y económico, entre otros. Las perspectivas energéticas de Canarias para el año 2020 serían una estabilización, e incluso disminución, del consumo energético actual y un uso intensivo de las energías renovables, que deberían alcanzar entre un 50 y un 75% del consumo energético total (excepto el sector transporte), mientras que el resto de la demanda energética del Archipiélago provendría de energías fósiles (gas, fuel y, posiblemente, carbón).

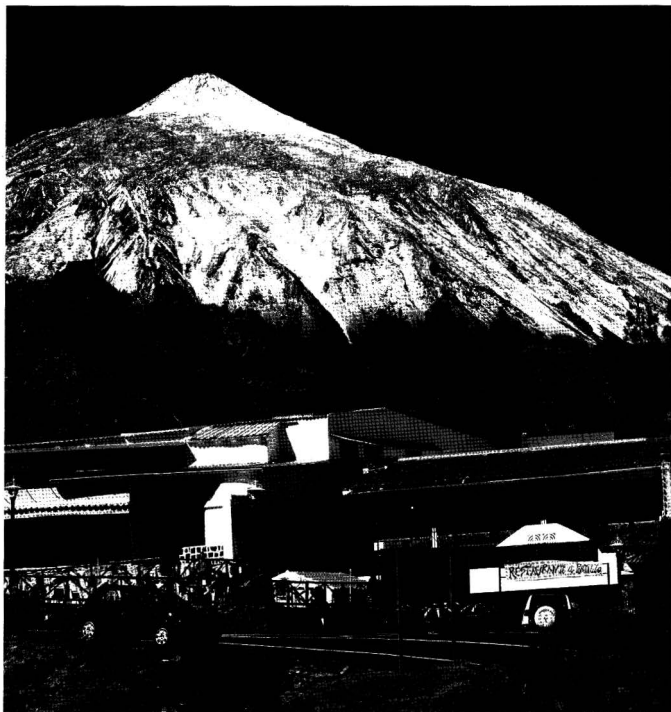


Foto: José Manuel Moreno
El Portillo, El Teide, Tenerife

Capítulo 37

EL VALOR ECONÓMICO DE LA NATURALEZA: LOS MOTIVOS DE OPCIÓN Y DE EXISTENCIA



El medio ambiente y los espacios naturales proporcionan diversas funciones para la sociedad humana. Por ejemplo, la capacidad de asimilación de los ecosistemas sirve para reciclar de forma natural los residuos vertidos por las industrias y actividades productivas. De igual forma, en el medio natural se encuentra gran parte de los recursos utilizados en la producción de bienes y servicios que se ofrecen comercialmente con el fin de la satisfacción de las necesidades de la población. Algunas de estas funciones tienen un precio determinado a partir de la oferta y la demanda en un mercado claramente especificado. Sin embargo, la mayoría de las funciones ambientales se caracterizan por la ausencia de mercados con derechos de propiedad perfectamente establecidos. La consecuencia es que el mercado no sirve, en estos casos, para determinar el valor del medio ambiente y de sus funciones.

La cuestión que nos hacemos en este capítulo es cuál es el valor económico de los espacios naturales en Canarias, en un contexto en el que los precios de mercado no reflejan las preferencias sociales sobre los mismos. El desarrollo económico de Canarias ha implicado un proceso de deterioro de los recursos naturales y ambientales, cuya valoración es necesaria, no sólo para contabilizar adecuadamente todos los costes sociales, sino también para tomar decisiones que conduzcan a la minimización de dichos costes, o bien, a la maximización del bienestar neto. El medio ambiente de Canarias ostenta las características de diversidad, fragilidad y singularidad, de las cuales cabría esperar que se derive un alto valor para la sociedad. Además, la principal industria de Canarias, el turismo, hace un uso intensivo de los recursos ambientales, por lo que el valor de uso turístico ha de considerarse con particular interés (León y González 1995). De entre todos los posibles aspectos del medio ambiente susceptibles de ser valorados económicamente, los más estudiados en Canarias han sido los espacios naturales, de los que la sociedad obtiene beneficios de su consumo presente y futuro, así como de la preservación de los mismos para las generaciones venideras.

LA DEFINICIÓN DEL VALOR ECONÓMICO

Desde el punto de vista económico, el valor de los bienes y servicios se determina por el beneficio que éstos proporcionan a la sociedad, el cual debe medirse en términos mo-

netarios, esto es, en dinero (Johansson 1987). Del lado de los consumidores, el beneficio se identifica con la satisfacción que reciben del consumo, tanto de bienes ambientales como de cualquier otro tipo de bienes. Del lado de los productores, el beneficio se define como la diferencia entre los ingresos y los costes de producción y venta. En el caso de los bienes ambientales, tales como el paisaje, los ecosistemas, las especies, el agua y el aire, los beneficios económicos se suelen deber más al consumo que a la producción, pues se trata de bienes que han sido generados por procesos naturales, y cuya calidad se deteriora justamente por la interacción con la sociedad humana.

El valor económico de los bienes ambientales responde al papel que éstos tienen para el funcionamiento de los ecosistemas y de la sociedad humana. Dentro del valor económico total se pueden distinguir varios componentes, que tienen su origen en las diversas motivaciones por las cuales la sociedad humana experimenta beneficios derivados del medio ambiente. Así, el valor total está compuesto del valor de uso, el valor de opción, y el valor de existencia (Freeman 1993). El valor de uso se debe a la satisfacción que reciben los individuos de la sociedad humana del consumo de los bienes ambientales, tales como una determinada calidad del aire y el disfrute de los espacios naturales. El valor de opción puede deberse, bien a que los individuos desean que los bienes ambientales estén disponibles para su consumo futuro, o bien al valor de la información contenida en dichos bienes. Por ejemplo, puede darse que un espacio natural no sea visitado hasta el momento, pero la sociedad valore la opción de que este espacio se preserve para las posibles visitas en el futuro. En el caso del valor de la información, el beneficio surge por la posibilidad de que la información contenida en las especies y ecosistemas sea de utilidad en el futuro, una vez se descubra una aplicación de las mismas para la sociedad humana.

En cuanto al valor de existencia, se debe a motivos que no tienen que ver con el consumo, ni presente ni futuro, de los bienes ambientales. Los individuos de la sociedad pueden otorgar valor al hecho de que los bienes ambientales tengan una identidad propia y mantengan sus características naturales, sin alteración por parte de la acción de la sociedad humana.

Por tanto, en este caso no habría un deseo expreso de consumir los bienes ambientales. La base para que se produzcan estas preferencias por la existencia del medio ambiente puede encontrarse en varios factores explicativos, como el reconocimiento de su relevancia para la vida en sus diversas formas, o bien como el deseo de traspasar a las generaciones futuras la calidad ambiental actual. Por ejemplo, en el caso de los espacios naturales, puede haber personas que valorarían económicamente su preservación, pero que no son visitantes de los mismos, ni tienen intención alguna de visitarlos en el futuro.

Debido a la ausencia de mercados para los bienes ambientales, la conversión a términos monetarios de los beneficios que estos proporcionan a la sociedad requiere la utilización de métodos específicos. La finalidad de estos métodos es obtener el valor económico del medio ambiente, el cual debe estar expresado en unidades monetarias. El concepto de valor económico no considera otros aspectos del valor de los bienes ambientales que no son susceptibles de ser convertidos en dinero. Por ejemplo, puede haber valores culturales, o valores sociales, cuya conversión en dinero no sea factible. En todo caso, las estimaciones obtenidas con los métodos de valoración representan el límite inferior del valor total, y su utilidad es la de servir de elemento indispensable para el razonamiento económico basado en el principio de los costes y beneficios de las acciones que tienen efectos sobre el medio ambiente

OBTENCIÓN DE LOS DATOS

La investigación que presentamos sobre los componentes del valor de los espacios naturales en Canarias proviene de la aplicación del método de valoración contingente, el cual es uno de los métodos disponibles para medir los beneficios de los bienes ambientales (León 1996 a). Consiste básicamente en el diseño de un cuestionario en el que se plantea a los entrevistados una pregunta de disposición a pagar para que se lleve a cabo una política medioambiental concreta. La respuesta a esta pregunta por cada individuo en la encuesta proporciona la información de base sobre la que se lleva a cabo el análisis de los datos para su posterior agregación, con la consiguiente obtención del valor monetario del bien o la política considerada en el estudio. Las aplicaciones del método deben tener en cuenta los sesgos potenciales que pueden surgir de los aspectos del diseño del cuestionario y de la incoherencia con los preceptos teóricos de partida.

El trabajo de campo se ha realizado en la isla de Gran Canaria, con el estudio de los parques naturales ubicados en la zona centro-occidental de la isla (León 1996 b). También se ha obtenido evidencia de la valoración de la red de caminos reales y senderos turísticos de Gran Canaria, los cuales discurren en su mayoría por espacios protegidos. En cuanto a la zona de estudio, está comprendida por los parques de Tamadaba, Cumbres, Cuenca de Tejeda, e Inagua, con una pobla-

ción de hecho total de unos 4.000 habitantes, con una extensión de unas 28.000 hectáreas.

El hecho de que Canarias sea una región con una alta frecuencia de visitantes foráneos conduce a la necesidad de considerar la población de turistas en el estudio de las preferencias por los bienes ambientales utilizados en la oferta turística (León 1997). De este modo, la definición de la población objetivo ha considerado tanto la población residente como la de turistas, con cuestionarios específicos para cada segmento, y la utilización de muestras separadas. Para la población residente, en 1993 se llevó a cabo un encuesta por teléfono, con un número total de 573 entrevistas. En cuanto al segmento turístico, en 1994 se realizaron 748 entrevistas personales en seis idiomas a todo tipo de visitantes, incluyendo los que viajaban en autobuses, en coche, en taxi, o a pie. Los visitantes fueron abordados al abandonar la zona de los espacios naturales, esto es, justo cuando se encontraban próximos a finalizar la visita y habían tomado conocimiento y experiencia del lugar.

El estudio de la red de caminos reales y senderos turísticos se dirigió a la población residente de la isla de Gran Canaria, tratando de valorar una posible expansión de la red actualmente rehabilitada, con el fin de determinar el tamaño socialmente óptimo de la expansión, esto es, el número de kilómetros que maximizaría los beneficios colectivos. En el cuestionario se mencionaban los posibles riesgos que podía ocasionar la expansión de la red actual, tales como la mayor probabilidad de incendios, la suciedad y el deterioro de los espacios naturales como consecuencia del mayor uso de los mismos. En 1995 se llevaron a cabo 750 entrevistas personales, con énfasis en la descripción de la red de caminos por medio de fotografías ilustrativas de los trabajos realizados hasta el momento.

EL VALOR ECONÓMICO Y SUS COMPONENTES

En los tres casos considerados, la estimación del valor total y de sus componentes se ha enfocado a partir de las respuestas que proporcionan evidencia acerca de la relación de los entrevistados con el bien valorado, bien sean los espacios naturales directamente, o bien la expansión de la red de caminos reales con el objetivo de acercar los espacios naturales a las poblaciones de residentes y de visitantes. El valor de existencia o no uso resulta de considerar la submuestra de sujetos que no participan en la función recreativa proporcionada por los espacios naturales, mientras que el valor de opción se obtiene a partir de los individuos que no están seguros de si van a consumir los servicios recreativos en el futuro.

El análisis de los individuos que presentan una motivación de opción o de existencia, en contraposición con los que manifiestan una actitud de uso presente, permite obtener va-

Tabla 37.1

Relación de los residentes con los espacios naturales.

	Existencia = 0	Existencia = 1	Opción = 0	Opción = 1	Total
Visitantes (%)	64,3	0	60,8	51,5	56
Tiempo última visita (meses)	6,5	-	7	8,3	8
Visitas/persona/año (nº)	3,5	-	3,8	3,2	3,5
Expectativa de visita (%)	97,6	0	76,5	100	86
Visitas esperadas/persona (nº)	3,5	-	3	-	3
Tamaño muestral	507	66	332	241	573

loraciones significativamente positivas de la preservación de los espacios naturales. Sin embargo, el valor total no tiene porqué coincidir con la suma de los componentes estimados a partir de los individuos segregados en la muestra total, debido principalmente a dos razones. La primera es la dificultad de separar los componentes del valor dentro del valor total expresado por cada individuo, donde pueden tener cabida todas las motivaciones posibles. La segunda se debe a las posibles relaciones de sustitución y complementariedad entre los componentes del valor agregado, las cuales pueden ser específicas para cada individuo concreto. La consecuencia es que los valores de opción o de existencia considerados aisladamente pueden ser más altos que si se consideran formando parte del valor total.

La tabla 37.1 presenta información sobre la relación de los residentes con los espacios naturales del centro-occidente de Gran Canaria. El valor de existencia puro predomina en aquellos individuos que no han realizado ninguna visita en el último año, ni esperan realizar alguna en el año siguiente (existencia=1). Estos sujetos representan el 11% de la muestra total. El valor de opción es más importante en los sujetos que esperan visitar los espacios naturales en el próximo año, pero no están seguros del número de visitas que realizarán (opción=1). Estos sujetos representan el 42% del total. Por otro lado, los motivos de existencia y opción están predominantemente contenidos en los sujetos que no han realizado ninguna visita en el último año, comprendiendo el 44% de la muestra. Puede comprobarse que esta proporción es mayor en la

submuestra representativa del valor de opción. Además, el número de visitas realizadas y esperadas no oscila significativamente entre las submuestras que no presentan valores de existencia y de opción predominantes (existencia=0 y opción=0).

La tabla 37.2 revela resultados semejantes para la muestra de turistas visitantes de los espacios naturales. El conocimiento previo a la llegada a Gran Canaria estaba presente en un 28,1% de los casos, oscilando entre países de origen con un 36,6% para Alemania y un 14,9% para el Reino Unido. Es interesante resaltar que existe una alta proporción de visitantes habituales a los espacios naturales en otros destinos turísticos o países de origen, con un 83,5% como media de la muestra. El valor de existencia predominante se encontraría en los sujetos que no suelen visitar espacios naturales y no esperan visitar Gran Canaria en los próximos cinco años. Estos sujetos representan el 11% del total. El valor de opción predominante se reflejaría en los sujetos que, o bien esperan visitar próximamente Gran Canaria, o bien están inseguros al respecto, y atribuyen mucha o bastante importancia a la visita de los parques naturales dentro de sus vacaciones. Este grupo significa el 90% de la población de turistas. Por último, el valor de uso puro los podemos identificar con aquellos individuos que suelen visitar espacios naturales en su país o en otros destinos.

Las pautas de comportamiento de la población residente con respecto a la red de caminos reales están ilustradas en la tabla 37.3. En este caso, la separación de los componentes del

Tabla 37.2

Relación de los turistas con los espacios naturales (%).

	Alemania	Reino Unido	España	Total
Se había informado	36,6	14,9	39,7	28,1
Había estado antes	34,1	20,4	30,1	26,8
Expectativa de volver	41,8	42,2	45,2	40,0
La visita es importante	14,8	18,7	14,8	14,9
Suele visitar parques	79,1	92,3	90,4	83,5
Tamaño muestral	355	235	73	748

valor total se ha realizado a partir de las motivaciones de la valoración monetaria realizada por cada individuo, complementado con las respuestas sobre utilización futura de la red disponible. Así, el valor de existencia puro se identifica con los individuos que valoran la expansión de la red porque suponen un patrimonio cultural, o bien porque se pretende que lo usen las futuras generaciones u otras personas, y además no esperan realizar ningún recorrido. Este grupo representa el 4,9% del total. La suma de los valores de opción y existencia está presente, de forma adicional, en los sujetos que tienen las mismas motivaciones de valoración, pero tienen intención de utilizar los caminos reales. La representatividad de este grupo es del 31% de la muestra. El valor de opción resulta de la submuestra que espera utilizar los caminos o no está seguro al respecto, la cual supone el 62,2% del total.

Tabla 37.3

Relación de los residentes con la red de caminos reales.

Ha realizado algún recorrido (%)	20,8
Espera realizar algún recorrido (%)	74,9
Ha utilizado otros caminos reales (%)	55,6
Tiempo desde el último recorrido (meses)	4,4
Recorridos en el último año (Nº)	1,8
Tamaño muestral	746

Las estimaciones de los componentes del valor total para el individuo representativo de cada población se presentan en la tabla 37.4. En el caso de los espacios naturales, el valor total por individuo es de 8.745 pesetas para la población de residentes y de 1.346 pesetas para la población de turistas. La importancia del valor de uso recreativo difiere significativamente entre ambas poblaciones, siendo más representativa para los turistas (48%) que para los residentes (6%). El valor económico de los residentes se explica prácticamente por los componentes de existencia y de opción, que suponen el 94% del valor total. Para los turistas, el motivo de existencia ostenta una mayor importancia que el motivo de opción, el cual significa tan sólo el 10% del valor total. Este resultado se puede explicar por la preocupación creciente de las poblaciones de los países desarrollados por preservar los bosques con el fin de contribuir a la sustentabilidad global.

Tabla 37.4

El valor económico total por persona y sus componentes (pesetas).

	Residentes	Turistas	Caminos reales
Valor de uso recreativo	518	649	679
Valor de opción	1.476	134	1.241
Valor de existencia	4.000	615	1.266
Valores de opción y existencia	8.227	782	1.676
Valor total por persona	8.745	1.346	2.355

En cuanto a los caminos reales, la valoración total y sus componentes son atribuibles a una expansión que consiga los máximos beneficios colectivos, situada en 90 kilómetros adicionales en Gran Canaria, y 284 en toda Canarias. Los beneficios de la población residente incorporan los beneficios esperados de la explotación de la red de caminos para la industria turística. Por tanto, la rehabilitación constituye una inversión en un activo que generará beneficios de uso y no uso, así como ingresos indirectos de su explotación comercial. Puede verse que los valores de opción y existencia son realmente importantes, lo cual refleja el carácter patrimonial e histórico que han tenido estas infraestructuras en el medio natural y rural. Los valores obtenidos y sus componentes se pueden agregar para la población de Canarias, tanto de turistas como de residentes, bajo el supuesto de que el resto de los espacios naturales, así como la red de caminos reales de otras islas, son valorados de forma semejante por el resto de la población canaria.

CONCLUSIONES

El medio ambiente y los espacios naturales son valorados económicamente por la sociedad humana debido a los beneficios que generan, los cuales pueden tener su origen en el uso actual o futuro de los mismos, así como en la mera satisfacción de su existencia y conservación. Las preferencias sociales por las diversas funciones de los espacios naturales están evaluadas en los conceptos de los valores de uso, opción y existencia. La valoración monetaria de los beneficios económicos totales y de sus componentes es relevante para la gestión de los espacios naturales, pues permite determinar el precio que la sociedad ha de pagar para que se lleve a cabo la conservación de las funciones presentes y futuras. Este precio no tiene cabida en las decisiones del mercado, y corresponde al sector público el implementar las políticas adecuadas para analizar las preferencias sociales.

En el caso de Canarias, los espacios naturales han tenido un papel importante para el desarrollo económico y social, con una función histórica de aporte de materias primas, y una función actual ligada a la actividad recreativa y la oferta turística. Sin embargo, los espacios naturales tienen otras funciones representadas en los conceptos de valor de opción y de

existencia, que suponen una proporción importante del valor total, tanto para la población de residentes como de turistas. El valor recreativo de los residentes y el valor total de los turistas pueden utilizarse para establecer la tarificación óptima de acceso a los espacios naturales, con la finalidad de la conservación de las funciones recreativas y de la sustentabilidad global. Dada la divergencia entre las valoraciones de ambos segmentos de demanda, sería adecuado la discriminación de precios, una práctica de gestión que maximiza los beneficios de los recursos ofertados por la industria turística.

Por otro lado, los valores de no uso y de opción de la población residente indican justamente la cantidad de dinero que la sociedad, a través de sus representantes políticos y del sistema impositivo, debería destinar a financiar la conservación del resto de las funciones de los espacios naturales. Finalmente, los valores estimados de la rehabilitación de los caminos

reales ilustran la utilización de los métodos de medición de los beneficios ambientales para determinar la cantidad óptima de infraestructuras en los espacios naturales, cuyos beneficios pueden responder a las diversas motivaciones del valor económico.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos de campo en que se basa este capítulo han sido financiados por la Consejería de Política Territorial del Cabildo Insular de Gran Canaria en 1994 para la muestra de turistas y de residentes, la Consejería de Economía y Hacienda del Gobierno de Canarias en 1994 para la muestra de caminos reales, y por ELMASA a través de la Fundación Universitaria de Las Palmas en 1993 para la muestra de residentes. El autor agradece el apoyo de estas instituciones, sin el cual los trabajos no se habrían realizado en su tiempo y cuantía.



Foto: Eduardo García del Rey
Embalse de Valle Molina, Tenerife

Capítulo 38

CONTAMINACIÓN EDÁFICA Y DE ACUÍFEROS



JESÚS NOTARIO DEL PINO Y RICARDO DÍAZ DÍAZ

El suelo es un elemento esencial de los ecosistemas terrestres, tanto por ser el soporte del crecimiento vegetal como por regular los procesos cíclicos de circulación de materia y energía. La actividad humana, sin embargo, ha sometido a los suelos a diversas agresiones que afectan gravemente a la salud del medio ambiente y al hombre mismo, una de las cuales es la contaminación.

A este respecto, conviene aclarar conceptos usados de modo indistinto y a veces incorrecto. El término *polución* se refiere al vertido masivo y puntual de sustancias (emisión de humos, mareas negras, etc.). Por contra, la *contaminación* supone la liberación al ambiente de sustancias nocivas en concentraciones mucho más sutiles, aunque no por ello menos dañinas (dadas las profusión y variabilidad de su uso), durante períodos de tiempo prolongados y sobre superficies extensas. En otras palabras, la *polución* se advierte a simple vista, la *contaminación* a menudo no. Por ello, y pese a la aparente contradicción, la *contaminación* supone, desde un punto de vista *ecocéntrico*, una amenaza más grave.

Los casos de *polución* han suscitado mayor atención pública, debido a la elevada toxicidad de las sustancias vertidas y a la amenaza inmediata que representan para la salud ambiental y humana. Sin embargo, la publicación del libro *Silent Spring* (Carson 1962), dio la primera señal de alarma respecto a la contaminación remota y dispersa. Las investigaciones realizadas desde entonces le atribuyen un riesgo manifiesto para el medio ambiente y, además, han identificado a la agricultura como principal fuente de contaminantes de emisión no puntual, a saber, los plaguicidas (Loague *et al.* 1998).

Se considera *contaminante* a cualquier sustancia, con independencia de su origen, cuya sola presencia a determinados niveles en el ambiente perturba el funcionamiento de los ecosistemas, lo que se manifiesta generalmente como daños a los seres vivos. Por contra, un *xenobiótico* es una sustancia de origen no natural que, eventualmente, puede convertirse en contaminante. Desde esta perspectiva, no todos los contaminantes son *xenobióticos*. Así ocurre, por ejemplo, con los nitratos en aguas subterráneas; sin embargo, el DDT es a la vez *xenobiótico* y contaminante.

CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS Y AGUAS EN CANARIAS

Las causas de contaminación de suelos y aguas en nuestro contexto geográfico están restringidas respecto a otras regiones o países, dadas nuestras particularidades geográficas y socioeconómicas. Los orígenes de dicha contaminación son:

1. *Causas naturales*: Son poco frecuentes. Un ejemplo muy llamativo es la elevada tasa de fluoruros detectada en aguas de La Guancha (Tenerife) y La Aldea (Gran Canaria) que obliga a limitar su consumo directo (Espino 1984).
2. *Actividad industrial*: Dadas las limitaciones de este sector en Canarias, esta vía tampoco supone un problema de primera magnitud para los suelos y las aguas del archipiélago, a pesar de su incidencia puntual sobre su entorno más próximo, que se manifiesta habitualmente en forma de vertido de residuos.
3. *Actividad agrícola*: En el aspecto que nos ocupa, y pasa por ser el principal factor de riesgo. Las razones hay que buscarlas en la enorme atomización de la propiedad rural, a menudo dividida en fincas o parcelas muy pequeñas donde la diversidad de cultivos implantados es considerable. Esto obliga a un alto consumo de un variado número de plaguicidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc.), que permitan garantizar una productividad adecuada.

Las cifras no dejan lugar a dudas en este sentido. Según datos de la Asociación Empresarial para la Protección de las Plantas (AEPLA) correspondientes a 1999, el consumo de plaguicidas (orgánicos e inorgánicos) en Canarias sólo representa en términos económicos el 3,5% del total nacional. Sin embargo, si se tienen en cuenta las reducidas dimensiones de la superficie cultivada en nuestra región, dicho consumo supone unas 76.051 ptas/ha y año (el promedio nacional estimado es de 3.756 ptas/ha), no sigue la Comunidad Valenciana con un gasto de 2.000 ptas/ha y año. Por lo tanto, este capítulo se centrará en lo sucesivo en la contaminación de origen agrícola debida al uso de plaguicidas (Tabla 38.1).

Tabla 38.1

Tratamiento fitosanitario aplicado en la campaña 94-95 a la vid en dos fincas del municipio de Tegueste (Tenerife) (Fuente: Díaz Díaz 1996).

Producto comercial	Principio activo	Riqueza (%)	Dosis (kg/ha)	Tratamientos	Carga (kg/ha/año)
Finca A (24 kg/ha/año de plaguicidas orgánicos en total)					
Azufre mineral	Azufre	100	25	3	75
Dithane M 45	Mancozeb	80	3,2	5	16
Tilt EC	Propiconazole	10	0,05	6	0,3
Cobrever 208	Cobre	20	1	3	3
Maneb	8	0,4	3	1,2	
Karathane LC	Dinocap	35	0,17	3	0,5
Sumislex 50 WP	Procimidona	50	1	2	2
Lebaycid 50 LE	Fentión	50	0,5	2	1
Oleo Folidol 5 LE	Paratión	5	0,5	2	1
Folidol M35	Metil Paratión	35	0,35	2	0,7
Gramoxone	Paraquat	20	0,6	2	1,2
Finca B (22 kg/ha/año de plaguicidas orgánicos en total)					
Vamin	Ofurace	6	0,12	2	0,3
Folpet	45	1	2	2	
Topas C	Captán	47,5	0,7	6	4,2
Penconazole	2,5	0,04	6	0,2	
Bayleton A74	Propineb	70	2,1	4	8,4
Triadimefon	4	0,12	4	0,5	
Bayfidán 25 EC	Triadimenol	25	0,12	3	0,4
Folidol M35	Metil-Paratión	35	0,35	4	1,4
Salithix 50 WP	Procimidona	50	1	2	2
Oleo Folidol 5 LE	Paratión	5	0,5	2	1
Gramoxone	Paraquat	20	0,6	2	1,2

EFFECTOS DERIVADOS DEL USO MASIVO DE PLAGUICIDAS

Acumulación de plaguicidas y sus residuos en el suelo

Gracias a la diversidad y abundancia de organismos que habitan en él, el suelo posee una apreciable capacidad degradativa de plaguicidas y otros xenobióticos, contribuyendo así a su eliminación. En este sentido, el papel del suelo como depurador de contaminantes es tan crucial como desconocido o poco valorado. Sin embargo, no todos los plaguicidas son degradados con igual efectividad. Algunos persisten durante semanas o meses a altas concentraciones, pudiendo ser aún activos o no. Ello depende de las condiciones del medio y de las propiedades del compuesto (naturaleza química, solubilidad en agua, volatilidad, etc.). El *Paraquat*, uno de los herbicidas más usados en Canarias, constituye un ejemplo clásico. Este compuesto es activo por contacto, pero su carácter catiónico determina que sea fuertemente retenido por componentes sólidos del suelo, persistiendo así, inactivo, por largos periodos de tiempo.

Acción sobre organismos no-diana

Buena parte de los productos fitosanitarios existentes hoy en el mercado son relativamente específicos, pero su efecto sobre otros organismos (por ejemplo, sobre determinados géneros de bacterias responsables de las transformaciones de nitrógeno en el suelo) es a veces considerable. En último extremo, esto supone la proliferación de ciertos competidores naturales que pueden, eventualmente, constituir una amenaza para los cultivos dado su carácter patagénico. Recientemente, han surgido problemas de este tipo en la vid en Canarias, cuyo resultado ha sido la necesidad de alternar los plaguicidas, incluso dentro del mismo año agrícola, para este cultivo.

Una vez aplicados, los plaguicidas pueden acumularse sobre el propio vegetal o en el suelo, a partir del cual pueden incorporarse a las plantas por vía radicular, o por translocación, al volatilizarse y acumularse en plantas por la respiración: es la *bioconcentración*, que afecta también a los animales que viven en el suelo y al hombre, quien se halla expuesto a los plaguicidas, tanto por ingestión (residuos en alimentos, bioacumulación) como por inhalación directa (volatilización, bioconcentración). Este último caso es especialmente relevante

en Canarias debido a la elevada proporción de invernaderos, donde los plaguicidas volátiles constituyen un peligro potencial para la salud del agricultor.

Contaminación de aguas subterráneas

La capacidad depuradora del suelo se limita a los horizontes superficiales, donde se registra la máxima actividad biológica y la mayor incidencia de luz solar (algunos productos se degradan principalmente por fotodescomposición). Si un compuesto alcanza los horizontes más profundos (arrastrado por el movimiento descendente del agua en el suelo), su tasa de degradación disminuye paulatinamente hasta el punto de atravesar libremente la base del perfil e infiltrarse a través de los estratos de roca, alcanzando finalmente el acuífero. Así, un plaguicida que atraviese la capa superficial de suelo (o zona de enraizamiento), alcanzará antes o después la zona saturada, dependiendo de su movilidad y de la permeabilidad del suelo y la roca. Este aspecto es vital en Canarias, dada nuestra casi absoluta dependencia del agua subterránea. La contaminación de acuíferos debida a la aplicación masiva de plaguicidas es ya una realidad alarmante en Europa y EE.UU. (Tabla 38.2).

REMEDIO Y PREVENCIÓN DEL PROBLEMA

Consiste el remedio en eliminar los plaguicidas y/o sus residuos una vez presentes. Recientemente se han desarrollado diversas estrategias de corrección de suelos y aguas subterráneas contaminadas, cuyo denominador común y principal desventaja es su elevado costo. En el caso del suelo, se acepta ampliamente que el mejor remedio es la propia actividad del suelo, es decir, permitir que los procesos degradativos, biológicos o fisicoquímicos, eliminen progresivamente los residuos. Recordemos, no obstante, que una de las vías de desaparición de plaguicidas del suelo es su transporte hacia el acuífero. Por tanto, y al ser esencial la minimización del impacto de los plaguicidas, es preciso limitar severamente su aplicación masiva.

Agricultura Sostenible

Sin duda, la mejor solución para evitar la contaminación por plaguicidas es no utilizarlos, es decir, recurrir al control integrado de las plagas. Sin embargo, y siendo realistas, es preciso reconocer que esta alternativa se halla todavía lejos de ser lo bastante efectiva como para sustentar grandes poblaciones humanas (incluso localmente, como es el caso de Canarias). Surge así el concepto de *Agricultura Sostenible*, basada (entre otros aspectos) en un empleo racional de los plaguicidas que minimice en lo posible su efecto sobre los ecosistemas. Esta alternativa no está exenta de dificultades, ya que el agricultor se muestra con frecuencia reacio a alterar prácticas mantenidas durante años (a veces décadas) que han arrojado el rendimiento apetecido.

El enfoque predictivo: modelos

Lograr los objetivos de la agricultura sostenible pasa necesari-

Tabla 38.2

Plaguicidas habitualmente detectados en aguas subterráneas de Europa Occidental (Díaz Díaz 1996) y Estados Unidos (Barbash y Resek 1996).

Alemania	Holanda	EEUU
Atrazina	Aldicarb	Atrazina
Bentazon	Atrazina	Prometon
Bromacilo	Bentazon	Metolacolor
Cloridazon	Bromacilo	Simazina
Mecoprop	Dinoseb	Metribuzina
Pyridato	Etoprofos	Alacloro
Simazina	ETU (etilen-tiourea)	Cyanazina
Terbutilazina	Metamitron	Hexaclorobenzeno
1,2-dicloro-propano	Metolacolor	DBCP
1,3-dicloro-propeno	Oxamilo	EDB
	Lindano	ETU
	1,3-dicloro-propeno	Bentazon
España		Dinoseb
Atrazina		2,4-D
Bromacilo	Italia	p,p'-DDE
Carbofuran	Alacloro	Dicamba
Methiocarb	Atrazina	Picloram
Terbumeton	Bentazon	Etalfuralina
Terbutilazina	Linuron	2,4,5-T
Metolacolor	Clorpirifos	EPTC
	Molinato	Trialato
	Simazina	Benfluralin
	Terbumeton	
	Trifluralin	
Francia	Reino Unido	
Atrazina	Napropamida	
Simazina	Pendimetalina	
Terbutilazina	Propacloro	
	Tebuturon	
Portugal		
Atrazina		
Clorotoluron		
Mecoprop		
Simazina		

riamente por estudios predictivos sobre el destino y comportamiento ambiental de los plaguicidas. A su vez, dichos estudios suponen la aplicación de modelos al efecto. En el caso del transporte de plaguicidas se han desarrollado diversos modelos con distinto grado de complejidad matemática y conceptual. Entre ellos, los modelos *evaluativos* constituyen una de las posibilidades más atractivas, porque permiten estimar las posibles rutas ambientales de los contaminantes, indicando los principales reservorios y sumideros por una parte, y las potenciales dianas ambientales por otra. Si bien su capacidad para aportar predicciones cuantitativas es limitada, sí que pueden aplicarse en análisis preliminares o en la comparación de unos contaminantes frente a otros.

Índices de lixiviación: evaluación del riesgo

En el caso de la contaminación de aguas subterráneas, los

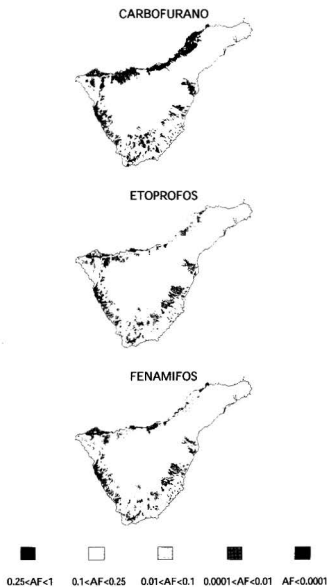


Figura 38.1

Potencial contaminante del Carbofurano, del Etoprofos y del Fenamifos para las aguas subterráneas de Tenerife.

modelos evaluativos han recibido especial atención, dada la magnitud global del problema y la enorme complejidad del sistema hidrogeológico. Dichos modelos se denominan *Índices de Lixiviación*, y no han sido concebidos al objeto de cuantificar el transporte de plaguicidas desde la superficie del suelo hasta el acuífero, sino para clasificar un grupo de plaguicidas dado, según su potencial relativo para alcanzar el agua subterránea.

Se han propuesto varios índices de este tipo. Uno de los más recientes y de mayor precisión se debe a Bacci (1994), y se basa en el concepto de fugacidad y los modelos previos de Mackay (1991). Sin embargo, dada su reciente aparición, su

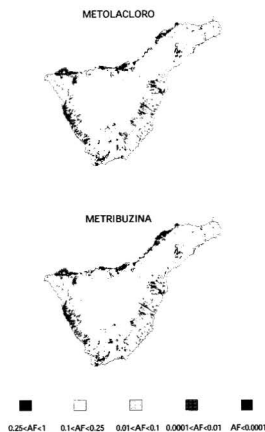


Figura 38.2

Potencial contaminante del Metolacloro y de la Metribuzina para las aguas subterráneas de Tenerife.

difusión y aceptación son aún limitadas (Díaz Díaz *et al.* 1999). Otro índice de aplicación más extendido en la última década es el denominado AF (*Attenuation Factor*) desarrollado por Rao (1985). Estos modelos permiten elaborar criterios de protección del agua subterránea cuando hay que optar entre una gama de principios activos para controlar una determinada plaga o enfermedad. En función de las características del compuesto y del suelo, el riesgo de contaminación del agua subterránea será distinto en cada caso.

Estudios a escala regional

Evaluar el impacto de los contaminantes de origen no puntual, sea a escala local, regional o global, es básico si se pretende desarrollar una agricultura sostenible. Los SIGs (Sistemas de Información Geográfica) permiten aplicar los índices de lixiviación sobre una base cartográfica, lo que amplía considerablemente la validez y el ámbito de las estrategias preventivas a tomar en cada caso.

Tomemos como ejemplo la proliferación de nemátodos en los suelos de Tenerife, que afecta principalmente al plátano, el tomate y la papa (en este último caso, la incidencia es mayor en el sur de la isla). Tres de los principios activos más

utilizados en su control son el *Carbofurano*, el *Etoprofos* y el *Fenamifos*. La figura 38.1 muestra el potencial contaminante de estos compuestos para el agua subterránea en Tenerife. Según la pauta de clasificación propuesta, el plaguicida más peligroso es con diferencia el Carbofurano, al presentar mayor superficie en rojo, correspondiente a valores altos de AE. Los otros dos entrañan menor riesgo para el acuífero.

Otro ejemplo se presenta en la figura 38.2. Ya se ha indicado que el Paraquat es un herbicida de uso muy difundido, tanto en Canarias como particularmente en Tenerife. Esta figura muestra el riesgo potencial de contaminación del acuífero representado por otros dos herbicidas: *Metolacoloro* y *Metribuzina*, como alternativas al Paraquat. Los mapas revelan que el Metolacoloro sería la opción menos peligrosa.

Con todo, conviene recordar que en ambos ejemplos sólo se considera el riesgo de contaminación del agua subterránea de modo cualitativo. Al elaborar estrategias de gestión del uso y aplicación de plaguicidas deben tenerse en cuenta, además, factores tales como: toxicidad del plaguicida, eficacia sobre la plaga o enfermedad a atacar, coste económico y volatilidad.

En definitiva, este método aporta dos herramientas básicas para gestionar adecuadamente el uso de productos fitosanitarios, a saber: (1) la posibilidad de seleccionar, entre una variedad de productos de posible empleo, aquéllos con menor impacto sobre el agua subterránea; y (2) identificar zonas de alto riesgo, para aplicar en ellas modelos más complejos que arrojen datos cuantitativos, y tener así estimaciones más precisas del riesgo de contaminación.

CONCLUSIONES

El principal factor responsable de la contaminación de suelos y aguas en Canarias es la aplicación masiva de fertilizantes y plaguicidas. Los efectos derivados pueden incidir notablemente sobre el agua subterránea, un recurso esencial en nuestro contexto. Las estrategias de prevención deben basarse, al menos en primera instancia, en el uso de índices predictivos que evalúen el riesgo de contaminación del acuífero a partir del uso de determinados productos. El acoplamiento de los datos obtenidos a una base cartográfica proporciona mayor alcance y validez a la información obtenida.



Foto: Fernando Cova

Pino Canario (*Pinus canariensis*), La Palma

Capítulo 39

EROSIÓN Y DESERTIFICACIÓN



Aunque algunas zonas de las Islas Canarias, particularmente aquellas más próximas al continente africano, están sometidas a un proceso claro de desertización debido a la aridez y a la mayor o menor recurrencia de las sequías, ha sido más recientemente que se ha detectado un proceso creciente de desertización, fenómeno más complejo, ligado a las actividades del hombre, que afecta a todas las islas y que implica una pérdida progresiva de la productividad biológica del territorio.

En el presente capítulo, intentaremos clarificar los límites a veces confusos entre ambos conceptos y también desvelar algunos mitos surgidos en torno a la desertización. Además trataremos de desarrollar la idea de que la degradación de los suelos y los procesos de erosión como la manifestación más visible de la misma, son en gran medida los ejes sobre los que pivota el proceso de desertización.

DESERTIZACIÓN Y DESERTIFICACIÓN

La desertización, es un proceso natural que tiene lugar en los límites geográficos de los desiertos, donde la falta de agua es el principal factor que limita la productividad de los ecosistemas. Así pues, puede afirmarse que la desertización se debe a una aridez estructural, con periodos persistentes de sequía, lo que hace muy difícil la vida vegetal y animal por falta de humedad, llevando a una degradación progresiva de los ecosistemas, siempre debida a causas naturales. Entre ellas están la sequía, la temperatura y la evaporación elevada, la frecuencia de vientos e incidencia de erosión eólica y la erosión hídrica que se origina por cortos y esporádicos aguaceros de gran intensidad (López Bermúdez 1996). De acuerdo con este concepto, en las Islas Canarias sólo la isla de Fuerteventura y pequeñas áreas de Lanzarote y Sur de Gran Canaria, están sometidas a un proceso claro de desertización, ya que sus condiciones climáticas naturales y en particular la falta de agua, están próximas a las de los desiertos verdaderos.

La situación de frontera con el desierto del Sahara de estas áreas, así como su aridez extrema (no superan los 100 mm de lluvia anuales, con un coeficiente Precipitación / Evapotranspiración potencial (P/ETP = 0,1 -árido-) y los periodos pro-

longados de sequía (hasta más de tres años consecutivos con pluviometría cero), unido a una especial configuración geomorfológica, con extensas superficies llanas abiertas a los vientos dominantes del NE, a las invasiones de aire sahariano y a la violencia de las precipitaciones, que cuando ocurren tienen carácter torrencial, hacen que los procesos de degradación de la cubierta vegetal y de los suelos (erosión hídrica y eólica y salinización) adquieran su máxima expresión como agentes de desertización.

La desertización por su parte, es un fenómeno diferente que puede definirse como aquel proceso que origina la disminución de la potencialidad biológica de un territorio y de su productividad como resultado de un impacto negativo de las actividades humanas y de los modelos de ocupación del espacio (MIMAM 2000).

Vemos que la desertización es un término de contenido más complejo que el de desertización y se utiliza con diferentes enfoques según la percepción de la población, que según su grado de desarrollo tiene necesidades diferentes y se ve por tanto, desigualmente afectada por los problemas de degradación ambiental. La desertización no es aisladamente, la erosión del suelo, la destrucción de la cubierta vegetal, las sequías, los incendios forestales, la salinización de los suelos de regadío, ni siquiera la degradación de las condiciones de vida y la marginación social. La desertización es todo eso y mucho más. Se ha comprendido de manera definitiva que la desertización no es sólo un problema biofísico, como de modo simplista a veces se manifiesta sin poner nunca en cuestión los factores socioeconómicos e institucionales. Es un problema medioambiental, pero también social y de desarrollo (Thomas *et al.* 1994).

Aunque se dispone aún de pocos datos y observaciones directas sobre el alcance del proceso de desertización en las Islas Canarias, sí se conocen bastantes síntomas y respuestas de los ecosistemas canarios a los impactos de la acción humana, que permiten afirmar que la desertización es un proceso que afecta a la totalidad del territorio archipelágico.

Las manifestaciones más visibles de lo que acabamos de

afirmar, se ponen en evidencia en los siguientes datos:

- ▶ Aproximadamente un 43% de la superficie insular (unas 320.000 ha.) sufren procesos graves de erosión hídrica y eólica de los suelos. Esta aceleración de los procesos erosivos sobre el suelo es una de las primeras y más graves manifestaciones de la desertificación y afecta incluso a zonas húmedas. Son pues procesos que en Canarias no están en relación ni con la aridez climática ni con los períodos de sequía.
- ▶ La creciente salinización de los suelos agrícolas de regadío. Un 60% de la superficie ocupada por regadíos presenta problemas de salinización, acumulándose hasta 300 kg de sales por ha. en las capas superficiales del suelo, previsiblemente debido al uso de aguas de mala calidad y también al uso excesivo y no racional de fertilizantes. Es también un proceso de degradación de suelos, no ligado a las condiciones climáticas y que afecta también a zonas húmedas como por ejemplo los valles de Aridane (La Palma) y Hermigua (La Gomera) (Vargas Chávez *et al.* 1993).
- ▶ Progresivo deterioro de las características físicas de los suelos de las islas, observándose ya en muchos casos una elevada compactación del suelo con la consiguiente disminución de su porosidad y la capacidad de infiltración y almacenamiento de agua. Este proceso es particularmente grave en los suelos sobrepastoreados y en aquéllos donde se ha incrementado notablemente el uso de herbicidas y se ha reducido el laboreo.
- ▶ Se ha producido una pérdida importante de masa forestal en las islas, que alcanza proporciones de aproximadamente un 70% de la superficie boscosa existente hace cuatro siglos. Este proceso que es uno de los más importantes como síntoma visual impactante de la desertificación, se encuentra actualmente frenado y en algunos casos en franco retroceso (ganándose masa forestal) gracias a las políticas de reforestación y prevención de incendios llevadas a cabo por las Administraciones Públicas canarias.
- ▶ En algunos ecosistemas terrestres de las islas, se está produciendo una pérdida alarmante de biodiversidad, aunque también el proceso se ha logrado frenar en parte, al diseñarse y planearse programas de recuperación y rescate genético de flora y fauna amenazada y de hábitats degradados.
- ▶ Degradación cualitativa y cuantitativa de recursos hídricos. La falta de agua dulce en general y potable en particular es otro de los síntomas más evidentes de la desertificación. En Canarias ha existido hasta ahora un considerable caos en los aprovechamientos de los recursos de agua, recursos que por otra parte no son tan escasos como a veces se piensa. Esto ha llevado a una situación actual de acuíferos sobreexplotados, captaciones de agua agotadas, salinización de acuíferos costeros por intrusión marina, contaminación química y biológica de acuíferos debido a asentamientos masivos, etc.
- ▶ Un proceso, menos visible a corto plazo, y que es un refle-

jo de todo lo anterior es la reducción progresiva de la tierra fértil cultivable y la disminución de la productividad natural de los cultivos. Otro síntoma claro de desertificación y de consecuencias desastrosas a largo plazo.

- ▶ Creciente abandono de los sistemas agrícolas tradicionales. En los últimos 50 años se han abandonado en Canarias 100.000 ha. de suelo cultivado, lo cual agrava más el proceso de desertificación si tenemos en cuenta que se trata de agrosistemas sostenibles y conservacionistas en cuanto a los recursos de suelo y agua.
- ▶ En ciertas zonas de las islas, se ha producido un notable deterioro de las condiciones de vida de la población agraria, dada la disminución del valor económico de la tierra y la depreciación especulativa de los sistemas soporte de la vida en el ámbito rural.
- ▶ Incremento de los desequilibrios interinsulares y regionales, observándose una restricción de las posibilidades de desarrollo económico sostenible, un deterioro de la convivencia social y también cierta crispación política.
- ▶ Flujos migratorios internos hacia las ciudades ocasionando despoblamiento del campo, bolsas de marginación social y cinturones de pobreza –Taco (Tenerife), Jinámar (Gran Canaria), Arrecife (Lanzarote), Pto. del Rosario (Fuerteventura), etc.–.

Como factores desencadenantes de estas manifestaciones, cada vez más evidentes en las islas, podemos citar:

- ▶ Creciente presión demográfica, agravada por el fenómeno turístico, que genera un elevado volumen de residuos contaminantes en un espacio territorialmente limitado.
- ▶ Pérdida de cubierta vegetal por talas abusivas de zonas de monte y matorral e incendios forestales, aunque también hay que considerar el hecho, que se produce con relativa frecuencia, de dejar el suelo desnudo y sin protección (sin cultivo o barbecho) durante la época de lluvias en zonas agrícolas de secano de las medianías.
- ▶ Sobrepastoreo. Se llegan a contabilizar en algunas islas hasta 70.000 cabezas de ganado caprino, sin control alguno sobre el territorio insular. El pastoreo en régimen extensivo de antiguas zonas cerealísticas de secano, actualmente abandonadas, incrementa los procesos erosivos al sobreponerse los efectos del pastoreo al del abandono de las parcelas antiguamente cultivadas. En estos casos el efecto del sobrepastoreo sobre el suelo es especialmente grave.
- ▶ La agricultura intensiva basada en el monocultivo y en el uso de fertilizantes inorgánicos, más productiva económicamente pero poco respetuosa con el medio ambiente, ha sido y es uno de los factores que más contribuyen a la degradación del suelo. La agricultura tradicional, entendiendo como tal la que se practicaba antes de la generalización de los agroquímicos de síntesis, implica un mejor conocimiento de todos los factores de producción (suelo, culti-

vo, clima, laboreo, etc.) y de sus interrelaciones, así como del manejo de los ciclos naturales y agrícolas. El monocultivo intensivo supone un ciclo agotador y un deterioro de los equilibrios fisicoquímicos y biológicos del suelo, que se hace así más susceptible a los procesos de degradación.

- ▶ Uso excesivo e indiscriminado de agroquímicos (fertilizantes inorgánicos y pesticidas principalmente), lo que ocasiona problemas de salinización-sodificación, mineralización y contaminación del suelo, pudiendo afectar también a la calidad de los acuíferos (ver capítulo 38).
- ▶ Inadecuada utilización del riego, generalmente con aguas de mala calidad que aceleran la degradación cualitativa de los suelos agrícolas.
- ▶ Crisis de la cultura agrícola tradicional. Abandono y deterioro de paredes de terrazas, bancales y otras estructuras de conservación del suelo y el agua (gavias, nateros, arenados, etc.).
- ▶ Explotación insostenible de los recursos hídricos.
- ▶ Usos inadecuados de los suelos. Es decir la utilización de los suelos para actividades no acordes con sus potencialidades y limitaciones. El caso más general es la utilización de suelos de elevado valor ambiental o de alta capacidad agrícola y fertilidad natural, para realizar urbanizaciones, obras de infraestructuras diversas (carreteras, aeropuertos, etc.), zonas recreativas e instalaciones de ocio y otras, con lo cual se pierde toda la capacidad y funciones productivas y ambientales de ese suelo.
- ▶ Litoralización y terciarización de la economía (urbanizaciones, turismo, regadíos, obras de infraestructura).
- ▶ Predominio de la economía especulativa, de la cultura urbana y la uniformización de hábitos y costumbres.

Vemos pues que aunque es cierto que algunas islas como Lanzarote y sobre todo Fuerteventura, presentan un clima árido y sufren un claro proceso de desertización, no es menos cierto que el estado de degradación ambiental y las evidencias de desertificación en el resto de las islas no tienen su origen ni en la aridez climática ni en la falta de agua, como muchos han dicho de un modo simplista.

En efecto, la erosión del suelo, la salinización de los suelos agrícolas, el deterioro de las propiedades físicas del suelo, la pérdida de cubierta vegetal y de biodiversidad, la reducción de la superficie cultivada y de los paisajes agrarios, la pérdida de calidad de vida de los medios rurales y la urbanización de la cultura, son síntomas evidentes de desertificación no ligados en absoluto, como ya hemos apuntado ni a una aridez endémica ni a períodos recurrentes de sequía y afectan por igual a todas las islas incluidas aquellas de condiciones subhúmedas.

Además, la falta de agua es uno de los síntomas más claros de desertización y de aridez de un territorio y es una realidad en algunas islas del archipiélago. Pero si nos atenemos a lo manifestado en los Planes y Avances de Planes Hidrológicos de algunas islas occidentales *¿es cierto que los recursos de agua son escasos? La sensación generalizada de falta de recursos hídricos, ¿no se deberá más que nada a un caos organizativo en la explotación, distribución y uso de los recursos?*

La salinización de acuíferos y el agotamiento de muchas captaciones, parece deberse más a una irracional sobreexplotación especulativa que a un desequilibrio en el balance hidrogeológico natural (ver capítulo 30). El deterioro de la calidad de determinados acuíferos colgados, por contaminación química y biológica, no es otra cosa que una consecuencia también de una ilógica planificación de actividades urbanísticas, de ocio y agrícolas intensivas.

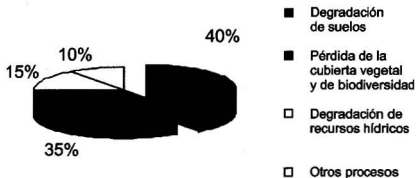
Creemos pues, que se ha magnificado la influencia de los factores físicos y, particularmente, los climáticos y la escasez de recursos como causantes de la desertificación en Canarias y en cambio, como ya hemos dicho, se ha infravalorado las actitudes depredadoras de recursos del hombre, como factor fundamental de desertificación.

LA EROSIÓN DEL SUELO

Hemos visto que la desertificación es un fenómeno complejo y aunque las manifestaciones del mismo son relativamente claras, sus causas y los procesos implicados en el mismo presentan mayor confusión (Fig. 39.1)

Figura 39.1

Causas y procesos implicados en la desertificación.



Si parece haber acuerdo general en que de todos los procesos implicados, la degradación cualitativa y cuantitativa del suelo y la consiguiente pérdida de sus funciones productivas y ambientales, es uno de los más importantes. A su vez, la degradación de los suelos de Canarias, aunque originada por

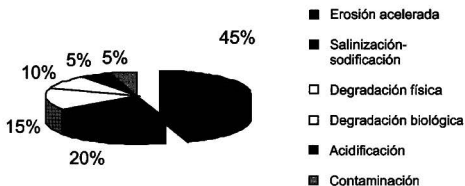
factores diversos, naturales o antrópicos, se debe a seis procesos degradativos diferentes, aunque a menudo ocurran simultáneamente y con un cierto grado de sinergia entre ellos. Estos procesos se señalan en la figura 39.2 (Rodríguez Rodríguez *et al.* 1993 a, b) y como vemos la erosión acelerada, es decir condicionada por las actividades humanas, es uno de los principales mecanismos o procesos de degradación que afectan a los suelos de Canarias.

La erosión hídrica es el tipo de erosión acelerada que con mayor intensidad contribuye a la pérdida de suelos, aunque episodios localizados de erosión eólica pueden adquirir cierta importancia en las islas de Lanzarote y Fuerteventura y de manera más puntual en el resto de las islas.

El proceso de erosión hídrica consiste fundamentalmente en la disgregación de la estructura del suelo en partículas simples (arenas, limos, arcillas) por la acción del impacto de las gotas de lluvia, cuyo efecto es tanto más acusado cuanto mayor es la intensidad o erosividad de las precipitaciones. Posteriormente estas partículas sueltas son arrastradas por el agua de escorrentía y depositadas allí donde la energía cinética del flujo superficial de agua disminuye (cursos bajos de barrancos y barranquillos, balsas, conducciones de agua, carreteras o el mar).

Figura 39.2

Procesos relacionados con la degradación de los suelos en Canarias.



El proceso de erosión hídrica que como vemos, depende de factores naturales tales como la intensidad de la lluvia, susceptibilidad del suelo a la disgregación (erodibilidad), pendiente del terreno y otros, se ve a menudo acelerado en nuestras islas por actividades del hombre que modifican (en el sentido de favorecer el proceso erosivo) la acción de los factores naturales. Entre estas actividades podemos citar, la deforestación, abandono de la conservación de paredes y trastones de las parcelas y terrazas, el mal manejo de rebaños de cabras en régimen extensivo, el abandono de carreteras y pistas sin medidas de corrección de taludes, etc. (Aguilera *et al.* 1994).

Aunque la pérdida de suelo es ya un problema en sí mismo, por lo que significa de destrucción de un recurso estratégico en unas islas con escasa superficie ocupada por suelos de buena aptitud, la necesidad de frenar los procesos erosivos, mediante las medidas correctoras y de conservación adecuadas, es además evidente por los daños económicos que ocasiona en el aterramiento de embalses y otras obras de infraestructura.

Los procesos de erosión, además de la propia pérdida de suelo agrícola y forestal, originan cambios importantes en los horizontes superficiales del suelo, como la degradación de la estructura, la compactación superficial y la aparición de costras de sellado, lo que disminuye su capacidad de infiltración y almacenamiento de agua, lo cual unido a la pérdida de nutrientes y materia orgánica por lixiviación y lavado de los horizontes superficiales, implica siempre una reducción considerable de la fertilidad de los suelos. Es decir, una degradación cualitativa además de cuantitativa.

Como ya hemos dicho, aproximadamente un 43 % de la superficie del archipiélago está afectada por procesos graves de erosión acelerada, lo cual supone unas 323.000 ha. En estos cálculos no se han incluido las áreas afectadas por la erosión geológica, ya que ésta no puede considerarse como un proceso de degradación de suelos, sino como un proceso geomorfológico modelador del paisaje.

Cuando hablamos de procesos graves de erosión acelerada nos estamos refiriendo a aquellas superficies donde se pierden por erosión hídrica más de 12 t de suelo por ha. y año, lo cual equivale a un espesor de suelo de 1-1,5 mm anuales, y que es el valor que normalmente se toma como "límite tolerable de erosión". Sin embargo, conviene hacer una reflexión sobre los límites tolerables de pérdida de suelo por erosión, en una región donde el suelo constituye un recurso natural escaso y por tanto estratégico y donde además vendría introducir un factor ético, ya que aunque actualmente podamos tolerar unas pérdidas de suelo de este tipo ¿*conocemos realmente cuáles van a ser las necesidades de suelos en el futuro?*

Como podemos ver en el tabla 39.1 las islas de Fuerteventura y Gran Canaria, son las que presentan una mayor superficie afectada por procesos graves de erosión y con morfologías erosivas espectaculares por la incidencia de cárcavas y ba-

Tabla 39.1

Superficie afectada por procesos graves de erosión
(Pérdidas de suelos superiores a 12 t/ha año).

Isla	Superficie (km²)	% de la superficie total
Fuerteventura	987,0	59,4
Gran Canaria	885,2	56,7
La Gomera	174,2	47,1
Tenerife	853,2	41,9
Lanzarote	259,1	30,6
La Palma	56,6	8,0
El Hierro	15,8	5,9
CANARIAS	3.231,1	43,4

rranquillos en Betancuria, La Ampuyenta y La Matilla en Fuerteventura y en toda la zona oriental y las cuencas de Tejeda y Tirajana en Gran Canaria.

Otras zonas donde las tasas de erosión pueden superar en determinados eventos pluviométricos las 12 t/ha año, son las plataformas del Norte y las lomas del Sur en La Gomera, los macizos de Anaga y Teno y las bandas del Sur en Tenerife y el macizo de los Ajaches y el área Tegui-se-Los Valles en Lanzarote. Las islas menos afectadas tanto en intensidad como en extensión superficial por la erosión hídrica del suelo, son la de La Palma y El Hierro, donde coinciden unos factores naturales favorables (densa cobertura vegetal, elevada capacidad de infiltración de los suelos, etc.) con un modelo de desarrollo de baja presión humana sobre el territorio.



Foto: Fernando Cova

Capítulo 40

LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

VENERANDO GONZÁLEZ

La actividad humana y los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la Tierra, van acompañados de la generación de residuos y, entre ellos, gases, vapores, polvos y aerosoles, que al difundirse en la atmósfera pasan a formar parte de los distintos ciclos biogeoquímicos. La introducción en el siglo pasado del petróleo y del gas, que vinieron a sumarse al carbón, como principales fuentes de energía, ha significado un gran incremento en la capacidad de producción industrial y en la movilidad del hombre. Junto al desarrollo tecnológico experimentado, la implantación de nuevos sistemas comerciales y hábitos de consumo, ha contribuido de manera decisiva a una profunda alteración en las relaciones entre el hombre y el ambiente.

Tradicionalmente, los contaminantes atmosféricos suelen clasificarse en biológicos, físicos y químicos. En los dos primeros grupos encontramos contaminantes como los virus y hongos transportados por el aire, o el ruido y las radiaciones ionizantes. No es fácil definir de forma precisa la contaminación debida a la introducción en la atmósfera de especies químicas. En términos generales se puede considerar que una sustancia es contaminante cuando, dependiendo de los niveles en los que esté presente, puede causar efectos nocivos (riesgos, daños o molestias), directa o indirectamente en las personas, ecosistemas de cualquier tipo o bienes materiales.

En todo caso, junto al concepto de contaminación atmosférica, debe tenerse en cuenta la ineludible existencia de la denominada contaminación de fondo. En la atmósfera, con independencia de los procesos de contaminación antropogénicos, existen numerosas sustancias, en concentración variable, que proceden de determinados procesos naturales: fermentaciones, descomposiciones, procesos biogénicos en los que interviene la vegetación, erupciones volcánicas, etc. Esta contaminación potencial está, en principio, perfectamente asumida por la naturaleza, gracias a los mecanismos propios de autoregulación, tanto físicos como

químicos, que conducen a una situación de equilibrio entre los diferentes componentes de la atmósfera. Sin embargo, la actividad humana puede llegar a romperlo, al provocar un aumento en la velocidad de generación de contaminantes.

Una fracción importante de los contaminantes vertidos a la atmósfera son devueltos, por distintas vías, al suelo o a los océanos. El resto puede intervenir en reacciones químicas, con o sin la participación de diferentes tipos de energía que, a su vez, generan otros contaminantes. Estos procesos ocurren mayoritariamente en la pequeña franja de la atmósfera conocida como troposfera, que ocupa los 10-12 km más próximos a la superficie de la Tierra, donde se desarrolla la vida en nuestro Planeta.

FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Además de las fuentes naturales, muchas actividades del hombre, y particularmente, la generación de energía eléctrica, la producción industrial y el tráfico de vehículos, producen emisiones importantes de gases y partículas, capaces de proporcionar aumentos significativos en la concentración de contaminantes en la atmósfera.

Tabla 40.1

Aportaciones de distintos sectores productivos al total de emisiones antropogénicas.

Contaminantes	Procesos Industriales (%)	Producción de Energía (%)
Monóxido de carbono	2,8	0,8
Dióxido de azufre	37,8	44,3
Hidrocarburos	24,7	0,7
Partículas	50,0	20,0
Óxidos de Nitrógeno	20,0	30,0

Fuente: Manual de contaminación ambiental. Fundación Mapfre. Madrid. 1994.

Es difícil establecer la contribución relativa de las fuentes naturales a la concentración total de especies contaminantes en la atmósfera. A partir de las estimaciones realizadas en diferentes estudios, se admite que estas fuentes pueden ser las

responsables del 30-40% de las emisiones de dióxido de azufre, del 40-60% de las emisiones de monóxido de carbono, del 80-90% de las de dióxido de carbono y de más del 90% de las emisiones de óxidos de nitrógeno. Estas aportaciones de las fuentes naturales, expresadas como cantidad total de contaminantes, suponen emisiones globales comprendidas entre algunos cientos y varios miles de millones de toneladas anuales. En la tabla 40.1 se incluyen algunas estimaciones referidas a la actividad industrial y a las plantas productoras de energía.

En cuanto a la cantidad de contaminantes, puede observarse que el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y las partículas, constituyen la fracción mayoritaria. De aquí que dichos compuestos se contemplen, casi siempre, en las disposiciones legales que regulan los niveles de emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos y, además, en ellos suelen concentrarse la mayor parte de los esfuerzos institucionales, cuando se pretende potenciar el control de la contaminación antropogénica.

En términos relativos, y por su potencial capacidad contaminante, en Canarias destacan las actividades asociadas a los sistemas eléctricos de las islas de Tenerife y Gran Canaria, la Refinería de Petróleos de Santa Cruz de Tenerife y, por supuesto, los medios de transporte. Las centrales eléctricas de las restantes islas, las plantas de producción de aglomerado asfáltico, las industrias de fabricación de cementos y de procesado del vidrio, así como pequeños equipos destinados a la producción de calor y vapor, completan las principales actividades industriales con incidencia en la contaminación atmosférica en Canarias. Otras instalaciones, de las que no disponemos de datos fiables son las plantas de incineración de residuos urbanos de La Palma y las de residuos hospitalarios, situadas en distintos centros sanitarios.

La vigilancia de las emisiones se realiza mediante dispositivos de medida en continuo, situados en las chimeneas de la Refinería de Petróleos, COTESA y las Centrales Térmicas de Jinámar y Barranco de Tirajana, en Gran Canaria, y de Candelaria y Granadilla, en Tenerife. Los datos, que son transmitidos en tiempo real, vía satélite, al Sistema de Control (C.E.I.) de la Consejería de Industria y Comercio del Gobierno de Canarias, son publicados, desde 1996, en informes anuales.

Además, para estas y otras instalaciones industriales, la legislación establece la realización de inspecciones periódicas, por entidades autorizadas, de los niveles de emisión de contaminantes. En la tabla 40.2 se resumen los valores límites de emisión de contaminantes, para algunas instalaciones industriales, establecidos por normativas europeas y españolas, así como

Tabla 40.2

Valores límite de emisiones de contaminantes en focos industriales, según la normativa vigente.

Industria (Tipo de Grupo)	Dióxido de azufre (mg/m ³ N)	Partículas (mg/m ³ N)	Óxidos de nitrógeno (mg/m ³ N)
C.T. Granadilla (G. Vapor)	400	50	450
C.T. Bco. De Tirajana (G. Vapor)	400	50	450
C.T. Candelaria (G. Vapor)	1.700	50-75	750
C.T. Candelaria (G. Diesel)	850	60	a
C.T. Jinámar (G. Vapor)	1.700	50-75	750
C.T. Jinámar (G. Diesel)	850	60	a
Refinería CEPASA	2.570 ^b	50-120	b
COTESA	800	50	350

^a. Fijada una reducción del 24 %.

^b. Se debe reducir a 1700 mg/m³N, antes del año 2001.

Fuente: Memoria de gestión y análisis de la contaminación de origen industrial. Consejería de Industria y Comercio del Gobierno de Canarias. 1997.

por resoluciones de la Dirección General de Industria del Gobierno de Canarias.

En cuanto a la situación en Canarias, a continuación se comentan algunos aspectos relacionados con la emisión de contaminantes atmosféricos, desde los sectores productivos de mayor significación.

Producción de energía eléctrica

Al hablar de problemas medioambientales asociados a la contaminación atmosférica, la producción de energía eléctrica es una de las actividades industriales prioritarias. Los principales factores que influyen en estas emisiones son: las propiedades físico-químicas de los combustibles, su nivel de impurezas y las condiciones en que se realiza la combustión. La disparidad de la demanda existente en las diferentes islas y en los distintos sectores de consumo, así como la necesidad de disponer de sistemas de generación independientes, como consecuencia de la discontinuidad geográfica, son causas que justifican, en gran medida, la diversidad de fuentes de producción de energía eléctrica existentes en las islas.

Prácticamente, todas las Centrales Eléctricas existentes en Canarias se basan en la combustión de derivados del petróleo. Sin embargo, existen diferencias considerables en la tecnología y tamaño de los grupos generadores, así como en el tipo de combustible que emplean. Por otra parte, también deben

contabilizarse las aportaciones de energía, todavía pequeñas, procedentes de otras fuentes, como los Generadores Eólicos instalados los últimos años en todas las islas (ver capítulo 36) y de la Central Hidroeléctrica de El Mulato (La Palma), o de otros combustibles, como sucede con la utilización parcial de gas residual procedente de la Refinería de Petróleos de CEPESA, por la Planta de Cogeneración propiedad de COTESA. La implantación de gas como combustible, prevista para los próximos años en el Archipiélago, así como la liberación del sector eléctrico, pueden originar cambios importantes en la estructura del sistema eléctrico en Canarias y, también, en la contribución de esta actividad a la contaminación atmosférica.

Al considerar el impacto ambiental asociado a la generación y consumo de energía eléctrica, la evolución de la potencia eléctrica producida es un índice a tener en cuenta. Puede admitirse, que el suministro eléctrico en el archipiélago canario empezó a normalizarse en 1980. Desde entonces, la demanda de los distintos sectores productivos, así como el consumo domiciliario, han experimentado un crecimiento importante. Así, en el período comprendido entre 1980 y 1997, la producción bruta de energía eléctrica en Canarias experimentó un aumento próximo al 250%, con incrementos próximos al 210% en las islas de Tenerife y de Gran Canaria, y considerablemente superior en el binomio Lanzarote/Fuerteventura. La figura 40.1 es representativa de la evolución que ha experimentado la producción eléctrica en Canarias, así como en las dos islas más pobladas, entre los años 1970 y 1997.

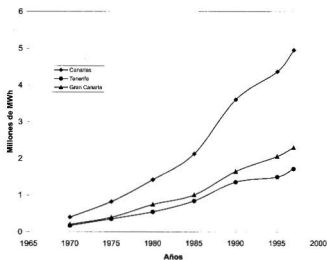


Figura 40.1

Evolución de la producción de energía eléctrica en Canarias (♦), así como en Gran Canaria (▲) y Tenerife (●), entre 1970 y 1997.

El resultado global de la combustión de los derivados del petróleo, es la conversión de los hidrocarburos en dióxido de carbono y vapor de agua. Como quiera que el proceso de oxidación es parcialmente completo, se producen también can-

tidades variables de monóxido de carbono. Por otra parte, durante la combustión, el azufre contenido en los combustibles se convierte en óxidos de azufre, con una distribución próxima al 98% y 2%, para el dióxido de azufre y trióxido de azufre, respectivamente. Asimismo, se originan distintos óxidos de nitrógeno, por oxidación del nitrógeno presente en el combustible y/o del contenido en el aire. La aportación de esta última fuente crece considerablemente, al aumentar la temperatura y la cantidad de oxígeno, durante la combustión.

Las temperaturas que se alcanzan en los mecheros de combustión, son suficientes para provocar la volatilización de numerosos compuestos, entre los que destacan hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos nitrogenados heterocíclicos. Muchos de estos contaminantes se condensan en la partícula, constituidas por residuos carbonosos y óxidos o sales inorgánicas. Además, asociados a las partículas, pueden encontrarse metales pesados en concentraciones pequeñas, en términos relativos.

El volumen y composición de las emisiones atmosféricas dependen en gran medida de la potencia eléctrica del grupo considerado, asociado a un mayor o menor consumo y las características del combustible, así como del correcto funcionamiento de las instalaciones y de la existencia de medidas correctoras de las emisiones.

En las centrales eléctricas existentes en Canarias, se observan notables diferencias entre las características de los grupos y los combustibles que utilizan, incluso en una misma Central. Así, mientras las situadas en Los Llanos (El Hierro) y El Palmar (La Gomera), poseen un número relativamente alto de Grupos Caterpillar de pequeña potencia, que suelen emplear como combustible dieseloil con un 0,50-0,60% de azufre, otras, como las de Jinámar (Gran Canaria) y Candelaria (Tenerife), poseen varios Grupos de Vapor, Grupos Diesel y Turbinas, que utilizan como combustibles, fueloil BIA, dieseloil y gasoil, con contenidos en azufre que pueden oscilar, aproximadamente, entre 0,05 % y 1,0 %.

En cuanto al nivel de producción de energía, todas las Centrales han venido experimentando crecimientos a lo largo de los últimos años, excepto las de Jinámar y Candelaria. En ambos casos, la entrada en funcionamiento, en 1995, de las nuevas centrales de NELCO en Barranco de Tirajana (Gran Canaria) y Granadilla (Tenerife), así como de la Planta de Cogeneración de COTESA en Santa Cruz de Tenerife, ha provocado descensos importantes en la producción de aquellas. Entre 1990 y 1997, la producción de Jinámar ha pasado desde 1.580 a 1.100 GWh, mientras que en la de Candelaria, se ha pasado, en el mismo período, desde 1.300 a 360 GWh, con descensos del 30% y 72%, respectivamente. En todas las islas se vienen experimentando crecimientos continuados y significativos a lo largo de los años. Las estimaciones existentes,

prevén un aumento del 8,8% en el ritmo medio de crecimiento interanual, entre los años 1998 y 2005, para la producción de energía eléctrica en el archipiélago.

Las diferencias comentadas entre Centrales y entre los distintos tipos de grupos generadores de electricidad, también se traducen en diferentes niveles de emisión de contaminantes. La figura 40.2 muestra la variación de las concentraciones medias anuales del total de las emisiones correspondientes a las centrales de Candelaria y Jinámar, para el dióxido de azufre, partículas y óxidos de nitrógeno, entre los años 1990 y 1997.

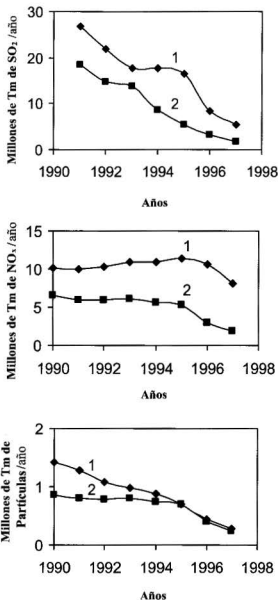


Figura 40.2

Variación de las concentraciones medias anuales del total de emisiones de dióxido de azufre, partículas y óxidos de nitrógeno en las centrales eléctricas de Jinámar (◆) y Candelaria (■), entre 1990 y 1997.

En el intervalo de tiempo considerado, se produjeron descensos del 78% y del 92%, en las emisiones de dióxido de azufre correspondientes a las Centrales de Jinámar y Candelaria, respectivamente. En ambos casos, la disminución en la producción de dichas Centrales, y el empleo como combustible de fueloil BIA, con contenidos en azufre del 1,0 % o ligeramente inferiores, son las principales causas que justifican los descensos comentados. Las nuevas centrales de Granadilla y Barranco de Tirajana, incorporan sistemas de desulfuración de gases, con lo cual la concentración de dióxido de azufre emitida, es bastante menor que en las anteriores. Los grupos diesel existentes en las centrales citadas y, al mismo tiempo, los únicos que existen en las centrales de las restantes islas, utilizan combustibles con contenidos de azufre inferiores y, en consecuencia, sus niveles de emisión de este contaminante son inferiores a los de los grupos de vapor.

En las dos centrales que venimos tomando como ejemplo, Jinámar y Candelaria, a lo largo de los ocho años que van desde 1990 a 1997, las emisiones de materia particulada han experimentado disminuciones del 78% y del 71%, respectivamente. Al descenso en la producción eléctrica, al cambio de combustible y las mejoras introducidas en los procesos de combustión, se ha venido a añadir, en los últimos tiempos, la implantación de sistemas de eliminación de partículas contenidas en los gases. De esta forma se explican dichas disminuciones, y las que previsiblemente se producirán a lo largo de 1998, cuando se terminen de instalar electrofiltros en todos los grupos de vapor de estas centrales. Es previsible que, en ese momento, las concentraciones de partículas emitidas en estas centrales se equiparen a las que actualmente se alcanzan en las de Granadilla y Barranco de Tirajana. Al igual que sucede con el dióxido de azufre, las emisiones de partículas en los grupos diesel y turbinas, sin que posean medidas correctoras especiales, son del mismo orden de magnitud a las de los referidos grupos de vapor.

Respecto a las emisiones de óxidos de nitrógeno, las reducciones que se han producido en las centrales de Candelaria y Jinámar, durante los años 1990 a 1997, 72% y 20%, respectivamente, son próximas a los descensos experimentados en la producción de energía eléctrica en ambas centrales. No obstante, por las razones comentadas, las mayores concentraciones de este contaminante se producen en los grupos diesel. En consecuencia, prácticamente en todas las centrales, los mayores esfuerzos en la reducción de la carga contaminante tendrán que orientarse, de forma especial, hacia la reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno por los grupos diesel.

Como ejemplo de niveles de concentración de contaminantes emitidos a lo largo de 1997, en la tabla 40.3 se han agrupado los valores mínimos y máximos de las medias mensuales, correspondientes a todos los grupos de vapor instalados en las centrales eléctricas de UNELCO en Canarias.

Tabla 40.3

Valores mínimos y máximos de las medias mensuales, a lo largo de 1997, de las concentraciones de dióxido de azufre, partículas y óxidos de nitrógeno, emitidos por grupos de vapor de centrales eléctricas instaladas en Canarias.

Central Eléctrica /Grupo de Vapor	Concentraciones mínimas/máximas		
	Dióxido de azufre (mg/m ³ N)	Partículas (mg/m ³ N)	Óxidos de nitrógeno (mg/m ³ N)
C.T. de Jinámar:			
GV I	1.150/1.620	65/112	560/770
GV II/III	1.200/1.490	59/70	520/640
GV IV	1.100/1.400	40/82	550/690
GV V	1.100/1.400	54/80	605/805
C.T. de Candelaria:			
GV III-IV	995/1.780	65/110	400/770
GV V-VI	1.100/1.250	25/80	580/910
C.T. de Barranco de Tirajana:			
GV I	50/172	9/22	350/445
GV I	45/80	14/28	370/410
C.T. de Granadilla:			
GV I	65/110	19/30	390/435
GV I	60/80	18/25	360/410

Fuente: Memoria de gestión y análisis de la contaminación de origen industrial. Consejería de Industria y Comercio del Gobierno de Canarias. 1997.

Refino de Petróleo

El crudo petrolífero es una mezcla compleja de hidrocarburos y, en menor proporción, de compuestos que contienen azufre, nitrógeno, oxígeno y metales traza. En el conjunto de procesos implicados en la fabricación de los derivados producidos en una refinería de petróleos, en las operaciones relacionadas con la obtención de calor y vapor, y en las áreas de almacenamiento de productos, se liberan contaminantes atmosféricos, entre los que destacan, por su cantidad, óxidos de azufre, hidrocarburos, partículas, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

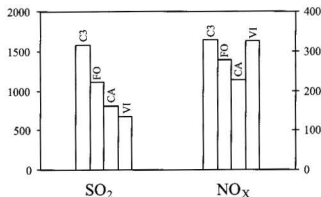
La Refinería de Petróleos de CEPSA en Santa Cruz de Tenerife, es una industria cuya principal actividad es el refino de crudos petrolíferos de distinta procedencia, con una capacidad de destilación de 4,5 millones de toneladas al año, que se viene manteniendo constante en los últimos años. Desde el punto de vista de la emisión de contaminantes atmosféricos, dicha Refinería consta de dieciséis focos emisores, correspondientes a hornos, calderas y sistemas de incineración de gases.

En general, la emisión de partículas por las distintas unidades se mantiene dentro de los límites establecidos por la normativa vigente (50 - 120 mg/m³N). Su procedencia, así

como la de los óxidos de nitrógeno, tiene un fundamento similar al comentado al referirnos a las fuentes de producción de energía. En el caso del dióxido de azufre, las emisiones correspondientes a la mayoría de las unidades, se forman a partir del azufre contenido en los crudos y en los combustibles obtenidos en el refinado. La figura 40.3 muestra las concentraciones medias de óxidos de nitrógeno y de dióxido de azufre, emitidas por algunas unidades representativas en el año 1997.

Adicionalmente, el azufre de los crudos se encuentra también como sulfuro de hidrógeno, polisulfuros o mercaptanos, compuestos de un mal olor característico y cierta toxicidad que, además, también pueden producirse, durante el refinado del crudo, por ruptura de moléculas grandes que contienen azufre.

En atención a lo comentado, en la Refinería de Petróleos de Santa Cruz de Tenerife, existe una unidad de aminas en la que se depura el sulfuro de hidrógeno presente en el fuel-gas, para ser posteriormente transformado en azufre elemental. El sulfuro de hidrógeno no transformado se convierte, por combustión, en dióxido de azufre. Esta última conversión se realiza en la unidad de incineración, que se caracteriza por

**Figura 40.3**

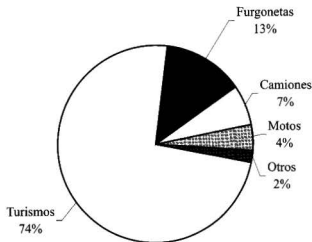
Concentraciones medias de dióxido de azufre y de óxidos de nitrógeno, emitidas en el año 1997, en unidades representativas de la Refinería de petróleo de CEPSA en Santa Cruz de Tenerife (C3: caldera 3; CA: Cadu II; FO: Foster y VI: Visbreaker).

emitir concentraciones elevadas de dióxido de azufre, generalmente superiores a los 10 g/m³N, y pequeñas de sulfuro de hidrógeno, pero suficientes para ser detectadas por el olfato humano. La utilización de combustibles de bajo contenido en azufre para procesos de combustión, la introducción de la planta de aminas y del incinerador, así como la puesta en funcionamiento de COTESA, con la consiguiente disminución en el tiempo de funcionamiento de las calderas, son razones que justifican la disminución en la cantidad de dióxido de azufre emitido por la Refinería, estimada en un 60% entre 1990 y 1997, aunque todavía significan caudales del orden de las 8-10 toneladas/día.

Medios de transporte

Los motores de combustión interna son la principal fuente de contaminación antropogénica de algunos contaminantes atmosféricos, entre los que se encuentra el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, compuestos de plomo y diversos derivados orgánicos, entre los que destacan hidrocarburos de distinto tipo. Por otra parte, los diferentes medios de transporte, desde automóviles a ferrocarriles o aviones, introducen volúmenes importantes de contaminantes en diferentes entornos, aunque suelen ser los núcleos urbanos, por la densidad de tráfico que existe en los mismos, los más directamente afectados.

La contaminación aportada por estas fuentes de emisión, adquiere una gran importancia por la magnitud del parque automovilístico y los continuos incrementos que experimenta. El número de automóviles matriculados en Canarias, ascendía en 1997 a unos 950 mil, de los que alrededor del 87% correspondían a turismos y furgonetas, según puede observarse

**Figura 40.4**

Distribución porcentual del parque automovilístico canario en 1997.

en la figura 40.4, con aumentos del 6,4 % y del 11,7 %, en relación a 1996 y a 1995, respectivamente. En atención a estas cifras, se justifica que en 1997 se contabilizaran más de 200 mil movimientos diarios en los principales puntos de entrada y salida de Santa Cruz de Tenerife.

De igual forma, la cantidad de combustibles consumida, así como sus sucesivos aumentos guardan, como es lógico, una relación directa con las magnitudes que se acaban de mencionar para los automóviles. Tomando como referencia un combustible como la gasolina, en Canarias se consumieron, entre los años 1995 y 1997, 550 mil toneladas, con un incremento del 10,5 % en el mismo intervalo de tiempo.

La cantidad de contaminantes emitidos por los motores de combustión interna, depende fundamentalmente del tipo de combustible, de sus impurezas y aditivos, así como de las condiciones en que se realiza la combustión. En tal sentido, los distintos medios de transporte, además de presentar diferencias en cuanto al volumen de contaminantes emitidos, también pueden diferir en la naturaleza de alguno de ellos.

En los motores de gasolina, debido al proceso de combustión, el azufre contenido en los combustibles se transforma en dióxido de azufre, y en función de la relación entre el aire y la gasolina, se producen cantidades variables de monóxido de carbono. Por otra parte, como la combustión se realiza a temperatura elevada, porciones relativamente pequeñas del oxígeno y nitrógeno presentes en el aire, reaccionan para formar óxidos de nitrógeno. Asimismo, entre el 65 % y el 70 % del plomo añadido a la gasolina, como compuestos de tetralquil-

plomo, pasan a forma gaseosa y son expulsados a la atmósfera. Por último, concentraciones considerables de hidrocarburos alifáticos y aromáticos, fenoles y otros compuestos orgánicos, también son emitidos por los motores de gasolina. Una parte importante de los contaminantes señalados y, en especial, de los compuestos orgánicos y de plomo, pasan a la atmósfera en forma de vapor o asociados a las partículas sólidas, durante la combustión. En la tabla 40.4 se incluye una estimación de los contaminantes emitidos por litro de combustible, en motores de gasolina, en distintos regímenes de funcionamiento.

Desde un punto de vista medioambiental, las principales diferencias entre los motores de gasolina y diesel se encuentran en los sistemas de inyección e ignición, así como en el

Tabla 40.4

Estimación de emisiones de contaminantes, por motores de gasolina con carga, en recorrido urbano, en función del régimen de funcionamiento del motor. Valores medios referidos a cantidad de combustible.

Contaminantes	Régimen de marcha		
	Ralentí	Bajo	Alto
Monóxido de carbono (% vol)	3 - 10	3 - 8	1 - 5
Óxidos de nitrógeno (mg/l)	0 - 50	1000	4000
Hidrocarburos (mg/l)	3.000 - 8.000	200 - 500	100 - 300
Compuestos de plomo (mg/m ³)	-	60	-

tipo de combustible que utilizan. El diesel-oil no suele contener aditivos, pero su concentración en azufre es significativamente superior al que presentan las gasolinas. En consecuencia, no emiten compuestos de plomo, pero expulsan concentraciones más elevadas de dióxido de azufre. De igual forma, las diferencias en el proceso de combustión, va acompañada de la emisión de cantidades notablemente diferentes de algu-

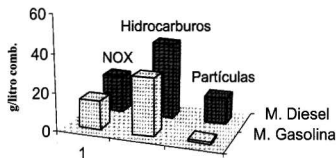


Figura 40.5

Comparación de contaminantes emitidos por motores Diesel y Gasolina.

nos contaminantes. Así sucede con el monóxido de carbono, cuyas emisiones son muy superiores en los motores de gasolina. La figura 40.5 representa relaciones entre cantidades medias relativas, expresadas en gramos de contaminantes emitidos por litro de combustible, para motores diesel y de gasolina.

En las emisiones de contaminantes debidas a ambos tipos de motores se producen otras diferencias importantes. Entre ellas, destacan la composición de los distintos tipos de hidrocarburos, así como la emisión por los motores diesel de sustancias con olor, como algunos alquilbencenos, indanos, etc. En otro orden de cosas, la materia particulada producida por estos motores está constituida fundamentalmente por hollín o aglomerados de carbón fino, mientras que la procedente de los motores de gasolina suele ser de menor tamaño y posee una porción inorgánica considerable. En todo caso, el flujo de masa de contaminantes emitidos por estos últimos motores, es menor que el correspondiente a los motores diesel.

El empleo de catalizadores, además de la reducción de las emisiones de monóxido

de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, ha supuesto la utilización de gasolinas en las que se ha sustituido la aditivación con compuestos de plomo, por derivados orgánicos oxigenados como alcoholes de diferente tipo y éteres. La figura 40.6 muestra el plan de reducción de las emisiones de contaminantes, en el período 1990-1998, para el conjunto de la Comunidad Europea.

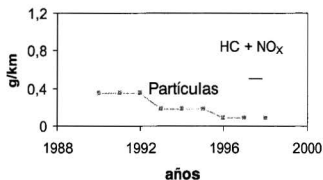


Figura 40.6

Plan de reducción de las emisiones contaminantes por vehículos en la Comunidad Europea.

INMISIÓN DE CONTAMINANTES

El tiempo de residencia medio de los contaminantes en la atmósfera puede variar entre pocas horas, para sustancias que posean una gran capacidad de reacción, a varios días y meses cuando las sustancias son menos reactivas. Por su parte, la velocidad de deposición de contaminantes en la superficie terrestre depende, entre otros factores, de la estabilidad atmosférica y de la frecuencia de las precipitaciones. De esta forma, la calidad del aire en una zona determinada sobre la superficie de La Tierra, o lo que es igual, la influencia de la inmisión de contaminantes en la misma, se encuentra condicionada por numerosos factores, que incluyen la distancia de los

de aire ascendente sobre la misma, al tiempo que se origina otra descendente sobre el mar. De esta forma, en las capas bajas de la atmósfera se produce una circulación de aire desde el mar hacia tierra, que se invierte al llegar la noche. Así, buena parte de los contaminantes producidos durante el día, y los generados a lo largo de la noche, son dispersados sobre el mar, al tiempo que, una parte de los mismos, son devueltos a tierra después de la salida del sol.

Por último, en los núcleos urbanos y su entorno, se producen modificaciones meteorológicas que también influyen sobre la inmisión de contaminantes. Como consecuencia, entre otros factores, de fuentes de calor, como los medios de

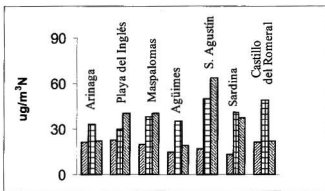
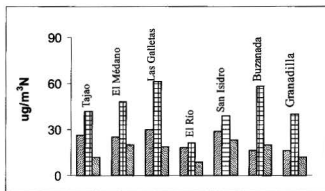
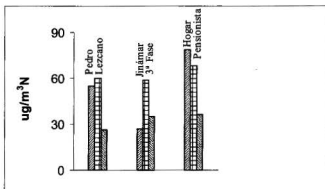
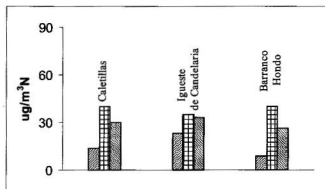


Figura 40.7

Valores máximos de las medias mensuales de contaminantes a lo largo de 1997, en el entorno de las Centrales eléctricas de Candelaria y Granadilla de Abona (Tenerife).

(□) dióxido de azufre; (▨) partículas; (▤) óxidos de nitrógeno)

Figura 40.8

Inmisión de contaminantes. Valores máximos de las medias mensuales a lo largo de 1997, en el entorno de las Centrales Eléctricas de Barranco de Tirajana y Jinámar (Gran Canaria).

(□) dióxido de azufre; (▨) partículas; (▤) óxidos de nitrógeno).

focos emisores, la naturaleza y cantidad de los contaminantes emitidos, la orografía del terreno, las condiciones atmosféricas, etc.

En áreas costeras, es frecuente que los vientos generados por incrementos térmicos tengan una influencia dominante en la dispersión de los contaminantes. Durante el día, al calentarse la superficie de La Tierra, se produce una corriente

transporte, o de las capas de contaminantes depositadas sobre las ciudades, se producen las denominadas *islas de calor*, que provocan desplazamientos verticales de aire que contribuyen notablemente a la circulación de los contaminantes.

En Canarias, las principales redes de control de la inmisión de contaminantes se sitúan alrededor de la Centrales

Eléctricas mayores, en las islas de Tenerife y Gran Canaria, y de la Refinería de Petróleos de Santa Cruz de Tenerife. Las redes asociadas a cada uno de los centros productivos, así como la cabina que posee la Consejería de Industria y Comercio en Puerto del Rosario (Fuerteventura) y las dependientes de la Consejería de Sanidad, en Santa Cruz de Tenerife, Igueste de Candelaria, Las Palmas de Gran Canaria y Jinámar, se encuentran conectadas a centros de procesos de datos dependientes de organismos oficiales.

Como ejemplos de aquellas redes que poseen un número considerable de cabinas en funcionamiento continuado, en las figuras 40.7 y 40.8 se encuentran datos representativos de 1997, suministrados por las cabinas automáticas situadas en el entorno de las nuevas centrales Eléctricas de Barranco de Tirajana y de Gra-

nadilla, así como de las centrales de Candelaria y de Jinámar.

Con referencia a 1997, en las zonas sometidas a control, los parámetros indicadores de la calidad del aire: dióxido de azufre, materia particulada y óxidos de nitrógeno, suelen presentar concentraciones alejadas de los valores límite que, según la normativa vigente, no deben sobrepasarse y, en la mayor parte de los casos, tampoco llegan a sobrepasar los denominados valores guía.

Los comentarios aquí expuestos se refieren exclusivamente a sustancias incluidas en la legislación vigente. Sin embargo, existen otros contaminantes atmosféricos que suelen producirse en menor cantidad, pero poseen una toxicidad mayor. Respecto a éstos, la información disponible en Canarias es escasa o nula.



Foto: José Manuel Moreno

Contaminación en playa, Lanzarote

Capítulo 41

LA CONTAMINACIÓN DEL LITORAL



El Grupo de Expertos de Naciones Unidas sobre Aspectos Científicos de la Polución Marina GESAMP define la contaminación del mar como el vertido efectuado por el hombre, de forma directa o indirecta, de sustancias o energía al medio marino y que tenga consecuencias que puedan poner en peligro la salud humana, perjudicar los recursos vivos y el sistema ecológico marino, causar daños a los lugares de recreo u ocasionar molestias para otras utilidades legítimas de las aguas (Libes 1992).

Esta definición tan amplia hace que prácticamente cualquier acción sobre el medio marino pueda ser considerada como contaminante, ya que habría que tener en cuenta que el mar es, a largo plazo, el punto final de todas aquellas sustancias que el hombre vierte al medio terrestre o emite a la atmósfera. Al mismo tiempo, son muy numerosos los productos que cambian al contacto con el agua de mar (fenómenos de disociación, ionización, cambios de valencia, formación de complejos, precipitación, adsorción en superficies particuladas, resuspensión, etc.) lo que hace muy difícil valorar la actividad real de una sustancia y si ésta contamina o no (Clark 1997).

Es necesario acotar la extensión del tema para evitar caer en maximalismos que impidan una exposición comprensible de la contaminación del litoral de Canarias. La definición elimina todo el conjunto de sustancias que aparezcan en el litoral de forma natural, aunque puedan perjudicar los recursos vivos, afectar a la salud o a la utilización del mar.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Aproximadamente un 20 % de las sustancias consideradas contaminantes en el medio marino proceden de la atmósfera (deposición), citando como ejemplos más importantes la concentración de plomo, derivada de la combustión de gasolinas y las concentraciones de organoclorados derivadas de los tratamientos fitosanitarios (Vale 1998).

Si tomamos en consideración las características geográficas de Canarias y la distancia que separa al archipiélago de los

núcleos de posible contaminación atmosférica, hace que podamos omitir la deposición de contaminantes desde la atmósfera, considerando que no tendrán efecto sobre la calidad ecológica del agua litoral.

A su vez, Canarias no tiene una industria pesada que dé lugar a problemas de contaminación generalizados, únicamente pequeñas emisiones de humos por parte de algunas industrias que afectan a núcleos muy localizados en ciertas condiciones climáticas (ver capítulo 40).

Contaminación con material radioactivo

El mar tiene una radioactividad natural debida principalmente a la presencia de potasio-40 en la fase disuelta. Los isótopos radioactivos más pesados tienen menor solubilidad y tienden a ser adsorbidos por la materia particulada, acumulándose en los sedimentos, lo que hace que en condiciones naturales la radioactividad del agua de mar (12,6 becquerelios/litro) sea del orden de 20 veces inferior a la radioactividad de la arena del fondo (200-400 becquerelios/litro) (Clark 1997).

No existe en las islas ninguna instalación que utilice, procese o almacene este tipo de materiales, salvo los de uso médico o científico que debido a su pequeña cantidad relativa se considera imposible una difusión apreciable en el medio. El mapa radiométrico de Gran Canaria (Ruiz Egea *et al.* 1993) no da en la zona litoral ningún nivel de radiación significativo que pueda ser considerado no natural y en el grupo de medidas realizadas sobre el mar frente a la costa de San Cristóbal (Gran Canaria) tampoco se señala ningún nivel significativo siendo los valores (3-4 microrem./hora) tres veces inferiores a los más bajos encontrados sobre tierra firme (Doreste 1996).

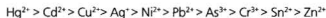
Tampoco existen en las cercanías de Canarias instalaciones radioactivas que puedan suponer un peligro potencial, siendo la única contaminación posible la que se pueda aportar a través de la navegación. Dentro de la Red de Estaciones de Vigilancia Radiológica Ambiental (REVIRA) del Consejo de Seguridad Nuclear del Gobierno español existe una estación automática en el Instituto Nacional de Meteorología en Santa Cruz de Tenerife.

CONTAMINACIÓN CON METALES PESADOS

Los metales pesados son considerados como contaminantes conservativos, ya que no pueden ser eliminados del sistema por medios biológicos. En muchos casos, la tasa de excreción de metales al medio está limitada por la fisiología del organismo dando lugar a condiciones de bioacumulación, que hacen que el metal pase a la cadena trófica pudiendo llegar a ser tóxico para el hombre.

La presencia de metales pesados en el agua del mar se considera principalmente debida a su introducción por el hombre a través de las actividades industriales (Furness y Rainbow 1990). Estos metales son utilizados ampliamente en múltiples aplicaciones. Por ejemplo, el mercurio se utiliza en la fabricación de aparatos eléctricos y en industrias papeleras; el cadmio en la fabricación de materiales resistentes a la corrosión y en pinturas; el cinc en los procesos de galvanizado; el cromo se usa en los tratamientos anticorrosivos de metales; el cobre está presente en cañerías, materiales de construcción, electrodomésticos, industrias químicas y agrícolas; el estaño se usa en las pinturas *antifouling* que utilizan los barcos en forma orgánica (TBT); el arsénico en forma de sulfuro ha sido ampliamente utilizado en pesticidas, conservantes de madera, vidrio y resinas sintéticas; la plata es ampliamente utilizada en fotografía, conductores eléctricos, monedas, catalisis y baterías; el plomo es utilizado principalmente en carburantes, pinturas, pesca y radioactividad, etc.

Aunque algunos metales como el cobre y el cinc son esenciales para la vida, todos ellos en concentraciones elevadas son tóxicos para el hombre provocando una amplia variedad de efectos patógenos. La concentración de metales pesados en el agua de mar varía ampliamente, así como su especiación química, por lo tanto, la toxicidad para el sistema biológico es igualmente muy variable ya que depende no sólo de la concentración, sino de la especie química en la cual se encuentra disuelto, las moléculas a las cuales puede estar unido, la especie biológica que lo absorba, su estadio de desarrollo, su capacidad de eliminación y/o acumulación, etc. García Méndez (1996) señala la siguiente escala de toxicidad para peces adultos:



Cuando se trata de larvas, el patrón de toxicidad cambia siendo menor la toxicidad del cadmio y mayor la de la plata y el cinc.

Los estudios de acumulación de metales pesados en diversos organismos recolectados en Canarias, concretamente en el litoral de Santa Cruz de Tenerife, que se puede considerar de alto riesgo, ya que no sólo vierte la ciudad, sino que se encuentra el puerto y la refinería de petróleo, no dan acumulaciones que se puedan considerar tóxicas (Díaz *et al.* 1990)

Las concentraciones de metales pesados en aguas oceánicas del Atlántico Norte (Boyle *et al.* 1981) no indican ningún nivel de contaminación por encima de los normales. Las concentraciones de cobre, cadmio y plomo analizadas durante un año en la zona litoral del Sur de Gran Canaria tampoco alcanzaron ningún valor por encima de los normales (Luque y Pérez-Peña 1996).

CONTAMINACIÓN POR VERTIDO DE RESIDUOS ORGANICOS DOMÉSTICOS

Podemos considerar esta fuente de contaminación como una de las más importantes en Canarias debido al tamaño de la población residente y al turismo. El agua residual urbana es emitida al mar, ya sea directamente, a través de emisarios y además, en muchos casos, sin depurar. Teniendo en cuenta que ya prácticamente no se utiliza el mar para la eliminación de basuras, sino que éstas son depositadas en los vertederos, no asignaremos entradas por vertido de residuos sólidos.

El contenido de materia orgánica en aguas residuales urbanas y de contaminación media es de aproximadamente 500 mg/litro, considerando tanto la materia orgánica en suspensión como la disuelta (García Méndez y Marañón 1996). Teniendo en cuenta que la población del Archipiélago Canario en 1997 fue de 1,6 millones de personas, y atendiendo a los datos de consumo de agua, podemos estimar para Canarias un consumo medio de 250 litros/hab. día. Ello hace un total de 91 m³/hab. año, lo que supone un consumo total de agua de 146 hm³, cantidad que al ser de consumo urbano, es la que va a ser agua residual. Con una carga media de materia orgánica de 500 t/hm³, los habitantes del archipiélago originan 73.000 t de materia orgánica en el agua residual. A ello habría que añadir los aportes turísticos a los que podemos suponer los mismos valores de partida, lo que sobre un número de visitantes de once millones al año, con una estancia media de 9 días, suponen un total de 99 millones de estancias, que significan una producción de 12.400 t de materia orgánica por año.

El total de materia orgánica aportado anualmente por las aguas residuales es pues de unas 85.000 t. Estas aguas actualmente sólo son depuradas en parte y el tratamiento secundario de depuración biológica tiene una eficiencia aproximada del 50 % (García Méndez 1996), por lo que no es exagerado considerar que las islas vierten anualmente al mar entre 55.000 y 65.000 t de materia orgánica.

García Melón (1988), a partir de los datos de tráfico de buques de 1985, da un total de 6.000 t de materia orgánica aportada anualmente al medio marino por los barcos que operan en los puertos canarios, a los que habría que añadir otras 5.000 t originadas por los buques que navegan anualmente en el área de las Islas Canarias. Si tomamos en consideración esta

cifra, y teniendo en cuenta que el crecimiento experimentado por el tráfico naval en la actualidad puede haberla doblado, podemos estimar en 22.000 t la cantidad de materia orgánica que está siendo aportada anualmente. Esto hace que el total anual de materia orgánica vertida al mar alcance en Canarias entre las 77.000 y las 87.000 t. Estas cantidades aportan al sistema marino litoral entre el 10 y 20 % de nitrógeno y entre el 0,5 y 2,5 % de fósforo.

Esta materia orgánica vertida al mar tiene diferentes destinos, una parte es oxidada en el proceso de autodepuración y otra sedimenta en el fondo marino descomponiéndose muy lentamente de acuerdo con la profundidad y las condiciones de hidrodinamicidad.

Las consecuencias principales de este vertido al mar es la eutrofización de la zona litoral provocada no sólo por el aporte directo de materia orgánica, sino por el efecto estimulante del incremento de las concentraciones de nitrógeno y fósforo dentro del sistema. La solución a este problema es continuar con la política de depuración de aguas urbanas y su reutilización en jardinería y agricultura, actuando en este caso la vegetación como filtro que retiene el nitrógeno y el fósforo, y las cosechas como agente exportador de estos elementos del sistema natural.

CONTAMINACIÓN POR DERIVADOS DEL PETRÓLEO

Utilizamos el término de derivados del petróleo abarcando también al crudo. Esta contaminación puede tener fuentes muy diversas. En Canarias podemos descartar las naturales, ya que no existen en la zona, ni en sus proximidades, yacimientos petrolíferos explotados o sin explotar. También vamos a descartar los siniestros, ya que a pesar de ser aparatosos representan un porcentaje del 12 % del vertido al mar de derivados del petróleo y además, en la actualidad, hay una situación de disminución de accidentes en el Mundo debido a las grandes mejoras en los sistemas de navegación y a la adopción de medidas internacionales para la prevención de accidentes en el mar (García Méndez 1996).

El porcentaje principal de vertidos lo aportan las descargas industriales y drenaje urbano (37 %) y las operaciones de embarcaciones (33 %). De acuerdo con estos datos y teniendo en cuenta que el contenido de grasas y aceites en aguas de contaminación media es de 20 mg/litro, la cantidad vertida por las descargas urbanas (únicas consideradas en el caso de

Canarias ya que las descargas industriales son mínimas) es de aproximadamente 3.000 toneladas.

La segunda parte importante de aportes de derivados del petróleo los ocasiona el tráfico de buques que aporta hidrocarburos al medio marino a través de las operaciones de transporte de petróleo, como de mercancías o de pasajeros, como las instalaciones fijas (refinerías y puertos). Es muy difícil estimar el vertido al mar en Canarias por este concepto, pero lo podemos considerar igual al vertido urbano, ya que esos son los datos existentes a nivel mundial (Clark 1997). Por lo tanto, podemos suponer otras 3.000 t de derivados del petróleo, lo que aportaría una cifra global para todo el archipiélago de 6.000 t emitidas por año al mar de derivados del petróleo.

Aunque la cantidad de derivados del petróleo vertida sea del orden de diez veces inferior a la materia orgánica, su acción contaminante es considerablemente mayor, ya que los podemos considerar conservativos puesto que no se oxidan biológicamente, se aglutinan y además flotan, con lo que su efecto sobre las playas y costas turísticas, las aves, la pesca, la acuicultura y, en general, sobre todo el sistema biológico, es determinante.

Afortunadamente, el nivel de vertidos al mar de derivados del petróleo va disminuyendo paulatinamente debido a las nuevas normativas sobre los vertidos al mar (Convenio MARPOL de 1978 y Código de Conducta Ambiental de la Asociación Europea de Puertos Marítimos de 1994).

OTRAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN LITORAL

La contaminación del mar por vertidos de organoclorados utilizados en Canarias es pequeña, ya que en su mayoría son derivados agrícolas transportados al mar a través de los barrancos y las aguas freáticas. Ni el volumen de la agricultura canaria, ni la dimensión insular pueden hacer de Canarias un agente contaminante.

La acuicultura es otro sector que está comenzando a desarrollarse en Canarias, aunque su nivel de producción de contaminación no es superior a lo que puede ser la contaminación urbana. Los problemas vienen causados por la necesidad de estas granjas de utilizar aguas resguardadas, lo que provoca que algunas instalaciones estén situadas sobre playas de uso público y que en un determinado momento puedan provocar situaciones de contaminación.

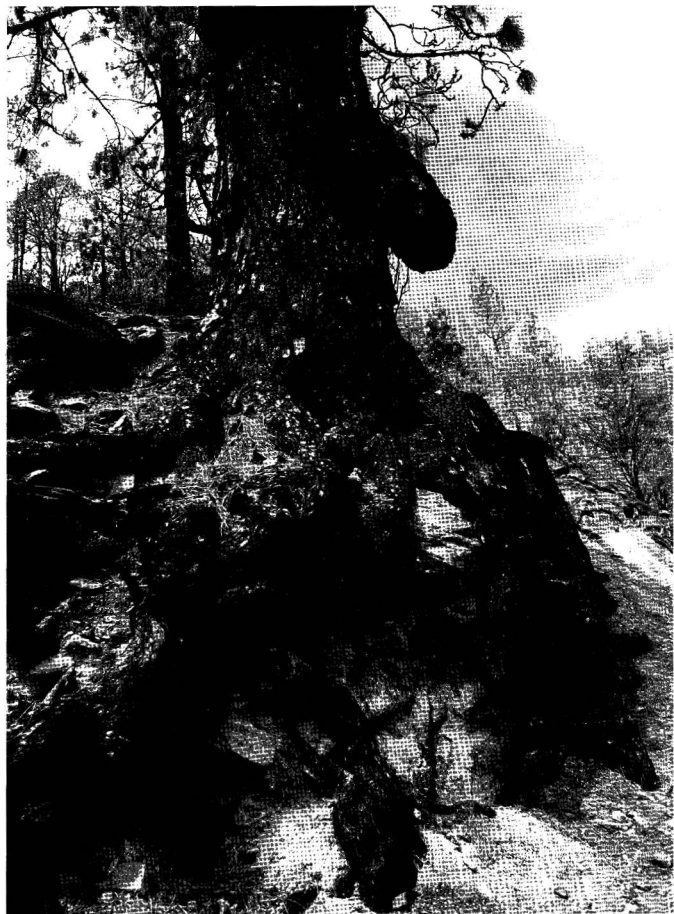


Foto: José Manuel Moreno

Pino Canario tras el impacto del fuego

Capítulo 42

EL IMPACTO DEL FUEGO EN
LOS ECOSISTEMAS

Los incendios de origen natural son de particular significancia ecológica en los bosques y matorrales de los países subtropicales que poseen el verano seco característico de los climas de tipo mediterráneo. En estos lugares existe una amplia variedad de hábitats generados por los incendios. Se ha estimado que en los países mediterráneos arden anualmente unas 600.000 ha de terrenos (Goldammer y Jenkins 1990). Aquellos grandes incendios que escapan del control de las autoridades competentes suelen ser declarados por los medios de comunicación como desastres ecológicos o catástrofes naturales. Sin embargo, los incendios de origen natural han desempeñado desde siempre un papel importante en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas susceptibles a incendiarse, propiciando de hecho factores geocológicos positivos como la aceleración en la remineralización de la materia orgánica, la estimulación del crecimiento vegetal, un rejuvenecimiento natural o, sencillamente, aumentando la biodiversidad del sistema. En los bosques y matorrales de las Canarias centrales y occidentales el impacto del fuego fue siempre de gran importancia geocológica al igual que lo seguirá siendo en el futuro. No obstante, las Islas Canarias están situadas en una situación ecológica especial y delicada. Por ello las experiencias mediterráneas acerca del impacto de los incendios en ecosistemas y en sistemas socioeconómicos sólo son extrapolables a las Canarias con gran precaución. La evaluación del impacto de los incendios requiere de un importante trabajo de campo a largo plazo, además de la aplicación de un marco geocológico holístico e integrador. La presente contribución se basa en una experiencia de campo de 15 años del autor.

FRECUENCIA, EXTENSIÓN Y CAUSAS DE LOS
INCENDIOS EN LAS ISLAS CANARIAS

La excelente adaptación al fuego de un número importante de plantas, así como la presencia de carbón vegetal en paleosuelos demuestra el importante papel que el fuego ha desempeñado en Canarias en el pasado. Incluso, los incendios de origen natural han actuado como una fuerza fundamental en procesos de evolución biológica. Bajo condiciones naturales los incendios han ocurrido debido a la actividad volcánica y a los rayos, aun cuando únicamente puede esperarse

un promedio de dos a tres tormentas al año en los cinturones forestales de las Canarias debido fundamentalmente a la pequeña superficie emergida de las Islas y a las frías aguas marinas que las rodean. Los fuegos naturales tendrán pues una frecuencia baja, pero serán capaces de afectar extensas áreas en las abruptas zonas montañosas.

A partir de la ocupación humana del archipiélago y, más aún, desde la colonización europea, la frecuencia de los incendios aumentó considerablemente en las Islas. Consecuentemente el actual régimen de fuegos es en gran medida diferente al natural. Las estadísticas de incendios del periodo 1983-1994 recoge un número de 82 incendios con un promedio de extensión afectada de 2.117 ha / año para toda Canarias. En las Islas de la provincia occidental (Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro), se produjeron doce incendios extensos en bosques o en matorrales en 1983-1998 con una extensión total de 24.300 ha. (Fig. 42.1), que supone un valor de un 7% del total del área insular, incrementándose hasta un 20% si se considera el área forestal y de matorrales. Las invasiones de las masas de aire cálidas y secas del vecino Sahara, promueven indudablemente la aparición incontrolada de incendios naturales (Dorta *et al.* 1991, Höllermann 1993, 1996 a y b, 2000).

La isla más afectada por los incendios es La Palma, donde entre 1988 y 1998 ardieron cerca de 14.000 ha (una quinta parte del área insular), afectando fundamentalmente al pinar canario. El auge de la temporada de incendios en Canarias coincide con el pico de la estación árida entre Julio y Septiembre (*los meses negros*), cuando ocurren las dos terceras partes de todos los incendios. De acuerdo con las estadísticas, las causas más frecuentes de los incendios o bien son desconocidas (44,1%), o se deben a negligencias en el manejo del fuego (28,3%), o a pirómanos (23,3%), mientras que la ignición por rayos únicamente es responsable del 0,4% de los incendios. Podría estimarse que cerca de la mitad de los incendios de origen desconocido son así mismo atribuibles a pirómanos, mientras que en los últimos años probablemente ésta razón, unida al descuido, son probablemente responsables del 95% de todos los fuegos.

Un motivo de preocupación es el importante incremento registrado tanto en el número de fuegos como en el área (tan

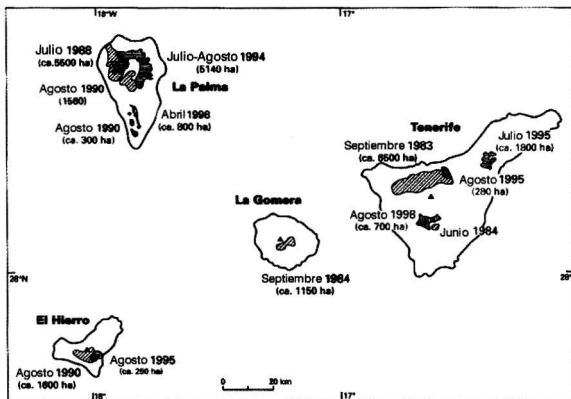


Figura 42.1

Grandes incendios no controlados en las Canarias occidentales durante el periodo 1983-1998.

to forestal como de matorrales) que afectan. Ello puede demostrarse con los datos de la provincia occidental (Tabla 42.1), aun cuando hay que tener en cuenta que las estadísticas más tempranas pueden ser incompletas y, por ello, menos fia-

Tabla 42.1

Número de incendios y área afectada en las Canarias occidentales durante el periodo 1968-1994.

Periodo	1968-1973	1974-1980	1981-1987	1988-1994
nº de incendios	147	250	404	462
área afectada (ha)	1.757	6.908	11.825	12.391

bles.

Indudablemente, el incremento que se aprecia es debido a actividades humanas perjudiciales. Una reducción efectiva de estas actividades podría ser más efectiva de cara a la futura política de extinción de incendios que la lucha directa contra las llamas.

EL IMPACTO DEL FUEGO EN LA VEGETACIÓN

El régimen de incendios de las Canarias centrales y occidentales muestra un patrón de distribución altitudinal en relación con los gradientes bioclimáticos, de vegetación y de

actividades humanas. El rango altitudinal en el que se encuentra la mayor parte de los orígenes de los incendios está situado por debajo de los 1.000 m de altitud, franja en donde las actividades humanas son más importantes y donde el patrón

del uso tradicional de las medianías se entremezcla con fragmentos de matorrales y de bosques. En este ámbito, las llamas incontroladas escapan montaña arriba, de manera que las áreas afectadas por los incendios obtienen su máxima extensión en un rango altitudinal localizado entre 800 y 1.600 m. Esta altitud corresponde en gran medida a la distribución altitudinal del pinar, abundante en biomasa, y con su transición al fayal-brezal. Por su parte, la laurisilva, por la humedad ambiental en la que se desarrolla, no es muy susceptible a incendiarse, aunque su progresiva degradación y destrucción favorecen también su inflamabilidad.

En el pinar, los ejemplares adultos de pino canario se encuentran protegidos del fuego de forma muy efectiva por una gruesa corteza aislante del calor. Raramente los viejos pinares maduros se ven afectados por los intensos incendios de copa.

La ramificación de estos individuos adultos suele comenzar varios metros por encima del suelo, lejos del alcance de los fuegos de superficie. La abierta estructura del pinar y la acumulación de pinocha seca sobre el suelo, posibilitan la existencia de fuegos de superficie de baja o mediana intensidad ($< 1.200 \text{ kw/m}^2$). Tras el paso del fuego, surgen en el pino adulto infinidad de renuevos bien desde la base del tronco o de las ramas. Esta aparición de renuevos, estimulada por el fuego, comienza apenas transcurridos tres meses del evento, dando al bosque un extraño aspecto de formas columnares debidas al fuego. Más aún, tras el incendio surge un gran número de plántulas de pino (Arévalo *et al.* 2001) que encuentran condiciones favorables para el establecimiento en el manto de cenizas y en el horizonte más superficial del suelo, ahora con una importante disponibilidad de nutrientes.

Las especies dominantes del fayal-brezal, presentes incluso en el sotobosque de los pinares más húmedos, el brezo (*Erica arborea*) y la faya (*Myrica faya*), poseen la habilidad de rebrotar rápidamente varios meses tras el incendio. Estos rebrotes pueden alcanzar la altura de un metro dos años tras el incendio, y llegan hasta tres o cuatro metros pasados siete u ocho años (Fig. 42.2). La mayor parte de los matos leñosos del sotobosque presentan una reproducción por semillas que estimula el paso del fuego, como es el caso del codoso (*Adenocarpus* spp.), escobón (*Chamaecytisus proliferus*), jaras (*Cistus* spp.) o taginastes (*Echium* spp.). El endémico y raro taginaste azul de La Gomera (*Echium acanthocarpum*), fue ayudado en su reproducción por el importante incendio de Septiembre

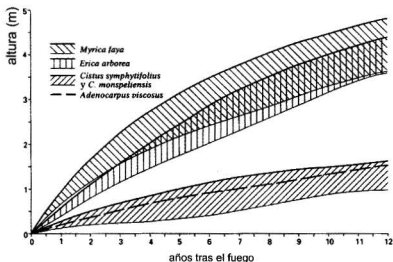


Figura 42.2

Desarrollo de las plantas leñosas y matorrales del sotobosque del pinar tras el fuego (vertiente septentrional de Tenerife y La Palma 700-1.300 m).

1998 que ocurrió en La Gomera (Bañeres 1990).

Los geófitos herbáceos se recuperan tras el incendio gracias a sus rizomas, bulbos o tubérculos subterráneos, cual es

el caso de la helechera (*Pteridium aquilinum*), gamona (*Asphodelus aestivus*), albarrana (*Urginea* spp.) o de la orquídea endémica *Habenaria tridactylites*. Las antracófitas, o plantas amantes de las cenizas, son atraídas por la alta disponibilidad de nutrientes en la ceniza, como le ocurre a los corazoncillos (*Lotus* spp.) o a la tederá (*Aspalathium bituminosum*). En muchos lugares quemados la cobertura vegetal aumenta tras el incendio, lo que significa de hecho una protección efectiva contra procesos erosivos. Pese a que se necesitan estudios más profundos, el aumento de la cobertura vegetal tras el incendio podría interpretarse en términos de la reducción de las sustancias alelopáticas del suelo, que inhiben el crecimiento y la reproducción de otras plantas.

La regeneración de un pinar canario con sotobosque de fayas y brezos afectado por un incendio requiere unos 8-10 años. En lugares más áridos la regeneración de la bóveda y del sotobosque se encuentra retardada. Las reforestaciones con el pino de Monterrey (*Pinus radiata*) o con pinos mediterráneos son fácilmente destruidas por las llamas, muriendo éstos sin poder rebrotar, mientras que es extremadamente difícil o incluso imposible encontrar individuos adultos muertos de pino canario en zonas incendiadas. Las plantaciones de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) constituyen monocultivos extremadamente inflamables y tienden a acelerar la erosión tras el fuego, aunque de nuevo tras algunos años ocurre una regeneración por rebrote. Desde el punto de vista de la Ecología de los fuegos, todas las plantaciones con árboles exóticos existentes en Canarias aumentan el riesgo de incendios y deberían de ser reemplazadas por especies nativas.

Las formaciones de matorrales afectadas por el fuego se recuperan de forma general tras 5-8 años. En la alta montaña, sobre el límite de los bosques, la regeneración completa requiere mayor cantidad de tiempo, como ocurre con codesar (*Adenocarpus viscosus*) de las cumbres de La Palma, que ha sido periódicamente quemado por los pastores en el pasado y que ha estado sujeto recientemente también a fuegos repetitivos (1988, 1994, 1997).

EL IMPACTO DEL FUEGO EN LOS SUELOS, EN EL BALANCE HÍDRICO Y EN LA EROSIÓN

sobre la superficie del suelo quemado el rango diario de temperaturas y la variación estacional de la humedad edáfica se ha mostrado más extrema que en lugares próximos no incendiados. En la ceniza y en los horizontes más superficiales del suelo, la disponibilidad de nutrientes y el pH, son mayores debido a la mineralización de la biomasa. El incremento del pH cercano a la superficie del suelo

posee un carácter temporal, disminuyendo de forma brusca en los 6 primeros meses tras el fuego, siendo este descenso más gradual en los años siguientes (Fig. 42.3). A unos 8-10 cm bajo la superficie del suelo, los valores más altos de pH sólo aparecen tras 2-3 años (Fig. 42.3), demostrando que el cambio producido por el fuego en el estado nutricional del suelo persiste varios años. Por ello, no puede hablarse de que tras un incendio ocurre un agotamiento de nutrientes en el suelo. El fuego proporciona pues una remineralización abrupta y acelerada de materia orgánica en los ciclos de nutrientes de ecosistemas caracterizados por una sequía estacional, en los que las tasas normales de descomposición y la actividad microbiana se encuentran reducidas por efectos del clima.

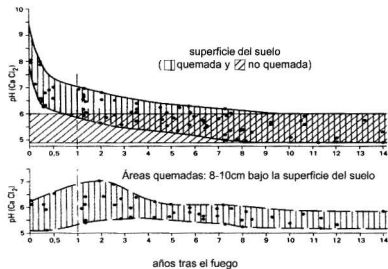


Figura 42.3

Evolución del pH edáfico tras el paso del fuego.

Durante el transcurso del trabajo de campo (1983-1998) no observé ninguna perturbación seria del balance hídrico del bosque. La reducción de la precipitación horizontal (ganancia de agua debida a los árboles y arbustos expuestos a las nubes) es únicamente de importancia local y este dato no debe sobrestimarse. Menos de un 8% de las áreas recientemente afectadas por los fuegos poseen una exposición en la que pueda darse una precipitación horizontal efectiva. Además, el bajo requerimiento hídrico que presenta la vegetación afectada por el incendio, permite aumentar la recarga del acuífero en invierno.

Por otra parte, el impacto térmico y el flujo del calor hacia el suelo que ocurre en incendios de superficie con intensidad moderada es relativamente bajo. Así, la mayoría de los fuegos no llega a destruir por completo la materia orgánica existente en el nivel edáfico superior. Consecuentemente, la capacidad de infiltración de los suelos porosos (andosoles sobre todo) y de los sustratos volcánicos se encuentra inalterada. Ello explica porqué los efectos morfológicos de los incendios fueron mínimos cuando se compararon con los paisajes medite-

rráneos o con los californianos (Höllermann 1993, 1995). La rápida regeneración de la cubierta edáfica con plantas y mantillo, especialmente por la pinocha, ayuda a disminuir los efectos de las escorrentías y de la erosión en las laderas quemadas. Incluso en los lugares afectados por incendios, las lluvias importantes (> 100 mm/día), no provocan una erosión acelerada cuando son comparados con lugares similares no afectados. Los daños espectaculares sobre el paisaje (por ejemplo, degradación de la cobertura vegetal y de los suelos, erosión acelerada o movimientos de suelos) están más ligados a la actividad humana que a la incidencia de los fuegos. Los daños producidos por los incendios son raros; se limitan a lugares en los que ocurre incendios muy intensos, a las plantaciones de exóticas altamente inflamables o a hábitats muy extremos (laderas de alta pendiente, a lugares áridos o a crestas).

El incendio de 1998, ocurrido en las laderas áridas y muy pendientes existentes por encima de Vilaflor (Tenerife), afectó a un hábitat sensible por su escaso suelo y baja capacidad de regeneración. No obstante, parece que las consecuencias no serán importantes debido a la escasa precipitación del invierno siguiente.

CONSIDERACIONES FINALES

Después de 15 años estudiando los ecosistemas afectados por el fuego en las Islas Canarias hemos llegado a la conclusión de que hasta el momento el impacto del fuego y las consecuencias geocológicas que siguen a los incendios ni fueron duraderas ni perjudiciales a gran escala. La dominancia de incendios de

superficie de intensidad baja o moderada frente a los intensos incendios de copa, con una relación aproximada de 9 a 1, así como las increíbles adaptaciones pirofíticas de la flora forestal y arbustiva altamente especializada, contribuyen a que el impacto ocasionado por los incendios sobre los ecosistemas sea bajo. Por ello, no existe razón alguna para calificar los incendios que afectan a los bosques y matorrales canarios como catástrofes o desastres ecológicos o hablar de una lamentable destrucción forestal. Incluso en las zonas afectadas por el intenso incendio de copa en la isla de La Palma en el año 1994, es muy difícil encontrar pinos adultos destruidos por el fuego. La preocupante degradación que sufren y han sufrido los bosques y las comunidades arbustivas de Canarias no es debida al impacto de los incendios, sino a una intensa explotación maderera en el pasado y a una utilización inadecuada del territorio en islas de territorio y recursos limitados. La recuperación a corto plazo de la vegetación afectada por un incendio nos permite contemplar el alto grado de persistencia que ésta posee. Hemos de aceptar incluso, que el fuego trae muchas consecuencias positivas en ecosistemas bajo condiciones naturales.



Vista de satélite del incendio de agosto de 1998 de Vilaflor (Tenerife). Gentileza del Grupo de Teledetección, Facultad de Física, Universidad de La Laguna.

Estas afirmaciones optimistas, sin embargo, no deben interpretarse como una incitación a bajar la guardia en la lucha contra el fuego o como una excusa a pirómanos. En el limitado espacio del Archipiélago Canario y en el marco de un rápido crecimiento demográfico y económico, el hombre y el fuego entran peligrosamente en contacto. El fuego como amenaza para las vidas y propiedades de los humanos requiere de efectivas medidas de lucha y de gestión. De hecho, la reciente escalada en el número de incendios debidos al terrorismo *ecológico* es alarmante. Frecuentes incendios en cortos intervalos de tiempo producen inevitablemente efectos perjudiciales. Una alta frecuencia de incendios evita una completa regeneración de los bosques y matorrales, promueve la progresiva degradación de la vegetación y del suelo y puede llegar a resultar en un gradual agotamiento de los nutrientes y en una aceleración de la erosión.

El concepto de la gestión de los incendios en el futuro no debería pues limitarse exclusivamente a medidas de lucha contra el fuego, sino debería contemplar medidas preventivas de control y de mejora del régimen de incendios, mediante por ejemplo, la reducción de la biomasa susceptible de arder y de frecuencia de incendios. Ello no se conseguirá únicamente con mejoras técnicas, sino que requerirá de un mejor conocimiento de la singular situación canaria y de las especiales condiciones ecológicas canarias, que son en gran medida diferentes de las experiencias transferidas desde la Península Ibé-

rica (May 1995) o desde otros países mediterráneos (Goldammer y Jenkins 1990, Naveh 1990). Un proyecto de investigación multidisciplinario a largo plazo sería de gran ayuda para una comprensión más profunda del papel específico que juega el fuego en los ecosistemas canarios y facilitaría la toma de decisiones acerca de la gestión del fuego al poseer una sólida base científica. Ello podría abrir una discusión profunda y rigurosa al margen de histerismos y falsas generalizaciones. Más aún, se requiere una mejor comprensión de la situación socio-económica y de las necesidades de los habitantes de las Islas, que habría de ser incluida en la futura toma de decisiones acerca de cuales han de ser los principios que rijan la gestión del fuego y de los espacios naturales protegidos. La exclusión absoluta de los incendios no sólo no es posible, ni llevando a cabo el máximo control, sino que ni siquiera es deseable. El fuego ha sido y seguirá siendo un importante factor de control ecológico, a la vez que se erige en una valiosa herramienta en la gestión de los paisajes. Contrariamente, su utilización abusiva termina irremediablemente degradando los ecosistemas forestales y de matorrales.

Para concluir, el mayor problema ecológico no es la aparición y el impacto que los incendios provocan en los ecosistemas, sino la utilización abusiva de éstos por el hombre y el creciente estrés e impacto que las actividades humanas ejercen sobre los ambientes naturales de las Islas Canarias.

Conservación

43. La conservación de la naturaleza: Administración y régimen jurídico
José Miguel Ruano
44. El ámbito insular en la ordenación del territorio
Walter Beltrán
45. Genes y conservación de plantas vasculares
Javier Francisco-Ortega y Arnoldo Santos
46. Los sistemas de información geográfica (SIG)
Agustín Naranjo Cigala
47. Conservación y restauración ecológica de los bosques
Ángel Fernández
48. Los planes de recuperación de la flora en los parques nacionales
Ángel Bañares, Manuel V. Marrero y Eduardo Carqué
49. Los planes de recuperación de la fauna
Félix Manuel Medina, Miguel Ángel Rodríguez-Domínguez y Vicente Quilis
50. La Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos
Inocente Carralero
51. Conservación en las áreas protegidas
José Luis Martín Esquivel y Carmen E. Redondo
52. El banco de datos de biodiversidad
José Luis Martín Esquivel, Paul Fernández Bisson y Manuel Arechavaleta





Foto: José Manuel Morfino

Cartel anunciador, Parque Nacional de Garajonay, La Gomera

Capítulo 43

LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA: ADMINISTRACIÓN Y RÉGIMEN JURÍDICO



La riqueza del Medio Natural del Archipiélago Canario requiere de un conjunto normativo suficiente para su protección y de una organización administrativa eficiente y coordinada capaz de garantizarla. El conocimiento del régimen jurídico y administrativo de la conservación de las Islas Canarias exige que, en primer lugar, realicemos una aproximación, aunque sea básica, acerca de la distribución de competencias que en esta materia se produce entre el Estado y la Comunidad Autónoma de Canarias, en el marco de la Constitución y de su Estatuto de Autonomía.

Tras el análisis competencial, la organización administrativa del Medio Ambiente y la Conservación de la Naturaleza en las Islas centrarán nuestra atención, con especial referencia a la gestión delegada a los Cabildos Insulares y, por otra parte, a las reformas en la administración y gestión de los Parques Nacionales operadas por Ley estatal 41/1997, de 5 de noviembre. Posteriormente, nos referiremos al modelo de desarrollo económico de Canarias y a las distintas actividades *contaminantes* que se derivan del mismo. Evaluaremos las normas principales de conservación, con especial referencia a la Ley de prevención del Impacto Ecológico (1990) y al Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias con la Ley de Espacios Naturales de Canarias, aprobada por Decreto Legislativo 1/2000 (B.O.C. de 15.5.00).

Asimismo, nos referiremos al *suelo* como recurso natural primario que ha de ser objeto de regulación por una ley canaria, a tenor de la Sentencia 61/1997, del Tribunal Constitucional, que confiere a las Comunidades Autónomas (C.C.AA.) competencia exclusiva en la legislación urbanística, sin perjuicio de las normas que en materia de derecho de propiedad del suelo y de planificación económica general pudiera dictar el Estado. Esa Ley es la Ley 9/1999, de Ordenación del Territorio de Canarias (LOT), refundida –como se ha dicho– por Decreto Legislativo con la Ley de Espacios Naturales de Canarias de 1994 (LENAC).

El marco normativo referido es, sin duda, el más avanzado de todo el Estado para la conservación de la naturaleza y el medio ambiente de las islas, donde el territorio alcanza el valor de recurso natural, frente a la clásica concepción del *urbanis-*

mo, más preocupado de su aptitud para construir, de su idoneidad para albergar estructuras urbanas.

La reivindicación de un nuevo modelo de desarrollo para las Islas en ese extraordinario marco normativo constituirá el cierre de este capítulo.

COMPETENCIAS Y ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

La Constitución Española establece un régimen de competencias compartidas entre el Estado y las Comunidades Autónomas en materia de “Medio Ambiente y Conservación de la Naturaleza”. El sistema de distribución de competencias que establece la Constitución funciona sobre la base del *principio dispositivo* conforme al cual no se prevé una división tasada de las materias y competencias que ejercen ambas instancias políticas y ni siquiera se asumen las mismas competencias, ni el mismo nivel funcional sobre éstas por las distintas Comunidades Autónomas. A tenor de la Constitución y el Estatuto de Autonomía de Canarias (en la redacción aprobada por Ley Orgánica 4/1996, de 30 de diciembre), el Archipiélago cuenta con el máximo nivel de competencias en esta materia, correspondiendo al Estado dictar normativa básica (art. 149.1.23ª C.E.). Además, participa en la cogestión de los Parques Nacionales, en el modo que más adelante expondremos.

Las funciones medioambientales y de conservación de la naturaleza en la Comunidad Autónoma de Canarias se atribuyen principalmente a la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente, cuyo Reglamento Orgánico – tras la L.O.T. – distribuye las funciones y competencias correspondientes en los siguientes órganos:

- Consejero de Política Territorial y Medio Ambiente.
- Viceconsejero de Medio Ambiente.
- Director General de Ordenación del Territorio.
- Director General de Política Ambiental.
- Comisión de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de Canarias (órgano colegiado).
- Agencia de Protección del Medio Urbano y Natural (órgano consorcial).

Desde el 1 de enero de 1998, los Cabildos Insulares tienen funciones delegadas en materia de servicios forestales, protección del medio ambiente y gestión y conservación de los Espacios Naturales Protegidos (Decreto 161/1997 de 11 de julio, modificado por Decreto 298/1997 de 19 de diciembre), si bien comienza a plantearse desde las instituciones insulares que la delegación ha de convertirse en transferencia de servicios. Este nuevo modelo de organización parte de que al Gobierno de Canarias corresponde la planificación y la superior inspección de los servicios delegados y a las instituciones insulares la gestión ordinaria para la conservación de la naturaleza; hay que tener en cuenta que –como órgano de colaboración en esa gestión insular– los Cabildos cuentan con los Patronatos Insulares de Áreas Protegidas (ver artículos 230 y 231 del Texto Refundido LENAC-LOT citado) y que la coordinación de la gestión insular, de acuerdo con la normativa y planificación general, corresponde al Consejo de Espacios Naturales Protegidos de Canarias (artículo 235 del Texto Refundido).

Se trata de un novedoso modelo de organización que respalda mejor a la realidad física de Canarias: un Gobierno de la nacionalidad canaria y siete gobiernos insulares. Es éste, sin duda, un buen modelo objetivo pero la obtención de resultados óptimos en la planificación y gestión de la política de conservación de las Islas precisa que se avance en el desarrollo de las previsiones estatutarias en cuanto que los Cabildos son instituciones de la Comunidad Autónoma y en la coordinación de su actividad en lo que afecte directamente al interés general autonómico, así como en la participación de los mismos en Comisión parlamentaria (artículos 23, 5 y 6; artículo 12.3 del Estatuto de Autonomía de Canarias). La articulación de esa estructura política de Canarias es un problema complejo cuya exposición excede a las previsiones de este capítulo pero sólo una estructura política fuerte, con consensos de principio entre los tres niveles institucionales (Administración autonómica, Cabildos y Ayuntamientos) permitirá dar respuesta a un modelo sostenible de desarrollo.

Respecto de los Parques Nacionales, el Estado ha venido detentando con carácter exclusivo las competencias de administración y gestión de los mismos. Sin embargo, por Sentencia 102/1995, de 26 de junio, el Tribunal Constitucional declaró la nulidad de los artículos de la Ley estatal 4/1989, de 27 de marzo, de conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, que atribuían al Estado la gestión exclusiva de los Parques Nacionales. Como consecuencia del fallo del Alto Tribunal, por Ley 41/1997, de 5 de noviembre, se modifica la citada Ley 4/1989, estableciendo un nuevo régimen jurídico para la declaración, administración y gestión de los Parques Nacionales.

La nueva regulación es especialmente significativa para

Canarias, pues en las Islas se encuentran cuatro de los once Parques Nacionales declarados hasta el momento en España. La gestión se encomienda a una Comisión Mixta Estado-Comunidad Autónoma, integrada por un número idéntico de representantes de cada Administración: la responsabilidad de la administración y coordinación de las actividades del Parque Nacional recaerá en el Director-Conservador, nombrado por el Gobierno de la Comunidad Autónoma previo acuerdo de la Comisión Mixta. Además, la Disposición Adicional Quinta de la Ley prevé que la Administración del Estado y la de la Comunidad Autónoma podrán suscribir un convenio para la gestión de los Parques Nacionales mediante un Consorcio (organismo administrativo con personalidad jurídica propia), supuesto aplicable sólo en las Comunidades Autónomas donde existan dos o más Parques.

EL MODELO DE DESARROLLO DE CANARIAS Y EL RÉGIMEN JURÍDICO DE LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

El contenido de este libro es manifiesta expresión del excepcional medio natural que ha conformado la insularidad, las peculiaridades climáticas, geológicas, marinas, geomorfológicas, ecológicas, zoológicas y botánicas de Canarias. Pero no podemos hablar de la conservación de ese medio y de su régimen jurídico de protección sin conocer cuál ha sido y cuál es el modelo de desarrollo de Canarias y, en consecuencia, cuál es la demanda de recursos naturales y qué actividades son las que mayor agresión producen a la Naturaleza de las Islas.

La Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias (LENAC) representó la más importante norma de la conservación del Archipiélago; hoy incluida en Texto Refundido con la LOT, podemos afirmar que tenía un triple contenido:

- a) La planificación de los recursos naturales.
- b) El régimen jurídico básico de las áreas protegidas o espacios naturales protegidos.
- c) La reclasificación de los espacios naturales protegidos declarados por la Ley de 1987.

La clasificación y régimen jurídico de las áreas protegidas es objeto de estudio en otros capítulos (50 y 51) de este libro.

La planificación de los recursos naturales es, no obstante, el primer objeto declarado de la Ley; una Ley que –ya en su Preámbulo, desaparecido en la refundición– advertía sobre el modelo de desarrollo creado en torno a la casi exclusiva dependencia de la economía canaria respecto del sector servicios y dentro de él, el subsector turístico. Así, la evolución del Producto Interior Bruto (PIB) canario desde 1960 se recoge en la tabla 43.1:

Tabla 43.1

Evolución porcentual del PIB canario entre 1960 y 1996.

	1960	1973	1983	1991	1994	1996
Agricultura	32,2	11,3	6,0	4,0	4,4	4,3
Industria	19,2	14,3	10,7	10,0	8,8	9,5
Construcción	5,3	13,0	8,7	9,2	7,5	7,6
Servicios	43,3	61,4	74,6	76,8	79,3	78,6

Fuente: Consejería de Economía y Hacienda. Gobierno de Canarias.

En cifras del año 2000, construcción y servicios representan ya el 88% del PIB del Archipiélago. Ese "modelo" de desarrollo se caracteriza por un alto consumo de recursos naturales, fundamentalmente "suelo" con deterioro del paisaje rural y costero, uso inapropiado del agua, extracción de áridos y

peninsular español. Los resultados de esta encuesta evidencian que el crecimiento poblacional de Canarias es muy superior al previsto en el estudio del propio Instituto (ISTAC: Proyección de Población de Canarias, 1991-2021), según el cual la población estimada de las Islas en el año 2021 sería de

Tabla 43.2

Actividades con mayor incidencia en el medio ambiente y en la conservación de la naturaleza en Canarias.

Diagnóstico ambiental	Actividades Contaminantes	
	Industria	Tratamiento de residuos Escaso cumplimiento normativa Áreas industrial-residencial
	Extracciones	Proliferación indiscriminada Sin proyecto de restauración
	Transporte	Impacto de infraestructuras Emisiones y ruidos Elevado nº vehículos/habitante
	Agrarias	Abandono de superficie cultivada Laboreo inadecuado Sobrepastoreo
	Urbanas	Escaso funcionamiento de depuradoras Urbanización descontrolada
	Residuos	Alta tasa residuos/habitante Escasa recogida selectiva Tratamiento pilas y aceites usados
	Turístico-recreativa	Presión sobre áreas naturales Competencia recursos (suelo, agua) Baja calidad ambiental

problemas de gestión de los residuos urbanos. El "Diagnóstico ambiental" del *Plan de Acción Medioambiental para Canarias*, nos ilustra acerca de las actividades con mayor incidencia en el Medio Ambiente y la Conservación de la Naturaleza (Tabla 43.2).

Téngase en cuenta que la evaluación de ese diagnóstico se hace respecto de un territorio terrestre de 7.447 km² y una población de 1.606.594 habitantes, según la Encuesta de Población de Canarias 1996 (Instituto Canario de Estadística ISTAC; B.O.C. nº 129, de 6 de octubre de 1997), lo que representa una densidad tres veces superior a la del territorio pe-

1.730.500 personas aproximadamente. Los datos de 1996 nos permitan afirmar que la inmigración peninsular española y europea progresaba por encima de las previsiones iniciales. Hoy ése es un dato incontestable que, acompañado de las migraciones interiores desde las capitales y el norte de las islas, repercute de forma relevante en el sur de Tenerife y Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote, con un alto consumo de suelo residencial (además del turístico), equipamientos públicos, principalmente educativos y sanitarios y gasto de energía y agua, además de generación de residuos. Todo ello sin referirnos a las consecuencias sociológicas que pueden derivarse de una colonización no planificada en islas como Fuer-

teventura o Lanzarote, con una proyección poblacional cerrada (nacimientos menos defunciones) muy inferior a la que resulta de la inmigración exterior (principalmente europea y peninsular).

Al mismo tiempo, hemos de tener en cuenta que las cifras de turismo en Canarias hoy se mueven en torno a los 14 millones de turistas/año.

Es ese el escenario sobre el que ha de operar la normativa de conservación de los recursos naturales del Archipiélago. Aunque obedezcan a títulos constitucionales y estatutarios distintos, en esa normativa de conservación podríamos incluir leyes y reglamentos que encajarían dentro de la rúbrica "ordenación territorial" y en la más genuina de "Medio ambiente" (en sentido amplio, incluyendo la conservación de la naturaleza). En ese sentido, la LOT constituyó un hito normativo por su concepción de que el suelo es un recurso natural y de que el urbanismo está subordinado a la ordenación primera de los recursos naturales.

Así, son leyes de conservación de la naturaleza, ordenación territorial y protección del medio ambiente:

- La Ley 11/1990 de 13 de julio, de Prevención del Impacto Ecológico.
- El Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias (aprobado por D.L. 1/2000, B.O.C. de 15 de mayo de 2000)

Por último, no pueden dejar de mencionarse algunas normas específicas de conservación contenidas en la Ley 7/1997 de 6 de abril, de Ordenación del Turismo de Canarias.

La preservación de los elementos esenciales del territorio y el paisaje, la utilización ordenada de los recursos garantizando el aprovechamiento sostenido de las especies y ecosistemas, su restauración y mejora, tuvo en la Ley 11/1990, de Prevención del Impacto Ecológico, la primera norma propia que -partiendo de la fragilidad de los ecosistemas isleños- estableció una categorización y un procedimiento distinto a la norma estatal (*R.D. legislativo 1.302/1986, de 28 de junio*), pues esta última está pensada para territorios continuos y extensos en los que determinadas obras y actividades de índole menor tienen una relevancia nula. Esa Ley nace pues haciendo uso del establecimiento de "normas adicionales de protección", más allá de la legislación básica determinada por el legislador estatal (art. 149.1.23ª C.E.). En desarrollo de la misma, por los proyectos de obras de promoción pública, se dictó el Decreto 40/1994 de 8 de abril (B.O.C. nº 65 de 27 de mayo de 1994).

Sin embargo, es la LENAC (ahora en Texto Refundido) la norma que marca un "antes" y un "después" en la planificación de los recursos naturales de Canarias. La LENAC desa-

rolló las previsiones de la Ley estatal 4/1989 respecto de los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (P.O.R.N.). De acuerdo con la normativa estatal -básica en esta materia- los P.O.R.N. son instrumentos obligatorios y ejecutivos que constituyen un límite para cualesquiera otros instrumentos de ordenación territorial o física (artículo 5.2). Sus objetivos son la definición del estado de conservación de los recursos y ecosistemas del ámbito territorial de que se trate (en el caso canario, ordinariamente la isla); determinar las limitaciones que deben establecerse a la vista el estado de conservación señalando regímenes de protección, medidas de restauración y mejora de los recursos naturales que lo precisen; formular criterios orientadores de las políticas sectoriales y ordenadas de las actividades económicas y sociales, públicas y privadas, para que sean compatibles con las exigencias señaladas. Ese mismo criterio fue el que, en 1999, siguió la LOT, que aprovechó la singularidad que a las islas reconocía la Disposición adicional cuarta de la Ley estatal de suelo y valoraciones, según exponemos más adelante.

La ordenación de los recursos naturales y del territorio aparece actualmente sustentada en las "Directrices de Ordenación", que corresponde aprobar al Gobierno de Canarias, como instrumento que integra esos dos ámbitos, define criterios de carácter básico, fija objetivos y estándares y establece estrategias de acción territorial. Todo ello condiciona los Planes Insulares de Ordenación (antes conocidos como "PIOTs"), que son los auténticos instrumentos de ordenación de recursos naturales, territorial y urbanística. Los artículos 15 a 20 del Texto Refundido LOT-LENAC recogen sus determinaciones y contenido.

Sin embargo, los P.I.O.s (que se amparaban en la Ley 1/1987 antes de la LENAC y la LOT) sufren un considerable retraso en su aprobación. Actualmente se encuentran en vigor sólo los de Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro y Gran Canaria, y únicamente el de Fuerteventura aparece adaptado a su nueva consideración como Plan de Ordenación de los Recursos Naturales.

La presión sobre el suelo, con afección de los recursos naturales y el paisaje de las Islas, es uno de los principales problemas del desarrollo de Canarias. La sostenibilidad como fin aparece motivando toda la normativa a que hemos hecho referencia, pero el retraso en la aprobación de los P.I.O.s y el crecimiento económico generan tal sinergia que difícilmente se atajan fenómenos colonizadores que provocan daños irreparables sobre nuestro Medio Natural. Así, mientras en Canarias no tenemos planificado cuál es el techo de ese desarrollo en cada isla (con la única excepción de Lanzarote), en las Islas Baleares se ha dispuesto una moratoria a la creación de nuevas plazas turísticas que no estén vinculadas a la renovación de la planta alojativa. La conservación de nuestro medio natural, a la que se añaden ahora criterios de equilibrio en la

oferta-demanda del mercado turístico, apunta que esa habrá de ser la respuesta en términos de sostenibilidad de nuestro desarrollo.

En ese marco resulta muy relevante la Sentencia 61/1997 de 20 de marzo, del Tribunal Constitucional, según la cual el Estado carece de competencias para imponer un modelo de desarrollo territorial y urbanístico concreto, ni siquiera amparándose en el artículo 149.1.1º (regulación básica de derechos individuales: derecho de propiedad) ni en el artículo 149.1.13ª (bases y coordinación de la planificación general de la actividad económica). Ello significa que el modelo territorial y urbanístico de Canarias será el que la propia Comunidad Autónoma quiera darse. Ese grado de autogobierno se ha acentuado con la Disposición Adicional Cuarta de la Ley estatal sobre régimen del Suelo y Valoraciones que dispone:

“En los territorios insulares la legislación urbanística podrá establecer criterios complementarios para clasificar suelos no urbanizables y urbanizables, teniendo en cuenta que la delimitación del contenido del derecho de propiedad del suelo se condiciona por las peculiaridades del hecho insular, su limitada capacidad de desarrollo territorial y la necesidad de compatibilizar una suficiente oferta de suelo urbanizable con la protección y preservación de los elementos esenciales del territorio.”

Y es que en las Islas el suelo es escaso y como tal de gran valor. A esa escasez se une la rica biodiversidad, la necesaria salvaguarda de los ecosistemas y el paisaje como únicos recursos naturales para nuestra supervivencia. Existen límites físicos al desarrollo, vinculados no sólo a la capacidad de los recursos sino también a la pérdida de valor del conjunto del territorio, por su excesiva ocupación urbana.

Esa fue la decisión del legislador canario al aprobar la LOT, ahora refundida por su propio mandato con la LENAC. El paisaje, y el suelo rústico como elemento primario del mismo, precisan de especiales medidas de salvaguarda, que habrán de articularse mediante nuestra propia legislación territorial, los P.I.O.s y el planeamiento ambiental y urbanístico. Es necesario que el cambio normativo traiga también un cambio cultural; una decidida apuesta en los ámbitos técnicos, políticos y sociales para considerar más el recurso “territorio”.

Sólo con esa decidida voluntad de apostar por un modelo de desarrollo compatible con esos valores, podremos hablar de sostenibilidad. Cualquier otro modelo que se pretenda sostenible no tiene sino un valor adjetivo; en definitiva, un fraude a los principios de nuestras normas fundamentales de conservación y un riesgo que como pueblo no deberíamos correr.

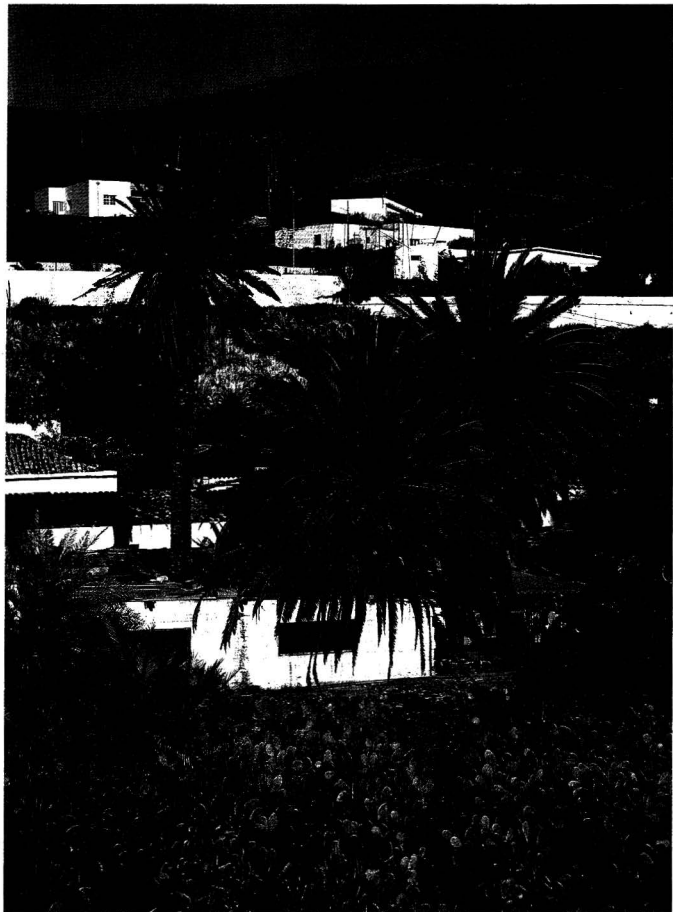


Foto: José Manuel Moreno
Betancuria, Fuerteventura

Capítulo 44

EL ÁMBITO INSULAR EN LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

WALTER BELTRÁN



Las tensiones derivadas del crecimiento poblacional y económico de enorme magnitud a que está siendo sometido el territorio canario obligan a establecer medidas de racionalización en su uso para evitar, tanto el agotamiento de sus recursos, como el deterioro de la calidad de vida de sus habitantes y de la oferta turística en que está basada la economía del archipiélago. En contraste con estas necesidades de racionalización hay que señalar que una de las principales carencias del modelo territorial vigente en las Islas es la ausencia de una línea eficaz de gobierno del territorio. En efecto, la concentración de actividades e intervenciones en un medio tan limitado y fragmentado como el de las islas, pone de manifiesto la complejidad y descoordinación del marco competencial vigente: un marco en virtud del cual, cada administración actúa en el ámbito de sus competencias de modo autónomo. Esta pauta de funcionamiento, que puede no tener gran trascendencia en territorios de grandes dimensiones y con menores tensiones de uso, como las grandes áreas agrícolas continentales, tiene efectos dramáticos en un territorio tan frágil como el canario.

LAS PECULIARIDADES DEL ESCENARIO DE LA PLANIFICACIÓN EN CANARIAS

Canarias cuenta con sobradas singularidades para configurarse como un escenario muy peculiar, donde cada isla aporta una diversidad propia desde los puntos de vista territorial y económico. Este escenario está condicionado por la propia idiosincrasia del canario en cuanto a la manera de ordenar la distribución de sus actividades sobre el territorio y, por supuesto, influye en la gestión de los recursos disponibles.

UN TERRITORIO LIMITADO Y FRÁGIL

Toda la variedad ambiental y de recursos de Canarias se concentra en una superficie muy reducida (7.447 km²), y de pendiente muy elevada. La enorme riqueza paisajística y eco-

lógica de las islas y la necesidad de preservar aquellos espacios de mayor valor como atractivos turísticos y creadores de recursos han llevado a la protección de un 40 % del territorio, en 145 espacios naturales (ver capítulo 50). Los territorios protegidos abarcan fundamentalmente áreas poco usadas del interior insular o excesivamente abruptas para ser explotadas, donde han pervivido los ecosistemas primigenios más o menos alterados, y existe un escaso nivel de presión antrópica. Paralelamente se ha asistido a una grave crisis de la agricultura de medianías, que ha desembocado en el abandono de enormes superficies de terreno en los que se producen graves procesos de erosión y degradación de los recursos naturales y, muy especialmente, del suelo.

LA DEPENDENCIA DEL SECTOR TURÍSTICO COMO BASE DE LA ECONOMÍA INSULAR

La oferta turística alojativa en Canarias en 1996 se cifraba en torno a las 326.763 plazas, frente a las 186.350 de 1985; el total de visitantes en 1996 se situó en torno a los 9.804.540, más de dos veces y media el número de turistas recibidos en 1985¹ (3.688.936). La estructura económica del archipiélago está basada de modo casi exclusivo en el sector turístico, que es también el responsable del mantenimiento de la actual estructura productiva y, consiguientemente, de los parámetros básicos de la vida material de la población (empleo, consumo, nivel de vida, etc.). Es un modelo económico asentado sobre una distribución muy desigual del peso de las islas en el mercado turístico; así, en 1997, el 77,87 % de las entradas turísticas se producían entre Tenerife y Gran Canaria, mientras el 22,13% de las restantes se distribuían entre las cinco islas periféricas del archipiélago.

Por otro lado, todos los trabajos recientes de planificación económica coinciden en que no hay a la vista alternativa de desarrollo económico que no pase por el mantenimiento y consolidación del turismo. Por tanto,

¹ Gobierno de Canarias. Libro Blanco del Turismo canario. 1997

podemos concluir que el actual modelo económico va a seguir vigente mientras las condiciones del mercado lo permitan.

UNA EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA DIFERENCIADA

La evolución demográfica de Canarias ha estado caracterizada por un incremento tremendamente acelerado y constante de la población, que se multiplicó por siete en el periodo 1857-1989 y se duplicó en el periodo 1950-1996, hasta alcanzar una densidad media de 220 hab./km². El proceso de incremento poblacional se mantendrá previsiblemente, alimentado por una pujante inmigración, en tanto se mantenga el actual crecimiento económico vinculado a la expansión del negocio turístico, por lo que no cabe esperar grandes cambios en las dinámicas actuales.

Sin embargo, la situación demográfica de las islas no es ni mucho menos uniforme; el trasvase de población desde las islas periféricas y un crecimiento vegetativo muy elevado han llevado a las islas centrales del archipiélago a alcanzar unas densidades de población que se encuentran entre las más elevadas del mundo entre los territorios insulares; Tenerife alcanza los 337 hab./km² y Gran Canaria los 467 hab./km², multiplicando por casi cinco y siete veces respectivamente, la densidad media de la España peninsular; unas densidades superiores a la de Baleares (191 hab./km²), Cataluña (198 hab./km²) o el País Vasco (300 hab./km² aproximadamente). En cambio, las islas periféricas se mantienen en unos niveles de densidad mucho más bajos: Lanzarote alcanza los 127 hab./km² y La Palma los 103 hab./km².

Estas densidades son en realidad más altas si consideramos el impacto de los visitantes turísticos (más de 150.000 plazas en cada una de las islas centrales) y tenemos en cuenta el alto porcentaje de territorio no apto para el asentamiento humano.

UN ASENTAMIENTO URBANO MUY POTENTE Y DISPERSO

En los últimos decenios la actividad humana ha venido concentrándose en las islas mayores y, dentro de éstas, en las áreas costeras y en las medianías bajas, con un enorme incremento en la intensidad y extensión de los procesos de transformación del territorio. Paralelamente se produce un proceso de abandono gradual de las medianías altas y de las cumbres.

Sin embargo, y pese a que, sobre todo en Gran Canaria y Tenerife, más del 50% de la población se localiza en las áreas metropolitanas y capitales insulares, la estructura de distribución del poblamiento se caracteriza por un elevado nivel de dispersión. En la isla de Tenerife existen 379 núcleos de población en la isla, uno cada 5,36 km² si nos referimos a la totalidad de su superficie, pero uno cada 3 km² aproximadamente si no tenemos en cuenta las cumbres y otros espacios no habi-

tados. Más de las dos terceras partes (267) de dichos núcleos tienen menos de 1.000 habitantes y más de la mitad (195) menos de 500.

El fenómeno de la dispersión del asentamiento residencial es uno de los problemas de mayor entidad en las islas, multiplicando los problemas causados por el crecimiento de la población, encareciendo enormemente la prestación de los servicios a los ciudadanos y aumentando las necesidades de infraestructuras hasta cotas difícilmente asumibles. Es un problema que tiene mucho que ver con la ausencia de un modelo claro de implantación de la población en el territorio y de una voluntad decidida, y socialmente asumida, de consolidarlo.

La *autoconstrucción* o más bien, la construcción en suelo rústico al margen de la legalidad urbanística, es uno de los más importantes factores de alteración del paisaje insular (volumenes inadecuados, construcciones sin acabar, falta de tratamiento de las fachadas, etc.). Gran parte del problema deriva del escaso control y alarmante permisividad administrativa, que ha llevado a la autoconstrucción a constituirse como fenómeno cultural, que obliga a cuestionar la continuidad del modelo de ocupación de la isla en el futuro, y plantea, incluso, interrogantes sobre la pervivencia del modelo turístico actual.

LOS PLANES INSULARES DE ORDENACIÓN, UN INTENTO DE INTEGRACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN

La insularidad multiplica los efectos de la limitación de recursos territoriales y reduce las posibilidades de absorber o corregir errores; cada actuación que se realiza está cerrando la posibilidad de realizar otras actuaciones o aprovechamientos. Si bien en la teoría existe una multitud de instrumentos destinados a asegurar que los actos con efectos sobre el territorio se realizan respetando el interés público, su empleo de forma autónoma, por distintos agentes y administraciones sin que existan unas reglas de juego que establezcan relaciones entre ellas para conseguir unos fines comunes, impide llegar a tan deseables objetivos.

En consecuencia se hace imprescindible elaborar un modelo de uso del territorio que guíe la actuación en cada isla, y emprender un esfuerzo decidido en estructurar un sistema de actuación coordinado e integrado que permita un desarrollo adecuado de dicho modelo. En este contexto surge la figura de los Planes Insulares de Ordenación como fórmula para elaborar un mínimo basamento común sobre el que gobernar coordinadamente el territorio de cada isla y los recursos que alberga, de acuerdo a las peculiaridades de su territorio, de su población y de su modelo económico. La Ley 1/1987 de 13 de abril, crea y regula los Planes Insulares de Ordenación y los define como figuras de ordenación territorial y urbanística, que tienen por objeto el establecimiento de las determinacio-

nes de ordenación y de las directrices de compatibilidad y de coordinación sectorial sobre el marco físico, adecuadas para definir el modelo territorial a que deben responder los Planes y Normas inferiores a su ámbito. Los Planes Insulares de Ordenación se articulan entre los de carácter directivo regulados por el ordenamiento jurídico vigente y, en todo caso, superiores jerárquicamente al planeamiento municipal.

La promulgación y entrada en vigor de la Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias, provoca una modificación sustancial de los Planes Insulares de Ordenación, que a su condición de figura de ordenación urbanística y territorial, unen la de Plan de Ordenación de los Recursos Naturales. Esta consideración de Planes de Ordenación de los Recursos Naturales de cada isla comporta que sus determinaciones serán obligatorias y ejecutivas en lo que concierne a la ordenación de los recursos naturales, constituyendo sus disposiciones un límite para cualesquiera otros instrumentos de ordenación territorial o física, cuyas determinaciones no podrán modificar o alterar aquellas disposiciones.

Del mismo modo, la Ley de Ordenación del Turismo de Canarias encomienda a los Planes Insulares de Ordenación la tarea de materializar sus previsiones y determinaciones para la ordenación del sector en cada isla, con la finalidad de acomodar la oferta turística al desarrollo previsible, a la disponibilidad de recursos y a la capacidad de carga turística de cada isla, estableciendo pautas de equilibrio que permitan orientar la actividad turística hacia el desarrollo sostenible.

Por consiguiente, el legislador autonómico ha ido reforzando progresivamente la figura de los Planes Insulares de Ordenación que, a su primitiva condición de instrumento de ordenación territorial y planificación urbanística, han venido a sumar su carácter de Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, y su naturaleza de instrumentos de ordenación de la actividad turística en sus aspectos con relevancia territorial. Por último, los artículos 8 y 10 de la Ley 5/1987 de 7 de abril, de Ordenación Urbanística del Suelo Rústico, facultan al planeamiento insular para la calificación detallada y la regulación pormenorizada del suelo rústico. En definitiva, la figura del Plan Insular de Ordenación se ha convertido en un instrumento híbrido y complejo, cuyas principales características son:

- ▶ ser una figura de ordenación territorial, que define el modelo de estructura del territorio, distribuye globalmente usos y actividades, delimita áreas de protección, establece los criterios para la localización y ejecución de las infraestructuras, etc.
- ▶ ser un instrumento de planeamiento urbanístico, habilitado para la clasificación directa del suelo rústico y para establecer clasificaciones de suelo impuestas por el interés supramunicipal.
- ▶ ser un plan de ordenación de los recursos naturales, con el

contenido, determinaciones y efectos establecidos y regulados por la Ley 4/1989 de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y la Fauna Silvestres, y por la Ley 12/1994 de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias.

- ▶ ser un instrumento de ordenación de la actividad turística en su vertiente territorial, con una misión específica de salvaguarda de los recursos naturales por su condición de factores esenciales para el mantenimiento de la actividad turística.

La Ley 9/1999 de Ordenación del Territorio de Canarias ha acabado de configurar, por el momento, esta concepción de los planes insulares, reconociendo su carácter de instrumentos de ordenación de los recursos naturales, territorial y urbanístico de cada isla, atribuyéndoles el papel de definir el modelo de organización y utilización del territorio, y estableciendo de modo taxativo, ya que hasta el momento de su aprobación tenía un carácter implícito y se había prestado a un nivel de discusión bastante alto, el alcance de su carácter vinculante, tanto para los instrumentos de ordenación —de espacios naturales, planes territoriales de ámbito inferior al insular y para los planes de ordenación urbanística—, como para la ejecución de políticas públicas de actuación con incidencia territorial.

LOS GRANDES OBJETIVOS DE LA ORDENACIÓN TERRITORIAL EN CANARIAS

Pero los Planes Insulares de Ordenación son sólo un instrumento más para el gobierno del territorio, un instrumento importante, pero que ha de integrarse en una política de mayor alcance para lograr los fines pretendidos con su creación. En definitiva, la administración correcta del territorio y de sus recursos requiere un esfuerzo decidido en procurar la coordinación e integración de las actuaciones con incidencia en el territorio. Un esfuerzo que debe estar basado en la planificación previa para garantizar una toma adecuada de las decisiones y en la coordinación de los esfuerzos e intereses de las distintas administraciones, estableciendo procesos de integración y coordinación administrativa que eviten, en lo posible, el conflicto competencial.

LA RACIONALIZACIÓN DE LA OCUPACIÓN Y EXPLOTACIÓN DEL TERRITORIO INSULAR

El primer objetivo de la planificación ha de ser establecer medidas de racionalización para dedicar cada porción del territorio insular a las funciones que mejor pueda asumir de acuerdo a sus condiciones, y para regular la forma y la intensidad con que se desarrollan los procesos de transformación territorial.

Dicha racionalización debe basarse, sobre todo en las islas mayores, en concentrar las actividades con mayor poder de degradación en los terrenos y sectores de la isla que ya han sido

alterados. Debe basarse también en la preservación de aquellos sectores que por su escasa alteración conservan valores socialmente apreciados como constituyentes del bagaje patrimonial natural o cultural de la sociedad, así como de los que sirven de soporte a procesos ecológicos esenciales y que poseen una capacidad productiva intrínseca relevante.

LA ORDENACIÓN DE LA ISLA COMO ESPACIO TURÍSTICO

Como ya se ha mencionado anteriormente, el turismo es, directa e indirectamente, no sólo el sector predominante, sino el responsable exclusivo del mantenimiento de la actual estructura productiva y, por consiguiente, de los parámetros básicos de la vida material de la población. Y puesto que es previsible que lo siga siendo en el futuro hay que reivindicar el carácter absolutamente estratégico del sector, lo que implica que la actividad ordenadora e interventora de la Administración Pública (y, en la medida de lo posible, también del sector privado) debe pivotar siempre sobre la incidencia que sus acciones tienen en la mejora, consolidación y transformación del sector turístico para que se pueda garantizar un desarrollo sostenible de la economía insular.

En este sentido es necesario un cambio de actitud en la ordenación del desarrollo turístico, para trabajar en la consolidación de la demanda y en la estabilización de la actividad de explotación de servicios turísticos (no sólo alojativos) frente al crecimiento, tanto de nuevos turistas como de nuevas plazas. El futuro desarrollo turístico canario debe dejar de orientarse hacia el crecimiento cuantitativo en número de plazas y de turistas, abandonar la lógica del "record", y centrarse en una mejora de la calidad de las islas como destino y en la integración de la población en el disfrute de los beneficios que produce el sector. Para ello, debería pensarse en primer lugar, en concebir la totalidad del territorio como un componente de la oferta turística de la isla, y la conservación de sus valores (ecológicos, paisajísticos y culturales) como una estrategia imprescindible para la continuidad del modelo de explotación territorial y para la recualificación de nuestra industria turística. La protección de la identidad paisajística, cultural y patrimonial influye decisivamente en una mayor valoración de la oferta turística, que se ve devaluada por el creciente deterioro que sufren muchos de sus atractivos más valiosos.

LA CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA

De los apartados anteriores se deduce la importancia que la variable ambiental adquiere en la ordenación de la isla, dado el valor que la preservación del territorio tiene, tanto en la calidad de vida de los habitantes de la isla, como en la calidad de la oferta turística que sustenta nuestra economía. No se trata ya de proteger porciones del territorio desde un punto de vista patrimonial (mediante su declaración como espacio

natural o reserva de cualquier tipo), sino de poner en juego sus valores de una forma racional, rentabilizando para la comunidad los rendimientos obtenidos; porque de hecho se explotan los valores naturales y patrimoniales de la totalidad del territorio.

Pero para establecer un modelo sostenible de explotación territorial resulta imprescindible definir un Modelo de Ordenación Territorial insular. En efecto, si bien las técnicas de limitación del impacto de las intervenciones pueden, para cada intervención concreta, aumentar considerablemente su grado de integración, es desde la adecuación a un modelo que puede justificarse el encaje territorial de las grandes intervenciones que vertebran la estructura funcional de cada isla. La meta de la ordenación ha de ser la de evitar alteraciones *adicionales*, es decir, no estrictamente necesarias. Los mecanismos para evitar dichas alteraciones se aplican a escalas diversas (insular, comarcal o local), y poseen diversa naturaleza: modelos de ordenación, normas sectoriales, planeamientos, etc, pero han de estar presididos por una lógica común que, en Canarias, ha de definirse a escala insular.

LA PROMOCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PRIMARIAS

No cabe defender una protección del suelo rústico y de sus valores naturales y culturales sólo desde la prohibición, o con criterios exclusivamente proteccionistas. Cualquier propuesta de intervención debe encajarse en todo caso, en un marco de desarrollo integral del medio rural. La alternativa más razonable para el desarrollo de un medio rural tan transformado como el canario pasa indudablemente por el mantenimiento, o recuperación en su caso, de la actividad productiva. Evidentemente esta opción «conservacionista» debe venir respaldada por la rentabilidad de los cultivos; pero en último extremo, la consideración del valor de mantener un paisaje y unas estructuras socioeconómicas, de luchar contra la erosión de los terrenos y de favorecer la recarga del acuífero, constituyen argumentos de peso innegable frente a visiones exclusivamente productivistas. Buena parte de las rentabilidades a obtener no tienen una valoración directa en términos de mercado, ya sea por su intangibilidad (valores medioambientales y culturales) o por producirse al margen de los cauces habituales (mantenimiento de un escenario para la industria turística) y sin embargo, deben ser evaluadas y defendidas.

Es necesario un proceso de transferencia de recursos destinado al mantenimiento y mejora del paisaje agrícola que remunere el cometido de agente medioambiental que caracteriza al agricultor. Esta transferencia ha de complementar y hacer viables las medidas de preservación de los suelos agrícolas antes que la de posibles expectativas de transformación.

LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL

La elaborada transformación del territorio rural, derivada de una intensa explotación agrícola, y la dilatada labor de creación de un hábitat urbano y rural adecuado a las necesidades de sus habitantes y a las condiciones del medio, ha dejado en herencia un legado patrimonial de destacado valor; por otra parte, la singularidad y aislamiento del territorio insular implica una diferenciación de las formas de vida hacia la creación de adaptaciones específicas de gran valor por su carácter único.

Estas singularidades patrimoniales constituyen las señas de identidad de la cultura insular, las que unen a la comunidad canaria con el resto de las comunidades y las mismas que las diferencian de éstas últimas. La protección de las singularidades del patrimonio natural y cultural de la isla ha de constituir, por consiguiente, uno de los elementos clave en la estrategia de desarrollo a largo plazo de las islas.

LA CONSOLIDACIÓN DE UNA NUEVA CULTURA DE GESTIÓN DEL TERRITORIO

La finalidad de la planificación insular ha de ser establecer una

ordenación abierta y en constante evolución, capaz de responder a la mutación de la intervención sobre el territorio con una gama de argumentos estables de carácter genérico, precizable y adaptable a su vez en el tiempo a través del desarrollo de figuras y proyectos de mayor nivel de detalle.

Esto requiere establecer una referencia que guíe la actuación en este campo: el modelo de ordenación territorial, y hacer un esfuerzo decidido para, respetando los ámbitos competenciales de los distintos organismos, procurar un proceso de toma de decisiones integrador y favorecedor de la coordinación administrativa. El objetivo fundamental de la política canaria en materia territorial ha de ser, ante todo, coordinar la actuación administrativa, algo que va más allá de elaborar normativas y que incluir la voluntad de aplicarlas. Pero aún más importante es procurar una toma de conciencia de los ciudadanos canarios como colectivo social de que el territorio de las islas es un capital escaso y valioso, que debemos administrar con sumo cuidado; una toma de conciencia que incida en el hecho que no existen los compartimentos estancos en el territorio, de que toda actuación tiene unas repercusiones territoriales de una y otra índole y que supone limitar, a veces de forma definitiva, la capacidad de realizar otras actuaciones.



Foto: Diego L. Sánchez
Myosotis latifolia

Capítulo 45

GENES Y CONSERVACIÓN
DE PLANTAS VASCULARES

JAVIER FRANCISCO-GUTIÉRREZ Y ARNOLDO SANTOS

DIVERSIDAD GENÉTICA, POBLACIONES Y
CONSERVACIÓN

La diversidad genética viene definida por el conjunto de caracteres que, regulados por los genes, diferencian a los individuos de una especie. El mantenimiento de la diversidad genética a lo largo del tiempo y del espacio estará íntimamente ligado a los factores que inciden en la historia evolutiva de las poblaciones (Frankham 1995). La conservación del acervo genético de una especie solamente tiene sentido desde un punto de vista poblacional. A efectos de la discusión que presentamos en este capítulo hay que señalar que la diversidad de una especie se puede analizar a dos niveles: interpoplacional e intrapoblacional (Fig. 45.1) (Loeschke *et al.* 1994).

Los cuatro factores que influyen en la distribución y conservación de la diversidad genética en las poblaciones son: la migración, la selección, la deriva genética y los sistemas reproductivos. La migración implica el intercambio de genes entre poblaciones. En general unos niveles muy altos de migración tenderán a una disminución de la diversidad genética entre las poblaciones y a un aumento de la misma a nivel intrapoblacional. La selección hace que la eficacia biológica de los individuos varíe en función de las condiciones medioambientales. La misma conlleva una relación directa entre las frecuencias de los alelos con valor adaptativo y determinadas variables ambientales. Como resultado de la selección determinados alelos se fijan en algunas poblaciones con lo que se produce un aumento de la diversidad genética interpoplacional.

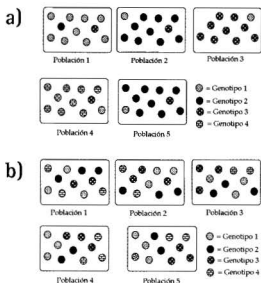


Figura 45.1

Esquema de la partición de la diversidad genética para cinco poblaciones y cuatro genotipos. Altos niveles de diversidad genética entre poblaciones ($G_{ST} > 18\%$) son previsibles para especies autógamas y en situaciones en las que hay una gran disminución del tamaño de las poblaciones.

- a) Alta diversidad genética entre poblaciones y baja diversidad genética dentro de las poblaciones.
 b) Baja diversidad genética entre poblaciones y alta diversidad genética dentro de las poblaciones.

La deriva genética es el proceso por medio del cual las frecuencias alélicas fluctúan por procesos de azar. Está relacionada con el tamaño de las poblaciones y básicamente implica que, en poblaciones con reducido número de individuos, los alelos con una frecuencia inicial muy baja tienden a perderse a lo largo del tiempo. La deriva genética favorece la disminución de la diversidad genética dentro de las poblaciones y un aumento entre poblaciones.

En cuanto al sistema reproductivo, la autogamia conduce hacia un aumento de la homocigosis mientras que en condiciones de algamia se mantienen los individuos heterocigóticos, lo cual se traduce en un aumento de la diversidad genética intrapoblacional. Existen muchos ejemplos que demuestran que los individuos heterocigóticos de especies algamas tienen una gran eficacia biológica. A este fenómeno se le denomina como vigor híbrido o heterosis.

Los cuatro factores anteriores (migración, selección, deriva genética y sistemas reproductivos) no son independientes. En primer lugar la migración interpoplacional vía polen se verá altamente favorecida en las especies algamas. Una disminución del tamaño de las poblaciones producirá un incremento de homocigotos, que en el caso de especies algamas tendrán un menor vigor híbrido y con toda probabilidad una menor eficacia biológica, de modo que estos individuos se ven

condenados a desaparecer de la población. La disminución de la diversidad genética, debido a factores tales como la selección, migración o deriva genética se suele denominar *erosión genética*.

LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN CANARIAS

Antes de establecer criterios o recomendaciones de conservación se hace necesario conocer qué nos dicen los resultados experimentales sobre la diversidad genética de las especies de Canarias, en comparación con la de las especies continentales y de otros archipiélagos oceánicos. El capítulo 16 ofrece una revisión mucho más exhaustiva sobre la diversidad genética de la biota canaria. A este respecto existen diversos trabajos, si bien la mayor parte se ciñen principalmente a archipiélagos del océano Pacífico (DeJode y Wendel 1992, Barret 1996, Rieseberg y Swensen 1996, Frankham 1997). La

mayoría de estos trabajos tienen una perspectiva conservacionista y enfatizan el grave peligro que en la actualidad corre la biota de las islas en términos de la pérdida acelerada de su diversidad genética. Referente a Canarias existe un gran número de revisiones que inciden en la conservación de la biodiversidad del archipiélago (Kunkel 1975, Bramwell y Rodrigo 1982, Barreno *et al.* 1984, Bramwell 1990; Gómez-Campo 1996), sin embargo, tienden a considerar la conservación desde una perspectiva taxonómica y no poblacional.

Los trabajos experimentales, basados en el empleo de marcadores isoenzimáticos, indican que la diversidad genética poblacional de muchos de los endemismos macaronésicos es bastante mayor que la que se ha detectado para otros archipiélagos oceánicos y en muchos aspectos comparable a la existente en situaciones continentales (Tabla 45.1).

Tabla 45.1

Diversidad genética total (H_t) o heterocigosis media esperada obtenida a partir de datos de isoenzimas de especies endémicas de Canarias y su comparación con valores obtenidos para otras islas oceánicas. También se indican los valores medios de Identidades Genéticas (I) del número de loci estudiados (N). Las referencias bibliográficas para cada taxón se encuentran revisadas en Francisco-Ortega *et al.* 2000.

Taxón*	Familia	H_t	I^b	N_t
<i>Androcymbium psammophilum</i>	Colchicaceae	0,108	No hay datos	17
<i>Androcymbium</i> (2)	Colchicaceae	0,054	0,74	10
<i>Argyranthemum</i> c (24)	Asteraceae	0,230	0,89 (0,64 - 1)	17
<i>Avena canariensis</i>	Poaceae	0,176	0,89 (0,76 - 0,93)	13
<i>Babcockia platylepis</i>	Asteraceae	0,127	No hay datos	13
<i>Chamaecytisus proliferus</i>	Fabaceae	0,326	0,93 (0,89 - 0,99)	10
<i>Cistus osbaeckiaefolius</i> ^g	Cistaceae	0,333	0,95 (0,92 - 0,98)	13
<i>Cistus symphytifolius</i> ^g	Cistaceae	0,309	0,92 (0,82 - 0,99)	13
<i>Cistus chinamadensis</i> ^g	Cistaceae	0,456	0,83 (dos poblaciones)	13
<i>Dactylis glomerata</i> ^h *	Poaceae	0,317*	0,99 (0,91 - 0,99)	8
<i>Echium acanthocarpum</i> ^g	Boraginaceae	0,235	0,99 (dos poblaciones)	10
<i>Lactucosonchus webbii</i>	Asteraceae	0,051	Una población	13
<i>Lobularia canariensis</i>	Brassicaceae	0,278	0,76 (0,51 - 0,92)	10
<i>Lolium canariense</i>	Poaceae	0,104	No hay datos	13
<i>Lolium canariense</i>	Poaceae	0,167	0,66 (0,47 - 0,90)	10
<i>Phoenix canariensis</i> ^g	Aracaceae	0,236	0,95 (0,93 - 0,97)	17
<i>Prenanthes pendula</i>	Asteraceae	0,079	No hay datos	13
<i>Sonchus</i> subg. <i>Dendrosonchus</i> c (13)	Asteraceae	0,104	No hay datos	13
<i>Sonchus tuberosus</i>	Asteraceae	0,047	Una población	13
<i>Sventenia bupleuroides</i>	Asteraceae	0,057	Una población	13
<i>Taekholmia</i> (4)	Asteraceae	0,120	No hay datos	13
<i>Viola palmensis</i> ^g	Violaceae	0,181	0,97 (0,94 - 0,99)	11
Valor medio		0,186	0,84	
Valor medio (otros archipiélagos oceánicos) ^f		0,064		

* Número de especies estudiadas se indican entre paréntesis.

^b Rangos de valores de identidades genéticas se indican entre paréntesis.

^c Valores incluyen poblaciones de otras islas macaronésicas.

^d Diversidad genética calculada como la media de la heterocigosis observada.

^e Se consideran que existen dos formas endémicas del complejo *Dactylis glomerata*: *D. glomerata* subsp. *smithii*, y *D. glomerata* «Tipo Gran Canaria».

^f Valor según DeJode y Wendel (1992).

^g Datos inéditos cordialmente proporcionados por F. Batista, M.A. González y P. Sosa.

La siguiente cuestión estriba en conocer si existe alguna correlación entre la diversidad genética de las poblaciones y su distribución geográfica. Esto nos puede ayudar a establecer prioridades de conservación en ámbitos locales o regionales. *Chamaecytisus proliferus*, *Dactylis glomerata* (incluyendo la subespecie *smithii* y grupos afines inéditos) y *Lobularia canariensis* son los únicos taxones en las que existe una clara relación entre origen insular y diversidad genética. Las subespecies o poblaciones de cada una de estas especies, que comparten un origen insular, tienden a ser similares desde el punto de vista genético (Francisco-Ortega *et al.* 2000).

Con la excepción de *Avena canariensis*, los estudios llevados a cabo con otros grupos indican que la diversidad genética dentro de cada isla tiende a seguir un patrón de mosaico en el que resulta difícil establecer pautas ecogeográficas para las poblaciones (Figs. 45.2 y 45.3). Hay que destacar que los resultados anteriores se han obtenido por medio de marcadores moleculares. No hay duda que determinados caracteres con valor adaptativo tienen una correlación clara con la diversidad de hábitats de las islas.

Referente a la biología reproductiva de nuestros endemismos la información que se tiene indica que una gran parte de la flora está formada por especies algóamas (Calero y Santos 1988, 1993, Francisco-Ortega *et al.* inédito). Los datos que tenemos del reparto de la diversidad genética poblacional no concuerdan con la alogamia de estas especies, ya que en la mayoría de los casos existe una alta diferenciación entre poblaciones (Tabla 45.2). La mayor parte de los grupos estudia-

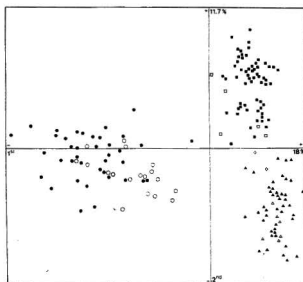


Figura 45.2

Diagrama de Componentes principales que muestra la partición de la diversidad genética entre poblaciones de *Chamaecytisus proliferus*. Cada símbolo hace referencia a poblaciones de las siete variedades de esta especie. Diagrama obtenido mediante el estudio de 10 *loci* isoenzimáticos.

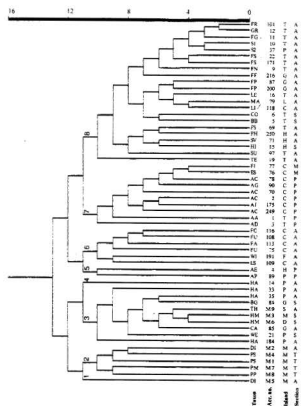


Figura 45.3

Dendrograma que se obtiene a partir de 17 *loci* isoenzimáticos de 56 poblaciones de *Argemone* (Asteraceae) en la totalidad de la Macaronésia mediante el empleo del método *neighbour-joining* y el uso de la distancia genética de Rogers.

Tabla 45.2

Diferenciación genética de poblaciones de endemismos canarios. H_s = diversidad genética media dentro de las poblaciones; D_{ST} = diversidad genética media entre las poblaciones; G_{ST} = proporción de la diversidad genética media entre las poblaciones relativa a la diversidad genética total; N_p = número de poblaciones estudiadas.

Taxón	H_s	D_{ST}	G_{ST} (%)	N_p
<i>Androcymbium hierrense</i>	0,056	~0	0,9	3
<i>Androcymbium psammophilum</i>	0,108	0	0	2
<i>Androcymbium psammophilum</i>	0,052	~0	~0	2
<i>Argyranthemum</i>	0,058	0,022	25,3	56
<i>Babcockia platylepis</i>	0,059	0,068	53,8	2
<i>Chamaecytisus proliferus</i>	0,328	0,056	12,6	175
<i>Cistus osbaeckiaefolius</i>	0,252	0,082	20,9	4
<i>Cistus symphytifolius</i>	0,241	0,069	17,6	4
<i>Cistus chinamadensis</i>	0,262	0,195	39,2	2
<i>Echium acanthocarpum</i>	0,235	~0	~0	2
<i>Lobularia canariensis</i>	0,518	0,222	38,1	19
<i>Phoenix canariensis</i>	0,205	0,030	12,8	3
<i>Prenanthes pendula</i>	0,057	0,021	27,1	2
<i>Sonchus subg. Dendrosonchus</i>	0,065	0,053	38,9	33
<i>Taekholmia pinnata</i>	0,095	0,110	53,6	3
<i>Viola palmensis</i>	0,166	0,015	10,0	8

dos muestran que la diversidad genética entre poblaciones es mayor del 18% de la diversidad genética total. Estos niveles tan altos de diferenciación interpoblacional podrían estar causados por los efectos de dispersión asociados con la deriva genética.

Los datos disponibles sólo hacen referencia a *loci* de tipo isoenzimático de 53 especies correspondientes a 13 géneros. Antes de establecer conclusiones finales son necesarios nuevos datos referentes a la heredabilidad de determinados caracteres y al uso de marcadores a nivel del ADN. En estos momentos estamos realizando este tipo de estudios principalmente con *Crambe*, *Silene*, miembros de la alianza *Bencomia* y endemismos de la familia de las Asteráceas (Francisco-Ortega *et al.* 1992, 1995, 1996, 1997, Kim *et al.* 1999).

CONSERVACIÓN GENÉTICA EN CANARIAS Y FACTORES RELACIONADOS CON LA HISTORIA EVOLUTIVA DE LAS POBLACIONES

En la actualidad la migración genética de forma más o menos extensiva se ha visto favorecida en Canarias por las actividades humanas. Un ejemplo de la misma la tenemos en los programas que persiguen la potenciación de la flora del archipiélago con fines ornamentales. Una parte importante de las especies congenéricas endémicas de Canarias tienen una gran facilidad para hibridar (Tabla 45.3). En muchos casos, las barreras geográficas y ecológicas son las únicas que evitan el flujo genético entre estas especies. Las barreras geográficas vienen en gran parte definidas por el aislamiento que existe entre islas y por la abrupta geomorfología de cada isla en par-

Tabla 45.3

Géneros con endemismos en las Islas Canarias y cuyas especies hibridan entre sí. Especies de algunos de estos géneros se usan como ornamentales en varios jardines públicos y carreteras del archipiélago. La islas se codifican según Hansen y Sunding (1993).

Género	Spp. Endémicas ^a	Familia	Distribución insular ^a
<i>Aeonium</i> ^{b,d}	34	Crassulaceae	CFGHLPT
<i>Aichryson</i> ^{b,d}	10	Crassulaceae	CFGHPT
<i>Argyranthemum</i> ^{b,d}	19	Asteraceae	CFGHLPT
<i>Asteriscus</i> ^{b,d}	2	Asteraceae	FL
<i>Bencomia</i> ^{c,d}	4	Rosaceae	CHPT
<i>Dendriopoterium</i> ^c	2	Rosaceae	C
<i>Echium</i> ^{b,d}	23	Boraginaceae	CFGHLPT
<i>Euphorbia</i> ^{b,d}	8	Euphorbiaceae	CFGHLPT
<i>Gonospermum</i> ^{c,d}	4	Asteraceae	GHPT
<i>Greenovia</i> ^{b,d}	4	Crassulaceae	CGHPT
<i>Lactucosonchus</i>	1	Asteraceae	P
<i>Lavandula</i> ^{b,d}	2	Lamiaceae	CFGHLPT
<i>Limonium</i> sect. <i>Nobile</i> ^{c,d}	12	Plumbaginaceae	CFGHLPT
<i>Lotus</i> sect. <i>Heinekenia</i> ^{b,d}	4	Fabaceae	CFGHLPT
<i>Lugoa</i> ^d	1	Asteraceae	T
<i>Marcella</i> ^d	1	Rosaceae	CGT
<i>Monanthes</i> ^b	17	Crassulaceae	CFGHLPT
<i>Pericallis</i> ^{c,d}	12	Asteraceae	CGHPT
<i>Prenanthes</i>	1	Asteraceae	C
Grupo <i>Salvia canariensis</i> ^{c,d}	2	Lamiaceae	CFGHLPT
<i>Sonchus</i> subg. <i>Dendrosanachus</i> ^{b,d}	16	Asteraceae	CFGHLPT
<i>Sventenia</i>	1	Asteraceae	C
<i>Taekholmia</i> ^{b,d}	7	Asteraceae	CGPT
<i>Tanacetum</i> ^{c,d}	3	Asteraceae	C

^a Distribución insular según Hansen y Sunding (1993).

^b Se han descrito híbridos interespecíficos naturales o artificiales para estos géneros.

^c Híbridos interespecíficos no se han descrito pero se han observado en los jardines botánicos de La Orotava y Viera y Clavijo.

^d Géneros que se utilizan como ornamentales.

Los grupos (*Aeonium*, *Aichryson*, *Greenovia*, *Monanthes*), (*Bencomia*, *Dendriopoterium*, *Marcella*), (*Gonospermum*, *Lugoa*, *Tanacetum*), y (*Lactucosonchus*, *Prenanthes*, *Sonchus* subgen. *Dendrosanachus*, *Sventenia*, *Taekholmia*) son monofiléticos.

Aunque no todas las especies de estos grupos se utilizan como ornamentales, se han descrito híbridos intergenéricos o se han observado híbridos bajo condiciones de cultivo de los jardines botánicos de La Orotava y Viera y Clavijo.

Limonium sec. *Nobile* y *Lotus* sec. *Heinekenia* forman dos grupos taxonómicos endémicos de Canarias.

ticular. El establecimiento de carreteras y la tala masiva de bosques ha potenciado la formación de *corredores genéticos* y ha permitido que entren en contacto poblaciones de una misma especie o de grupos taxonómicos con débiles barreras genéticas de cruzamiento. Esta migración masiva de genes carece de precedente en la historia natural del archipiélago y sus consecuencias son difíciles de prever de antemano. El posible efecto de la hibridación en la extinción de determinadas especies ha sido indicado en varias ocasiones para el género *Argyranthemum* en Canarias. Esta situación ha sido descrita para *Rubus* en Hawái y *Margyricarpus* en las Islas de Juan Fernández así como para otros grupos continentales o insulares (Levin *et al.* 1996, Rhymer y Simberloff 1996, Maunder *et al.* 1998, Francisco-Ortega *et al.* 2000).

Tal y como se comentó con anterioridad, factores relacionados con la deriva genética y los sistemas reproductivos también tienen una gran incidencia en la conservación genética. Los altos niveles de algamia que existen en gran parte de los endemismos sugieren que es probable que muchas especies endémicas tengan elevado vigor híbrido y por tanto su eficacia biológica puede estar seriamente afectada por una disminución del tamaño de las poblaciones.

La máxima prioridad en Canarias, en el ámbito de la conservación de la biodiversidad, debe orientarse en el sentido de minimizar los efectos negativos de las actividades humanas sobre los ecosistemas. Hay innumerables ejemplos que indican que la alteración del hábitat conlleva una disminución del número de individuos de las poblaciones autóctonas. Dicho declive producirá un incremento de la erosión genética.

ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN CANARIAS

El principal objetivo de un programa de conservación genética es evitar la pérdida de las formas alélicas de los genes de una especie. La conservación de la diversidad genética puede tener una doble aproximación: la conservación *in situ* o la conservación *ex situ*. Será desde esta doble perspectiva que analizaremos las posibles estrategias para la conservación de la diversidad genética del archipiélago.

En una situación ideal cualquier programa de conservación debería estar basado en estudios previos acerca de la diversidad genética de las poblaciones a preservar y cuáles son los factores que inciden en su mantenimiento o erosión. Sin embargo, en la práctica no suelen existir los recursos suficientes para llevar a cabo estos trabajos previos y hay que afrontar programas de actuación con un bajo conocimiento de la biología de las especies.

Conservación *in situ*

Por conservación *in situ* entendemos la estrategia que persigue el mantenimiento de los genes de una especie en sus po-

blaciones naturales originales. La principal ventaja de este método es que permite la conservación de la totalidad de los alelos de una población sin los problemas de muestreo que tiene la conservación *ex situ*.

La conservación *in situ* viene ligada al concepto del *Tamaño Mínimo Viable de la Población* (TMVP). El mismo tiene una gran importancia ya que el conservacionista necesita saber cuál es el tamaño de una población a partir del cual hay que preocuparse por la posible pérdida de diversidad genética. El TMVP ha recibido varias definiciones y de hecho algunos autores critican su uso debido a que hay muchos otros factores que intervienen en la conservación que no quedan aquí reflejados. Una definición altamente consensuada, es que el TMVP es el número de individuos que debe haber en una población para tener una probabilidad del 95% de conservar su integridad genética durante al menos 100 años.

Existen diversas variables que intervienen en la estimación del TMVP. Entre estas variables tendríamos la eficacia del sistema reproductivo o el comportamiento del banco de semillas del suelo. Debido a lo anterior se postula que el TMVP tiene un valor fluctuante ligado a las condiciones biológicas de la población. Recientemente, se ha establecido que el número de individuos que hace que una población se considere como genéticamente a salvo varía entre 50 y 2.500. Si aplicamos este concepto a los endemismos de Canarias, nos encontramos que existen al menos 38 especies que nunca superan los 50 individuos por población y que además poseen menos de diez poblaciones (Tabla 45.4). Estas 38 especies serían las que en este momento tendrían el mayor riesgo de erosión genética. Sin embargo, no dudamos que otras especies con un número mayor de individuos o de poblaciones se encuentran también ante un riesgo similar, principalmente debido a los valores de las variables que contribuyen a su perpetuación generacional.

La mejor forma de obtener valores aceptables de TMVP es incidiendo sobre los factores implicados en la disminución paulatina del tamaño de las poblaciones. Sin embargo, dichas acciones se pueden realizar en conjunción con la posible multiplicación de los individuos en su población original. Se hace necesario destacar que a nivel de Canarias se distinguen tres situaciones diferentes en lo que concierne a la multiplicación de los individuos de una población (Martín-Esquivel *com. pers.*). En primer lugar tenemos la reintroducción, ésta implica la multiplicación de los individuos de una población que se considera como extinguida en una isla a partir de individuos de otra población de otra isla. En segundo lugar tenemos la traslocación de individuos, que implica el movimiento de individuos entre poblaciones de una misma isla, también en este caso asumimos que se han extinguido los individuos de una de las poblaciones. Una última situación la da el reforzamiento poblacional, este caso conlle-

Tabla 45.4

Las 38 especies endémicas de Canarias de la que se estiman que para cada una de ellas existen menos de diez poblaciones y cada población tiene menos de 50 individuos. El número total estimado de plantas por especie es de menos de 300. Especies de las que solamente se conoce una población se indican mediante el símbolo «#». La lista de especies se ha realizado según: Gómez-Campo (1996), informes inéditos de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, y datos inéditos de A. Marrero, R. Mesa y A. Santos. Islas se codifican según Hansen y Sunding (1993).

Especie	Familia	Islas	Conservación ex situ ^a	Conservación in situ ^b
<i>Adenocarpus ombriosus</i>	Fabaceae	H	sí	sí
# <i>Aeonium mascaense</i>	Crassulaceae	T	no	sí
<i>Bencomia brachystachya</i> ^c	Rosaceae	C	sí	sí
<i>Bencomia exstipulata</i> ^c	Rosaceae	P, T	sí	sí
<i>Bencomia sphaerocarpa</i> ^c	Rosaceae	H	sí	sí
# <i>Cheirolophus anagensis</i>	Asteraceae	T	sí	sí
<i>Cheirolophus junonianus</i>	Asteraceae	P	sí	sí
<i>Cheirolophus puntallanensis</i>	Asteraceae	P	no	sí
<i>Dorycnium spectabile</i>	Fabaceae	T	sí	sí
<i>Echium handiense</i>	Boraginaceae	F	sí	sí
<i>Euphorbia bourgeauana</i>	Euphorbiaceae	T	no	sí
# <i>Globularia ascanii</i>	Globulariaceae	C	sí	sí
# <i>Globularia sarcophylla</i>	Globulariaceae	C	sí	sí
# <i>Helianthemum bystropogophyllum</i>	Cistaceae	C	sí	sí
# <i>Helianthemum cirae</i> ^e	Cistaceae	P	sí	sí
<i>Helianthemum gonzalezferreri</i>	Cistaceae	L	no	sí
# <i>Helianthemum inaguae</i>	Cistaceae	C	sí	sí
<i>Helianthemum teneriffae</i>	Cistaceae	T	sí	sí
<i>Isoplexis chalcantha</i> ^d	Scrophulariaceae	C	sí	sí
# <i>Kunkeliella psilotoclada</i> ^{e,f}	Santalaceae	T	no	sí
<i>Limonium dendroides</i>	Plumbaginaceae	G	no	sí
# <i>Limonium perezii</i>	Plumbaginaceae	T	sí	sí
<i>Limonium spectabile</i>	Plumbaginaceae	T	no	sí
<i>Lotus berthelotii</i>	Fabaceae	T	sí	sí
# <i>Lotus eremiticus</i>	Fabaceae	P	no	sí
<i>Lotus maculatus</i>	Fabaceae	T	sí	sí
# <i>Lotus pyranthus</i>	Fabaceae	P	sí	sí
<i>Myrica rivis-martinezii</i>	Myricaceae	G, H, P	no	sí
<i>Normania nava</i> ^{g,h}	Solanaceae	C, T	no	?
<i>Onopordon nogalesii</i>	Asteraceae	F	sí	sí
<i>Pericallis hadrosoma</i> ^d	Asteraceae	C	sí	sí
<i>Ruta microcarpa</i>	Rutaceae	G	sí	sí
<i>Salvia herbanica</i>	Lamiaceae	F	sí	sí
<i>Sambucus palmensis</i>	Caprifoliaceae	C, G, T	sí	sí
<i>Sideritis discolor</i>	Lamiaceae	C	sí	sí
<i>Silene nocteolens</i>	Caryophyllaceae	T	sí	sí
# <i>Tanacetum oshanahanii</i>	Asteraceae	C	sí	sí
<i>Teline salsoloides</i>	Fabaceae	T	sí	sí

^a Especies conservadas ex situ en cualquiera de los bancos de semillas de: Jardín Botánico Viera y Clavijo, Gran Canaria; Servicio de Planificación de Recursos Naturales de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, Gran Canaria; Centro de Planificación Ambiental de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, Tenerife; Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid.

^b Especies conservadas in situ en cualquiera de los parques nacionales o espacios naturales protegidos de Canarias (según Gómez-Campo, 1996).

^c Género endémico de Canarias. La presencia de *Bencomia* en Madeira está pendiente de confirmación.

^d Género endémico de la Macaronesia.

^e Se desconocen poblaciones silvestres (*Helianthemum cirae* se encuentra cultivado en el Jardín Botánico de La Orotava y se ha reintroducido recientemente en su localidad original en la Caldera de Taburiente).

va la multiplicación de individuos de una población que está en declive a partir de plantas de esta misma u otra población.

Se debe tener mucha cautela en los programas de conservación *in situ* que conlleven movimientos masivos de plantas entre poblaciones (Fahselt 1988, Ellstrand y Elam 1993, Bowles y Whelan 1994, Falk *et al.* 1996) pues pueden conducir a un aumento de la diversidad genética intrapoblacional a expensas de la interpoblacional. Programas de conservación *in situ* que conlleven la multiplicación de individuos solamente se deben hacer, en la medida de lo posible, dentro de aquellas poblaciones que estén en claro proceso de declive y a partir del material existente en estas poblaciones. Somos conscientes de los problemas que implican estas recomendaciones, sobre todo para aquellas situaciones en que la población a recuperar tenga un hábitat precario y con muy pocos individuos. Sin embargo, las pautas de distribución en mosaico de la diversidad genética intrainisular, que se han detectado en estudios de isoenzimas, aconsejan cautela en los programas de conservación que impliquen movimientos de plantas entre poblaciones. En aquellos casos que se decida hacer reforzamiento poblacional a partir de los individuos de la misma población, es necesario establecer una estrategia referente al número de individuos a multiplicar y a como realizar el mismo.

En cuanto al número de individuos, una cifra a nuestro entender manejable para gran parte de las situaciones que tenemos en Canarias sería el de llegar a un mínimo de final de 50-100 individuos. Esta cifra coincide con el valor límite sugerido para el TMVP. Queremos enfatizar que las variables ecológicas y demográficas que intervienen en la conservación genética *in situ* son innumerables y muchas veces imprevisibles, de ahí que las cifras que damos sean meramente orientativas. Las mismas dependen en gran medida de las variables biológicas que definen el TMVP. Hay que insistir en que lo más importante no es tanto la multiplicación como el identificar los motivos por los que disminuye el tamaño de la población.

El muestreo se debe realizar de forma individualizada y partiendo de todas las plantas de la población. Solamente de esta forma podemos tener la seguridad de que no se producirán alteraciones de las frecuencias alélicas iniciales y que hay una multiplicación *equitativa* de la diversidad genética inicial. Las mejores especies para la realización de programas de reforzamiento serán aquellas con individuos que se pueden propagar de forma vegetativa, ya que esto permitirá reproducir de forma íntegra todos los genotipos de una población. En caso de que dicho tipo de reproducción no fuera factible se debe recoger semillas de plantas individualizadas. A partir de estas semillas se obtienen las plantas a multiplicar en la población. En todo este proceso se recomienda hacer un segui-

miento mediante etiquetado respecto a las plantas madres y su progenie, siendo estas últimas la base de la recuperación o rescate genético de la población.

Conservación *ex situ*

Esta alternativa se basa en conservar una muestra de la diversidad genética poblacional como parte de colecciones vivas, en bancos de semillas o en cultivo de tejidos. Las características fisiológicas de las semillas de la mayor parte de los endemismos de Canarias hace que los mismos se puedan conservar en bancos de semillas, pero al parecer éste no es el caso de la mayor parte de las especies arbóreas de la laurisilva (Francisco-Ortega *et al.* 2000). Para estas especies se necesitan estudios fisiológicos que permitan establecer protocolos de conservación de cultivos de tejidos.

La principal ventaja de la conservación en bancos de semillas radica en que la misma requiere menos recursos materiales y humanos que la conservación *in situ*. En un espacio bastante pequeño y con unos costes que no son excesivos se puede conservar una muestra significativa de la diversidad genética de una especie. Su principal desventaja está en la dificultad de conservar los alelos de baja frecuencia poblacional.

En la conservación en bancos de semillas es necesario conocer cuáles son los niveles de riqueza alélica que se deben muestrear en una población. De forma tradicional, se ha considerado que recolecciones de semillas a partir de 50 individuos por población garantizan una probabilidad del 95% de conservar aquellos alelos que tengan una frecuencia mínima del 5% (Marshall y Brown 1975). Recientemente, este valor se ha revisado y se considera que se debe aumentar hasta 172 individuos por población lo que permitiría conservar, con una probabilidad del 99,99%, los alelos que tengan una frecuencia mayor o igual al 5% (Lawrence *et al.* 1995). Estos autores además consideran que el número de plantas a muestrear por población debe disminuir en relación directa al de poblaciones. La disminución debe ser de tal forma que el número de plantas sea igual a 172 dividido por el número total de poblaciones a conservar. Estas recomendaciones han creado cierta polémica ya que se puede llegar al caso de recolectar semillas de muy pocos individuos por población. Sin embargo, la propuesta tiene aspectos positivos ya que permite un aumento de los recursos para el muestreo de gran número de poblaciones. Por otro lado esta estrategia incrementa la probabilidad de muestrear aquellos alelos raros en algunas localidades y relativamente comunes en otras. Una posible alternativa para la conservación *ex situ* de semillas en Canarias sería el intentar recolectar un número de plantas equivalente a 172 dividido por el número de poblaciones, de forma que nunca se recolecten menos de 20 plantas por población. En cuanto a la cantidad de semillas a recolectar por planta, en teoría sería suficiente muestrear tan sólo una semilla por

Tabla 46.5

Las 49 especies endémicas de Canarias de las que se estima que existen menos de diez poblaciones por especie, cada población tiene 50-500 plantas. Se estima que cada especie no supera las 2.500 plantas. Especies de las que solamente se conoce una población se indican mediante el símbolo *#. La lista de especies se ha realizado según: Gómez-Campo (1996), informes inéditos de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, y datos inéditos de A. Marrero, R. Mesa y A. Santos Las islas se codifican según Hansen y Sunding (1993).

Especie	Familia	Islas	Conservación ex situ*	Conservación in situ*
<i>Aeonium gomeraense</i>	Crassulaceae	G	sí	sí
<i>Anagyris latifolia</i> *	Fabaceae	C, G, P, T	sí	sí
<i>Argyranthemum lidii</i> ^d	Asteraceae	C	sí	sí
<i>Argyranthemum sundingii</i> ^d	Asteraceae	T	sí	sí
<i>Argyranthemum webbii</i> ^d	Asteraceae	P	sí	sí
<i>Asparagus fallax</i>	Liliaceae	G, T	no	sí
<i>Atractylis arbuscula</i>	Asteraceae	C, L	sí	sí
<i>Atractylis preauxiana</i>	Asteraceae	C, T	sí	sí
<i>Cheirolophus arboreus</i>	Asteraceae	P	sí	sí
<i>Cheirolophus duranii</i>	Asteraceae	H	sí	sí
<i>Cheirolophus falcipectus</i>	Asteraceae	C	sí	sí
<i>Cheirolophus metlesicii</i>	Asteraceae	T	sí	sí
<i>Cheirolophus santos-abreui</i>	Asteraceae	P	sí	sí
<i>Cheirolophus tagananensis</i>	Asteraceae	T	sí	sí
<i>Cistus chinamadensis</i>	Cistaceae	G, T	sí	sí
<i>Cistus osbaeckiaefolius</i>	Cistaceae	T	sí	sí
<i>Convolvulus caput-medusae</i>	Convolvulaceae	C, F	sí	sí
<i>Convolvulus lopez-socasi</i>	Convolvulaceae	L	no	sí
<i>Crambe sventenii</i>	Brassicaceae	F	sí	sí
<i>Euphorbia handiensis</i>	Euphorbiaceae	F	no	sí
<i>Genista benehoavensis</i>	Fabaceae	P	sí	sí
# <i>Helianthemum brammwelliorum</i>	Cistaceae	L	sí	sí
<i>Helianthemum juliae</i>	Cistaceae	T	sí	sí
<i>Helianthemum tholiforme</i>	Cistaceae	C	sí	sí
# <i>Helichrysum alucense</i>	Asteraceae	G	sí	sí
<i>Hypochoeris oligocephala</i>	Asteraceae	T	sí	sí
<i>Isoplexis isabelliana</i> ^d	Scrophulariaceae	C	sí	sí
# <i>Kunkeliella canariensis</i> ^c	Santalaceae	C	no	sí
# <i>Kunkeliella subsucculenta</i> ^c	Santalaceae	T	no	no
<i>Limonium macropterum</i>	Plumbaginaceae	H	sí	sí
<i>Lotus arinagensis</i>	Fabaceae	C	sí	sí
# <i>Lotus genistoides</i>	Fabaceae	C	sí	sí
# <i>Lotus kunkelii</i>	Fabaceae	C	no	sí
# <i>Micromeria glomerata</i>	Lamiaceae	T	no	sí
<i>Micromeria leucantha</i>	Lamiaceae	C	sí	sí
# <i>Micromeria rivas-martinezii</i>	Lamiaceae	T	no	sí
# <i>Monanthes wildpretii</i> ^d	Crassulaceae	T	no	sí
<i>Onopordon carduelium</i>	Asteraceae	C	sí	sí
# <i>Parolinia aridanae</i> ^c	Brassicaceae	P	no	sí
<i>Parolinia schizogynoides</i> ^c	Brassicaceae	G	sí	sí
<i>Pericallis hansenii</i> ^d	Asteraceae	G	sí	sí
# <i>Sideritis cystosiphon</i>	Lamiaceae	T	sí	no
<i>Sideritis infernalis</i>	Lamiaceae	T	sí	sí
# <i>Sideritis marmorea</i>	Lamiaceae	G	no	sí
# <i>Sideritis nervosa</i>	Lamiaceae	T	sí	sí
<i>Solanum lidii</i>	Solanaceae	C	sí	sí
<i>Stemmacantha cynaroides</i>	Asteraceae	T	sí	sí

- ^a Conservación *ex situ* en cualquiera de los bancos de semillas de: Jardín Botánico Viera y Clavijo, Gran Canaria; Servicio de Planificación de Recursos Naturales de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, Gran Canaria; Centro de Planificación Ambiental de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, Tenerife; Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid.
- ^b Conservación *in situ* en cualquiera de los parques nacionales o espacios naturales protegidos de Canarias (según Gómez-Campo 1996).
- ^c Género endémico de Canarias.
- ^d Género endémico de la Macaronesia.
- ^e Hay más de diez poblaciones de *Anagyris latifolia*, sin embargo hay pocos individuos por población y se estima que hay menos de 2.500 plantas de esta especie en poblaciones naturales.

planta para el caso de especies autóгамas. Esta cifra se puede aumentar a cuatro para especies alógamas. Sin embargo, debido a una posible baja germinación de semillas y a las pérdidas inevitables que se producen durante su limpieza, creemos que se deben recolectar al menos 50 semillas por individuo.

Cabe preguntarse si dichas muestras se deben conservar de forma individualizada según el origen de cada planta o si es correcto mezclar todas las semillas de una sola población y considerarla como una *unidad* de trabajo en el banco de semillas. Tal como indicamos anteriormente, el riesgo de erosión genética del programa de conservación disminuirá notablemente si el material se conserva a partir de plantas individualizadas. Sin embargo, a efectos prácticos esto es muy difícil de realizar en un banco de semillas, principalmente por las limitaciones de recursos. Nuestra recomendación al respecto sería optar por una vía intermedia. En las poblaciones en situación crítica se debe intentar recolectar semillas de todas las plantas de la población, que posteriormente deberán conservarse de forma individualizada; solamente de esta forma podemos tener la seguridad de que la estructura genética de la población original se traslada en su totalidad al banco de semillas.

Sólo conocemos colecciones extensivas de bancos de semillas de poblaciones de *Argyranthemum* spp., *Avena canariensis*, *Beta* sec. *Procumbentes*, *Chamaecytisus proliferus*, la alianza genérica *Gonospermum* y *Phoenix canariensis*. Sin embargo, hay que destacar que en los bancos de semillas del Jardín Botánico Viera y Clavijo de Las Palmas de Gran Canaria, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid y de la Viceconsejería de Medio Ambiente (La Laguna y Las Palmas de Gran Canaria) se encuentran muestras de un gran número de endemismos canarios (Tablas 45.4 y 45.5).

CONSIDERACIONES FINALES

En este capítulo hemos entrado en los principales factores que inciden en la conservación del patrimonio genético vegetal de Canarias. Hemos de resaltar, que las principales amenazas que tiene la perpetuación del acervo genético del archipiélago vienen determinadas por la reducción del tama-

ño de las poblaciones y por la movilización masiva de material vegetal endémico dentro de las islas y entre las islas, bien sea de forma pasiva (vía carretera, cortafuegos, etc) o activa (programas de rescate genético, programas de ajardinamiento público, etc). Estos dos factores están en última instancia íntimamente ligados a la preservación del hábitat original de las poblaciones. Sin duda, la existencia de especies invasoras de plantas y animales introducidos (ver capítulos 23 y 27) y el aumento de la presión humana sobre la naturaleza del archipiélago, van a tener un efecto negativo sobre el tamaño de las poblaciones de endemismos amenazados y van a contribuir a un incremento de la dispersión de especies introducidas agresivas tanto a nivel intrainsular como interinsular.

AGRADECIMIENTOS

Dedicamos este trabajo a Paloma Maya, pionera de la conservación genética en Canarias e iniciadora del Banco de Germoplasma del Jardín Botánico Viera y Clavijo de Tafira Alta, Gran Canaria. El primer autor agradece al Ministerio de Educación y Ciencia y al Instituto Canario de Investigaciones Agrarias la financiación recibida para la obtención de parte de los resultados presentados en este trabajo. Agradecemos las sugerencias recibidas por parte de D.J. Crawford, L. Goertzen, R.K. Jansen, D.J. Levin, J.L. Martín-Esquivel, A. Marrero y R. Mesa. Agradecemos la generosidad de F. Batista, M.A. González y P. Sosa en compartir con nosotros resultados de diversidad genética. Este trabajo ha sido parcialmente financiado gracias a un proyecto de investigación del INIA (proyecto nº SC94-080) concedido a A. Santos. Esta es la contribución número 017 del programa de Biología Tropical de Florida International University.

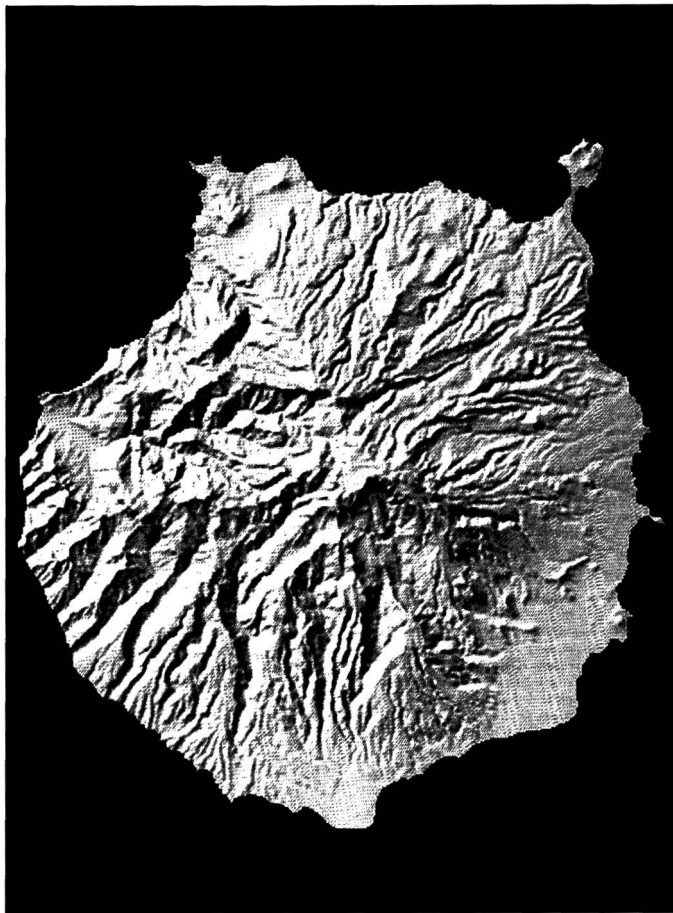


Imagen digitalizada de Gran Canaria

Capítulo 46

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)



Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en nuevos elementos de identidad territorial en el ámbito de una nueva *Sociedad de la Información*. Su valor más esencial reside en las posibilidades que ofrecen para mostrarnos la realidad geográfica de la cual dependen la mayoría de las actividades del Hombre. El análisis de la información geográfica describe los elementos espaciales en función de su posición en la superficie terrestre, de sus atributos temáticos y de las relaciones entre ellos en un tiempo concreto, permitiendo a nuestra sociedad disponer de los suficientes elementos de juicio para afrontar decisiones de futuro con el rigor necesario.

CONCEPTO DE SIG. IMPORTANCIA Y POTENCIALIDADES

Existen muchas definiciones que intentan caracterizar conceptualmente los SIG, algunas han variado a lo largo de su evolución técnica y conceptual y otras se han adaptado a las últimas posibilidades que la tecnología puede aportar a su desarrollo. Sin embargo, todos estos razonamientos experimentan una doble tendencia a la hora de explicar con claridad el significado de los SIG. Unos basan sus explicaciones en argumentos conceptuales de tratamiento de la información geográfica y otros en las posibilidades que, cada vez más, ofrece la tecnología informática para la resolución de problemas de carácter espacial. Podemos encontrar muchas de estas definiciones en manuales cada vez más comunes en nuestras bibliotecas, pero a modo de ejemplo estas pueden ser dos de las definiciones más clásicas: "conjunto de herramientas para reunir, introducir (en el ordenador), almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos" (Burrough 1986), o "sistema de *hardware-software* y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión" (Goodchild y Kemp 1990).

Recientemente, siguen haciéndose debates y revisiones críticas de las definiciones y ambigüedades de los SIG, orientados a establecer la desmitificación entre la herramienta y la

ciencia de la información geográfica (Wright *et al.* 1997). Posturas más cercanas asumen, según sus intereses operativos y de desarrollo de aplicaciones específicas en el ámbito territorial, exposiciones más concretas. Por ejemplo, una definición más integral y sencilla de entender, a nuestro juicio, es la que concibe a los SIG como "sistemas informáticos para la gestión de la información geográficamente distribuida (...) resultado de la integración de bases de datos relacionales (alfanuméricas) con bases cartográficas numéricas. Son capaces de ordenar (...) los contenidos de una base de datos de acuerdo con su disposición geográfica y de responder a preguntas espaciales o híbridas (basadas en criterios alfanuméricos, métricos y topológicos)" (Grandío 1996).

Lógicamente con este cuerpo conceptual es fácil suponer la significación que tienen en el ámbito científico y las potencialidades que pueden ofrecer en el campo de la planificación y gestión global del territorio.

EL SIG COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN

Si entendemos a los SIG como un programa o conjunto de programas informáticos, se dice que constituyen un instrumento SIG propiamente dicho cuando cuenta, en mayor o menor medida, con las siguientes herramientas básicas:

1. Un sistema de representación gráfica que permita representar objetos gráficos, referenciados mediante coordenadas geográficas.
2. Una base de datos que permita gestionar de forma sencilla, tanto conjunta como separadamente, los datos alfanuméricos y gráficos referentes a un espacio territorial.
3. Una organización de su base de datos que posibilite relaciones espaciales y topológicas.
4. Un sistema de acceso selectivo a los datos que permita consultas y simulaciones tanto con los datos gráficos como alfanuméricos.
5. Sistema de generación de cartografía automática y temática a partir de tales consultas y simulaciones.
6. Un sistema de generación de documentación alfanumérica formado por listados, fichas e informes a partir de las

consultas y simulaciones.

7. Lenguaje de alto nivel que permita realizar aplicaciones a medida.
8. Sistema de importación y exportación de datos y su organización en ficheros estándar de intercambio.

Además fundamentalmente deben poder llevar a cabo una serie de funciones de análisis¹ que según Aronoff 1989 y Comas y Ruiz 1993, pueden resumirse en cuatro grupos de funciones: a) funciones de recuperación, en las que se interrogan las bases de datos cartográficas y alfanuméricas del sistema; b) funciones de superposición, que generan nuevas entidades cartográficas y nuevos atributos temáticos siguiendo criterios establecidos por la dinámica espacial; c) funciones de vecindad, que efectúan búsquedas que analizan la distribución de un fenómeno en un emplazamiento específico; y d) funciones de conectividad, que llevan a cabo operaciones relacionadas con la conexión entre las entidades geográficas representadas como su contigüidad, proximidad o difusión espacial.

Atendiendo pues a estas características mencionadas, los SIG se presentan como una herramienta que tiene múltiples aplicaciones para la planificación y gestión del territorio, incorporando una filosofía y un concepto de trabajo que difiere del tradicionalmente sustentado en la estricta producción cartográfica de los programas CAD². La posibilidad que ofrecen los SIG de proporcionar "mapas a medida y bases de datos visibles" para la toma de decisiones supone un avance en la

planificación, pues se pueden disponer de modelos cartográficos que permitan modelizar el futuro y actuar en consecuencia según los efectos esperados en el espacio territorial.

Ahora bien, desde el punto de vista del uso de los SIG en el ámbito genérico de la Ordenación del Territorio (gestión y planificación) existen todavía, dos grupos de usuarios: los que usan los SIG como instrumentos de gestión sectorial, dependientes de sus propios recursos humanos e informáticos y el grupo que desarrolla grandes herramientas de producción cartográfica y elementos de planificación, dotados de recursos humanos e informáticos sólo asequibles para organismos y administraciones públicas.

Los primeros desarrollan pequeños sistemas SIG en los que el inventario de determinados eventos queda recogido en bases de datos en las que además de los datos alfanuméricos relacionados con las características del fenómeno inventariado o en estudio, se incorporan implícita o explícitamente campos que hacen referencia a su posición en el espacio y otros que establecen relación con los demás elementos del territorio (georreferenciación y topología) (Fig. 46.1). Muestran una gran utilidad en la vigilancia y control y ponen de manifiesto la vinculación del tema estudiado con el resto del territorio. Asimismo proporcionan elementos de transferencia de información a través de la cartografía temática y de síntesis, elaborada por los propios sistemas con la información contenida en sus bases de datos. En estos casos, la información topográ-

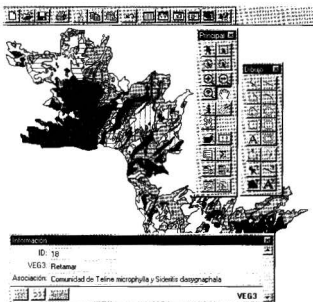


Figura 46.1

Investigación con S.I.G.

¹ Son aquellas que tratan conjuntamente los datos cartográficos y sus atributos temáticos

² Diseño asistido por ordenador o CAD, siglas que derivan de la expresión inglesa *Computer Aids Design* o *Computer Assist Design*.

fica constituye un mero soporte visual, necesario pero irrelevante para el desarrollo de las distintas capas temáticas y modelos de actuación. El segundo grupo lo constituyen los grandes proyectos SIG amparados en la imperiosa necesidad de la planificación actualizada del territorio y en los importantes recursos económicos que requieren la infraestructura y personal cualificado. Sus objetivos básicos son la producción estándar de cartografía topográfica y la elaboración de los mapas temáticos y la información necesaria para la toma de decisiones en el ejercicio de la Planificación y Gestión del Territorio.

Entre los primeros destacamos los proyectos de recuperación de especies de flora y fauna en peligro de extinción, inventarios de bienes etnográficos inmuebles, los proyectos de establecimiento de zonas idóneas para el desarrollo de actividades o servicios, etc. En los segundos destacan los grandes proyectos desarrollados en el seno de los cabildos, grandes ayuntamientos y consejerías del Gobierno Autónomo de Canarias, tales como ANAGA, "Geocientíficos", SIGCAN, SIG-MA-C, etc. que veremos más adelante.

EVOLUCIÓN Y ESTADO ACTUAL DE LOS SIG EN CANARIAS

Aunque existe una reciente tradición en España, desde mediados de los años 70, en el uso de los SIG, especialmente a partir del desarrollo de bases de datos monográficas en el IGN (Ocaña 1992), la implantación y desarrollo de aplicaciones basadas en SIG en Canarias comenzó a finales de los 80 y principios de los 90. Esta herramienta empieza a ser tenida en cuenta, principalmente en aquellas instituciones que necesitan tener actualizada la información territorial a nivel cartográfico. Su problema fundamental es pues, la conversión de la cartografía analógica a digital y la homogeneización de la misma en el ámbito municipal e insular, para resolver problemas principalmente catastrales y de planeamiento municipal. Es sin embargo, en la esfera académica donde se empezaron proyectos fundamentados inicialmente en la cartografía automática y en SIG un tanto primitivos, pero con resultados científicos satisfactorios.

En este contexto académico, tales muestras quedan reflejadas en las publicaciones genéricas tanto científicas como divulgativas que contienen material gráfico elaborado digitalmente (cartografía digital) aunque no constituyen un sistema de información propiamente dicho por la ausencia de vínculos con bases de datos geográficas desarrolladas. Son escasas al principio también las publicaciones que integran la teledetección

espacial con los SIG, destacando, no obstante, los esfuerzos por integrar ambas técnicas en proyectos etnográficos y los estudios que apoyan sus resultados en la potencia de análisis de los SIG *raster*³, orientados a la dinámica del paisaje vegetal. Sin embargo, se inicia una progresión, aproximadamente a partir de 1993, especialmente orientando esfuerzos en resolver cuestiones cartográficas de índole medioambiental. Estos ensayos con modelos digitales de elevaciones del terreno, cartografía automática e incorporación de la teledetección como fuente de datos de proyectos territoriales, son el comienzo de una nueva era de la divulgación y formación científica de los SIG en Canarias, que se materializa con la incorporación en los Planes de Estudio de las universidades canarias de la formación en nuevas tecnologías aplicadas a la información geográfica (Sistemas de Información Geográfica y Teledetección y Cartografía Automática)

Las últimas tendencias (finales de los noventa) presentes en la investigación de los SIG en la Universidad apuntan hacia el desarrollo de metodologías específicas que resuelvan problemas concretos experimentando con análisis de captación de recursos, procedimientos que incorporen el contenido ambiental (unidades de paisaje como instrumento de integración) en el planeamiento a varios niveles, decisiones multicriterio, así como en la integración de técnicas de teledetección y SIG para elaborar estudios relacionados con el medio ambiente y la ordenación del territorio, etc.

En el marco institucional, tanto las Administraciones regionales como las locales del Archipiélago Canario, encuentran la obvia exigencia de resolver una serie de cuestiones sobre la planificación y la gestión territorial que son reflejadas en un conjunto de mapas y cartografía temática derivada, normalmente de producción propia. Estas cuestiones tienen su marco de referencia en la necesidad de abordar la gestión de un espacio que, sobre todo en las islas capitalinas (Gran Canaria y Tenerife), recibe una ocupación que en determinados sectores representan una magnitud considerable y una elevada densidad y presión territorial. Es evidente la necesidad de manejar información del propio territorio entendido como una representación cartográfica que constituya un sistema de referencia suficiente para llevar a cabo el ejercicio de la gestión y planificación.

Para dar respuesta a la considerable ocupación del suelo en las distintas islas, se requieren cada vez más planes regionales cartográficos y órganos regionales que establezcan bases geográficas únicas para la Comunidad Autónoma en las que desarrollar documentos de planificación supramunicipales como

3 Raster: Sistema de codificación de la información geográfica en el que se usa una malla de unidades regulares en las que se registra el valor temático de la variable que se quiere representar. La exactitud posicional de los elementos representados con este sistema está condicionada por el tamaño de cada unidad o celda, es decir, por su resolución.

los PIOT (Planes Insulares de Ordenación del Territorio), PRUG (Planes Rectores de Uso y Gestión de los Espacios Naturales Protegidos), PORN (Planes de Ordenación de los Recursos Naturales), además de la propia normativa municipal como los PGOU (Planes Generales de Ordenación Urbana), etc.

En este sentido la comunidad canaria se ha visto afectada, en primer lugar, por los proyectos nacionales de unificación de las normas cartográficas como la *Ley de Ordenación de la Cartografía y de sus Normas de Desarrollo* y de otros proyectos que podían haberse constituido como fuentes de datos cartográficos que no parecen, sin embargo, haber tenido demasiado eco en la Administración Regional, como es el caso del *Mapa de Ocupación del Suelo (Proyecto CORINE⁴ Land Cover de la CEE)* a escala 1:100.000, sin ninguna eficacia en la gestión territorial por lo que su utilización ha sido extremadamente nula, y el *Proyecto e implantación del plan de modernización de la Cartografía Nacional del IGN: Mapa Topográfico Nacional, BCN-25 y BCN-200*, sin consecuencias viables hasta el momento ya que aún sigue siendo un proyecto no culminado (a principios del 98) o por su excesiva generalización, respectivamente.

Con esta filosofía y ante las evidencias de la urgencia de la estructuración y normalización de la información y la producción cartográfica regional, el Gobierno de Canarias y las Consejerías más afectadas comienzan a desarrollar nuevos proyectos que constituyan el soporte necesario para la gestión territorial del Archipiélago (Fig. 46.2). No obstante, el esfuerzo más importante radica en la consecución de diseños cartográficos y órganos de gestión.

Las necesidades de múltiples potenciales usuarios de productos de cartografía con escalas de detalle dentro de las propias administraciones de ámbito insular (Consejerías de Política Territorial, Economía y Hacienda, ISTAC, Viceconsejería de Medio Ambiente, Consejería de Urbanismo, Ayuntamientos, etc.), dependientes de la Comunidad o de los propios Cabildos, así como de una serie de usuarios externos como la Universidades y diversos profesionales, ha favorecido la ejecución de una cartografía digital intentando resolver los problemas cartográficos derivados de la heterogeneidad de formatos, escalas y soportes que presenta la cartografía tradicional en papel. Esta ha sido llevada a cabo por GRAFCAN (Cartográfica de Canarias S.A.), organismo dependiente de la Comunidad Autónoma, que ya dispone de esta cartografía y que comercializa el producto, total o parcial, para el resto de los usuarios particulares. Se trata de una cartografía topográfica, ortofotos, parcelarios, modelos digitales, etc a distintas escalas bastante reciente para la mayoría del territorio del Archipiélago.

Pero convertir esta cartografía en un Sistema de Información Territorial, es un objetivo que persigue la Administración a medio plazo, porque a pesar de que se pretende facilitar el conocimiento de los fenómenos espaciales, lo que presupone la posibilidad de mejorar el conocimiento del territorio al objeto de detectar las potencialidades y frenos a su desarrollo, la imperiosa necesidad actual de manejar, gestionar y analizar un gran volumen de datos junto a la sorprendente rapidez en la evolución de las características de estos datos territoriales y la importancia creciente de los métodos cuantitativos de análisis, hace que para determinados objetivos y estudios, la cartografía convencional resulte un instrumento de información insuficiente.

Uso de los SIG en Canarias: Esquema

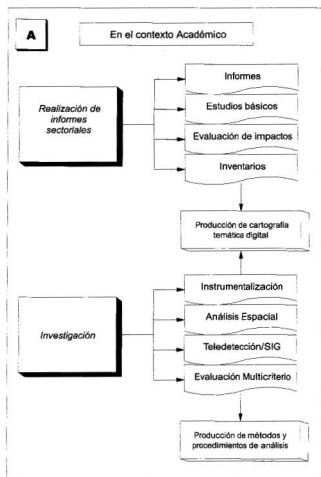


Figura 46.2

Uso de los SIG en Canarias: Esquema.

⁴ Coordination de l'Information sur l'Environnement.

ANTECEDENTES DE SIG DE LA ADMINISTRACIÓN

Existen ya varios proyectos, bien finalizados, bien en fase de ejecución que están dando respuestas a los complejos problemas de gestión y planificación y que resumen las propuestas de futuro para los SIG corporativos en Canarias. Los primeros intentos son los desarrollados por el SIT (Sistema de Información Territorial) del Ayuntamiento de Tacoronte (Tenerife) y estaban encaminados básicamente a recopilar y gestionar información con carácter tributario así como la incorporación de tecnologías CAD⁵ para la elaboración de distinta cartografía útil en los planes de urbanismo. Casi con la misma filosofía pero lógicamente orientado a la planificación de los transportes se comienza a elaborar el SIT del Plan Regional de Transportes. A partir de los años 1992 y posteriormente en el 1994 en su segunda fase, el proyecto ANAGA de Cabildo de Tenerife (Fig. 46.3) se concibe como un SIG, no para producir cartografía exclusivamente sino como un sistema de planificación insular que genere un modelo geográfico del territorio, una base técnica para el planeamiento, una herramienta de actualización y difusión de la información territorial que permita realizar análisis espaciales⁶ o temáticos y planificación de redes.

Casi simultáneamente en el Cabildo de Gran Canaria empezaba a desarrollarse el SIT de Gran Canaria con la experiencia adquirida en los proyectos "geocientíficos" como soporte informativo y de gestión del PIOT de Gran Canaria (SIT-PIOT). Los planteamientos derivados de la gestión de la información geográfica que intentan, por un lado, resolver problemas tan importantes como la configuración de bases de datos territoriales de carácter dinámico que posibiliten el acercamiento de problemas catastrales y de planeamiento, así como la ordenación del espacio insular en distintos aspectos que se llevan a cabo a través de los mapas geocientíficos, constituyen un ejemplo de la orientación reciente del planeamiento insular y quizá el antecedente más remoto de las pretensiones de tratamiento global de la información geográfica en Gran Canaria. El estado actual de estos, denominados en su origen mapas geocientíficos, conlleva un intento hacia su incorporación como un proyecto de SIG, desde la perspectiva de una base de datos territorial georreferenciada, aunque su eficacia posterior para la toma de decisiones haya sido puesta en duda por prevalecer las decisiones políticas frente a la objetiva realidad territorial.

Esta avalancha de proyectos en marcha y los venideros, quedan integrados según las directrices aprobadas por el SIG referencial del Gobierno de Canarias y el PROIG (Plan Regional de Ordenación de la Información Geográfica) que, en

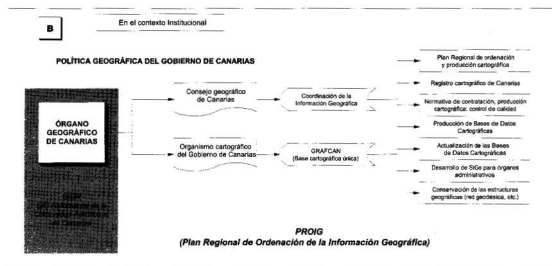


Figura 46.3

Política Geográfica del Gobierno de Canarias.

- Los productos CAD carecen de auténticas bases de datos geográficas y aunque normalmente ofrecen buenas soluciones cartográficas, casi nunca aportan los análisis completos de un SIG.
- Si bien no existe aún hoy una definición consensuada del Análisis Espacial, queda descrito por sus funciones más comunes: análisis de redes; modelos de centros de gravedad; análisis discriminantes y regresiones; interpolaciones areales y generación de superficies; análisis de mapas de puntos o patrones de distribución; redistribución de polígonos y áreas de influencia; etc. En este contexto, el análisis espacial se caracteriza por tratar conjuntamente los datos cartográficos y sus atributos temáticos.

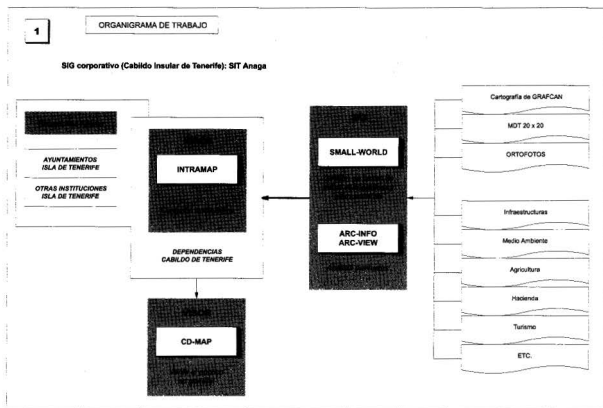


Figura 46.4

SIG corporativo (Cabildo Insular de Tenerife): SIT Anaga.

el contexto de su política geográfica, se conciben como un conjunto integrado de sistemas o subsistemas de información territorial que contribuyen a mejorar la gestión en urbanismo y medio ambiente. En definitiva, a medio plazo se pretende que la comunidad posea subsistemas de información geográfica que integrados proporcionen y mejoren la gestión de la Administración Pública. No es una tarea fácil, pero se está en el camino tal y como se demuestra en los ejemplos que presentamos a continuación.

EJEMPLOS ACTUALES DE SIG INSTITUCIONALES

El SIG corporativo del Cabildo Insular de Tenerife: SIT Anaga

La carencia de verdaderas Bases de Datos actualizadas, integradas y georreferenciadas, la incoherencia en políticas de planificación territorial, la falta de coordinación entre las administraciones públicas, etc. componían un círculo de desastros sobre los que se sustentó la promoción, a principios de los 90 del Proyecto ANAGA. Este proyecto de SIG corporativo, cuyo escenario competencial es la isla de Tenerife (Fig. 46.4), tenía como objetivos iniciales los siguientes: una autonomía departamental en la explotación de los datos propios pero con una corresponsabilidad interdepartamental en la actualización

y mantenimiento, al centralizar todos los datos territoriales en una base de datos geográfica única, de una manera integrada y en soportes fácilmente intercambiables. Se mejoraba de esta manera, ya en la fase de explotación, los aspectos organizativos internos que generaban una red de comunicaciones fluidas entre esta base de datos geográfica ANAGA, cargada y actualizada desde los distintos departamentos y los usuarios tanto internos como externos. Este proyecto, permite en la actualidad la edición, actualización y explotación de las bases de datos del SIG por parte de los usuarios internos (mediante INTRAMAP) dentro del propio Cabildo, la consulta y visualización de la cartografía básica por parte de usuarios externos (mediante CD-MAP) y se prevee la conexión futura con otras instituciones y ayuntamientos de la Isla, consolidando de esta manera el aspecto más importante de los SIG con implantación en Canarias, el corporativismo.

El SIG del Plan Insular de Ordenación del Territorio (Cabildo Insular de Gran Canaria)

En la actualidad, el Cabildo de Gran Canaria ha incorporado la tecnología SIG a la ejecución del PIOT de la Isla (Fig. 46.5). Este proyecto caracteriza el esfuerzo de centralizar toda la información territorial disponible, en un sistema informático que permita establecer soluciones a las propuestas futuras de planificación en la Isla. Este proyecto SIG se nutre pues, por

2

ORGANIGRAMA DE TRABAJO

SIG del PIOT (Plan Insular de Ordenación del Territorio) de Gran Canaria

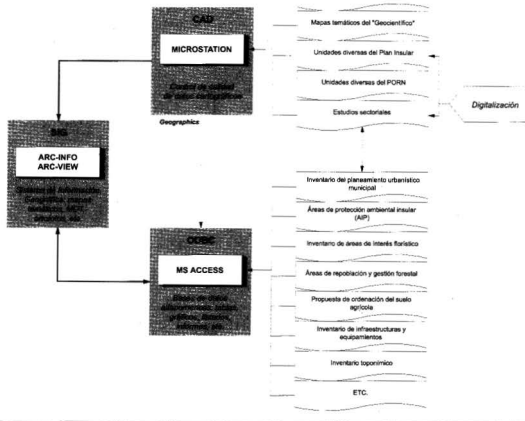


Figura 46.5

SIG del PIOT (Plan Insular de Ordenación del Territorio) de Gran Canaria.

una parte, de las bases de datos cartográficas de GRAFCAN, fondo topográfico fundamental, y de la digitalización propia de polígonos diversos, necesarios para confeccionar la estructura cartográfica del PIOT. Por otra parte, vinculados a los elementos anteriores, se genera un banco de datos de gran magnitud, que recoge la información indispensable para el desarrollo coherente de las propuesta de planificación. Este SIG del PIOT cumple funciones estrictamente relacionadas con la gestión y planificación del territorio insular en las que las consultas a la base de datos y la generación de cartografía temática, son los aspectos de mayor relevancia en su desarrollo e implementación.

La progresión natural de este SIG-PIOT, tal y como se entiende en la filosofía emanada del PROIG, debería enlazar con otros núcleos administrativos y de gestión, primero en el seno del propio Cabildo y con posterioridad con los 21 municipios de la Isla. Este es el marco global del futuro SIG administrativo de Gran Canaria (SIGCAN). El intercambio de la informa-

ción territorial a estos niveles es el reto que se propone llevar a cabo el Cabildo Insular de Gran Canaria.

SIGMA-C, SIG de Medio Ambiente de Canarias

El Sistema de Información Geográfica Medioambiental de Canarias (Fig. 46.6) tiene como objetivo ser el centro de almacenamiento, mantenimiento y explotación de toda la información regional de interés natural, especialmente la relativa a la Red de Espacios Naturales Protegidos, pero también al resto del territorio. Pretende ser el órgano de análisis y de apoyo a los planes rectores de uso y gestión (PRUG) en un contexto supraindular e interdepartamental y soporte de futuros bancos de datos que vinculen a las administraciones públicas que gestionan los recursos naturales y las instituciones científicas que producen la información que precisa este SIG.

El grueso cartográfico de este SIG lo constituye la base cartográfica de GRAFCAN, al igual que sucede con otros SIG

SIG de la Consejería de Medio Ambiente (SIGMA-C)

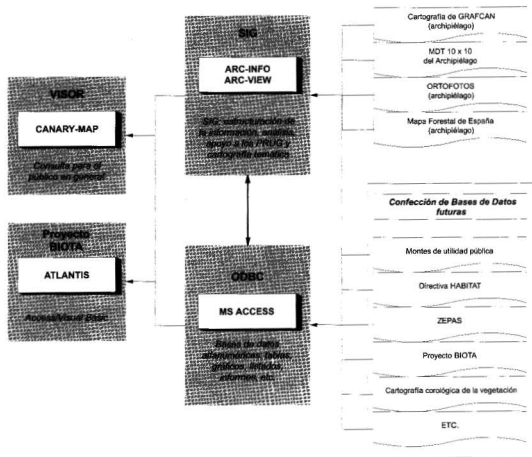


Figura 46.8

SIG de la Consejería de Medio Ambiente (SIGMA-C).

institucionales, aunque con alguna adiciones y está disponible para usuarios externos mediante el visor CANARY-MAP. Las bases de datos son sin embargo, el *plato fuerte* del futuro SIGMA-C con el desarrollo de programas específicos para ordenar y sistematizar la información taxonómica y corológica de las especies vegetales y animales del archipiélago (ATLANTIS), en el que ya se almacena la información proveniente del proyecto BIOTA sobre la biodiversidad de Canarias (ver capítulo 52). Estos Bancos de Datos del SIGMA-C, sustentan las políticas y estrategias futuras de conservación y desarrollo sostenible que encuentran criterios científicos claros y concretos que determinen su desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Para la elaboración del apartado de SIG institucionales, se ha contado con la colaboración de varios técnicos de la administración pública de Canarias, a los que quisiera expresar mi gratitud por la desinteresada ayuda prestada. Son los siguientes: Narciso Castañeda Rodríguez y Esther Rivero Ventura de la Oficina de Planeamiento de la Consejería de Política Territorial del Cabildo Insular de Gran Canaria; Pedro Rodríguez Pomares y Antonio Hernández Hernández del proyecto ANAGA, Cabildo Insular de Tenerife; Ricardo García del Moral y José Luis Martín Esquivel de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias.

Capítulo 47

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LOS BOSQUES


 ÁNGEL E. HERNÁNDEZ

En Canarias los bosques naturales están constituidos por el pinar y por el monteverde, en el que se distinguen la laurisilva y el fayal-brezal. Otras formaciones subarbóreas: sabinars, acebuchars, lentiscars, etc., formaban originalmente un escalón de vegetación que rodeaba por su margen inferior las formaciones forestales. El valor y significación de los bosques canarios es inmenso destacando entre otros su carácter relictivo, las elevadas tasas de endemidad de su flora y fauna, su fragilidad y su papel como captador de agua y regulador del ciclo hidrológico.

Los bosques originales sufrieron una regresión brutal como consecuencia de la presión humana que se manifiesta en la reducción de su superficie, siendo Canarias con menos de un 13% de su territorio, la Comunidad Autónoma española con menor proporción de bosques y con formaciones como la laurisilva de la que apenas queda un 18% de su área original (Santos 1990). Dominan, además, las formaciones alteradas, predominando los bosques rejuvenecidos, empobrecidos en su composición y simplificados en su estructura.

Los intentos de protección y restauración de los bosques canarios son antiguos pero es a partir de los años 50 cuando éstos adquieren verdadero impulso (Ceballos y Ortuño 1976). En las décadas de los 50 y 60 se realizan extensas repoblaciones de pino canario, que han supuesto el incremento del pinar en un 30%, efectuándose asimismo amplias plantaciones del exótico pino radiata.

La restauración ecológica de los bosques, que abarca la ampliación de sus manifestaciones y la naturalización o mejora de sus valores naturales, debe ser un componente fundamental de la gestión de conservación de las islas que tendrá necesariamente que ser impulsada.

SITUACIÓN DE LOS BOSQUES CANARIOS

Algunos de los elementos más significativos que resumen la actual situación de los bosques en Canarias radican en los siguientes hechos:

Escasez de los bosques naturales como consecuencia de la aridez natural predominante en las islas, de modo que su distribución potencial no superaría el 28% de los territorios insulares. No obstante, las diferencias interinsulares son marcadas, desde islas como La Palma con una cubierta forestal original en torno al 66% de su territorio hasta las islas orientales, donde ésta fue prácticamente nula por su extrema aridez.

Reducida extensión de los bosques actuales respecto a sus áreas potenciales que se sitúa en torno al 45%. La reducción afecta en mucha mayor medida a la laurisilva, de la que apenas queda un 18% de su superficie original, mientras que el pinar conserva un 70% de sus efectivos iniciales, lo que significa una cifra ciertamente elevada. No obstante, las situaciones individuales de cada isla ofrecen marcadas diferencias como puede advertirse en la tabla 47.1.

Tabla 47.1

Distribución por superficies de los bosques canarios. Relación entre las superficies potenciales y actuales.

ISLA	Superficie potencial (Has.)		Superficie actual (Has.)		Superficie actual/ Superficie potencial	
	Laurisilva	Pinar	Laurisilva	Pinar	Laurisilva	Pinar
LA PALMA	20.000	26.770	5.242	20.300	26%	76%
EL HIERRO	6.160	4.130	2.445	3.050	40%	74%
LA GOMERA	8.840	—	4.602	—	52%	—
TENERIFE	38.540	45.970	4.027	36.740	10%	80%
GRAN CANARIA	19.050	37.800	103	17.787	0,5%	47%
TOTAL	92.590	114.670	16.419	77.877	18%	70%

Por otro lado, la superficie boscosa ocupa en la actualidad menos de un 13% de la superficie total del Archipiélago, que es sensiblemente inferior a la media nacional que está en torno a un 25%. Ello se debe al proceso histórico de deforestación pero también a causas naturales como se ha explicado arriba.

La mayor parte de los bosques canarios están altamente antropizados habiendo sufrido un importante deterioro de sus componentes naturales, lo que es especialmente agudo en la laurisilva. Predominan los bosques rejuvenecidos por la intervención humana, habiendo desaparecido en muchos casos, componentes estructurales y funcionales significativos de ecosistemas maduros como la presencia de grandes árboles añosos y de madera muerta en descomposición. Un significativo indicador de madurez como es la biomasa acumulada y su distribución por clases diamétricas, que guardan cierta relación con las clases de edad, presenta unos niveles relativa-

mente bajos y, sobre todo, una elevada concentración de la misma en las clases diamétricas menores, lo que confirma la situación de rejuvenecimiento de los bosques canarios. Esto queda claramente reflejado para el caso de la laurisilva en la tabla 47.2, que compara los niveles de existencias entre islas y en el que destacan los bajos niveles de volumen de madera por unidad de superficie de todas las islas respecto a los de La Gomera, que mantiene importantes remanentes de bosques viejos relativamente poco transformados en el Parque Nacional de Garajonay y que sirven por tanto de referente de naturalidad y madurez.

Estas diferencias se agudizan si el análisis de las existencias se hace por medio de clases diamétricas. En la figura 47.1, se aprecia que la aportación a la biomasa total de árboles grandes es muy baja, salvo en el caso de La Gomera.

Tabla 47.2

Estado de las masas de laurisilva en las islas. Superficie y existencias volumétricas.

	LA PALMA	EL HIERRO	LA GOMERA	TENERIFE
Superficie (Ha)	5.242	2.445	4.602	4.027
Existencias totales (m ³)	495.762	130.725	657.637	188.921
Existencias por Ha (m ³ /Ha)	94,6	53,5	142,9	46,9

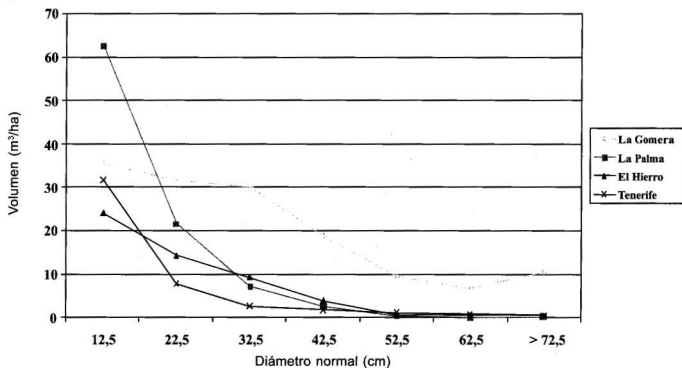


Figura 47.1

Distribución de existencias por clases diamétricas en las masas de laurisilva de las Islas Canarias.

La composición también se encuentra muy modificada respecto a su estado original. La flora y fauna a menudo están empobrecidas con grupos especialmente afectados como helechos, briófitos y líquenes epífitos y coleópteros, entre otros; son frecuentes las invasiones de especies exóticas, acercándose el número de especies introducidas al de especies nativas; existe un importante número de taxones amenazados y en el caso de las especies arbóreas de la laurisilva, la proporción de especies originales ha cambiado sustancialmente en favor de las especies más heliófilas y de carácter invasor en detrimento de las especies más umbrófilas, consideradas más nobles.

A pesar de todo lo anterior se debe resaltar la existencia de importantes remanentes forestales bien conservados en las islas como es el indicado caso de Garajonay y otros pequeños enclaves de laurisilva, así como importantes masas de pinar distribuidas por las islas que representan algunos de los mejores bosques naturales en el contexto del Estado. Baste decir, utilizando de nuevo la biomasa como indicador de madurez, que las biomásas por Ha de los bosques canarios sobrepasan significativamente a la media nacional, que no llega a acumular la mitad de los valores por hectárea que presentan los bosques isleños.

Otra cuestión importante de cara a la conservación es el grado de fragmentación (ver capítulo 19). Sólo áreas de un cierto tamaño son autosuficientes y garantizan su supervivencia a largo plazo. El grado de aislamiento, es un factor importante para la conservación de especies que tienen ciertos requerimientos territoriales, o para facilitar la recolonización de especies desaparecidas en parte de su territorio original. En el caso de los pinares el problema de la fragmentación no es especialmente significativo porque en casi todas las islas forman núcleos continuos de un cierto tamaño. No obstante en Tenerife queda un sector vacío en la vertiente sur que deja incompleto el anillo que originalmente formaban los pinares en torno al área del piso supracanario, y en Gran Canaria se requieren todavía esfuerzos importantes para conectar los diferentes núcleos hoy existentes. En el caso de la laurisilva la situación es muy distinta. En La Gomera y El Hierro el monte verde se mantiene básicamente en un único núcleo compacto. En La Palma se mantiene una situación intermedia con dos núcleos de

tamaño importante escindidos el uno del otro así como un elevado número de pequeños núcleos dispersos y muy alterados. En Tenerife se mantienen dos núcleos relativamente grandes y bien conservados (Anaga y Teno) muy separados, situados geográficamente en los extremos del área original, junto con otra mancha importante pero degradada y aislada que se conserva en el centro de su área potencial de distribución así como un amplio número de manchas aisladas y muy degradadas de pequeño tamaño. Un caso extremo y trágico es Gran Canaria donde la escasísima superficie de monte verde que queda se encuentra repartida en varios núcleos dispersos sumamente alterados.

El carácter de la propiedad es otro factor central a la hora de hablar de conservación forestal, considerándose la propiedad pública más propicia al desarrollo de planteamientos de gestión conservacionista. La situación en Canarias es, en este sentido, muy favorable si se compara con la situación nacional, más del 60% de propiedad pública frente a poco más del 30% a nivel estatal. Destacadísima resulta, además, la proporción de superficie forestal incluida en Espacios Protegidos, un 73%, que es un valor muy alto en el contexto canario, donde los espacios protegidos ocupan en torno al 40% de los terri-

Tabla 47.3

Propiedad y área protegida de la superficie forestal (en porcentaje).

FORMACIÓN	PROPIEDAD		ÁREA PROTEGIDA	
	PÚBLICA	PRIVADA	PROTEGIDA	NO PROTEGIDA
<i>Pinus canariensis</i>	69,0	31	78,1	21,9
<i>Pinus radiata</i>	59,4	40,6	67,0	33,0
Laurisilva-Fayal brezal	59,6	40,4	72,9	27,1
Matorral con arbolado	17,0	83	37,4	62,6
TOTAL	62,3	37	73,0	27,0

torios insulares y mucho mayor es la diferencia respecto al contexto nacional donde los Espacios Protegidos ocupan menos del 9% de la superficie forestal (Tabla 47.3).

Se debe destacar, también, el peso de las repoblaciones, sobresaliendo las de pino canario en las islas de Tenerife y Gran Canaria, que han supuesto el incremento del pinar en cerca

Tabla 47.4

Replantaciones arbóreas realizadas en Canarias (Has).

ESPECIE	La Palma	El Hierro	Gomera	Tenerife	G. Canaria	TOTAL
<i>Pinus canariensis</i>	278	281	971	9.615	6.028	17.163
<i>Pinus radiata</i>	165	216	368	3.242	340	4.331
Otros	—	160	945	—	2.242	3.347
TOTAL	443	647	2.284	12.857	8.610	24.841

de un 30% respecto a su situación de mediados de siglo. Importantisimas son también, las superficies de pino radiata, situadas en su mayor parte en áreas potenciales de monteverde. Estas repoblaciones plantean problemas específicos de integración ecológica que se abordarán más adelante (Tabla 47.4.)

Importantes empiezan a ser las formaciones arbóreas secundarias originadas por expansión natural como consecuencia del abandono rural que significan una notable oportunidad para la ampliación de los bosques, pero que presentan igualmente problemas de conservación como son los relacionados con la acumulación de combustibles muertos de tamaño fino y la pérdida de paisajes en mosaico con usos diferentes, factores que implican entre otros el aumento del riesgo de incendios y una cierta pérdida de diversidad.

Por último, estamos asistiendo en Canarias a una urbanización e intensificación de los usos en buena parte del territorio dejándose las áreas marginales como reservas naturales. Esta situación supone una excesiva e indeseable polarización territorial que atenaza y amenaza la propia conservación de los espacios forestales que no son en absoluto impermeables a lo que ocurre fuera de los mismos.

PLANTEAMIENTOS Y OBJETIVOS GENERALES DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LOS BOSQUES CANARIOS

La restauración ecológica es un término empleado para designar la actividad de recuperar una porción degradada del territorio y llevarla a una situación más natural. Es común en la restauración forestal centrar las actuaciones en los árboles pero no se debe olvidar que los bosques son sistemas sumamente complejos con numerosos componentes interrelacionados. El fin del proceso de restauración es emular la composición, estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas naturales. Esta amplitud de miras es lo que diferencia la restauración ecológica de la restauración forestal tradicional. No obstante, puesto que los ecosistemas son demasiado complejos e inabarcables, en general las estrategias de restauración establecen objetivos sobre determinados componentes (Luken 1990).

En restauración forestal la creación de un dosel arbóreo es el elemento más crítico por su influencia sobre el microambiente de la comunidad. Una vez establecido un dosel forestal, la introducción deliberada de todos los componentes del ecosistema es imposible en la práctica. Los modelos de restauración ecológica se apoyan, por tanto, en los procesos de regeneración y sucesión natural combinándolos con la ecología del paisaje, el manejo del estrato arbóreo para crear determinadas condiciones, el enriquecimiento o inoculación estratégica de determinados componentes ausentes y con dificultades de acceso, la protección contra agentes destructores, etc.

Por otra parte, la restauración ecológica es un proceso que casi siempre comprende no una, sino una serie de actuaciones secuenciadas en el tiempo.

La lógica de la restauración debe ser ecológica, acelerar los procesos de reconstrucción natural, pero la práctica de las operaciones estará dominada también por consideraciones financieras o de organización, lo que impone limitaciones sobre nuestras aspiraciones o posibilidades de actuación: la restauración debe ser tan rápida y barata como sea posible. Además, debe ser un proceso planificado, apoyado en una adecuada inventariación de base, con unos objetivos y una selección y priorización de actuaciones claramente definidas, así como unos medios instrumentales y una continuidad suficientes.

El seguimiento del proceso es también fundamental para poder evaluar los resultados de las actuaciones, aprender de los errores y poder ofrecer datos de gran valor a la ciencia ecológica y a la gestión ambiental ya que, a fin de cuentas, las acciones de restauración pueden ser consideradas como experimentos a gran escala.

Se proponen como principales objetivos y planteamientos generales de la restauración forestal en Canarias los siguientes:

- ▶ Mantener áreas sin impactos antrópicos significativos, representativas de todas las comunidades forestales para hacer posible los procesos de naturalización y silvigenésis espontánea.
- ▶ Promover activamente la progresión de los ecosistemas forestales hacia formas más naturales, favoreciendo la biodiversidad nativa, así como el desarrollo de composiciones y estructuras más variadas y complejas.
- ▶ Promover la restauración activa o pasiva de ecosistemas degradados mejorando la composición y estructura del hábitat, así como su capacidad de acogida de vida silvestre, respetando la heterogeneidad territorial natural.
- ▶ Promover la ampliación de las formaciones forestales nativas mediante repoblación artificial o sucesión natural.
- ▶ Conservar los recursos genéticos empleando la regeneración natural o, en el caso de repoblaciones artificiales, respetando los patrones territoriales de las poblaciones naturales y su variabilidad genética.
- ▶ Favorecer el papel del bosque como regulador del ciclo hidrológico y captador de recursos hídricos y como freno a la erosión y la desertificación.
- ▶ Minimizar las perturbaciones artificiales, especialmente el incendio forestal, las especies introducidas, el sobrepastoreo y la sobrexplotación, así como las debidas a infraestructuras.
- ▶ Disminuir la fragmentación y el aislamiento, mejorando el hábitat exterior que circunda los bosques y favoreciendo

do la creación de corredores.

- ▶ Promover la cooperación en actividades de restauración forestal. Una cuestión recurrente es como implantar una determinada gestión cuando la propiedad privada es mayoritaria y predomina una fuerte concepción del derecho de propiedad. Las tendencias actuales van dirigidas a favorecer la cooperación y conseguir socios cogestores mediante acuerdos de gestión, en los que por medio de un contrato el propietario se compromete por un período pre-fijado a respetar determinadas normas o a desarrollar prácticas de gestión conservacionista a cambio de incentivos económicos o fiscales.
- ▶ En el caso de áreas forestales manejadas con fines productivos, promover formas de gestión compatibles con la supervivencia de numerosos componentes naturales a la vez que mantener su capacidad productiva.
- ▶ Estrechamente ligado a los dos puntos anteriores, está el favorecer una adecuada integración de la sociedad rural en tareas de conservación mediante medidas de extensión y educación ambiental. Se plantea la urgencia de evitar el desmantelamiento completo de un sector forestal productivo, que aparte de sus funciones productivas y sociales propias puede y debe jugar un importante papel en la gestión activa de la restauración de los ecosistemas forestales como se expondrá más adelante. Asimismo, el desarrollo de esquemas participativos que impliquen y tengan en cuenta los intereses locales, en proyectos de conservación, es una tarea prioritaria. No se puede conservar desde los despachos a espaldas de los sectores sociales implicados.

LA RESTAURACIÓN FORESTAL EN LA PRÁCTICA. CASOS DE ESTUDIO

Nos limitamos, por razones de espacio, a exponer seguidamente cuatro casos de restauración de ecosistemas forestales en Canarias. No se incluye la repoblación de pino canario por ser ésta la actividad de restauración que cuenta con mayor experiencia y bibliografía en el ámbito del Archipiélago. Los planteamientos que aquí se hacen son desde luego muy generales, cada lugar o situación presenta sus propias peculiaridades que deben ser abordadas específicamente.

Procesos de naturalización espontánea de bosques maduros

La aplicación de la no intervención como criterio de gestión para permitir el desarrollo espontáneo de la silvigénesis natural, donde los fenómenos de decaimiento y regeneración asociados a la senectud puedan expresarse, es un planteamiento destinado a recrear bosques naturales auténticos (bosques vírgenes del futuro) (Peterken 1996) a partir de las masas maduras hoy existentes, que aunque representan ecosistemas con importantes legados y componentes de los ecosistemas originales, en realidad son el resultado de una interacción secular con los usos humanos. Este planteamiento conlleva aceptar a

la propia naturaleza como el gestor que conducirá a la naturalización del sistema así como los cambios que se produzcan en el proceso, siendo el papel de los gestores la vigilancia y seguimiento del proceso.

En Canarias no son escasos los ejemplos de áreas forestales maduras en las que la intervención humana ha cesado en las últimas décadas pero no existen prácticamente estudios que analicen las consecuencias sobre los ecosistemas de este cambio en la gestión. En el caso del Parque Nacional de Garajonay (La Gomera), el bosque de laurisilva de mayor madurez del Archipiélago, se ha iniciado un programa de seguimiento que está permitiendo avanzar algunas conclusiones entre las que destacan:

- ▶ Se desconoce la variación de la biomasa con respecto al tiempo por no existir todavía dos inventarios consecutivos que permitan la comparación. De todas formas, teniendo en cuenta la madurez e incluso senectud del bosque se puede asumir que la biomasa total en amplias zonas no va a incrementarse radicalmente. Se observa que los niveles de acumulación de biomasa actuales son relativamente elevados, con existencias medias entre 225 y 300 t/ha, variable según el tipo de bosque y muy superiores, por ejemplo, a las cifras de los ecosistemas de frondosas mediterráneas que aparecen en la bibliografía.
- ▶ Inestabilidad en la composición del estrato arbóreo con tendencia a aumentar la presencia de especies umbrófilas, principalmente laurel, disminución de especies heliófilas, principalmente faya, y aumento de la presencia en los estratos inferiores de especies arbóreas hoy muy minoritarias.
- ▶ Escaso tamaño de los huecos producidos por la caída de los árboles, lo que parece limitar su capacidad para crear condiciones de heterogeneidad ambiental suficiente para mantener el balance actual de especies de luz y de sombra. Esta misma tendencia se ha detectado en la laurisilva de Anaga (Tenerife) (Arévalo y Fernández-Palacios 1998, 2000). Por el contrario, se advierte la importancia, especialmente en determinados tipos de bosque, de la aparición de fenómenos de decaimiento en grupo o a escala de rodal.
- ▶ Importancia de los mecanismos de regeneración vegetativa que contribuyen a la estabilidad de la composición, así mismo puestos en evidencia en la laurisilva de Anaga (Fernández-Palacios y Arévalo 1998). No obstante, diferencias importantes se advierten entre especies siendo máxima la reproducción vegetativa en viñático o faya y mínima en el brezo.
- ▶ La acumulación de madera muerta, buen indicador de naturalidad por ser centros de actividad biológica y sustrato vital de multitud de organismos descomponedores, es importante, alcanzando en algún tipo de bosque el 8,6% respecto a los valores de la biomasa, pero ello no parece tener especial repercusión respecto a un posible incremento de la fragilidad del ecosistema frente al fuego, por mantenerse la continuidad de los combustibles, especialmente

te los de fracción fina, en unos niveles relativamente bajos.

Naturalización de tallares de monteverde mediante su conversión en montes altos

La forma de masa más extendida en el monteverde es la de tallar o monte bajo que son formaciones originadas por rebrote a partir de cepas cortadas en turnos de corta duración para la obtención de productos de reducidas dimensiones, utilizados fundamentalmente como soportes en la agricultura. Aunque la explotación ha decaído en los últimos años, todavía se mantienen importantes niveles de extracción en la isla de La Palma, y en menor medida, en Tenerife.

Los tallares de monteverde son formaciones que se encuentran empobrecidas por el rejuvenecimiento continuo a que son sometidas, lo que favorece a las especies más heliófilas y agresivas, disminuye radicalmente la producción de frutos que son esenciales en la dieta de numerosas especies, entre ellas las palomas de la laurisilva, desaparece buena parte del cortejo florístico de la laurisilva, incluyendo las numerosas especies de epífitos, la microfauna asociada a madera muerta, etc.

Predomina la idea, en determinados medios conservacionistas de que la mejor forma de recuperar estas masas es acabar con todo tipo de aprovechamientos para permitir su naturalización espontánea, pero en mi opinión ésta no es la mejor estrategia para abordar el problema, tanto por razones sociales como por razones propiamente conservacionistas. El abandono súbito del monteverde tratado a monte bajo conduce a formaciones muy cerradas donde la intensa competencia ralentiza el crecimiento individual de los árboles y su progresión hacia el estado de fustal, favorece la acumulación de necromasa fina que aumenta su fragilidad frente al fuego y ahoga, empobreciendo el cortejo florístico durante varias décadas. Lleva también a la desaparición del mosaico de áreas en distinto grado de desarrollo entre las que se incluyen las áreas abiertas recién cortadas que favorecen determinados grupos como lepidópteros o algunas especies adaptadas a este régimen de gestión, como ocurre con *Echium pininana*.

Fórmulas como la sustitución de la matarrasa por una conversión gradual de monte bajo en monte alto mediante resalvo sucesivo, consistente en el aclareo a intervalos repetidos del monte bajo y respetando en las sucesivas cortas los pies más prometedores, permite evitar los problemas que lleva aparejado el abandono y acelerar considerablemente la progresión del monte. La puesta a punto de prescripciones prácticas en cuanto a intensidades y rotación de las cortas merecen ser estudiadas detalladamente.

Este método de tratamiento lleva a la larga a la desaparición del monte bajo y a la imposibilidad de continuar con el tipo de aprovechamientos actuales. Para las propiedades privadas que deseen proseguir con este tipo de aprovechamien-

tos se propone como fórmula de compromiso el monte medio en grupos y con resalvos, donde grupos de árboles esparcidos por la masa, principalmente de especies nobles, permanecen en reserva y el resto de la masa es tratada en forma de monte bajo con mantenimiento de una reserva de resalvos que se renueva en cada corta.

Transformación de plantaciones de pino radiata en monteverde

Las plantaciones de *Pinus radiata*, emplazadas en su mayor parte en áreas potenciales de monteverde y que ocupan más de 4.000 ha, que supone una superficie cercana a la cuarta parte de las manifestaciones actuales de esta formación, ofrecen enormes posibilidades para la restauración y expansión de la laurisilva como puede advertirse en muchos pinares viejos y aclarados donde se observa la penetración espontánea de la laurisilva bajo la cubierta del pinar.

El método de transformación que ofrece más garantías desde una perspectiva de restauración ecológica consiste en la extracción gradual del pinar en una serie de cortas parciales que permitan la progresión espontánea de la regeneración natural de la laurisilva, bajo la cubierta protectora del pinar remanente o, en caso de que ésta no se produzca, su implantación artificial mediante repoblación. Plantaciones de enriquecimiento pueden ser aconsejables cuando en el sotobosque falten componentes que se consideran importantes. La clave está en conducir la cubierta protectora del pinar a unas condiciones óptimas de media sombra y capaz de aumentar la precipitación penetrante, favoreciendo la captación de lluvia horizontal y disminuyendo la intercepción de lluvia por las copas. El proceso finaliza con la eliminación completa del pinar y la liberación de la masa joven de laurisilva que ha crecido a su sombra.

El papel protector del pinar en el proceso de transformación es fundamental. Se debe evitar, por tanto, las talas rasas, salvo en casos muy favorables, porque aparte de los impactos paisajísticos e incremento de la erosión en zonas de pendiente elevada, impiden o dificultan la implantación directa de especies arbóreas nobles y de su cortejo florístico, reduciéndose las posibilidades de repoblación a las especies más heliófilas como el brezo y la faya. La duración del proceso, el número de cortas y los detalles de las operaciones necesarias pueden variar sustancialmente según la situación de partida. En Garajonay donde se han tratado alrededor de unas 200 ha de pinares de unos 30 años y de gran desarrollo, con volúmenes entre 300 y 600 m³/ha, situados en antiguos dominios de fayal-brezal, el esquema de los procesos de transformación empleados fue el siguiente:

- 1) En pinares sin sotobosque de monteverde, se realiza un fuerte aclareo inicial extrayendo en torno al 70% de la masa, debiéndose incluir los árboles dominantes con copa

más desarrollada, para minimizar daños a la regeneración en cortas posteriores. Se ha comprobado que las cortas menos inadecuadas porque las especies arbóreas propias de la zona, brezo y faya son heliófilas. La plantación que se realiza a continuación bajo la cubierta protectora del pinar que queda en pie, debe tratar de imitar la composición que se considera original. Una segunda extracción del pinar, entre un 30 y un 40% de la masa remanente, es necesaria al cabo de unos 5-8 años y la eliminación completa del pinar podrá realizarse al cabo de otros 7-12 años. Es, por tanto, un proceso lento en que no conviene apresurarse, debiéndose finalizar sólo cuando se haya conseguido un desarrollo suficiente del monte verde.

- 2) En pinares con sotobosque de monte verde las operaciones necesarias varían según el estado del sotobosque pudiéndose, en los casos más favorables, ir a la eliminación completa en una sola extracción. La principal desventaja de este método de transformación por aclareo sucesivo son los daños que se producen a los regenerados en las operaciones de apeo y extracción. Una adecuada planificación de los trabajos, limitando la entrada de maquinaria pesada a calles de extracción temporales suficientemente distanciadas y cuidando la dirección de caída de la tala pueden evitar muchos daños. La vegetación dañada debe ser recapada o cuidada para facilitar su rebrote.
- 3) En lugares apartados de las vías de comunicación de escasa visibilidad y de topografía difícil con sotobosques bien desarrollados que dificulten las operaciones de extracción se puede recurrir como método alternativo al anillado parcial o completo del pinar, consistente en la extracción de la corteza de los pinos formando un anillo alrededor del tronco que produce su muerte en pie y posterior descomposición paulatina lo que disminuye los daños en el sotobosque. Las desventajas del anillado son la pérdida de valor de la madera, el negativo efecto paisajístico temporal, alrededor de 8 años tarda en mimetizarse completamente sus efectos, y sobre todo la acumulación de combustibles; por ello su aplicación debe realizarse juiciosamente, en rodales de no excesivo tamaño y tomando medidas de ordenación de restos que rompan la continuidad de los combustibles. Sus ventajas son la disminución de los daños al evitarse el apeo de árboles, la puesta en luz gradual así como la creación de unas condiciones óptimas para la recolonización natural de la flora forestal que en pocos años se instala y evita la regeneración de matorrales heliófilos (codeo y jara) que a largo plazo tiende a morirse por falta de luz, una vez se produce el cierre del dosel del estrato superior de monte verde, produciéndose una peligrosa acumulación de combustibles finos, y por último, el bajo coste de las operaciones en lugares poco atractivos para un aprovechamiento comercial. Un método alternativo al anillado, pero mucho más costoso, es el aclareo sucesivo en una o varias operaciones, con apilado de la madera residual y astillado de los residuos que quedan en el monte.

Una cuestión clave en la transformación de masas extensas de pinar es la ordenación de las operaciones en el espacio. Debe priorizarse las actuaciones en áreas con sotobosque de monte verde para acelerar la formación de corredores interconectados de esta formación que sirvan de focos de regeneración natural.

Integración ecológica de las repoblaciones de pino canario

Las repoblaciones de pino canario efectuadas en los años 50 y 60 presentan actualmente el problema de formar masas con una estructura muy uniforme, con árboles de una misma edad, y densidades excesivas que suponen una elevada competencia que aminora el crecimiento individual de los árboles y reduce, entre otros aspectos, las posibilidades de entrada natural de elementos florísticos propios de su cortejo; otro efecto negativo de la densidad excesiva es la elevada intercepción del agua de lluvia y un consumo suplementario de agua del suelo que disminuye la alimentación hídrica de los acuíferos.

Estos factores negativos no significan, sin embargo, un riesgo de colapso. Afortunadamente no se observa un estancamiento importante de las masas, la estratificación con formación de clases dominantes y el autoaclareo natural con aparición de mortalidad en pies dominados, empieza paulatinamente a expresarse. Además, la baja relación que se observa entre altura de copa y altura de los árboles, no es preocupante por la portentosa capacidad del pino canario para recrear sus copas y responder a la liberación.

La necesidad del aclareo de estas masas es una cuestión planteada desde hace bastantes años. El diseño de una estrategia de claras presenta dificultades de índole teórico y práctico. De una parte, se desconoce, cómo son las estructuras de los pinares naturales, simplemente porque todos los pinares están influidos por el hombre. Por otra parte, el proceso de restauración necesita de un sector forestal interesado mínimamente en realizar las operaciones de aprovechamiento y en extraer la madera, al igual que ocurre en el ejemplo anterior de transformación de los pinares de *Pinus radiata*; de lo contrario se requerirán ingentes inversiones públicas en tareas de conservación y el abandono de la madera en los montes.

La gestión de las repoblaciones de pino deberá tender a modificar su actual estructura de masas densas y regulares mediante la aplicación de claras. En las áreas más llanas donde los aprovechamientos puedan compensar en parte los costes de explotación y hacer factible la saca de madera se propone la aplicación de claras de intensidad variable en el espacio para propiciar espaciamientos heterogéneos y coberturas más reducidas, creando las condiciones de luz necesarias para estimular el desarrollo del cortejo florístico del pinar, mejorar

el comportamiento hídrico de la masa y acelerar los crecimientos individuales de los árboles. En laderas de fuerte pendiente donde los elevados costes de saca no compensen la extracción se sugiere como compromiso para reducir los costes de restauración la liberación de una proporción de árboles dominantes de la competencia inmediata ignorando el resto de la masa; respecto a la conservación de la diversidad, el aclareo en estos casos no es tan prioritario porque la propia heterogeneidad del terreno propicia la existencia de lugares abiertos

donde la flora autóctona se refugia. Se deberá también producir madera muerta en pie y apeada en árboles grandes codominantes para facilitar la entrada de descomponedores y de especies tan emblemáticas como el pico picapinos (*Dendrocopos major*) características de bosques maduros. Con el estado actual de desarrollo de las masas es posible también inducir la regeneración y crear con ello nuevas cohortes (clases de edad), mediante la apertura de pequeños claros dispersos en las masas.

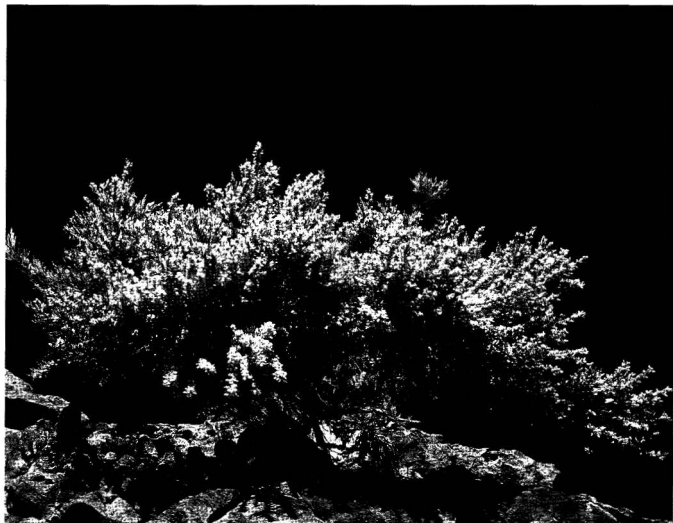


Foto: Juan José Bacallado
Retamón (*Genista benehoavensis*)

Capítulo 48

LOS PLANES DE RECUPERACIÓN DE LA FLORA EN LOS PARQUES NACIONALES

ÁNGEL BAÑARES, MANUEL V. MARRERO Y EDUARDO CARQUE

Fortunadamente, en consonancia a la riqueza y singularidad florística del Archipiélago canario el recurso botánico participó de forma importante en la selección de ecosistemas representativos de las islas para su declaración como Parques Nacionales y así, a pesar de que los Parques Nacionales del Teide, Taburiente, Timanfaya y Garajonay sólo abarcan el 3,6 % de la superficie del Archipiélago albergan más del 30 % de sus endemismos florísticos.

Desde su declaración, la gestión encaminada a compatibilizar el uso y preservación de estos Espacios Naturales ha contribuido a mejorar el estado de conservación de sus hábitats y ecosistemas contribuyendo sin duda a la estabilización de especies vegetales amenazadas. No obstante, la incidencia de herbívoros introducidos así como la herencia de agresiones

diversas hoy erradicadas o fuertemente controladas en los Parques Nacionales (pastoreo, aprovechamientos forestales, plantas invasoras...etc.) han provocado la fragmentación de algunas especies cuyas poblaciones exhiben procesos de regresión por inestabilidad demográfica y/o genética.

Un inventario actualizado de la flora vascular endémica presente en los Parques Nacionales cifra un total de 291 taxones, de los cuales 50 constituyen endemismos macaronésicos, 137 canarios y 104 insulares. Tras la aplicación de los nuevos criterios de las Listas Rojas de la UICN se desprende la existencia de 8 taxones en Peligro Crítico (CR), 12 En Peligro (EN), 76 Vulnerables (VU), 179 de Menor Riesgo (LR), 35 Casi Amenazados (ca) y 144 en Preocupación Menor (pm); el resto, 16 taxones, han sido considerados en la categoría de Datos Insuficientes (DD)(Fig. 48.1).

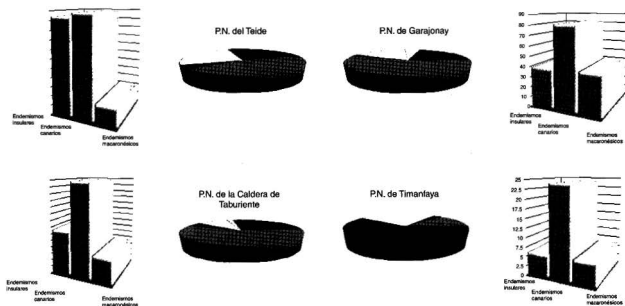


Figura 48.1

Distribución de los taxones vegetales presentes en los Parques Nacionales canarios en función de las categorías de amenaza descritas en el texto.

LOS PLANES DE RECUPERACIÓN

os Planes de Recuperación son instrumentos técnico-administrativos orientados a salvaguardar las especies o formas concretas cuya existencia se encuentra amenazada y en definitiva constituyen una guía que justifica, delimita y programa aquellas acciones necesarias para restaurar y asegurar a una especie como componente viable por sí misma en su ecosistema.

La labor de recuperar especies amenazadas de los Parques Nacionales canarios se inicia en 1984 cuando el Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) crea una partida presupuestaria denominada Rescate Genético a través de la cual se comienzan a promover una serie de especies del Parque Nacional de Garajonay. A partir de 1988 dichas actividades comienzan a regularse a través de Planes Especiales de Recuperación los cuales constituyen documentos técnicos que desarrollan la normativa de gestión de recursos naturales plasmada en los Planes Rectores de Uso y Gestión.

Tras la recopilación de la información existente, estos Planes de Recuperación plasman una serie de objetivos y criterios

así como unas directrices de actuación encaminadas a preservar la diversidad genética a escala poblacional y solventar carencias de información de una serie de especies seleccionadas por su grado de amenaza, imperativos científicos (taxonómicos) y ecológicos así como por razones de uso y legislación (Bañares 1994, Bañares *et al.* 1995). En síntesis, las directrices plasmadas en estos Planes han sido abordadas a lo largo de su ejecución en las siguientes líneas de trabajo: 1) actualización corológica, ecológica y demográfica de las especies, 2) seguimiento de la dinámica de poblaciones, 3) estudios de genética de poblaciones, 4) estudios de comportamiento germinativo, 5) descripción e iconografía de semillas y plántulas, 6) protección *in situ* (cercados), 7) conservación *ex situ* (bancos de germoplasma) y 8) propagación *ex situ* y restituciones al medio natural (Tabla 48.1).

Tres son las cuestiones fundamentales que según Schemske *et al.* (1994) deben orientar cualquier Plan de Recuperación de especies amenazadas:

¿Cuál es el estado biológico de las especies?

El crecimiento, decrecimiento o estabilización de una población puede identificarse a través de estudios demográficos.

Tabla 48.1

Grado de ejecución de los Planes de Recuperación con los taxones promovidos en los Parques Nacionales Canarios. UICN: Categoría de amenaza *sensu* UICN (1994), [()] categoría sin contemplar las actividades de los Planes de Recuperación]. S: Inclusión de semillas en bancos de germoplasma. A: Ampliaciones corológicas. C: Estudios de comportamiento germinativo y/o propagación asexual. I: Descripción e iconografía de semillas y plántulas. R: Restituciones. P: Protección local de poblaciones naturales. E: Estudios demográficos. D: Seguimiento de dinámica de poblaciones. B: Estudios de biología reproductiva. G: Estudios genéticos.

	UICN	S	A	C	I	R	P	E	D	B	G
P.N. del Teide (Tenerife)											
<i>Helianthemum juliae</i>	EN (CR)	X	X	X	X	X		X	X	X	
<i>Cistus osbaeckiaefolius</i>	VU	X	X	X	X	X		X			X
<i>Stemmacantha cynaroides</i>	EN	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Bencomia exstipulata</i>	EN (CR)	X		X	X	X		X			
<i>Gnaphalium teydeum</i>	CR	X									X
<i>Silene nocteolens</i>	CR	X									
P.N. Garajonay (La Gomera)											
<i>Sambucus palmensis</i>	EN (CR)	X	X	X	X	X			X	X	
<i>Gonospermum gomerae</i>	VU	X	X	X	X	X					
<i>Aeonium gomerense</i>	VU (EN)	X	X	X	X	X	X	X			
<i>Ilex perado ssp. lopezilloi</i>	CR		X	X		X					X
<i>Euphorbia lambii</i>	VU	X	X	X	X	X		X			
<i>Cistus chinamadensis ssp. gomerae</i>	CR	X	X	X		X		X	X	X	X
<i>Pericallis hansenii</i>	VU	X	X	X	X	X					
<i>Echium acanthocarpum</i>	EN (CR)	X	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Myrica rivas-martinezii</i>	CR	X	X	X	X	X					X
P.N. Caldera de Taburiente (La Palma)											
<i>Genista benehoaversis</i>	EN (CR)	X	X	X	X	X	X	X			
<i>Cheirolophus arboreus</i>	CR	X	X	X	X						
<i>Bencomia exstipulata</i>	EN (CR)	X	X		X	X					
<i>Helianthemum cirae</i>	CR (EX)		X			X					
<i>Echium gentianoides</i>	VU	X	X		X	X					

Este aspecto puede tratarse de múltiples formas dependiendo de la longevidad y dinámica que caracteriza a las especies siendo de utilidad desde un simple censo de individuos a lo largo del tiempo, hasta el uso de modelos matriciales de proyección de poblaciones. La estructura de poblaciones se estudia preferentemente en parámetros de edad (Begon *et al.* 1988) ya sea en base a la determinación de estructuras morfológicas como anillos de crecimiento, escamas, etc. (García y Antor 1995) o a través de un seguimiento dilatado en el tiempo (Solbrig *et al.* 1980).

En nuestro caso, esta última alternativa se aborda con las especies *Helianthemum juliae*, *Echium acanthocarpum*, *Cistus chinamadensis* ssp. *gomeræ* y *Sambucus palmensis*. Para ello se han establecido cuadrados de muestreo donde las cohortes de individuos producidos anualmente son objeto de medición (altura y ancho) y posterior cálculo de su biovolumen. De esta forma, obtenemos una correlación entre clases de tamaño y edad cuya aplicación a cualquier población nos permite representar en una gráfica la distribución de estos parámetros, es decir el número de individuos de cada clase de edad o tamaño; finalmente, la mayor o menor semejanza de esta gráfica a una estructura teórica en forma de «J» invertida nos permite identificar el grado de estabilidad de dichas poblaciones. No obstante, en ocasiones la longevidad de determinadas especies dificulta enormemente la realización de un seguimiento y, asimismo, en otros casos la escasez de ejemplares impide el sacrificio de los mismos por lo que la estructura demográfica sólo puede representarse usando parámetros biométricos; tal es el caso de *Aeonium gomerense*, *Genista benehoavensis* y *Stemmacantha cymaroides* cuya estructura de tamaños ha sido aportada por Carqué *et al.* (1997).

La estabilidad de las poblaciones puede asimismo describirse haciendo uso de diversos modelos matemáticos (Hett y

Loucks 1976, García y Antor, 1995); el grado de ajuste de las clases de edad a dichos modelos determinará si las poblaciones estudiadas son estables o por el contrario no existe un balance equilibrado entre mortalidad y reclutamiento. Dos de los modelos más utilizados son la función exponencial negativa y potencial; un buen ajuste a la primera de ellas identifica una tasa de mortalidad constante a lo largo del ciclo vital de la población mientras que la segunda describe una situación en la que dicha tasa cambia con el tiempo.

Este tipo de estudios demográficos han resultado de gran utilidad en la ejecución de los Planes de Recuperación ya que estiman la necesidad de reforzamiento de determinadas poblaciones demográficamente inestables. Como ejemplo exponemos en la figura 48.2 la estructura demográfica de las poblaciones naturales de *Helianthemum juliae* en base a parámetros de altura, cuya correlación con los parámetros de edad ha permitido identificar que una de sus poblaciones (Risco Verde, Cañadas del Teide, Tenerife) no es estable al no ajustarse a alguno de los modelos mencionados debido a la carencia de clases biométricas superiores (Marrero *et al.* 1999). Por último, la estabilidad de las poblaciones puede ser determinada en función del análisis del flujo de individuos que se establece entre los estadios vitales (semillas, plántulas, reproductores, etc.) o clases de tamaño en que se puede dividir una población. A diferencia de las técnicas anteriores, ésta necesita de un mayor esfuerzo de muestreo ya que implica un seguimiento individual dilatado en el tiempo, pero en contrapartida ofrece mejores resultados. Como primer paso se debe proceder al etiquetado de todos o una muestra representativa de los individuos de una población, anotando para cada uno de ellos el estadio vital o clase de tamaño en que se encuentran. En posteriores visitas se analiza el número de individuos que en cada estadio han muerto o derivan hacia otro superior (o inferior).

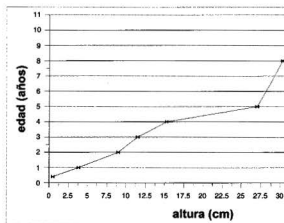
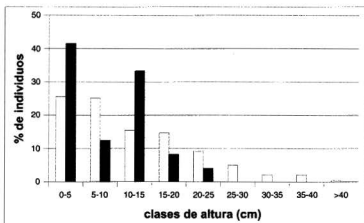


Figura 48.2

Estructura demográfica de las poblaciones de *Helianthemum juliae*. Barras negras (población de Risco Verde), barras blancas (población de Cañada de las Pilas).

Tabla 48.2

Matriz de transición obtenida del seguimiento de un año de una población de *Helianthemum juliae*.

	S	P	J	N	R
Semillas	0	0	0	0	1.200
Plántulas	0,20	0	0	0	0
Juveniles	0	0,12	0,05	0	0
No reproductores	0	0,01	0,75	0,40	0,05
Reproductores	0	0	0,05	0,50	0,80

Estos datos se plasman en forma de una matriz de transición (Tabla 48.2) donde se exponen los cambios observados en los estadios vitales de tal forma que el 75% de los juveniles pasan a adultos no reproductores, el 12% de las plántulas pasan a juveniles, etc. Combinando estos datos con los de años sucesivos y realizando un tratamiento relativamente sencillo con técnicas de álgebra matricial se pueden obtener datos valiosos como probabilidad de pervivencia o extinción de la población para un tiempo t , estructura de la población dentro de un tiempo t , esperanza de vida de la especie, etc. Actualmente estas técnicas se aplican en los Parques Nacionales Canarios con *Echium acanthocarpum*, *Stemmacantha cynaroides*, *Silene nocteolens*, *Cistus chinamadensis* y *Helianthemum juliae*. (Para ampliar datos sobre estas técnicas ver: Menges 1986, Caswell 1989, Cochran 1992 y Morris y Doak 1998).

¿Cuáles son las etapas críticas en el ciclo vital de las especies?

Una vez conocemos el estado biológico de las especies se hace necesario estudiar su dinámica poblacional con el objeto de identificar los procesos biológicos que afectan a las diferentes etapas de su ciclo vital (semillas, plántulas, juveniles, subadultos y adultos). Es un hecho ampliamente aceptado que en la mayoría de las especies vegetales los cambios generacionales más drásticos ocurren durante los estadios de semilla y plántula (Harper 1977). Procesos biológicos relevantes como la germinación, fructificación, etc., identifican fielmente estas etapas vitales a través de un seguimiento de la biología reproductiva de las especies, parcialmente iniciados en los Parques Nacionales.

Hasta el presente, nuestra labor en este sentido ha consistido en el seguimiento de la dinámica poblacional atendiendo a parámetros de mortalidad y reclutamiento de individuos a partir del primer año de edad. Para ello nos hemos basado en el cálculo de la esperanza de vida (Krebs 1986) y consiguiente obtención de tasas de mortalidad y curvas de supervivencia. Este tipo de seguimiento se encuentra en realización con las especies *Helianthemum juliae*, *Stemmacantha cynaroides*, *Cistus chinamadensis* ssp. *gomeræ*, *Echium acanthocarpum* y *Sambucus palmensis*.

La metodología ha consistido nuevamente en el establecimiento de cuadrados de muestreo cercados en cuyo interior todos los individuos son objeto de marcado y conteo anual; tras la aplicación de las tablas de vida obtendremos la esperanza media de vida para los individuos vivos al comienzo de cada clase de edad. La figura 48.3 refleja la evolución hasta 1999 de la dinámica de una población restituida de *Helianthemum juliae* tras un seguimiento iniciado en 1989.

Este caméfito experimenta una explosión germinativa en otoño-invierno; los supervivientes de un año de edad poseen una esperanza de vida inferior a los de dos años debido a una alta mortalidad de plántulas, lo cual identifica claramente el protagonismo de esta etapa vital en la dinámica poblacional; pos-

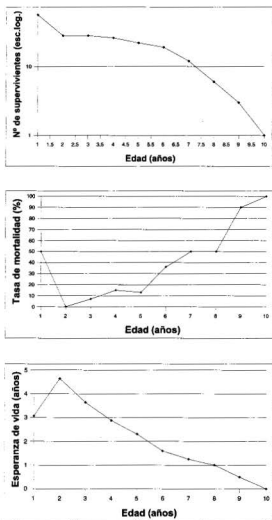


Figura 48.3

Evolución de una población restituida de *Helianthemum juliae*.

teriormente, dicha esperanza de vida disminuye al paso de los años en concordancia a la vejez de los individuos. De este seguimiento se obtuvo asimismo la representación de las tasas de mortalidad y las curvas de supervivencia que ilustran fiel-

mente la dinámica de la población muestreada de *H. juliae*. Es importante reseñar que este mismo seguimiento fue realizado en una parcela control que no fue objeto de vallado, habiendo reflejado una evolución similar al modelo obtenido en la parcela testigo, por lo que podemos afirmar que al menos para esta población no existe amenaza derivada de la incidencia de herbívoros.

Otro tipo de seguimiento, utilizando una metodología de muestreo similar a la propuesta por Whittaker (1991), nos ha permitido identificar etapas clave en la dinámica poblacional de *Echium acanthocarpum*. Su aplicación encaminada a averiguar la correlación existente entre la distribución espacial de plántulas y el estadio vital de los progenitores ha desvelado que este último parámetro tiene un elevado protagonismo en la dinámica poblacional de la especie ya que tan sólo al morir los ejemplares adultos se produce una explosión en las tasas de germinación.

Por último, las técnicas de análisis matricial estudiadas en el apartado anterior pueden ser utilizadas para determinar etapas sensibles, en la medida que podemos analizar los cambios que se producen en la dinámica poblacional como consecuencia de la variación de uno o varios parámetros de la matriz.

¿Cuáles son las causas biológicas de la variación en etapas de vida demográficamente sensitivas?

Una vez conocido el estadio vital que tiene un mayor impacto en el crecimiento de las poblaciones cabe ahora analizar por observación directa o experimental aquellos factores que afectan directamente a estas etapas.

Los estudios de biología reproductiva con el endemismo gomero *Echium acanthocarpum*, encaminado a identificar su comportamiento germinativo y fenómenos de competencia intraespecífica han desvelado interesantes aportaciones en este sentido. Durante muchos años se atribuyó a esta especie un elevado grado de pirofritismo, de tal forma que el fuego favorecía la germinación (Bañares 1990), hasta que en 1994 una experiencia de laboratorio demostró que la exposición a temperaturas elevadas no incrementaba el éxito germinativo; asimismo se observó que la luz no intervenía de forma significativa en la germinación y lo que es más interesante, que la hojarasca inhibe dicho proceso. Asimismo, como expresábamos en el apartado anterior, el estado vital de los ejemplares constituye un parámetro determinante en su dinámica poblacional ya que tan sólo cuando los ejemplares adultos mueren, ya sea por vejez o por eventos adversos (sequía prolongada, incendios) se produce bajo estos una explosión en las tasas de germinación. Ensayos de laboratorio han confirmado que la causa de este comportamiento es debida al efecto inhibidor de la germinación producido por determinados factores asociados a la hojarasca.

La otra línea de trabajo encaminada a identificar las causas que justifican determinadas pautas demográficas de esta

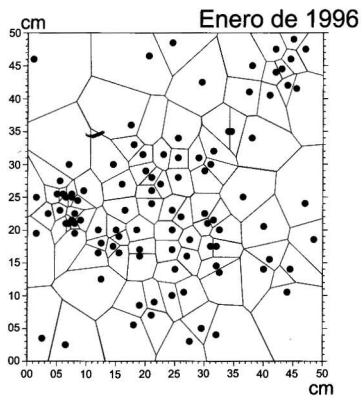
misma especie ha estado encaminada a la descripción cuantitativa del reclutamiento a través del seguimiento del nacimiento de plántulas y sus patrones de supervivencia. Centrándonos en pequeñas parcelas de muestreo representativas de poblaciones juveniles, la distribución de las plántulas es descrita posicionalmente con respecto a sus vecinos mediante la construcción de los denominados polígonos de Thyessen (Mithen *et al.* 1984), utilizando para ello las bisectrices perpendiculares de las líneas que unen cada ejemplar con los vecinos; finalmente, se calcula la superficie asociada a cada polígono y se procede a representar su distribución; al cabo de un tiempo prudencial se efectúa la misma operación. Obviamente el primer muestreo representará una distribución asimétrica ya que tras la germinación múltiples plántulas se hacían en el medio determinando múltiples polígonos pequeños (Fig. 48.4); tras el segundo muestreo caben dos posibilidades: que se produzcan unas tasas de mortalidad elevadas en las mencionadas clases poligonales inferiores y una supervivencia mayor en las clases superiores (distribución simétrica) o que se produzca una mortandad proporcional en todas las clases poligonales (distribución asimétrica) constituyendo el primer caso una mortalidad por el espacio disponible (competencia intraespecífica) y en el segundo caso una mortalidad no ligada al espacio disponible (factores climáticos, depredadores, parásitos, etc.).

Estos muestreos realizados en enero y junio de 1996 han desvelado que los primeros estadios vitales de *Echium acanthocarpum* exhiben una correlación positiva entre la mortalidad y el espacio disponible o lo que es lo mismo, sus plántulas exhiben competencia por los recursos del medio.

Con todos los datos obtenidos, llegamos a la conclusión de que esta boraginácea constituye un taxón extremadamente frágil cuya dinámica está ligada a la presencia de hojarasca así como al espacio disponible en el crecimiento de las plántulas, a lo cual hay que sumar su baja capacidad de dispersión seminal; frente a estos factores, sus poblaciones, o al menos la población muestreada, experimenta un ciclo vital que pudiéramos denominar de *fluctuante* ya que los incendios o largos períodos de sequía propician un renuevo total de la población al sucumbir las clases de edad menos vigorosas; dicho fenómeno es eventual o en todo caso es sustituido por una renovación cíclica en consonancia con la mortalidad natural de los adultos por lo que la edad de su descendencia es en todo momento similar, no estableciéndose una estructura que confiera estabilidad a sus poblaciones (Marrero *et al.* 2000).

LAS RESTITUCIONES

Las restituciones o reintroducciones al medio natural constituyen la última herramienta encaminada a estabilizar poblaciones amenazadas y situar a las especies en un nivel ade-



● Superviviente

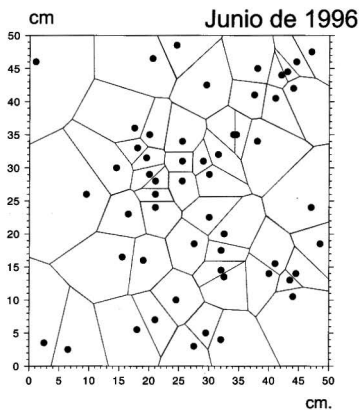


Figura 43.4

Evolución de la distribución espacial de las plántulas de *Echium acanthocarpum* en el tiempo.

cuado de conservación. Existe una variada bibliografía referente a las definiciones, metodología y directrices a seguir en este tipo de intervenciones (UICN 1987, Akeroyd y Wise Jackson 1995). Nosotros hemos adoptado la terminología y criterios definidos para la ejecución de los Planes de Recuperación de los Parques Nacionales canarios (Bañares 1994) donde se define como *restitución* cualquier plantación de ejemplares obtenidos *ex situ* a partir de material procedente del mismo hábitat en tres modalidades: 1) reintroducción, si se lleva a cabo en localidades donde con anterioridad existía, 2) repoblación, si se efectúa en una localidad natural o en sus proximidades (sin aislamiento geográfico) y 3) implantación, si ésta se realiza en localidades separadas geográficamente de las poblaciones naturales aun cuando correspondan al mismo hábitat potencial de la especie. Dichas restituciones tienen el objetivo de incrementar cuantitativa y cualitativamente el acervo genético de las especies y en definitiva el de establecer o reforzar poblaciones autosuficientes en su ecosistema. Su ejecución conlleva la recopilación de una extensa información que la justifique científicamente a la vez que requiere un riguroso control y seguimiento siendo asimismo aconsejable regirse a una legislación apropiada, desafortunadamente poco desarrollada en nuestro país.

Un amplio abanico de actividades de conservación, entre las que se encuentran las de restitución, deben ser asesoradas por el estudio del Mínimo de Población Viable (Menges 1991) cuyos fundamentos se basan en el estudio de fenómenos estocásticos relacionados con variables ambientales, demográficas y genéticas (ver capítulo 45). En la actualidad disponemos de información referente a las mencionadas variables para diversas especies amenazadas de los Parques Nacionales, lo cual permitirá la aplicación de estos modelos de predicción que juzgan fielmente la necesidad de abordar campañas de restitución. En este sentido, cobran especial importancia las variables genéticas ya que es la variación y el ambiente genético el que determina la estabilidad y persistencia de las poblaciones.

La identificación de poblaciones demográficamente inestables, irremisiblemente amenazadas y en algunos casos extinguidas ha motivado la realización de diversas repoblaciones, implantaciones y reintroducciones (Bañares 1990, Bañares *et al.* 1993, 1996). En los últimos años, dichas restituciones han estado asesoradas por estudios genéticos encaminados fundamentalmente a evitar procesos de depresión por endogamia (*inbreeding depression*) e hibridación intraespecífica (*outbreeding depression*), ya que las actuaciones en conservación diferirán si la mayor parte de la diversidad genética se encuentra dentro o entre las poblaciones. Para ello se ha empleado la técnica de electroforesis isoenzimática (Kephart 1990) con el objetivo de 1) conocer la riqueza genotípica de las poblaciones, 2) identificar su singularidad o distancia genética in-

terpoblacional y 3) interpretar la validez taxonómica de algunas especies. Hasta el presente se han promovido para tales estudios a *Cistus oebaekiaeifolius*, *Gnaphalium teydeum*, *Echium acanthocarpum*, *Myrica rivis-martinezii* e *Ilex perado* ssp. *lopezilloi* lo cual ha permitido planificar correctamente las campañas de restituciones, evitar traslocaciones indeseadas e interpretar finalmente el estado de conservación de las poblaciones y especies. Asimismo, los estudios genéticos han obligado a realizar campañas de erradicación de plantaciones pretéritas, con el objeto de evitar los mencionados procesos de depresión genética.

Otro aspecto muy importante lo constituye las técnicas de recolección de material propagativo destinado a las restituciones. En este sentido, hemos seguido las recomendaciones de Falk y Holsinger (1991) y de Akeroyd y Wise Jackson (1995) para la recolección de muestras genéticamente representativas de plantas amenazadas. La recolección de dichas muestras debe estar condicionada por el número de poblaciones existentes, su variación genética, biología reproductiva y ciclo vital de las especies, debiendo ser escrupulosamente etiquetadas para garantizar un control de los genotipos empleados. En este sentido, las campañas de restitución, salvo casos de urgencia, deben estar precedidas por estudios demográficos y genéticos ya que estiman cuál o cuáles poblaciones deben ser objeto de reforzamiento (inestabilidad demográfica) y la procedencia exacta del material a propagar para su realización (flujo genético). El material recolectado ha sido fundamentalmente de semillas y tan sólo en determinados casos de incapacidad de reproducción sexual se ha optado por recolectar material vegetativo asimismo diversificado. La acentuada rareza y aislamiento de *Myrica rivis-martinezii*, su carácter dioico y compatibilidad con *Myrica faya* ha obligado a practicar técnicas de polinización artificial previa a la recolección seminal.

Las campañas de restitución realizadas a lo largo de los últimos 15 años en los Parques Nacionales han incrementado notablemente los efectivos naturales de algunas especies; no obstante, el seguimiento de su dinámica en el proceso de aclimatación en el medio y la necesidad de garantizar una estructura demográfica y genética adecuada supone una labor prácticamente interminable. En términos cuantitativos es importante reseñar que las restituciones en general han supuesto un incremento del área de ocupación de algunas especies así como del número de individuos reproductores, que en ocasiones han producido descendencia natural; por otro lado, la reintroducción de algunas poblaciones desaparecidas históricamente, así como la ejecución de algunas actividades de protección local y saneamiento de hábitats han estabilizado procesos de declinación lo cual ha permitido asignar categorías de amenaza inferiores a algunas especies tras la aplicación de los criterios de las Listas Rojas de la UICN.



Foto: Domingo Trujillo

Pinzón Azul (*Fringilla teydea teydea*)

Capítulo 49

LOS PLANES DE RECUPERACIÓN DE LA FAUNA

FÉLIX MANUEL MEDINA, FRANCISCO JAVIER GARCÍA-DOMÍNGUEZ Y VICENTE QUILIS



Los Planes de Recuperación son instrumentos técnico-administrativos orientados a la salvaguarda de especies o formas concretas cuya existencia se encuentra amenazada (Machado 1989), y tienen como finalidad eliminar o disminuir los factores de amenaza y establecer las medidas de conservación que favorezcan el mantenimiento de sus poblaciones. Las especies objeto de un plan de estas características vienen dadas por la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, en la que se establece que todas aquellas especies que se encuentren catalogadas en peligro de extinción deberán llevar aparejado un Plan de Recuperación. Además, se crea el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo) en el que se incluyen las especies, subespecies o poblaciones cuya protección efectiva exija medidas específicas. Este Catálogo, con la inclusión y cambio de categoría de determinadas especies (Orden de 9 de julio de 1998 y Corrección de errores de la misma), agrupa a 121 especies vegetales y 34 animales con la categoría de en peligro de extinción. Sin embargo, y con respecto a la fauna vertebrada, sólo se han aprobado oficialmente los planes de recuperación de especies como el Oso Pardo (*Ursus arctos*), el Quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*), el Bucardo (*Capra pyrenaica*), el Águila Azor-Perdicera (*Hieraetus fasciatus*) o la Malvasía Cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*), mientras que con especies como el Lince Ibérico (*Lynx pardinus*), la Hubara Canaria (*Chlamydotis undulata fuertaventurae*), el Lagarto Gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi*) o el Águila Imperial Ibérica (*Aquila heliaca*) se han puesto en funcionamiento sus respectivos planes pero fuera del régimen específico establecido en la Ley anteriormente mencionada (Herdade *et al.* 1997).

Las medidas que debe afrontar cualquier Plan de Recuperación deben ir encaminadas a cuatro objetivos fundamentales: la propia especie, el hábitat, otras especies asociadas y el hombre (Machado 1989). De acuerdo con este autor, todo plan deberá incluir como parte fundamental del mismo las actuaciones en las que se incluirán las estrategias y las medidas a tomar, las regulaciones, los aspectos sociales y los estudios complementarios necesarios. Asimismo, se deberán establecer los antecedentes y la finalidad del plan en los que se anali-

ce y evalúe la situación de conservación de la especie. Otros apartados importantes son las directrices y medidas en materia de investigación, divulgación, sensibilización, educación y cooperación, de manera que se impliquen y coordinen distintas instituciones para debatir las propuestas que se elaboran por los diferentes sectores, y evitar confrontaciones con otros intereses. La financiación y el desarrollo de un Plan de Recuperación debe contar con el apoyo permanente de las administraciones implicadas y no estar sujeta a los cambios políticos que puedan darse durante la ejecución del mismo. Los presupuestos serían asignados previamente a su ejecución y revisados anualmente. Por último, el seguimiento, evaluación y revisión de los programas contemplados en el Plan de Recuperación deberían ser realizados por un equipo técnico multidisciplinar el cual incluiría a profesionales de distintos organismos y administraciones y aportar así un elevado grado de objetividad a sus análisis y conclusiones.

En Canarias, a pesar de haberse redactado las directrices de actuación para la puesta en marcha de los Planes de Recuperación de especies como el Pinzón Azul de Gran Canaria (*Fringilla teydea polatzeki*) o el Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*) sólo se han desarrollado los referidos al Lagarto Gigante de El Hierro y a la Hubara Canaria. Además, en la Orden anteriormente citada, se han incluido otras tres especies de aves y nueve de invertebrados en la categoría de en peligro de extinción, con lo cual se deberán poner en marcha sus respectivos planes de recuperación.

EL PLAN DE RECUPERACIÓN DE LA HUBARA CANARIA

Los datos históricos referentes a la presencia de la Hubara Canaria (*Chlamydotis undulata fuertaventurae*, Rothschild y Hartert 1894) (Fig. 49.1) en las islas destacaban que éstas eran frecuentes en Fuerteventura, ocasionales en Lanzarote y que visitaban el sur de Gran Canaria (Bannerman 1963). No obstante, en la actualidad se distribuye exclusivamente en las islas de Fuerteventura, Lanzarote y La Graciosa (Martin *et al.* 1997). La escasa población hallada en 1979 (Tabla 49.1), llevó a que se plantease la elaboración de un Plan de Recuperación para la especie. El primero de ellos se redactó en 1971 que no

fue desarrollado en ningún momento, redactándose de nuevo en 1980 pero que, por motivos desconocidos, tampoco se pone en funcionamiento (Domínguez 1989) y es actualizado en 1985 (Domínguez y Díaz 1985). A pesar de no estar aprobado oficialmente, se ha tomado como referencia y es el que se desarrolla en la actualidad.

En el archipiélago los factores de amenaza más notables para la especie son las recopiladas por Heredia *et al.* (1996). Existen un conjunto de factores que afectan directamente al hábitat, principalmente aquellos relacionados con el sector turístico como obras de infraestructuras, el trasiego de turistas a pie o en vehículos todo-terreno, el vertido de basuras o la extracción de áridos. Amenazas directas sobre la especie son la caza ilegal, la presencia de ganado incontrolado, que incide en la disponibilidad y riqueza de recursos en el medio, y la introducción de especies como perros (*Canis familiaris*), gatos (*Felis catus*), erizos morunos (*Aterlix algirus*) y ratas (*Rattus sp.*), depredadores potenciales de la Hübura. Por otro lado, los tendidos eléctricos en determinadas áreas suponen un grave peligro debido a que colisionan con ellos.

Las medidas de conservación de la Hübura se han desarrollado dentro de las directrices establecidas en el Plan de Recuperación de 1985 el cual contemplaba, entre otras, la protección de las principales áreas de su hábitat (Domínguez 1989). Se consideró la realización de un programa de manejo del hábitat, fomentándose su restauración y el incremento de la disponibilidad de alimento mediante cultivos de alfalfa y legumbres. Las actuaciones sobre la especie iban encaminadas a inducir el crecimiento de la población, mediante el incremento de la capacidad de carga en las áreas de reserva y caza creadas, el control de las poblaciones de los depredadores potenciales y el desarrollo de un programa de reproducción en cautividad. Por último, se promovió la puesta en marcha de programas de divulgación.

Tras una reunión convocada por *BirdLife International* en 1993, como respuesta a la preocupación por la inoperancia del Plan de Recuperación, se redactó un Plan de Acción para la Hübura Canaria (Heredia *et al.* 1996). Su finalidad fue la de señalar las líneas prioritarias de actuación para la conservación de esta especie y la de servir de estímulo para la aproba-

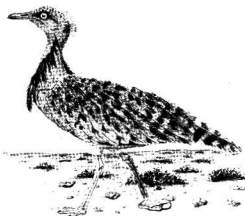


Figura 49.1 Ilustración de la Hübura canaria (*Chlamydotis undulata fuertaventurae*)

Tabla 49.1

Resultados, referencias y fechas de los censos de Hübura Canaria (*Chlamydotis undulata fuertaventurae*) realizados en Canarias. Obs.: número de aves observadas, Est.: población estimada.

POBLACIÓN DE LA HÜBURA CANARIA

Fecha	Referencia	Fuerteventura		Lanzarote		La Graciosa	
		Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Marzo 1979	Lack (1983)	42	80-100	7	15-20	-	-
Abril 1984	Osborne (1986)	24	69-86	6	-	-	-
Diciembre 1988	Ornistudio (1989 a)	127	262-318	-	-	-	-
Julio 1989	Ornistudio (1989 b)	125	-	-	-	-	-
Diciembre 1989	Ornistudio (1990)	153	153-378	-	-	-	-
Abril 1991	Ornistudio (1991)	-	-	67	67	-	-
Enero 1992	Ornistudio (1992)	137	-	-	-	-	-
Diciembre 1993	Martín <i>et al.</i> (1996)	-	-	130	397	16	62
Diciembre 1994	Martín <i>et al.</i> (1997)	189	241	179	268	10	18

ción de un Plan de Recuperación oficial, de acuerdo con la legislación española en vigor.

Actuaciones realizadas dentro del Plan de Recuperación

Las diferentes actuaciones llevadas a cabo incluyen:

Cria en cautividad: aunque ésta no fue una medida urgente en el Plan de Recuperación, se estimó conveniente la puesta en marcha de una metodología que permitiese la reproducción en cautividad. Posteriormente, y hasta 1994, se convirtió en el principal objetivo de este Plan. Las aves que se encuentran en las instalaciones de la Estación Biológica de La Oliva (Fuerteventura), han puesto un total de 43 huevos en el período 1991-1994, pero ninguno había sido fecundado. En febrero de 1995 se realizaron una serie de cambios en la situación de los individuos en las jaulas, ya que hasta ese instante se encontraban juntos, como parejas reproductoras, hermanos de la misma nidada. En 1996 se obtuvieron un total de 21 huevos, de los que sólo nacieron 4 pollos. Estos primeros nacimientos se debieron probablemente a la convergencia de varios factores como pudieron ser las buenas condiciones climáticas, los cambios efectuados dentro de las jaulas y el que algunos individuos alcanzaran la madurez sexual, ya que la hubara la adquiere a los cuatro años aproximadamente.

Protección del hábitat: como primera medida para la protección del hábitat se delimitaron cinco zonas de reserva, tres en Fuerteventura (Lajares, Jandía y Tesjuate) y dos en Lanzarote (Guatiza y Rubicón), quedando dichas áreas protegidas mediante su establecimiento como reservas de caza. Además, la reserva de Jandía está dentro de un espacio protegido por la Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias, y la de Lajares cuenta con la categoría de ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves). La Orden General de Veda de 1994, incorporó otra zona localizada en Tefía, donde se prohibió la caza. Por último se ha adquirido, por parte del Gobierno de Canarias mediante un Proyecto *Life* y cofinanciado con Fondos Europeos, una finca en la ZEPA de Lajares, la cual se dedicará exclusivamente a realizar programas de conservación de la especie.

Estimación de la población: desde 1979 se han llevado a cabo nueve censos de la población de hubaras, obteniéndose los resultados que se resumen en la Tabla 49.1. Los dos primeros fueron realizados por la ICBP, mientras que el resto se llevaron a cabo como actuaciones del Plan de Recuperación. En el censo realizado en 1993 se incluyó un estudio de la selección del hábitat, en el que se demostró que las hubaras seleccionan aquellas áreas con una mayor altura de la vegetación (Martín *et al.* 1996). En el año 1994 se realizó un censo simultáneo en Fuerteventura, Lanzarote e isletes, con el fin de evaluar la población en su totalidad, y evitar así el posible factor

de movilidad de la especie de una isla a otra (Martín *et al.* 1997). A pesar de la realización de estos censos, y debido a cuestiones metodológicas, no se puede afirmar en ningún caso que las variaciones se deban a fluctuaciones de la población.

Seguimiento de las poblaciones: se pretendían conocer los patrones de distribución a lo largo del año, las áreas de campeo, datos referentes al tiempo de permanencia de los pollos con los adultos, madurez sexual de los juveniles, etc. Debido a diversos problemas con los materiales de captura, solo se capturaron dos ejemplares (macho y hembra) que fueron identificados con una marca alar y un transmisor (radioseguimiento). El macho murió al colisionar contra un tendido eléctrico. Al ser la muestra muy baja, los resultados solo se pueden considerar como indicativos de algunos aspectos de los desplazamientos que llevan a cabo estas aves. Así destaca que algunas de las áreas elegidas por los machos para realizar los cortejos no parecen ser las más adecuadas (malpaíses, áreas de baja visibilidad, etc.) y que éstos son distintos a los que utiliza en otras épocas del año, siendo éste un hecho que también ocurre cuando las hembras seleccionan una zona para ubicar sus nidos. Por último, se ha podido comprobar que las marcas alares y el transmisor colocado a la hembra no parecen afectar a las distintas fases de su reproducción.

Utilización del hábitat y dieta: se llevó a cabo un estudio ecológico de los hábitats utilizados por la hubara en la isla de Fuerteventura (Delgado 1997), en el que se incluyó también un estudio sobre su dieta. Se seleccionaron diversas localidades en las que se realizaron censos desde vehículos, cuyos resultados presentan una gran variación entre las distintas localidades y estaciones del año. Sin embargo, no se ha realizado ningún análisis de los datos que permitiesen determinar cual de las propiedades del hábitat influyen en su utilización. La dieta, omnívora, tuvo un componente vegetal caracterizado por la presencia de aulaga (*Launaea arborescens*), espino de mar (*Lycium intricatum*) y otras especies en menor cantidad como *Ononis natrix*, *Medicago minima*, *Lobularia lybica* y *Notoceras bicorne*. La fracción animal estuvo compuesta por diversas familias de coleópteros, sobre todo curculiónidos y tenebriónidos, así como por numerosos ejemplares de hemipteros.

Utilización trófica de los cultivos por la hubara: en este estudio se comprobó que la Hubara utiliza las gavias (forma de cultivo tradicional) como lugar de alimentación, encontrando en ellas una fuente de recursos de fácil acceso (Medina 1999). La utilización de las gavias estuvo correlacionada con la cobertura vegetal total, así como con la cobertura de herbáceas y alfalfa, sin embargo, la relación con la disponibilidad de invertebrados fue negativa. Los frutos de la higuera (*Ficus carica*), cuando estuvieron presentes, constituyeron un recurso alimentario muy utilizado. El uso de las gavias en las distintas localidades no estuvo correlacionado con la población de hu-

baras sino con la disponibilidad de alimento que en ellas se encontraba, siendo utilizadas en todas las estaciones del año, con una mayor utilización en verano.

Nuevas directrices de actuación

Los resultados y recomendaciones realizadas en los últimos estudios sobre la situación local y mundial de la especie (Goriup 1997, Martín *et al.* 1997), así como las aportadas en el Plan de Acción (Heredia *et al.* 1996) y por Lorenzo *et al.* (1998), ponen de manifiesto que la principal amenaza para la especie es la degradación y destrucción de su hábitat, por lo que los objetivos de un nuevo Plan de Recuperación deberían ir encaminados a paliar los efectos de esas incidencias.

Actuaciones sobre el hábitat: para su conservación se establecerían cuatro áreas prioritarias en Fuerteventura (el complejo Lajares-Taca-Cotillo-Llanos de Tindaya, Triquivijate desde la zona de El Diviso hasta los Llanos de Los Alares, Corralejo y el istmo de Jandía), tres en Lanzarote (la zona comprendida por el Jable de Famara-Jable de Soo-Jable de Caleta Caballo, el complejo Tahiche-Guanapay-Honduras y los Llanos de las Maretas) y una en la isla de La Graciosa. La protección legal y la vigilancia de estas áreas se conseguiría mediante su inclusión en la Red de Espacios Naturales de Canarias. La adquisición de algunas de estas zonas prioritarias daría lugar a una mejora en la gestión de las mismas, en las que se realizarían programas de restauración del hábitat y, de esta manera, aumentar las áreas donde se pudiesen asentar nuevas poblaciones.

La realización de estudios relativos a la productividad del hábitat pondrían de manifiesto posibles problemas de recursos alimentarios para la especie. Para ello se evaluaría la incidencia del ganado caprino sobre la capacidad de carga del medio y se harían efectivos los programas de colaboración con los agricultores, con el fin de mantener puntos de alimentación suplementaria en épocas desfavorables.

Con el fin de estimar el efecto de otros factores adversos sobre la población de hubara, se debe realizar un cartografiado de los tendidos eléctricos y telefónicos y estudiar las medidas correctoras que fuesen necesarias (enterramiento de los cables, señalización de tendidos, modificación de trazados, etc.). En las áreas prioritarias, se debe aumentar el control sobre las extracciones ilegales de áridos, disminuir los efectos de las maniobras militares, y regular el uso de pistas por jeeps-safaris, motocross y personas.

Actuaciones sobre la especie: con el fin de conocer cual es la evolución y el estado de la población, se realizaría un censo simultáneo en todas las islas ocupadas por la especie cada cinco años, aplicando la misma metodología que en el último censo realizado. Se continuaría con el programa de marcaje y seguimiento de los movimientos y selección del hábitat. Se llevaría

a cabo un estudio de identificación y evaluación de las pérdidas por colisión con líneas eléctricas, caza ilegal y otras actividades deportivas no reguladas con el fin de reducir la mortalidad no natural.

El desconocimiento del éxito reproductor de la hubara y la falta de información a cerca de los factores que determinan el mismo, hace que uno de los puntos más interesantes de este Plan sea el de averiguar cuáles son éstos, así como el de la incidencia de los depredadores naturales y la acción humana sobre su reproducción. Si se comparan los resultados obtenidos por el programa de cría en cautividad de este Plan con los obtenidos con otras subespecies, se tienen en cuenta las directrices que sobre este aspecto da la IUCN y los resultados del último censo realizado, parece que el programa de cría en cautividad no tiene razón de ser desde el punto de vista recogido en el anterior Plan de Recuperación y por lo tanto no debería incluirse en uno nuevo. Por último, las campañas de sensibilización de la población local son un instrumento muy importante a tener en cuenta, en las que se calibre la actitud ciudadana hacia la especie, se informe de los contenidos del Plan de Recuperación y se realicen consultas sobre qué aspectos del mismo pueden afectar a sus intereses y qué soluciones se aportan.

Consideraciones finales

A pesar de que la hubara canaria está catalogada como en *pe-ligro de extinción* (Martín *et al.* 1990), el tamaño y densidad de la población actual (Martín *et al.*, 1997), así como la revisión de realizada por Goriup (1997), parecen indicar que la especie no se encuentra en un inmediato peligro de extinción y no parece que lo vaya a estar en un futuro próximo. Sin embargo, si tenemos en cuenta los factores de amenaza que ésta posee, han de mantenerse las medidas de conservación necesarias que vayan encaminadas, sobre todo, a la protección de su hábitat.

EL PLAN DE RECUPERACIÓN DEL LAGARTO GIGANTE DE EL HIERRO

Los bimbaches, aborígenes de la isla de El Hierro, fueron testigos inequívocos de la existencia de lagartos de grandes dimensiones que habitaban los malpais volcánicos y que, en ocasiones, les sirvieron como alimento. A la llegada de los conquistadores, los lagartos gigantes daban aún testimonio de su presencia, como queda patente en algunas de las crónicas de los colonizadores. Sin embargo, razones de diversa índole redujeron drásticamente las poblaciones de estos saurios llevándolos casi a su total extinción. Así, en la década de los años cuarenta, llegó a desaparecer una pequeña colonia que habitaba en el Roque Chico de Salmor. El lagarto gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi*) (Fig. 49.2) se consideró extinto durante muchos años, a pesar de que se sospechaba de su existencia en La Fuga de Gorreta, hasta que en el año 1975 Böhme

y Bings descubren, en un pequeño cantil de la zona, una pequeña población de esta especie.

Para garantizar la supervivencia de esta nueva población, la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza (antiguo ICONA) puso en marcha en 1985 un Plan de Recuperación (Machado 1985 a) en el que se expusieron los objetivos y estrategias prioritarias para su conservación, y donde quedan reflejadas una serie de medidas de actuación para la preservación de la especie. Los primeros pasos de este Plan, realizados por Carlos Naeslund, se encaminaron a conocer su biología de reproducción. En 1985 se capturaron un macho, dos hembras y un juvenil para llevar a cabo un programa de cría en cautividad, en el que se obtuvieron, en 1986, tres puestas de las que nacieron 21 crías. Posteriormente, los esfuerzos se centraron en conocer la especie y su hábitat, gracias a lo cual se han obtenido importantes conclusiones relativas a su biología, área de distribución, tamaño de la población y problemas de conservación.

Las actuaciones previstas, además de intentar reducir los factores adversos que actúan sobre la especie, pretenden mantener bajo control un stock genético de garantía mediante la reproducción en cautividad y establecer nuevas poblaciones en zonas más desfavorables. Se intentará integrar el Plan de Recuperación en la vida socioeconómica de El Hierro, como método de entendimiento y apoyo por parte de sus habitantes y visitantes (Machado 1985 b).

Los factores de amenaza que han conducido a esta especie al borde de la extinción, y que aún siguen actuando, son la pérdida del hábitat, la depredación por gatos (Rodríguez-Domínguez *et al.* 1998 a) y la competencia con otras especies como el lagarto tizón (*Gallotia caesaris*) y la cabra doméstica (*Capra hircus*) (Machado 1985 a). Además, parece probable que existan problemas internos en la población, relacionados

con la pérdida de variabilidad genética derivada del reducido número de efectivos.

Tras superar numerosas dificultades técnicas que retrasaron la ejecución de las obras (Domínguez 1994), en mayo de 1995 se inauguró el Centro de Reproducción de Guinea (Frontera) lo que ha generado un importante avance en los objetivos del Plan de Recuperación, desarrollado por la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias en colaboración con la Asociación Herpetológica Española y cofinanciado con fondos de la Unión Europea mediante un Programa *Life*. En una primera fase se ha conseguido un éxito sin precedentes en la cría en cautividad a la vez que se dispone de una propuesta de red de zonas escogidas para la futura reintroducción. En una segunda fase se pretende realizar la reintroducción definitiva en el medio natural, la cual se encuentra en este momento en fase experimental. En 1994, se celebró en El Hierro un primer Seminario sobre Planes de Recuperación de especies de anfibios y reptiles. Posteriormente, en 1997, se realizó también en esta isla un Simposium sobre el lagarto gigante de El Hierro, donde se dieron a conocer y discutieron aspectos sobre su distribución, ecología, genética, reproducción, etología y hábitat de reintroducción, y se reforzó la idea de que la integración de la información multidisciplinaria es fundamental para asegurar la viabilidad en el medio natural de la especie y establecer un plan idóneo de reintroducción.

Actuaciones realizadas dentro del Plan de Recuperación

Se han realizado las diferentes actuaciones:

Protección de la especie: el lagarto está considerado como el reptil más amenazado de Europa y es uno de los cinco más amenazados del mundo, de ahí la importancia de su protec-

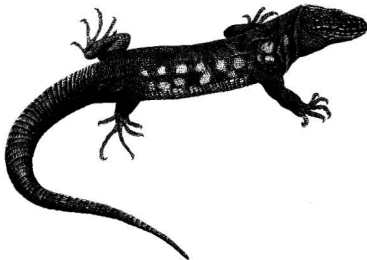


Figura 49.2 Ilustración del lagarto gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi*).

ción. Con anterioridad a la entrada en vigor del Código Penal de 1995, su protección venía dada por diversa normativa como la Ley 4/1989, la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y la Fauna y Flora Silvestres –adoptada por el R.D. 1997/1995 de 7 de diciembre– y el Convenio de Berna, de 19 de septiembre de 1979, relativo a la Conservación de la Vida Silvestre y el Medio Natural en Europa. También se incluye como taxón en peligro de extinción en la Lista de Reptiles Amenazados del Consejo de Europa y en el Red Data Book de la IUCN. Por último, se incluye en el Apéndice I del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestres (CITES). A pesar de que España lo ratificó en 1986, no ha sido hasta 1995 cuando la Ley 12/1995, de 12 de diciembre, de represión de contrabando, ha permitido contar con un instrumento eficaz para sancionar penalmente el tráfico de especies protegidas. Por último, la especie se encuentra incluida en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990) como especie en peligro de extinción.

Protección del hábitat: a pesar de que la topografía representa un serio obstáculo para el acceso de personas, se hizo necesario proteger la zona donde viven los lagartos. Este espacio de 601,6 ha, fue declarado por la Ley 12/1987 de 19 de junio, de Declaración de Espacios Naturales de Canarias, como parte del Paraje de Interés Nacional de Gorreta y Salmor, y reclasificado a su actual categoría –Reserva Natural Especial de Tibataje– por la Ley 12/1994. La zona es custodiada por los Agentes de Medio Ambiente y Vigilantes del Cabildo Insular de El Hierro, que impiden y controlan el acceso a la zona, así como los trabajos que se desarrollan en ella.

Distribución en el pasado: el estudio de los yacimientos de restos fósiles y subfósiles de esta especie, ha permitido conocer la distribución original de este saurio en la isla y en varias localidades de la zona nororiental (Castillo y Coello 1996). De este estudio también se ha comprobado que la especie estaba asociada mayoritariamente a ecosistemas de piso basal y, aunque en menor medida, al bosque termófilo y claros de pi-

nar. Por último, se ha podido averiguar que convivía con otras dos especies de lagarto, una de menor tamaño (*G. caesaris*) y otra extinta de grandes dimensiones (*G. goliath*), que podía alcanzar 120 cm de longitud total.

Estudios sobre la biología de la especie: este lagarto es de actividad diurna y heliótermo, y desarrolla su actividad durante todo el año, aunque disminuye en invierno. El patrón diario de actividad es claramente unimodal, con un pico pronunciado durante el mediodía, aunque se ha detectado actividad nocturna en verano. Las preferencias térmicas son similares a las de *G. caesaris* y ligeramente superiores a las de *G. stehlini* (Márquez *et al.* 1997). Existe un claro dimorfismo sexual en la longitud cabeza-cloaca y en el tamaño de la cabeza, siendo mayor en los machos (Rodríguez-Domínguez *et al.* 1998 b). La dieta de los adultos es fundamentalmente vegetariana, y se alimenta de hojas, brotes y semillas de varias especies, aunque existe cierto grado de omnivorismo al complementar su dieta con insectos. El comportamiento agresivo, según datos de cautividad, se produce entre machos, cuando uno de ellos no residente, es colocado en un terrario donde hay una pareja establecida en la época de celo. Desde el inicio de la interacción, se produce el hinchamiento de la garganta o la compresión vertical del cuerpo en ambos individuos. Cuando los machos poseen dimensiones corporales y craneales similares se produce una persecución inicial del residente sobre el no residente que desemboca en una mordida mutua en las cabezas que puede ocasionar daños físicos. Estas interacciones agresivas también han sido observadas entre las hembras.

Tamaño y estructura de la población: desde el año 1974, se han efectuado varios censos en la población superviviente de La Fuga de Gorreta, cuyos resultados se resumen en la tabla 49.2. Conforme se ha avanzado en los estudios realizados, el área de distribución parece haber aumentado aunque no se ha muestreado con suficiente intensidad debido a lo accidentado del terreno y a que los excrementos, que han sido utilizados para delimitar el área, son en ocasiones desplazados por la acción del viento, dificultando su detección y la cuantificación del área. La estima más reciente del tamaño de la pobla-

Tabla 49.2

Resultado de los censos de la población del Lagarto Gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi machadoi*).

POBLACIÓN DEL LAGARTO GIGANTE DE EL HIERRO

Año	Referencias	Tamaño población	Área estimada (m ²)
1974	Martínez-Rica (1982)	100-200	6.000
1985	Machado (1985 a)	150-200	1.500-2.000
1986	Naeslund y Bischoff (1998)	900	22.000
1995	Pérez-Mellado y Romero-Beviá (1997)	149	36.605
1997	Rodríguez-Domínguez <i>et al.</i> (2000)	1.613	56.593

ción es algo mayor que la aportada por Naeslund & Bischoff (1998), aunque hay que tener en cuenta que el área estimada en este caso fue sensiblemente inferior. Las cifras que han sido aportadas en los tres censos restantes, son muy similares entre sí para áreas muy dispares y difieren bastante de las dos anteriores. Se ha determinado que la estructura de la población está formada por un 65% de individuos adultos (30% machos y 35% hembras) y un 35% de subadultos y se estima una mortalidad infantil elevada, reflejo de la baja proporción encontrada de juveniles de un año de edad (Machado 1985 a).

Reproducción en cautividad: las primeras experiencias de reproducción comenzaron en el año 1986. A partir del año 1991 se suspendió el proceso de reproducción y empezó la construcción de un nuevo centro. Las actividades se reanudaron en 1995. Las nuevas instalaciones poseen amplios territorios –que simulan el hábitat y la insolación natural–, criaderos de alimento vivo, laboratorios, etc. De los resultados obtenidos se desprende que la especie alcanza la madurez sexual a partir del tercer año (Rodríguez-Domínguez y Molina-Borja, 1998) y que la actividad reproductora y primeras cópulas comienzan en la primera quincena de mayo. La puesta, compuesta de 8,6 huevos (5-13), abarca los meses de junio a agosto. Algunas hembras pueden almacenar esperma vivo durante más de un año (Rodríguez-Domínguez 1999). Actualmente, las experiencias de reproducción se desarrollan a buen ritmo, y se han obtenido incluso segundas puestas, mientras que los cruzamientos se dirigen siguiendo criterios genéticos, para obtener una población lo más pura genéticamente hablando, e incrementar la variabilidad genética de la población cautiva con la captura de nuevos ejemplares. Luego se reintroducirán en su hábitat e implantarán microchips individuales a nivel subcutáneo, para llevar a cabo un exhaustivo control de los mismos. El total de individuos mantenidos en cautividad asciende a 456 (enero 2000), doce de los cuales fueron capturados en el hábitat natural y se utilizan como progenitores.

Sensibilización y educación ambiental: el éxito de un programa de conservación depende en gran medida de la sensibilización que manifieste la población humana. Según Machado (1985 b), la turbulenta y a menudo apasionada historia del lagarto ha servido de mucho ya que, la torpeza de quienes enfrentaron la conservación del animal con el desarrollo socioeconómico de la isla, ha sido superada con creces. En este sentido, la figura de Carlos Silva aparece como elemento dinamizador de la sensibilización ciudadana en la estrategia para la conservación de la especie. Una batalla especial fue la iniciada ante la pretensión privada de instalar una machacadora de áridos en la base de La Fuga de Gorreta. Además, propuso la alternativa de desarrollo para la zona de Guinea donde se localizan el centro de reproducción del Lagarto Gigante de El Hierro y el ecomuseo del poblado de Guinea, surgido del proyecto de restauración y rehabilitación del antiguo caserío allí ubicado. Como campaña divulgativa se confeccionaron pos-

tales y pósters donde se incluyeron los datos más novedosos del Plan de Recuperación, obteniéndose una gran aceptación. En 1996 se editaron nuevos folletos y pósters por parte de la Viceconsejería de Medio Ambiente y el apoyo de la Unión Europea. Por último, el Centro dispone de unas instalaciones abiertas al público gestionadas por el Cabildo Insular de El Hierro donde se permite contemplar la especie y recibir información a cerca de su historia natural y problemática de conservación. La importancia de este Centro se ha puesto de manifiesto con el hecho de que desde su inauguración, en mayo de 1995, ha sido visitado por más de 40.000 personas.

Reintroducción en el hábitat natural: uno de los objetivos del programa de cría en cautividad es la generación de un contingente de ejemplares suficiente que permita la reintroducción en zonas óptimamente favorables. Para ello se han emprendido estudios encaminados a conocer los requerimientos ecológicos de la especie en su hábitat natural (disponibilidad trófica, condiciones microambientales, relaciones con posibles depredadores y competidores, etc.), así como para elegir zonas que satisfagan estos requerimientos y no susciten conflictos con las actividades humanas. En 1996 se realizó una suelta experimental mediante radioseguimiento (radiotransmisores de collar) de dos individuos de 10 años de edad nacidos en cautividad. La experiencia resultó infructuosa debido a que uno de ellos fue depredado y el otro desprendido del collar como resultado de sendas interacciones con gatos. Actualmente se trabaja en otras áreas, las laderas del Julan y el Roque Chico de Salmor, sobre todo éste último debido a la ausencia de depredadores (excepto gaviotas) y la abundancia relativa de vegetales e insectos. La primera reintroducción (constituida por 21 ejemplares nacidos en cautividad) fue realizada en el Roque Chico en febrero de 1999. En junio de este mismo año se liberaron 12 individuos en El Julan, confirmando su reproducción.

Objetivos a medio y largo plazo

De los resultados y conclusiones más importantes desarrollados en el Simposio sobre el Lagarto Gigante de El Hierro, se planteó la necesidad de planificar y coordinar determinadas acciones del Plan de Recuperación para consolidar la población natural y la elección de otros núcleos de reintroducción. Respecto a la población natural, se estimó necesario el control de gatos y cabras, así como la vigilancia estricta de la Reserva Natural. También se propuso la captura de algunos individuos machos de la población del risco para la reproducción y mejora de la variabilidad genética de la población cautiva. Respecto al Centro de Reproducción, se estimó la necesidad de emitir un protocolo de acciones a desarrollar, que incluyesen aspectos como la alimentación, hidratación, mantenimiento, elección de cruzamientos de reproductores, etc., estimándose fundamental la colaboración con distintos colectivos implicados, como cazadores, ganaderos y sociedades protectoras de animales, encaminados sobre todo a la rein-

roducción del lagarto, y a la posible eliminación de sus depredadores. Por otra parte, se deberá tener en cuenta la genética particular de esta especie, no llevando a falsas alarmas sobre la situación genética de la población, la cual no parece tener problemas, al menos, en cuanto a genes deletéreos se refiere. La consecución de los objetivos propuestos en el Plan de Recuperación dará lugar al mantenimiento de una población viable y sostenible en el hábitat natural para, de esta forma, garantizar la conservación de la especie y la preservación de la diversidad genética.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Fernando Domínguez-Casanova, en esa época, Jefe de la Sección de Flora y Fauna de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias y a Gorgonio Díaz y Juan Luis Rodríguez Luengo, coordinadores de la Unidad de Fauna de esa Sección. Manuel Nogales revisó el manuscrito original de este trabajo y realizaron valiosos comentarios acerca de los objetivos que debía contener el Plan de Recuperación de la Hubara Canaria. Aurelio Martín, Carlos Naeslund y Joachim Hellmich revisaron y realizaron interesantes aportaciones al contenido de los Planes de Recuperación. Por último, a todo el personal de Medio Ambiente de las islas de Fuerteventura y El Hierro, en especial a Javier Seijas, Juan Hernández, Francisco Rodríguez, M. Ruiz, Andrés García, Juan P. Pérez, Manolo Fleitas y Alfonso Quintero. A todo el personal de la A.H.E. por su amistad a lo largo de todo el Proyecto *Life* del lagarto gigante de El Hierro.

Capítulo 50

LA RED CANARIA DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS



La Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos nació oficialmente el 19 de diciembre de 1994, al aprobarse la Ley 12/1994, de Espacios Naturales de Canarias¹. Posteriormente, la Ley 12/1994 quedó derogada en virtud de su incorporación al Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias². El Texto Refundido, recogiendo las disposiciones de la Ley 12/1994, establece en su artículo 48.3 que "en función de los valores y bienes naturales que se protegen los Espacios Naturales Protegidos del Archipiélago se integran en una Red en la que estarán representados los hábitats naturales más significativos y los principales centros de biodiversidad". Además, el cuarto punto del artículo 48 incorporaba a la Red Canaria "los Parques Nacionales declarados por las Cortes Generales sobre el territorio canario, sin perjuicio de las competencias del Estado". Finalmente, la Disposición Adicional Sexta del Texto Refundido establece que "el Parlamento de Canarias podrá integrar en la Red Canaria aquellos (Espacios Naturales) que recibieran una protección específica por organismos internacionales o supranacionales.

El concepto de red, tal y como se ha definido en el Texto Refundido, es similar en la doctrina internacional de áreas protegidas al de sistema, que podría definirse como un conjunto de lugares naturales y seminaturales que contribuyan al bienestar humano y al mantenimiento a largo plazo de la biosfera, mediante el mantenimiento de la biodiversidad, y la protección de los valores estéticos y culturales, así como mediante la provisión de bienes materiales y servicios medioambientales para la sociedad (Miller 1992). Por eso, el diseño de la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos se hizo con un objetivo muy concreto: promover un desarrollo sostenido que tuviera en cuenta la estrecha relación que hay en Canarias entre el turismo —como base de la economía— y la oferta natural de

las islas para atraer a dicho turismo" (Martin *et al.* 1995).

El establecimiento de áreas protegidas bajo criterios de red conlleva, además, subrayar la importancia que tiene no sólo el régimen de protección que se le asigna al espacio seleccionado, sino también el régimen que opera en sus alrededores. Ese es el motivo de que, por ejemplo, los parques se ubiquen en las cercanías de alguna población importante, dado que uno de sus objetivos es el fomento del uso público; o de que las reservas, cuya declaración se fundamenta en la conservación de la naturaleza, habitualmente estén integradas en otro espacio protegido, que ejerce una función de amortiguación. De hecho, parte del éxito en la gestión futura de los espacios estará en relación a la habilidad con que se ubique estratégicamente cada categoría, ya que éstas representan diferentes modelos de intervención en el territorio, que en cada caso han de ajustarse a una determinada realidad ecológica y social.

Esta idea se opone a la tradicional declaración de espacios en las distintas clases de protección, singularmente los parques nacionales, afectando a espacios cuyos evidentes valores y peligro se han ido poniendo de manifiesto en determinados momentos (Ruiz 1982), y que ha dado como resultado en muchos lugares la creación de un conjunto de áreas protegidas independientes y desconectadas entre sí, con una finalidad poco definida y cuya gestión se basa en la improvisación.

Al margen de los parques nacionales, que se integran en una red nacional, en Canarias el primer intento de crear una red regional de espacios naturales protegidos se remonta al año 1980³, y sirvió de base para la posterior elaboración de una serie de planes especiales de protección y catalo-

¹ Boletín Oficial de Canarias, Año XII, nº157, de 24 de diciembre de 1994.

² Decreto Legislativo 1/2000, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias, Boletín Oficial de Canarias Año XVIII, nº 60, de 15 de mayo de 2000.

³ En este año el Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) elaboró un documento intitulado "Inventario Abierto de Espacios Naturales Protegibles de Canarias", que pretendía establecer un catálogo de espacios naturales "que merecieran especial protección, al objeto de poder controlar las acciones, concesiones y permisos sobre su territorio, en razón de evitar su posible deterioro o degradación".

gación de espacios naturales, en cada una de las islas del archipiélago⁴. Estos planes nunca se aprobaron, pero condicionaron la delimitación de zonas a proteger en una ley de declaración de espacios naturales aprobada por el Parlamento canario en 1987. Esta Ley 12/1987 de 19 de junio, de Declaración de Espacios Naturales de Canarias⁵, declaró 104 espacios naturales que en conjunto suponían más de un tercio de la superficie de la Comunidad Autónoma de Canarias, aplicando un régimen de protección basado en el empleo de dos únicas categorías: Parque Natural y Paraje Natural de Interés Nacional. La filosofía de esta Ley 12/1987 era claramente preventiva, en un momento en el que existían fuertes presiones urbanizadoras sobre algunas de las principales áreas naturales del archipiélago, por lo que en la misma no se desarrolló en profundidad el concepto de red.

Ya en el año 1992 se detecta, en la memoria del denominado *Proyecto Fénix*⁶, la preocupación existente en el Gobierno de Canarias por profundizar en la creación de una auténtica red de áreas protegidas. Es necesario, sin embargo, esperar hasta el año 1994 para que se apruebe y promulgue por vez primera en Canarias una ley, la Ley 12/1994, que lo aplicara de manera coherente.

Actualmente, los diferentes espacios naturales protegidos del archipiélago se clasifican en siete categorías diferentes: parques naturales y rurales; reservas naturales integrales y especiales; monumentos naturales; paisajes protegidos; y sitios de interés científico, a las que habría que añadir una figura estatal, la de parque nacional. El propio Texto Refundido define cada una de estas categorías, y les asigna una finalidad: los parques son áreas naturales amplias, poco transformadas por la explotación u ocupación humanas que, en razón de la belleza de sus paisajes, la representatividad de sus ecosistemas o la singularidad de su flora, de su fauna o de sus formaciones geomorfológicas, poseen unos valores ecológicos, estéticos, educativos y científicos cuya conservación merece una atención preferente. Los *parques naturales*, cuyas bellezas naturales, fauna, flora y gea en su conjunto se consideran muestras singulares del patrimonio natural de Canarias, se declaran con el objeto de preservar los recursos naturales que albergan para el disfrute público, la educación y la investigación científica de forma compatible con su conservación. Los *parques rura-*

les, en los que coexisten actividades agrícolas y ganaderas o pesqueras, con otras de especial interés natural y ecológico, conformando un paisaje de gran interés, se declaran en cambio con el objeto de conservar todo el conjunto y promover a su vez el desarrollo armónico de las poblaciones locales y mejoras en sus condiciones de vida.

Las reservas naturales tienen como finalidad la protección de ecosistemas, comunidades o elementos biológicos o geológicos que, por su rareza, fragilidad, representatividad, importancia o singularidad merecen una valoración especial. Su objeto es la preservación integral de todos sus elementos bióticos y abióticos, así como de todos los procesos ecológicos naturales, en el caso de las *reservas naturales integrales*, y la preservación de hábitats singulares, especies concretas, formaciones geológicas o procesos ecológicos naturales de interés especial, en el caso de las *reservas naturales especiales*.

Respecto a los *monumentos naturales*, éstos son elementos de la naturaleza, de dimensión reducida, constituidos básicamente por formaciones de notoria singularidad, rareza o belleza que son objeto de protección especial, y en especial las formaciones geológicas, los yacimientos paleontológicos, y demás elementos de la gea, mientras que los *paisajes protegidos* son aquellas zonas del territorio que, por sus valores estéticos y culturales así se declaren, para conseguir su especial protección. Finalmente, los *sitios de interés científico* son aquellos lugares naturales, generalmente aislados y de reducida dimensión, donde existen elementos naturales de interés científico, especímenes o poblaciones animales o vegetales amenazadas de extinción o mercedoras de medidas específicas de conservación.

En definitiva, la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos ha quedado constituida, hasta el momento, por 145 espacios naturales, que suponen 301.162 ha, superficie que representa el 40% del archipiélago canario (Fig. 50.1), si bien es cierto que existen sensibles diferencias entre El Hierro, que tiene protegida más de la mitad de la superficie de la isla, y Fuerteventura, que sólo cuenta con la cuarta parte.

La isla de El Hierro tiene siete espacios naturales protegidos en la red, con una superficie total de 15.604,4 ha. Es la isla

⁴ Más conocidos por su acrónimo de PEPCEN, si bien en la isla de Gran Canaria, este documento recibió el nombre de "Plan Especial de Protección de Espacios Naturales" (PEPEN). En la memoria de estos Planes Especiales puede leerse que uno de sus objetivos es ofrecer "una red congruente y representativa de los espacios naturales en el contexto de la isla".

⁵ Boletín Oficial de Canarias, Año V, nº85, de 1 de julio de 1987.

⁶ Conjunto de estudios que debían ser la base para la redacción de varios proyectos de decreto de reclasificación de espacios naturales, y que desembocaron en la redacción y aprobación de una nueva ley de espacios naturales, la Ley 12/1994. Una de las pretensiones de este Proyecto era "buscar un esquema racional y balanceado del conjunto de áreas protegidas dentro de la isla, así como dentro del Archipiélago", distribuyendo "las figuras (de protección) de modo que las de mayor fragilidad queden en *retaguardia*, resguardadas por otras *más resistentes* que hagan de colchón a la presión humana".

con mayor porcentaje de superficie protegida, el 58,1%, y sin embargo, a nivel regional, por su tamaño sólo aporta el 5% de la superficie de la red. Destaca en esta isla la presencia del Parque Rural de Frontera, que ocupa casi la mitad de la superficie insular, aunque también cuenta con tres reservas naturales, con dos paisajes protegidos y con un monumento natural.

La Palma cuenta con veinte espacios naturales protegidos, que abarcan una superficie de 25.005,6 ha, lo que supone el 35,3% de su superficie insular. El Parque Nacional de Caldera de Taburiente fue declarado en 1954, para albergar una magnífica muestra de pinar canario. Hoy en día, el parque nacional se ve complementado, en su papel de espacio destinado al fomento del uso público y el recreo compatible con la conservación, por dos parques naturales: el de Las Nieves, en el norte de La Palma, donde se asientan las mejores comunidades de laurisilva de la isla; y el de Cumbre Vieja, en el sur, con las principales manifestaciones de vulcanismo histórico. Las áreas de conservación más estricta están representadas por dos reservas naturales, una de tipo integral y otra especial, y reparados por toda la isla se encuentran ocho monumentos naturales, cuatro paisajes protegidos y tres sitios de interés científico.

Un tercio de la superficie de La Gomera, es decir 12.314,7 ha, está incluida en alguno de los diecisiete espacios naturales protegidos de la isla. La mayor parte de los bosques de laurisilva que ocupan la meseta central gomera fueron incluidos en el más reciente de los parques nacionales canarios, el de Garajonay, declarado en 1981. Además, existen en la isla otros dos parques, el Parque Natural de Majona, en una zona de abruptos barrancos al norte, y el Parque Rural de Valle Gran Rey, que alberga los más espectaculares bancales de cultivo de toda Canarias. Una reserva natural integral y otra de categoría especial, junto con un paisaje protegido, ocho monumentos naturales y tres sitios de interés científico, completan el inventario de los espacios naturales protegidos de La Gomera.









En Tenerife está protegido un 48,6% de la superficie de la isla, repartido por cuarenta y tres espacios naturales protegidos. Las 98.910 ha protegidas en esta Isla representan la tercera parte del total de superficie protegida en el archipiélago, y su estado de conservación, relativamente bueno, se ha traducido en una gran proporción de parques. Desde 1954 se halla declarado el Parque Nacional del Teide, en el centro de la isla, actualmente rodeado en su totalidad por el mayor de los espacios de la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos, el Parque Natural de Corona Forestal, que da cobijo a los más extensos pinares de Canarias. En los dos extremos, nororiental y noroccidental de la isla, se ubican los dos parques rurales de Anaga y Teno, ocupando dos antiguos macizos montañosos con numerosos usos tradicionales. El Parque Rural de Anaga tiene en su interior a tres de las cuatro reservas naturales integrales declaradas en Tenerife, y además, se han decla-

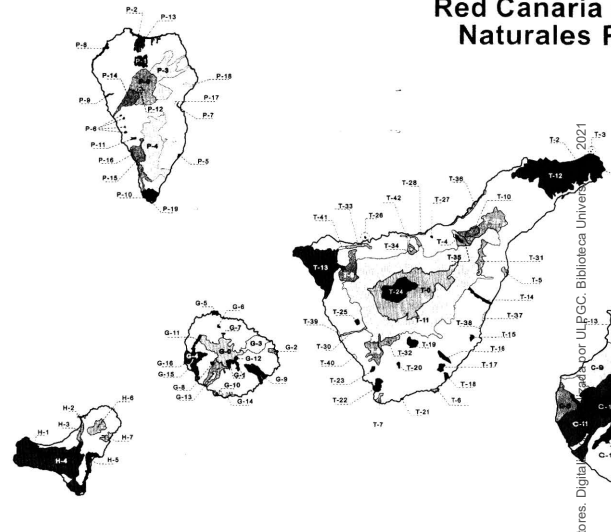
rado en esta isla seis reservas naturales especiales. Los monumentos naturales, en número de catorce, se distribuyen mayoritariamente por el sur de la isla, mientras que en los nueve paisajes protegidos se incluyen desde paisajes agrarios de tipo tradicional hasta zonas forestales. Finalmente, la isla cuenta también con seis sitios de interés científico.

Los treinta y dos espacios naturales protegidos de Gran Canaria abarcan una extensión de 66.571,1 ha, que equivale al 42,7% de la superficie de la isla. Los más extensos son sus cuatro parques. Los parques naturales de Tamadaba y de Pilancones protegen grandes macizos montañosos recubiertos de pinar, mientras que el Parque Rural de El Nublo incluye la mayor parte de las cumbres de la Isla, con diversos caseríos dispersos por su superficie, y el de Dornamas está formado por varios barrancos ocupados por relictos de laurisilva entremezclados con zonas agrarias. Gran Canaria, isla más poblada del archipiélago, cuenta con ocho reservas naturales, dos de ellas integrales. Distribuidos en su mayor parte por la mitad nororiental, los nueve monumentos naturales de la isla albergan en su mayor parte edificios volcánicos singulares. Al ser Gran Canaria una isla con una profunda impronta humana, los siete paisajes protegidos aquí declarados tienen todos gran entidad, destacando los de Tafira y Pino Santo, en las medianías cercanas a Las Palmas de Gran Canaria. Como enclaves de valor excepcional se han distinguido además cuatro sitios de interés científico.

En Fuerteventura se ha protegido una extensión de 47.726,9 ha, que se corresponde con el 28,8% de su superficie, repartida en trece espacios naturales protegidos. Gran parte de la superficie protegida se concentra en cuatro grandes parques; tres son parques naturales, los de Corralejo, ocupado por un gran campo de dunas móviles, Isote de Lobos, que cuenta con una gran diversidad de especies, sobre todo vegetales, y Jandia, un antiguo macizo montañoso muy abarrancado y parcialmente cubierto por arenas eólicas. El cuarto de los parques mayoreros es el Parque Rural de Betancuría, el mayor de los espacios naturales protegidos de la isla, que ocupa un importante afloramiento geológico del complejo basal. Además, se han declarado seis monumentos naturales, dos paisajes protegidos y un sitio de interés científico, que completan el conjunto de los espacios naturales protegidos de Fuerteventura.

En lo que atañe a Lanzarote, esta isla cuenta con trece espacios naturales protegidos que ocupan una superficie de 35.029,2 ha, o lo que es lo mismo, el 41,4% de la superficie insular. El Parque Nacional de Timanfaya fue declarado en 1974 para proteger los volcanes de la erupción histórica de 1830-1836. Rodeándolo está el Parque Natural de Los Volcanes, también de naturaleza eminentemente geológica, y en el norte de la isla se encuentra el único espacio natural protegido de la Red Canaria que incluye una amplia extensión mari-

-  PARQUE NACIONAL
-  RESERVA NATURAL INTEGRAL
-  RESERVA NATURAL ESPECIAL
-  PARQUE NATURAL
-  PARQUE RURAL
-  MONUMENTO NATURAL
-  PAISAJE PROTEGIDO
-  SITIO DE INTERÉS CIENTÍFICO



Red Canaria Naturales F

- ISLA DE EL HIERRO**
- H-1 Reserva Natural Integral de Mencáfete
 - H-2 Reserva Natural Integral de los Roque del Salmor
 - H-3 Reserva Natural Especial de Tibataje
 - H-4 Parque Rural de Frontera
 - H-5 Monumento Natural de Las Playas
 - H-6 Paisaje Protegido de Venetjis
 - H-7 Paisaje Protegido de Timirjaque

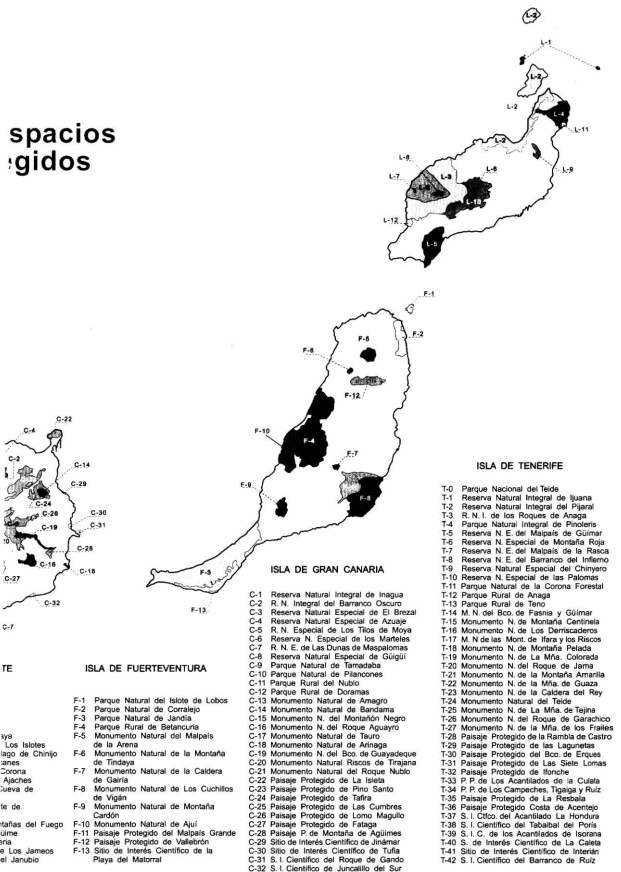
- ISLA DE LA PALMA**
- P-0 P. Nacional de la Caldera de Taburiente
 - P-1 Reserva N. Integral del Pinar de Garañía
 - P-2 Reserva Natural Especial de Guelguén
 - P-3 Parque Natural de las Nieves
 - P-4 Parque Natural de Cumbre Vieja
 - P-5 Monumento Natural de Mña de Azúfre
 - P-6 M. N. de Los Volcanes de Andane
 - P-7 M. N. del Risco de la Concepción
 - P-8 M. N. de la Costa de Hiscagüen
 - P-9 Monumento N. del Barranco del Jorado
 - P-10 M. N. de los Volcanes de Teneguía
 - P-11 M. N. del Tubo Volcánico de Tadoque
 - P-12 Monumento Natural de Idafie
 - P-13 Paisaje Protegido de El Tablado
 - P-14 Paisaje P. del Bco. de Las Angustias
 - P-15 Paisaje Protegido de Ismanca
 - P-16 Paisaje Protegido de El Remo
 - P-17 Sitio de I. Científico de Juan Mayor
 - P-18 S. I. Científico del Barranco de Agua
 - P-19 S. I. C. de las Salinas de Fuencaiente

- ISLA DE LA GOMERA**
- G-0 Parque Nacional de Garajonay
 - G-1 Reserva N. Integral de Benichigua
 - G-2 Reserva N. Especial de Puntalana
 - G-3 Parque Natural de Majona
 - G-4 Parque Rural de Valle Gran Rey
 - G-5 Monumento Natural de Los Organos
 - G-6 Monumento Natural de Roque Cano
 - G-7 Monumento N. de Roque Blanco
 - G-8 Monumento Natural de La Fontezza
 - G-9 Monumento N. del Bco. del Cabrito
 - G-10 Monumento Natural de La Caldera
 - G-11 M. N. del Lomo de Camitón
 - G-12 Monumento Natural de Los Rouges
 - G-13 Paisaje Protegido de Drone
 - G-14 Sitio de Interés Científico de Acantilados de Auseró
 - G-15 Sitio de Interés Científico del Charco del Conde
 - G-16 Sitio de Interés Científico del Charco de Cieno

- L-0 Parque Nacion
- L-1 Reserva Natur
- L-2 Parque Natura
- L-3 Parque Natura
- L-4 Monumento N.
- L-5 Monumento N.
- L-6 Monumento N.
- L-7 Monumento N.
- L-8 Monumento N.
- L-9 Paisaje Proteg
- L-10 Paisaje Proteg
- L-11 Sitio de Interé
- L-12 Sitio de Interé

2021
 U.P.G.C. Biblioteca Univers
 Digitalizado por U.P.G.C. Biblioteca Univers
 Autores, los autores, Digital

espacios protegidos



na: el Parque Natural de Archipiélago Chinijo, en cuyo interior se encuentra también la Reserva Natural Integral de Los Islotes. Los impresionantes elementos geológicos del paisaje se hallan representados en los cinco monumentos naturales de la isla, mientras que las peculiares modalidades agrarias con que el campesino de Lanzarote se ha adaptado al medio insular están representadas en los dos paisajes protegidos existentes. Por último, un gran tubo volcánico y unas salinas han sido distinguidos con su declaración como sitios de interés científico.

La superficie de los espacios naturales protegidos de España representa un 6% del total nacional, mientras que Austria y Alemania cuentan con un 25%, Reino Unido con un 19%, Suiza con un 18% y Francia con un 10% (Azcarate y Aboal 1996). La superficie protegida en la Comunidad Autónoma de Canarias asciende hasta el 40%, repartida en 145 espacios naturales protegidos. Este elevado porcentaje refleja sin duda los innegables valores naturales y paisajísticos del archipiélago, en el contexto de la Unión Europea, pero establece también el reto de proceder a la adecuada planificación y posterior gestión de una red cuya superficie, porcentualmente, no admite comparación con los sistemas de áreas protegidas existentes en el entorno sociopolítico más inmediato.

El éxito de la gestión de la Red va a depender de los Cabildos Insulares, a los que la Comunidad Autónoma de Canarias ha delegado, por mandato legal y mediante cuatro diferentes decretos promulgados durante el año 1997, la gestión de los espacios naturales protegidos, delegación que se ha hecho efectiva a partir del 1 de enero de 1998. A partir de esa fecha, los Cabildos Insulares se han hecho responsables, entre otros aspectos, de las autorizaciones para aprovechamientos forestales, actividades en montes públicos, competiciones deportivas, acampadas, caravanas de vehículos todo terreno, y cualquier otro uso a desarrollar en el interior de los espacios naturales protegidos.

Otro desafío es el de la futura expansión de la red. Según Miller (1992), para expandir y consolidar una red, los planificadores en áreas protegidas deben concentrar sus esfuerzos en la identificación y selección de lugares que contengan eventos biológicos clave, incluyendo diversidad de especies, características genéticas específicas y tipos de hábitats. El mayor énfasis debería ser puesto en el inventario sistemático, la investigación y el seguimiento, y la cuidadosa protección de lu-

gares que albergan cantidades de plantas, animales o microorganismos con características genéticas particulares.

Hasta el momento ese inventario se ha encauzado, en Canarias, por dos vías principales. La primera es la de los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (P.O.R.N.) de ámbito insular, que se están elaborando en la actualidad y que parecen augurar un futuro crecimiento de la red hacia lugares tan valiosos como el macizo de Amurga, en Gran Canaria, aunque la expectativa más inmediata de ampliación es la de Cueva del Viento, en Tenerife. Para este espacio se encuentra actualmente en tramitación un P.O.R.N. específico, que propone su inclusión en la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos. La otra vía para detectar lugares candidatos a integrarse en la Red Canaria se enmarca en la Directiva europea 92/43/CEE, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales de la Fauna y Flora Silvestres, que prevé la creación de una red europea de espacios naturales protegidos, llamada Natura 2000. En relación con esta iniciativa, se ha realizado un inventario exhaustivo que ha revelado la existencia de ciertas carencias en la Red Canaria, como son una insuficiente representación de los ecosistemas de monteverde y de bosque termófilo y, específicamente, de palmerales, sobre todo en las islas de La Palma y La Gomera, así como de espacios naturales protegidos marinos, incluyendo ecosistemas tan valiosos como los sebadales. Para subsanarlo, se ha redactado una propuesta de Lugares de Interés Comunitario (LIC), actualmente en tramitación, y que incluye áreas que en el futuro formarán parte de la mencionada red europea Natura 2000, con el nombre de Zonas Especiales de Conservación (ZEC).

Además, y con carácter más inmediato, se ha iniciado recientemente⁷ el procedimiento para declarar un nuevo sitio de interés científico, de ámbito principalmente marino, en Lanzarote: La Marina de Arrecife y Salinas de Naos; y un nuevo monumento natural en Barranco del Draguillo, en Gran Canaria.

Otra modalidad de espacio protegido, en este caso de carácter marino, a tener en cuenta, son las denominadas reservas marinas de interés pesquero. Esta figura de protección, contemplada en el Real Decreto 681/1980⁸, consiste en el establecimiento, por la Dirección General de Ordenación Pesquera, y previo informe de la Comandancia Militar de Marina y del Instituto Español de Oceanografía, de zonas de reserva, en las que queda prohibida la extracción de alguna o todas las especies de fauna y flora marinas que se determinen, y por

⁷ Órdenes de 31 de enero de 2000, por la que se inicia el procedimiento de declaración de sitio de interés científico de La Marina de Arrecife y Salinas de Naos (Lanzarote), y de Monumento Natural a favor del Barranco del Draguillo en Ingenio (Gran Canaria).

⁸ Real Decreto 681/1980, de 28 de marzo, de Ordenación de la Actividad de Pesca Marítima (BOE de 16 de abril de 1980)

⁹ Decreto 62/1995, de 24 de marzo, por el que se establece una reserva marina de interés pesquero en el entorno de la isla de La Graciosa y de los islotes del norte de Lanzarote (BOCA de 26 de abril de 1995).

¹⁰ Decreto 30/1996, de 16 de febrero, por el que se establece una reserva marina de interés pesquero en la isla de El Hierro, en el entorno de la Punta de La Restinga, Mar de las Calmas (BOCA de 11 de marzo de 1996).

el tiempo que se establezca. Para la declaración de una reserva marina tiene que ser oída, además, la Federación Nacional de Cofradías de Pescadores, lo que hace que esta figura de protección deba contar con un amplio acuerdo de los diferentes sectores implicados en su declaración y gestión.

En la actualidad existen en Canarias dos reservas marinas, la primera fue declarada en 1995⁹ e incluye el entorno de la isla de La Graciosa y de otros islotes del norte de Lanzarote, coincidiendo en parte con el Parque Natural del Archipiélago Chinijo. Esta reserva comprende una zona de máxima protección que ocupa un radio de una milla en torno al Roque del Este, en la que está prohibida todo tipo de pesca, así como el acceso sin autorización de la Consejería de Pesca y Transportes. La segunda de las reservas marinas de Canarias se de-

claró en 1996¹⁰ en el litoral meridional de la isla de El Hierro, en el entorno de la punta de La Restinga y Mar de las Calmas. En este caso, la zona de reserva integral se encuentra entre el roque de Naos y la playa de La Herradura, y en la misma se ha prohibido la realización de actividades subacuáticas, así como todas las modalidades de pesca a excepción de la pesca profesional de túnidos.

Las reservas marinas de interés pesquero se declaran expresamente para garantizar la conservación y mejora de los recursos pesqueros, y actualmente no forman parte de la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos. Sin embargo, su existencia viene a compensar el notable déficit de ésta en lo que respecta a espacios naturales protegidos declarados en el ámbito marino.



Foto José Manuel Moreno

Sitio de Interés Científico del Charco de Cieno, La Gomera

Capítulo 51

CONSERVACIÓN EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS

JOSÉ L. ... DONDO



La conservación en los espacios naturales y seminaturales suele asociarse al establecimiento de un sistema de áreas protegidas y la ejecución de medidas precisas que garanticen su preservación. Es un proceso secuencial de varias fases: protección mediante normas específicas, planificación de acciones de conservación, la puesta en práctica de éstas (gestión), y el seguimiento que permita evaluar su eficacia (monitoreo). El proceso se retroalimenta a sí mismo y el desarrollo de alguna de sus fases puede influir tanto en la siguiente, como en la precedente (Fig. 51.1).

La equilibrada aplicación de todas estas fases condicionará el éxito final, y la preponderancia de unas sobre otras genera disfunciones que comprometen la eficacia de la estrategia de conservación. Así, cuando se declaran áreas protegidas y enseguida se dejan al abandono, sin la subsiguiente planificación y gestión, se genera una política de *parques de papel* de carácter pasivo y que no conduce a nada.

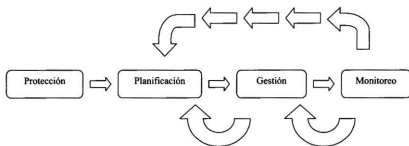


Figura 51.1

Fases del proceso secuencial de conservación en las áreas protegidas.

Si lo que se hace es practicar directamente algún tipo de gestión sin que haya habido una previa declaración protectora, se entra de lleno en el campo de la arbitrariedad, sobre todo cuando es la administración pública quien actúa y lo hace sobre recursos naturales privados. Una última posibilidad es cuando el espacio formalmente declarado es gestionado con el propósito de resolver problemas urgentes y apremiantes que exigen respuesta inmediata, sin que se haya elaborado un plan previo; la consecuencia de esta forma de actuar es que el corto

plazo prima sobre el medio plazo, se pierde la perspectiva de la finalidad última de conservación y a veces se producen incoherencias en la gestión de áreas similares. Por esto, la mejor estrategia de conservación es la que se inicia con una declaración política y donde la gestión se asocia a una planificación previa, entendida ésta como un procedimiento de reflexión antes de actuar y un necesario cauce de participación pública en la toma de decisiones.

LA PROTECCIÓN

La historia del establecimiento de las áreas protegidas en Canarias se remonta a mediados del siglo pasado, con la declaración de los primeros parques nacionales (1954), y tuvo su último episodio importante en 1994, cuando se aprobó la ley que regula la actual Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos (ver capítulos 43 y 50). Los primeros parques nacionales se gestionaron inicialmente sin planes previos, y lo mismo se puede decir de los demás espacios protegidos. La gestión prevalente durante mucho tiempo fue de carácter sectorial y enfocada al monte como fuente primordial de recursos. En la actualidad la situación es diferente, muchos espacios disponen ya de planes aprobados y mecanismos de participación pública en la gestión. Ésta tiene ahora a ser de carácter integral y no sólo presta atención al monte sino también al paisaje, la vida silvestre y los procesos ecológicos inherentes al funcionamiento de los ecosistemas, lo cual está en consonancia con la idea de que la gestión de los ecosistemas debe procurar mantener la integridad ecológica (Grumbine 1994).

La Ley de espacios naturales de Canarias, además de definir 145 espacios, estableció los principios básicos de su funcionamiento, cómo se relacionan entre sí, el tipo de planes que han de llevar, la gestión que corresponde a cada uno y las limitaciones asociadas a cada categoría de protección. Por su contenido, dicha Ley constituyó en sí misma un *plan de sistema* como los que la "Unión Mundial para la Naturaleza" recomienda para dar coherencia a la gestión bajo una perspectiva regional (Barzetti 1993).

LA PLANIFICACIÓN

a toma de decisiones sobre un territorio está condicionada por el escenario futuro al cual se quiere llegar, normalmente definido en las leyes durante la declaración del espacio protegido. Sin embargo, la realidad es que cada territorio tiene su propia evolución espontánea que no siempre apunta hacia la situación deseada. Cuanto mayor sea la diferencia entre el escenario futuro deseado y el escenario previsible debido a la evolución propia del sistema, más esfuerzo de planificación habrá que hacer. La aspiración general de cualquier plan es evitar que se vean comprometidos el mantenimiento de los recursos naturales, los procesos ecológicos esenciales que tienen lugar y el potencial futuro de utilización de ambos. Bajo una perspectiva más social, también se ha de garantizar una gestión que permita suficientes oportunidades para las poblaciones residentes de forma que puedan alcanzar una calidad de vida adecuada y en armonía con el entorno.

La planificación puede ser de tipo físico, económico o social, la integración de las tres nos lleva al concepto de ordenación territorial (Gómez Orea 1994), que por su carácter globalizador (incluye todos los ámbitos sectoriales), prospectivo (incorpora tendencias a medio y largo plazo) y funcional, es la que debe aplicarse en muchas de las áreas protegidas.

Tipos de planes

El primer plan a realizar, antes de empezar la ordenación de los espacios protegidos, es de ámbito regional (Miller 1996). La normativa canaria prevé la existencia de unos planes insulares (ver capítulo 44) que deberán definir las grandes directrices que luego serán desarrolladas a nivel local por los planes de cada espacio protegido. Sin embargo, y en el marco de la nueva normativa hasta la fecha no se ha aprobado ningún plan insular y si varios planes de espacios protegidos, de modo que en cierto sentido ha empezado a planificarse de abajo para arriba, en vez del proceso inverso, más coherente y eficaz.

No todas las áreas protegidas contienen los mismos valores ni la misma intensidad de usos, de modo que no todas han de ser objeto de una planificación al mismo nivel. Hay espacios que por su propia configuración casi se puede decir que se protegen solos, es el caso de roques o abruptos acantilados de difícil acceso. En estos casos no es preciso abordar una planificación integral como la mencionada, bastaría con una normativa sucinta para prevenir eventuales impactos.

Los espacios naturales protegidos de Canarias se engloban en ocho categorías distintas (ver capítulo 50), con diferentes finalidades de protección aunque algunas son más similares que otras. En función de estas finalidades, su ordenación corresponderá a planes de distinto alcance y contenido o a simples normas de conservación (Tabla 51.1). Esto último es lo que ocurre con los monumentos naturales y los sitios de interés científico.

Los planes rectores de uso y gestión (PRUG) son los documentos de planificación más completos y de ejecución más compleja, sobre todo cuando se desarrollan en un parque rural. En estos casos las acciones de conservación han de procurar tanto que las especies no se extingan como que las poblaciones rurales dispongan de adecuadas oportunidades de bienestar y desarrollo garantizando dotaciones y servicios como vías de comunicación, saneamiento, etc. En los parques rurales es donde –más que en ningún otro lugar– conservación y desarrollo han de conjugarse de forma armónica, por lo que son el paradigma del desarrollo sostenible. Los parques nacionales y los parques naturales carecen de poblaciones humanas y de usos agrarios importantes en su interior, de modo que sus planes rectores se orientan fundamentalmente a atender la demanda de uso público (social y recreativo) de la población circundante, sin que ello perjudique a la preservación de los valores naturales. Estos planes han de instrumentar el objetivo de fomentar el contacto del hombre con la naturaleza, que ha marcado una directriz global de conservación desde el nacimiento de los primeros parques nacionales en todo el mundo.

Tabla 51.1

Finalidad de protección de las diferentes categorías de áreas protegidas de Canarias. (++) dominante; + no dominante pero presente; - ausente; +/- presente sólo rara vez).

CATEGORÍA DE PROTECCIÓN	FINALIDAD DE PROTECCIÓN			TIPO DE PLAN
	Conservación	Uso Público	Desarrollo socioeconómico	
Parque nacional	++	++	+/-	PRUG
Parque natural	++	++	+/-	PRUG
Parque rural	++	++	++	PRUG
Reserva natural especial	++	+	-	PD
Reserva natural integral	++	-	-	PD
Paisaje protegido	+	+	+/-	PEPP
Monumento natural	+	+	-	Norma de Conservación
Sitio de interés científico	++	+/-	-	Norma de Conservación

Los planes directores de las reservas (PD) se incardinan casi exclusivamente a la conservación de los recursos naturales, siempre de forma más prescriptiva en el caso de las *integrales* que en las *especiales*. En estas últimas de manera excepcional se puede admitir un uso público de baja intensidad en forma de instalaciones de carácter recreativo (por ejemplo, en las reservas naturales especiales de Montaña Roja en Tenerife y de Dunas de Maspalomas en Gran Canaria).

Finalmente, los planes especiales (de protección paisajística, PE) son los menos ambiciosos en cuanto a sus objetivos, ya que con ellos se pretende detallar las actuaciones precisas para la conservación del paisaje, tanto si es natural y protege un bosque autóctono (paisaje protegido de Las Lagunetas en Tenerife), como si se encuentra intensamente transformado por el hombre y lo que protege es un paisaje agrario de gran belleza y riqueza cultural (paisaje protegido de La Geria en Lanzarote).

Zonificación

La zonificación es la principal herramienta de ordenación en las tareas de planificación. A través de ella el territorio se divide en diferentes zonas con distinto régimen de usos y se aplican destinos diferenciales a cada lugar en función de sus potencialidades y la estrategia global de conservación del espacio. Es entonces una técnica para compatibilizar usos aparentemente contrarios entre sí, que permite ubicar aquellas actuaciones más impactantes en las zonas que mejor pueden absorberlas, procurando preservar las más frágiles y de mayor valor natural.

En la tabla 51.2 se relacionan las categorías de zonificación que se aplican en los planes de los espacios protegidos de la Red Canaria, de más restrictiva a menos. No todas las categorías de zonificación han de estar representadas por igual en todos los espacios protegidos. En los parques rurales, las zonas de uso tradicional son mucho más importantes que en las reservas naturales especiales, e inexistentes en las integrales, y

Tabla 51.2

Tipos de zonas que se pueden aplicar en los espacios naturales protegidos y equivalentes según se trate de parques nacionales o las restantes categorías de protección.

Parques Nacionales*	Resto de categorías
Zona de reserva	Zona de exclusión o de acceso prohibido
Zona de uso restringido	Zona de uso restringido
Zona de uso moderado	Zona de uso moderado
Zona de uso especial	Zona de uso general
Zona de asentamientos tradicionales	Zona de uso especial

* Plan director de la red de Parques Nacionales. 1999.

en éstas es previsible que hayan más zonas de exclusión que en los parques. Como regla general, un plan rector debe zonificar un parque rural de tal forma que al menos el 50% de la superficie de éste sea zona de uso tradicional, zona de uso moderado o ambos, y lo mismos se puede decir para los planes rectores de los parques naturales con respecto a las zonas de uso moderado y las zonas de uso restringido, y para los planes directores de las reservas naturales integrales con respecto a las zonas de uso restringido y las zonas de exclusión.

Por su parte, la tabla 51.3 resume la extensión relativa de cada tipo de zona en las diferentes categorías de espacios protegidos, según se ha venido aplicando en Canarias desde 1994.

Participación pública

La participación pública es una fase importantísima dentro del proceso de planificación. Las circunstancias de cada plan aconsejan la intensidad con que debe realizarse (Eidsvik 1978), pero como mínimo debe incluir un periodo de información pública—en el cual los ciudadanos pueden presentar alegaciones—, y otro de consulta al patronato insular de espacios protegidos y a los estamentos administrativos. Cuanto más participativo sea este proceso mayores posibilidades hay de alcanzar un alto grado de consenso y satisfacción social, lo cual a medio plazo contribuye a generar una cultura de conservación que facilitará la puesta en práctica del plan.

En los casos en que esta cultura previa ya exista, la participación puede abordarse desde el mismo momento en que empiezan a formularse los objetivos del Plan, cuando todavía se está analizando el estado de conservación y los valores que encierra el espacio protegido (Castroviejo 1993), pero otras veces resulta más conveniente esperar a tener una propuesta preliminar de ordenación. El primer modelo es más participativo pero mucho más dilatado en el tiempo, el segundo permite alcanzar resultados en menos tiempo aunque con un grado de consenso no siempre tan alto como en el primero.

En la práctica existen muchas maneras de promover o, al menos de facilitar esta participación, como son desde la exposición del plan en Internet hasta la convocatoria de reuniones con los habitantes de los espacios y la presentación de los documentos antes de la información pública oficial para explicar su contenido. Pero la fórmula más eficaz suele ser siempre la del contacto directo de los planificadores con los sectores sociales más afectados por el plan, como es el caso de los habitantes que residen en los parques rurales. Estos suelen tener una percepción del espacio protegido muy diferente a la que tiene la población no residente. Los primeros suelen reivindicar del plan condiciones de vida propias del mundo rural, los segundos suelen demandar actuaciones que permitan convertir los pueblos en zonas urbanas, sobre todo cuando se trata de personas que tienen fijada su residencia en núcleos urbanos colindantes al espacio protegido. Por esta razón la

Tabla 51.3

Categorías de protección y proporción de los diferentes tipos de zonas: ++ dominante; + no dominante pero presente; - ausente; +/- presente sólo rara vez. En negrita se indican las zonas cuya superficie sumada debe abarcar al menos el 50% del espacio protegido.

Categoría	Zona de uso de exclusión	Zona de uso Restringido	Zona de uso Moderado	Zona de uso tradicional	Zona de uso General	Zona de uso especial
Parque natural	+	++	++	+/-	+	-
Parque rural	+	+	++	++	+	+
Paisaje protegido	-	+	++	++	+	+
Reserva natural especial	+	++	++	+/-	+	-
Reserva natural integral	++	++	+	-	+	-

participación pública en espacios periurbanos, como es el caso del Parque Rural de Anaga (Tenerife), reúne todas las condiciones para constituirse en plataforma de reivindicación de estilos de vida a menudo antagonicos (Redondo *et al.* 1994).

Estado actual del planeamiento

De los 145 espacios naturales protegidos, sólo corresponde obligatoriamente la elaboración de un plan a 75 (22 planes rectores de uso y gestión, 26 planes directores y 27 planes especiales de protección paisajística). El estado actual de planeamiento se indica en la tabla 51.4.

Estos 37 planes representan el 49% del total previsto realizar, pero si tenemos en cuenta que varios espacios se encuentran dentro de otros, de tal forma que cuando se elabora el plan de ordenación del área que la rodea y superpone, también se está ordenando su territorio, resulta que hay otros seis espacios que se puede entender que ya disponen de una propuesta de ordenación de usos (reservas naturales de El Pijaral, Ijuana, Roques de Anaga, Las Palomas, Mencáfete e Inagua), lo cual significa que el 57,3% de los espacios protegidos disponen de un plan de ordenación vigente o en tramitación.

Las primeras experiencias de planeamiento en Canarias han estado vinculadas a los cuatro Parques Nacionales, pioneras en cuanto a declaración (la última en ser declarada fue en 1981 el Parque Nacional de Garajonay), que han contado con documento de planificación desde los ochenta (en 1985 en el caso del Parque Nacional del Teide, en 1986 el de la Caldera de Taburiente, en 1981 el de Garajonay y en 1990 el de Timanfaya); algunos de ellos ya han renovado su Plan Rector o trabajan actualmente en ello, pasado el tiempo de vigencia para sus correspondientes planes, en parte porque muchas de sus actuaciones ya se han resuelto, han aparecido nuevos conflictos o se afrontan nuevos retos de gestión (Tabla 51.4)

LA GESTIÓN

Paralelamente a la evolución experimentada en las últimas décadas por la planificación, también se ha producido un cambio en la estrategia de gestión, desde un modelo más *pro-*

gramático a otro más *adaptativo*. El antiguo modelo programático de gestión se basaba en principios que hoy son muy discutidos, como que el medio ambiente se rige por parámetros ciertos y predecibles, que las tareas de gestión son en cierto modo repetitivas según fórmulas de probada eficacia en otros lugares, que la planificación ha de centralizarse con decisiones jerarquizadas de arriba a abajo, que son las funciones y no los objetivos la base de una buena organización, y que debe dejarse el mínimo margen posible a la ambigüedad. Bajo estos principios en Canarias se abordaron masivas campañas de repoblación forestal de especies exóticas (ver capítulo 32), a veces incluso en ambientes ecológicos absolutamente inapropiados (*Pinus halepensis* en la reserva natural especial de Puntallana, o *P. radiata* en el Parque Nacional del Teide), como resultado de decisiones centralizadas y jerárquicas con pocas posibilidades de ajuste a la particularidad de cada región.

Hoy se piensa que la impredecibilidad a medio y largo plazo en la evolución de los sistemas ecológicos (Ludwig *et al.* 1993) aconseja evitar planes excesivamente rígidos que dejan poco margen de decisión a los gestores. Se trata de permitir que éstos puedan irse adaptando a las circunstancias cambiantes a través de los descubrimientos que se hacen con la propia gestión (Mitchell 1999), de modo que es inevitable cierto nivel de ambigüedad en los planes. También se piensa que la toma de decisiones colegiadas es mejor garantía de perpetuidad que las de carácter jerárquico (Eidsvik 1978), y que las estructuras que se organizan por objetivos en vez de por funciones son más efectivas. Estos principios son los que definen la denominada estrategia de gestión adaptativa (Holling 1978), que consiste en enfocar las acciones como experimentos de los que se debe aprender a fin de avanzar hacia una mayor eficacia que permita cumplir con la finalidad del espacio protegido y alcanzar las metas preestablecidas en su plan de ordenación. Precisamente la adopción de esta estrategia de gestión es lo que hace que la cuarta fase descrita antes como componente esencial de la política de conservación, el monitoreo, sea de fundamental importancia para evaluar la propia gestión.

Administración en parques y reservas naturales

La normativa de espacios naturales protegidos establece la

Tabla 51.4

Espacios naturales protegidos con planeamiento vigente o en tramitación.

ISLA	ÁREA PROTEGIDA	PLAN
EL Hierro	Parque Rural de Frontera	En tramitación- PRUG
	Paisaje Protegido de Timijiraque	Aprobado- Plan Especial
	Paisaje Protegido de Ventejís	Aprobado- Plan Especial
La Palma	Parque Nacional de la Caldera de Taburiente	Aprobado- PRUG
	Parque Natural de Las Nieves	En tramitación- PRUG
	Parque Natural de Cumbre Vieja	Aprobado- PRUG
	Paisaje Protegido de El Tablado	Aprobado- Plan Especial
La Gomera	Parque Nacional de Garajonay	Aprobado- PRUG
	Reserva Natural Especial de Puntallana	Aprobado- PD
	Parque Natural de Majona	Aprobado- PRUG
	Parque Rural de Valle de Gran Rey	En tramitación -PRUG
	Paisaje Protegido de Orone	En tramitación-Plan Especial
Tenerife	Parque Nacional de El Teide	Aprobado- PRUG
	Parque Rural de Anaga	Aprobado-PRUG
	Parque Rural de Teno	Aprobado-PRUG
	Parque Natural de Corona Forestal	En tramitación-PRUG
	Reserva Natural Especial del Malpaís de Güímar	Aprobado- PD
	Reserva Natural Especial de Montaña Roja	En tramitación- PD
	Reserva Natural Especial de Rasca	Aprobado- PD
	Reserva Natural Especial de Chinyero	Aprobado- PD
	Reserva Natural Especial de Barranco del Infierno	Aprobado- PD
	Reserva Natural Especial de Las Palomas	En tramitación- PD
	Paisaje Protegido de Las Lagunetas	Aprobado- Plan Especial
	Paisaje Protegido de Rambla de Castro	Aprobado- Plan Especial
	Paisaje Protegido de Costa de Acentejo	tramitación-Plan Especial
Paisaje Protegido de Siete Lomas	tramitación-Plan Especial	
Paisaje Protegido de Ifonche	tramitación-Plan Especial	
Gran Canaria	Reserva Natural Especial Dunas de Maspalomas	Aprobado- PD
	Reserva Natural Especial de El Brezal	Aprobado- PD
	Reserva Natural Especial de Los Marteles	Aprobado- PD
	Parque Rural del Nublo	En tramitación- PRUG
	Paisaje Protegido de La Isleta	En tramitación- PE
	Paisaje Protegido de Tafira	Aprobado- Plan Especial
	Paisaje Protegido de Las Cumbres	En tramitación- PE
Lanzarote	Parque Nacional de Timanfaya	Aprobado-PRUG
Fuerteventura	Parque Natural del Islote de Lobos	Aprobado- PRUG
	Paisaje Protegido de Vallebrón	Aprobado- Plan Especial

necesidad de que se creen unas oficinas de gestión singularizadas en cada parque, al frente de la cual estará el Director del Parque. De los 22 parques que hay en Canarias, sólo en el caso de los cuatro parques nacionales y los parques rurales de Anaga y

Teno, se han constituido las oficinas de gestión pertinentes. En ningún parque natural se ha hecho lo propio, lo cual induce a pensar que hay cierto abandono en la gestión y que ésta no se realiza de la manera singularizada que la ley establece.

Otro tanto se puede decir acerca de la disponibilidad de personal técnico: salvo en los parques nacionales y en los parques rurales de Teno y Anaga, ninguno de los demás espacios dispone de personal técnico asignado específicamente a cada parque o reserva natural. Tampoco hay asignación presupuestaria específica para cada parque o reserva natural, con la excepción de los cuatro parques nacionales. Ni siquiera el parque rural de Anaga, que dispone de un Plan Rector vigente desde hace varios años, posee una partida presupuestaria propia.

Órganos de participación pública y colaboración

El órgano fundamental de participación en la toma de decisiones relacionada con la gestión de los espacios naturales protegidos, por parte de diferentes sectores sociales ajenos a la administración pública que gestiona directamente cada área, es el Patronato Insular de Espacios Naturales Protegidos. Existe uno en cada isla y funcionan de forma desigual. Estos órganos pueden crear para aquellos parques que así se estime conveniente, juntas rectoras donde se encuentren representados los sectores sociales que intervienen en la vida del parque en cuestión. Hasta la fecha sólo se han creado dos juntas rectoras, una en el parque rural de Anaga y otra en el parque rural de Teno. En cuanto a los parques nacionales, cada uno tiene su propio patronato específico, y funcionan con notable actividad prácticamente desde su creación.

Programas de gestión

Igual que existen distintas categorías de protección y a cada

una le corresponde un modelo de plan de ordenación diferente, la gestión también está condicionada por dichas categorías (IUCN 1994), de modo que la finalidad de cada espacio determinará qué tipo de gestión puede ponerse en marcha (Tabla 51.5). En el caso de Canarias, en los espacios donde aún no se ha aprobado ningún plan de ordenación tampoco se desarrollan programas de gestión en el marco de una estrategia preconcebida clara. Es cierto, sin embargo, que hay algunas actuaciones que sí disponen de una estrategia definida a nivel insular, como la de prevención de incendios en las islas forestales, o la de educación ambiental en islas como Lanzarote. Por lo demás, se está aún muy lejos del óptimo que debería darse si se aplicara lo que la normativa de espacios protegidos obliga, tanto en cuanto a sus prescripciones como a la finalidad que ha de cumplir cada área (Tabla 51.1).

En el caso de los parques nacionales, naturales y rurales, los planes rectores pueden desarrollarse durante su periodo de vigencia por programas de actuación menores, que permiten abordar cuestiones concretas relacionadas con la gestión del espacio protegido. La elaboración de estos programas son un importante eslabón en la estrategia de gestión adaptativa antes comentada, en la medida de que permiten incorporar la experiencia acumulada debida a la aplicación del Plan Rector, en la toma de decisiones sobre aspectos puntuales de la gestión. En los parques nacionales se han aprobado varios para la recuperación de especies amenazadas, uso público o seguridad, y en el parque rural de Anaga está ya aplicándose un programa de actuación de infraestructuras y mejora de la calidad de vida.

Tabla 51.5

Actuaciones a realizar en los espacios naturales protegidos de acuerdo con la categoría de protección que ostenta.

	Investigación	Monitoreo ambiental	Educación ambiental	Interpretación	Mejora de infraestructuras	Calidad de vida	Conservación de hábitats	Conservación de especies	Eradicación de exóticas	Ordenación arquitectónica	Aprovechamientos	Protección civil	Prevención de incendios	Lucha contra la erosión
Parque nacional	Sí	Sí	Sí	Sí	?	?	Sí	Sí	Sí	No	?	Sí	Sí	Sí
Parque natural	Sí	Sí	Sí	Sí	?	?	Sí	Sí	Sí	No	?	Sí	Sí	Sí
Parque rural	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Paisaje protegido	?	?	?	?	?	?	Sí	?	?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Reserva natural especial	Sí	Sí	?	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	?	Sí	Sí
Reserva natural integral	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	?
Sitio de Interés Científico	Sí	Sí	Sí	Sí	?	No	Sí	Sí	Sí	?	?	?	Sí	Sí
Monumento Natural	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

MONITOREO

El monitoreo se define como la vigilancia intermitente (regular o irregular) desarrollada para averiguar el grado de desviación con relación a la norma esperada (Hellowell 1991). A través del monitoreo se puede evaluar tanto la propia gestión de conservación –si se cumple con la finalidad del espacio protegido y si se van alcanzando las metas establecidas en su plan de ordenación– como el funcionamiento de los ecosistemas objeto de protección o la respuesta social a la conservación en marcha. Su importancia está fuera de toda duda en el esquema de gestión adaptativa, sin embargo, es quizás la fase menos desarrollada en las áreas protegidas de Canarias. Posiblemente sea debido a que la conservación en las áreas protegidas aún está en fase de implementación y quedan muchos espacios naturales que aún no disponen de planes aprobados. En los espacios donde se elaboraron los primeros planes (parques nacionales) ya se han puesto en marcha algunos programas de monitoreo, como el del parque nacional de Garajonay en La Gomera (ver capítulo 47), y en los planes elaborados en los últimos años se incorporan directrices para el establecimiento de dicho monitoreo con indicadores clave tanto para hacer el seguimiento de la eficacia de gestión sobre los ecosistemas como en la evolución de determinados parámetros sociales.

EPILOGO

La conservación de los espacios naturales, bajo una perspectiva moderna se abre camino en Canarias de forma pausada. Sólo en los parques nacionales, con más tradición debido a su mayor antigüedad, están más avanzados en el proceso secuencial de protección, planificación, gestión y monitoreo. En los demás espacios hay una pobre implementación de acciones de gestión y monitoreo, en parte debido a que la administración de las áreas no se está desarrollando de la forma que la normativa vigente establece y, a estas alturas, cuando hace ya varios años que se aprobó la última ley de espacios naturales, aún no se han constituido la inmensa mayoría de las oficinas de gestión de los parques, ni se ha nombrado casi ningún director conservador.

Hay además una diferencia notoria en el nivel de efectividad de la conservación en las dos provincias canarias, más desarrollada en la occidental que en la oriental. En efecto, en la isla de Tenerife se han aprobado y se están tramitando más planes, están las dos únicas oficinas de gestión de parques rurales que se han creado y es donde se están aplicando los primeros programas de gestión.



Cartel sobre Biodiversidad de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias

Capítulo 52

EL BANCO DE DATOS DE BIODIVERSIDAD

JOSÉ LUIS MARTÍN ESQUIVEL, PAUL PHENNER y MANUEL ARECHAVALA



a conservación de la biodiversidad requiere de información clara y actualizada sobre las especies. Por esto la creación de bancos de datos de biodiversidad ha sido recomendada a raíz de la Cumbre de Río, por la Agenda 21 (cap. 15) y el Convenio de Biodiversidad (art. 7). En Europa la Directiva de Hábitats, y en España diferente normativa de protección de la vida silvestre y la actual estrategia nacional para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, también apuntan en este sentido. Todo ello ha llevado a una creciente proliferación de bases de datos de biodiversidad (Hawksworth *et al.* 1997), la mayoría de especies botánicas, unas pocas de especies zoológicas, y menos aún de ambas a la vez, a pesar de que ya en 1989 hubo una recomendación de la *International Union of Biological Sciences* (IUBS) para que se crearan bases de datos conjuntas. Posiblemente el poco éxito que tuvo este llamamiento se deba a los diferentes grados de desarrollo de los nomenclaturas taxonómica zoológica y botánica (MacPherson 1990), que a veces hace incompatible un tratamiento informático similar de todos los taxones.

Las bases de datos de biodiversidad pueden ser de tres tipos: de taxones, de especímenes o de nombres. Las primeras –denominadas bases de datos taxonómicas–, y las últimas –conocidas como nomenclatores– son las más extendidas. De ambas existen muchos ejemplos en todo el mundo. Algunas son de carácter regional, como la australiana *The Environmental Resources Informatic* (ERIN) que registra todas las especies de dicha región y permite extrapolaciones acerca de sus distribuciones en función de su adaptación climática. Esta es una de las bases más solicitadas con 10.000 usuarios todos los días y una transferencia media de 50 megas de información (Boston y Stockwell 1994). Otras bases de datos abarcan ámbitos geográficos mayores, o incluso todo el mundo, como ocurre con *Plant Name Project* (PNP) y con *Species 2.000*. El PNP es un consorcio de tres grandes bases de datos que en conjunto suman más de un millón de registros: *Australian Plant Name Index*, *Gray Cards e Index kewensis*. La última de las tres incluye muchas de las especies canarias. En cuanto a *Species 2000*, fue establecido en 1994 en Holanda, por la *International Union of Biological Sciences* (IUBS), el *Committee on Data for Science and Technology* (CODATA) y la *International*

Union of Microbiological Societies (IUMS); su objetivo es registrar todas las especies conocidas y producir listados actualizados de especies, que se renovarían todos los años. En el momento presente incluye hasta el 40% del total de las especies descritas.

EL PROYECTO BIOTA

a singularidad de la biodiversidad de Canarias hace todavía más justificable el establecimiento de un banco de datos en el archipiélago, sobre todo si tenemos en cuenta que la abundante bibliografía existente se encuentra muy dispersa y en lugares de difícil acceso. Por este motivo, el Gobierno Autónomo de Canarias puso en marcha en 1998 el llamado "Proyecto Biota" para el establecimiento de un banco de datos de biodiversidad con los siguientes objetivos:

1. Que constituya un registro oficial de especies descritas, a modo de una notaría de la naturaleza donde se apunten los últimos avances sobre las especies.
2. Que estimule la prospección de la biodiversidad en aquellas zonas menos exploradas o en los grupos donde el conocimiento sea más deficiente.
3. Que preste igual atención a las componentes taxonómica, genética y ecológica de la biodiversidad, promoviendo estudios por debajo del nivel de especie y en los hábitats donde viven especies y poblaciones singulares.
4. Que sea un instrumento para poner al alcance de todo el mundo la información sobre biodiversidad, sin más limitación que la derivada de las propias necesidades de conservación.
5. Que sirva de lanzadera para la divulgación de la potencialidad que encierra la biodiversidad y de la necesidad de su uso sostenible.
6. Que constituya una herramienta eficaz para la rápida toma de decisiones de conservación y para el diseño de una política de conservación de los recursos naturales coherente y asentada sobre una sólida base de conocimiento.

Este proyecto trata, además, de crear un puente de colaboración entre las instituciones científicas –productoras de información– y las administraciones públicas –consumido-

ras de información—. Para ello se ha diseñado un esquema de doble flujo: información desde los centros de investigación a las áreas administrativas e incentivos desde estas últimas a las instituciones científicas. De esta manera, al mismo tiempo que se ordena toda la información existente, se intenta revitalizar el oficio de la taxonomía como una actividad básica que en los últimos años ha entrado en declive (Clifford *et al.* 1990, Gaston y May 1992) y sobre la que se sustenta el conocimiento sobre biodiversidad. Como objetivo a corto plazo está el analizar toda la información documental existente, para luego iniciar los inventarios y estudios que permitan completar las carencias de conocimiento más significativas. Actualmente están muy avanzados los análisis sobre las especies y subespecies terrestres de los tres grandes reinos de la fauna, la flora y los hongos, y se están empezando los estudios en el medio marino.

Tras los análisis bibliográficos vendrán los inventarios de campo, siendo aquí donde se prevé una participación más activa de recolectores y taxónomos. Las zonas prioritarias de muestreo serán aquellas peor conocidas y especialmente los lugares que a partir de estudios florísticos o de otros grupos indicadores se sabe que constituyen importantes centros de biodiversidad y los territorios declarados reservas naturales en la actual Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos (ver capítulo 50).

El proyecto Biota abarca también la componente genética de la biodiversidad. Esta parte del proyecto permite investigar los taxones de rango jerárquico inferior al de subespecie, donde las diferencias alélicas constituyen el principal distintivo de las poblaciones. Aquí se incluyen entonces las variedades y las razas domésticas de interés agrícola o ganadero, y las poblaciones silvestres de rango taxonómico inferior a la variedad. La investigación en este campo se orienta a inventariar la llamada diversidad filogenética (Faith 1992), debido a que de ella se puede extraer importantes implicaciones a la hora de fijar prioridades de conservación (Faith 1994). Esta estrategia coincide con la de WORLDMAP, un *software* que está desarrollando el Museo británico de Historia Natural, que permite fijar prioridades de conservación a partir de los filogramas de determinados grupos taxonómicos (Williams y Humphries 1994).

EL SOFTWARE ATLANTIS

Atlantis es un *software* específico elaborado para el banco de datos desarrollado en *Access* y *Visual Basic*. Se trata de una base de datos taxonómica que se nutre de la información proveniente de publicaciones, estudios no publicados, referencias de experto, legislación, colecciones e inventarios de campo. Las dos últimas fuentes se prodigan menos ya que constituyen información sobre individuos, no sobre especies, por lo que resultan datos menos exactos. Cualquiera que sea

el dato que se archive ha de estar siempre asociado a una referencia bibliográfica o a la opinión de un especialista (que se registra como una referencia de experto), de forma que pueda ser rastreado hasta su origen.

La estructura interna del programa es una red jerárquica de campos y registros, en cuya interrelación se ha hecho un gran esfuerzo para respetar las reglas de integridad de este tipo de bases de datos (White 1998), que entre otras medidas incluye el mantener separados los ficheros de programa de los ficheros de datos (tablas). Atlantis consta de dos módulos diferenciados, uno para el almacenamiento de datos alfanuméricos y otro para la representación cartográfica de la corología de las especies.

Datos alfanuméricos

El primer paso para la caracterización de la biodiversidad es conocer el nombre de una especie. Su valor estriba en que por sí mismo informa de muchas de las características del taxón a que alude, sus parientes más cercanos y, al fin y al cabo, una hipótesis de relación con el resto del mundo animado (Christian Thompson 1997). En cualquier caso, el nombre aceptado no representa una realidad demostrada, por lo que también conviene registrar los restantes nombres como aparece citado el taxón en la bibliografía. Estos nombres, llamados *subnominis*, pueden aparecer por determinaciones erróneas, sinonimias taxonómicas (completas y *proparte*) y sinonimias nomenclaturales (sustitución por homonimia, cambios de rango o nuevas combinaciones). Este dato no es nada banal, pues la cantidad media de subnominis por taxón puede ser alta y la conexión de cada una con el nombre aceptado es fundamental. Sólo en el caso de los hongos, el análisis realizado por Hawksworth (1992) sobre 15 monografías mundiales de grupos particulares reveló que hay 2,5 sinonimias por cada nombre aceptado. Análisis similares en Canarias permiten concluir que hay 1,4 sinonimias de media por cada especie de himenóptero.

Para cada nombre se registra además, el año de descripción, el nivel de protección (según documentos jurídicos), el estado de amenaza, el origen del taxón (introducido o nativo), el hábitat, el nivel de endemicidad (insular, regional o macaronésica), la distribución en cada isla para cada década (según la fecha de publicación del documento) y la fecha de recolección de los ejemplares que se citan. Adicionalmente también se incluye una descripción somera de la especie o subespecie, un archivo de imágenes (fotográfica o vectorial), y una base de datos de todos los documentos relacionados a los cuales se puede acceder mediante las consultas usuales por autor, título, revista o palabras clave.

Siempre que es posible, la carga de algunos datos se hace según los estándares existentes, como los elaborados por el TDWG (*Taxonomic database Working Group*) para nombres

de autores (Brummitt y Powell 1992), nombres de revistas (Lawrence *et al.* 1968, Bridson y Smith 1991), etc. En los casos en que no existen estándares comúnmente aceptados, estos se elaboran específicamente para el proyecto BIOTA a fin de asegurar que cada nombre de un autor o una revista se registre siempre del mismo modo.

Representación cartográfica

El módulo de representación de la distribución de las especies incorpora los avances desarrollados por la empresa GRAFCAN en su programa cartográfico "CanaryMap", de modo que permite rastrear todo el territorio de Canarias mediante mapas actualizados de reciente creación, elaborados a escala 1:25.000. La unidad territorial mínima para registrar información sobre la distribución de especies es una cuadrícula de 500 m de lado, de forma que todo el ámbito terrestre del archipiélago se ha tramado en una red de más de 30.000 cuadrículas (ver capítulo 46).

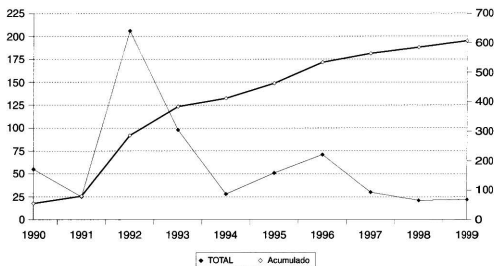
Los datos de distribución de las especies y subespecies se almacenan según cuatro niveles de precisión, en función del grado de certidumbre aportado por el autor, de forma que el dato más preciso (nivel 1) es aquel que se corresponde con una coordenada geográfica que permite asignar una cuadrícula de 500 m de lado. El dato menos preciso (nivel 4) es el extrapolable de la información de que determinado taxón se encuentra en una o varias islas, sin concretar en qué parte de ellas. El programa admite representaciones combinadas de dos de estos niveles, por ejemplo cuando un autor da una coordenada que se corresponde con una cuadrícula de 1.000 m de lado pero los ejemplares capturados provienen de un punto concreto de menos de 500 m de lado, dentro del anterior, se puede representar cuatro cuadrículas de 500 m de lado al nivel de precisión dos, y una de ellas, además, al nivel uno. De forma que un mismo taxón puede tener múltiples referencias a distintas cuadrículas, o a una misma cuadrícula pero en distintos años y con diferentes niveles de precisión. De esta manera no sólo se puede registrar la corología de las especies sino también conocer la biota de un territorio determinado, o reconstruir el cambio en el tiempo de la repartición de aquellos taxones mejor conocidos. Esto es particularmente útil a la hora de asignar categorías de amenaza, ya que entre los distintos criterios aplicables

según IUCN se encuentra la velocidad de disminución del área territorial donde se desenvuelven las especies (IUCN 1996). El programa también admite la posibilidad de registrar en una o varias cuadrículas la desaparición de un taxón, si éste está previamente documentado.

Aplicaciones

Una vez se tengan los datos de todas las especies convenientemente almacenados podrá conocerse cuáles son los grupos peor conocidos o las zonas menos muestreadas. Del mismo modo, la combinación del ritmo de descripción de especies nuevas, junto con el esfuerzo de muestreo (deducible a partir del dato de las fechas de recolección) permitirá aventurar hipótesis sobre los grupos donde es más probable que todavía se descubran nuevos taxones. En líneas generales se comprueba que los vertebrados y la flora son los grupos mejor conocidos, donde es más difícil que aparezcan especies nuevas, mientras que los invertebrados, especialmente los artrópodos, son los grupos donde mayores posibilidades hay de encontrar especies nuevas. El ritmo de descripción de nuevos taxones en los últimos años se ha visto posiblemente acelerado por un aumento en la intensidad de investigación y da resultados realmente explosivos: en la última década ha sido de una especie nueva cada seis días (Fig. 52.1). La mayoría de estas especies son insectos y arácnidos, pero también hay dos reptiles de gran tamaño (Fig. 52.2). En el caso de la fauna, la mayor parte de los taxónomos que han descrito especies nuevas en la última década son extranjeros (104 de 142 en la década de los noventa), pero en la flora ocurre exactamente lo contrario, los taxónomos locales han descrito más especies nuevas. En ambos casos, cada taxónomo local ha descrito más especies por término medio que los foráneos (siete especies por término medio en el caso de la fauna y dos en el caso de la flora).

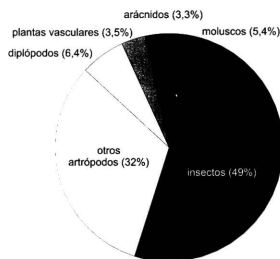
TAXONES DESCRITOS EN LA DÉCADA DE LOS NOVENTA



Ritmo de descripción de taxones nuevos en Canarias durante la última década.

Figura 52.2

Distribución por grupos de las nuevas especies descubiertas en Canarias durante la última década.



EL BANCO DE DATOS COMO HERRAMIENTA DE CONSERVACIÓN

La información almacenada en el banco de datos constituye una valiosa herramienta para fijar prioridades de conservación, tanto bajo la óptica de las especies como bajo la óptica de los espacios. Esto ya de por sí constituye una fuerte justificación para su existencia, dada la gran cantidad de especies amenazadas del archipiélago (ver capítulo 18), y los siempre limitados recursos que se destinan a la conservación de la naturaleza. Ante este panorama, la priorización de acciones bajo la premisa de procurar conservar lo máximo con el mínimo de esfuerzo, se convierte en una cualidad de la buena gestión (Reid *et al.* 1992).

La toma de decisiones sobre qué taxones o qué espacios han de ser protegidos de forma prioritaria se fundamenta en la aplicación de los llamados: principio de singularidad y principio de complementariedad. La primera prioridad recae sobre la especie más singular (una especie que es el único representante de su género es más singular que otra que posee varios congéneres) (IUCN 1980), o sobre el espacio que posee la biota más singular (mayor diversidad de formas endémicas o amenazadas, o mayor diversidad genética). En consecuencia hemos de ser capaces de medir cuál es la contribución de cada taxón o de cada territorio a la biodiversidad global (May 1990).

La segunda prioridad corresponde al taxón más diferente al que ya tenemos protegido, así siempre será preferible proteger representantes de géneros no protegidos previamente, que especies pertenecientes a géneros que ya poseen especies protegidas. En esto se basa el princi-

pio de complementariedad, tal y como lo definieron Vane-Wright *et al.* (1991), que también ha sido aplicado a la selección de áreas protegidas por Margules *et al.* (1988) como *principio de máxima eficiencia*: el espacio de mayor complementariedad será aquel que posee mayor cantidad de especies no incluidas en los espacios que ya están protegidos.

Especies prioritarias

Cuando tratamos con especies de similar nivel de amenaza que pertenecen a un mismo grupo taxonómico, como por ejemplo un mismo género, la diversidad filogenética ayuda a determinar cuáles son prioritarias aplicando el principio de complementariedad antes enunciado (Faith 1994). El filograma elaborado para el género de escarabajos tenebriónidos *Pimelia* (Fig. 52.3) por Juan *et al.* (1995), informa sobre qué taxones han de protegerse primero y cuáles después. De todas, la especie más singular, la que posee mayor cantidad de atributos propios (mayor longitud de ramas en el filograma) y menor solape con los demás taxones (ancestro común más diferente) es *P. lutaria*.

Si ya tenemos dicha especie protegida y hemos de escoger un segundo taxón, *P. granulicollis* es el que más información en cuanto atributos distintos de los que posee *lutaria* (mayor complementariedad) aporta. Continuando con este planteamiento de buscar el taxón más complementario al conjunto de los que ya tenemos protegidos podemos elaborar la serie de prioridades de la tabla 52.1.

Figura 52.3

Filograma de escarabajos del género *Pimelia* con indicación de prioridades de conservación aplicando los principios de singularidad y complementariedad.

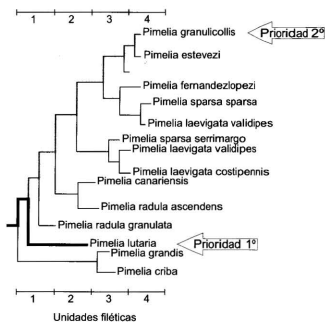


Tabla 52.1Prioridad de protección de los taxones del género *Pimelia*.

Prioridad	Taxón	Longitud (unidades filéticas)
1º	<i>P. lutaria</i>	4,35
2º	<i>P. granulicollis</i>	4,60
3º	<i>P. radula ascendens</i>	4,05
4º	<i>P. sparsa albohumeralis</i>	4,35
5º	<i>P. radula granulata</i>	3,20
6º	<i>P. laevigata validipes</i>	3,60
7º	<i>P. estevezi</i>	4,60
8º	<i>P. sparsa sparsa</i>	4,10
9º	<i>P. canariensis</i>	3,90
10º	<i>P. laevigata laevigata</i>	3,20
11º	<i>P. sparsa serrimargo</i>	4,05
12º	<i>P. fernandezlopezi</i>	4,30
13º	<i>P. laevigata costipennis</i>	3,20

Espacios prioritarios

En función de la diversidad

Quizás la manera más simple de medir la diversidad sea a partir de la riqueza de especies, que permite detectar las zonas de alta concentración taxonómica. En este tipo de análisis es conveniente identificar qué parte de dicha diversidad proviene de formas introducidas y cuál proviene de formas nativas. Dentro de estas últimas, la diversidad taxonómica de formas endémicas es particularmente interesante. Las áreas de alta biodiversidad endémica se corresponden con los llamados *centros de biodiversidad*, áreas de alta prioridad de conservación en todo el mundo.

La determinación de las zonas de mayor diversidad genética es algo más compleja. Surge del análisis combinado de la diversidad filogenética de cada taxón evaluable a través de un filograma, y la corología. La diversidad filogenética se calcula sumando la longitud de todas las ramas del filograma, desde la raíz hasta cada uno de los taxones presentes en la zona analizada, sin que ningún segmento se repita más de una vez (Faith 1992).

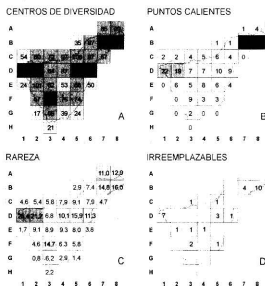
Se dispone así de una herramienta adicional a la del establecimiento de las zonas de mayor riqueza taxonómica (número de taxones), que ayuda a dilucidar dónde se concentra mayor variedad genética, un aspecto que no siempre es evidente desde la óptica de la mayor concentración de especies cuando todas se consideran como de igual valor a efectos del cómputo (Woinarski *et al.* 1996). La aplicación de esta metodología al filograma de *Pimelia* permite detectar que Gran Canaria es la isla que alberga una diversidad genética mayor. Se puede también establecer una secuencia de prioridades en la protección de cada isla aplicando el principio de complementariedad.

En función de las amenazas

La figura 52.4 muestra una representación de zonas prioritarias de actuación donde se concentra la mayor cantidad de taxones de la flora endémica y amenazada presente en Tenerife (Martin-Esquivel *et al.* 2000). La priorización de cada cuadrícula o grupo de cuadrículas se hizo aplicando el principio de protección complementaria. Se puede comprobar como protegiendo sólo dos (B8 y D1) de las 34 cuadrículas de 10 km de lado que tiene la isla, se puede asegurar la conservación de más de la mitad (51 especies). Si se hubieran seleccionado las dos cuadrículas con mayor número de especies amenazadas, sin considerar el principio de complementariedad, resultaría que B7 y B8 serían prioritarias, pero sólo abarcarían 37 especies (41% del total). La causa de esta menor eficacia de conservación está en que aunque B7 y B8 contienen cada una una mayor cantidad de especies amenazadas pero consideradas en conjunto la cifra global es menor puesto que hay mucha redundancia entre ambas (20 taxones comunes). En cambio, el conjunto B8-D1 da un valor global de especies mayor debido a que a que alberga menor redundancia (más complementariedad), de hecho en estas cuadrículas sólo hay tres taxones comunes.

Figura 52.4

Zonas prioritarias de actuación que albergan a la mayor cantidad de especies vegetales amenazadas (según Martin, *et al.* 2000).



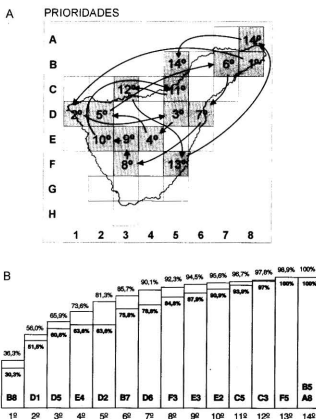
En función de los riesgos

La evidencia del registro fósil ha establecido que hay un mayor riesgo de desaparición en las especies de distribución restringida y sésiles, que en las móviles de amplia repartición, lo cual se ha constatado con el estudio de varias de las especies desaparecidas en periodos históricos (May *et al.* 1995). Esta asunción nos permite elaborar mapas de riesgo de pérdida de diversidad taxonómica si asignamos a cada cuadrícula una

puntuación variable en función del número de especies que contiene y de la repartición de cada una, de tal forma que una especie que sólo aparece en una cuadrícula tiene puntuación 1 en dicha cuadrícula, si aparece en dos cuadrículas tiene puntuación de 0,5 en cada una de las dos cuadrículas, y así sucesivamente. Una vez realizado este proceso con todas las especies que queremos considerar, obtendremos una serie de cuadrículas valoradas de tal manera que la de más puntuación se corresponderá con la que presente el mayor riesgo de pérdida de biodiversidad (Fig. 52.5). Obsérvese que esta representación no tiene porque corresponderse con la de cuadrículas prioritarias en función de las amenazas, pues el que una especie sea rara no significa que necesariamente tenga que estar amenazada.

Figura 52.5

Cuadrículas de Tenerife valoradas en función de su mayor riesgo de pérdida de biodiversidad (según Martin, et al. 2000).



Un nivel mayor de complejidad en los análisis surge al incluir en los cálculos un parámetro que refleje la abundancia local de cada especie en cada cuadrícula, extrapolable a partir de censos específicos. Cuando las abundancias locales son elevadas, hay una mayor correlación entre el riesgo de desaparición y el área de repartición, que cuando las abundancias locales son bajas (Johnson 1998).

La combinación de cuadrículas prioritarias según amenazas (puntos calientes) con los mapas de riesgo aporta una información particularmente útil para el establecimiento de prioridades en aquellos casos en que la cantidad de especies amenazadas es alta, puesto que permite detectar qué cuadrículas entrañan mayor potencial de pérdida por poseer más cantidad de taxones con una corología restringida.

EPILOGO

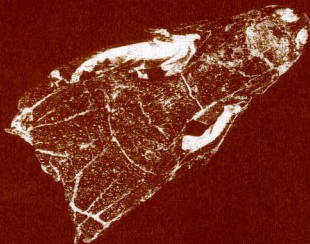
Una vez haya concluido la carga de información documental en Atlantis se espera poder detectar las zonas prioritarias de actuación con un nivel de precisión 400 veces mayor, que el aquí representado. Esto aportará sin duda una información valiosísima sobre dónde actuar primero a fin de maximizar los esfuerzos de conservación.

El banco de datos de biodiversidad taxonómica terrestre ha de encontrar su justo complemento en su homónimo para el medio marino. La escasez de endemismos del medio marino se compensa con la existencia de una mayor variedad de taxones de rango jerárquico superior o, lo que es lo mismo, una superior disparidad de diseños anatómicos. Esto significa en última instancia una mayor diversidad genética que en tierra. Además, tanto en el medio terrestre, como en el medio marino, la fase más interesante de los trabajos en marcha comenzaran cuando se inicien los inventarios de campo a fin de completar el conocimiento sobre la biodiversidad archipiélagica. Igualmente necesaria será la última fase de los estudios, que ha de desembocar en la búsqueda de utilidades de las especies. Sólo de esta manera podrá cumplirse satisfactoriamente con el lema que resume las iniciativas internacionales en cuanto a la biodiversidad, brillantemente plasmada en la Cumbre de Río como "conocéla - protégeela - úsala".

Epílogo

53. Conservación y desarrollo: el difícil equilibrio

José Luis Martín Esquivel y José María Fernández-Palacios





Pastor, isla de El Hierro

Capítulo 53

CONSERVACIÓN Y DESARROLLO: EL DIFÍCIL EQUILIBRIO

JOSÉ LUIS MARTÍN ESQUINER  FERNÁNDEZ-PALACIOS

Hubo un tiempo en que Canarias era un paraíso de naturaleza prístina donde los sistemas biológicos evolucionaban sin perturbaciones antrópicas. La llegada del hombre, hace unos 2.600 años, marcó el inicio de una nueva etapa caracterizada por el cambio. En un primer momento las transformaciones fueron lentas, pues la población aborigen era escasa, pero a partir de la conquista de las islas por los castellanos, hace cinco siglos, el proceso se aceleró de manera alarmante. La civilización moderna dio paso a una paulatina desvertebración de muchos ecosistemas, a la par que la densidad de población crecía (ver capítulos 28 y 29). Las costas y las medianías fueron las zonas preferidas por la nueva sociedad para expandirse, con lo que se convirtieron en las más alteradas. Así, con los años se fue configurando el panorama actual donde la huella del hombre está presente en prácticamente todos los rincones de las islas (Fig. 53.1).

La población canaria en el año 1520 era de unos 25.000 habitantes (García 1988), pero en 1998 ascendía ya a 1.630.015 habitantes de derecho (Istac 2000). La figura 53.2 muestra que

la curva de crecimiento demográfico a lo largo de casi quinientos años de historia ha sido, como suele ocurrir, exponencial. Nótese como en los últimos cuarenta años la población urbana ha ido creciendo hasta constituir el grupo dominante. La densidad media de población en Canarias era en 1998 de 219 hab./km² (459 hab./km² en la isla de Gran Canaria y 333 hab./km² en la isla de Tenerife), casi tres veces la de España (80 hab./km²). Pero esta cifra no tiene en cuenta la población flotante de turistas, que representa unos 14 millones de visitantes al año con una media diaria de 270.000 personas, lo cual sumado a la población residente representa una densidad de 250 hab./km². En el caso de las dos islas más pobladas, Tenerife y Gran Canaria, que son además destino turístico preferencial, la densidad media considerando la población flotante es de 365 y 500 hab./km² respectivamente. Ahora bien, casi toda esta población se concentra fuera de los espacios protegidos (según un inventario de 1994, dentro de los ENP sólo había unos 18.000 habitantes), de modo que si recalculamos la densidad con relación a la superficie no considerada espacio natural protegido y considerando tanto la población residente como la

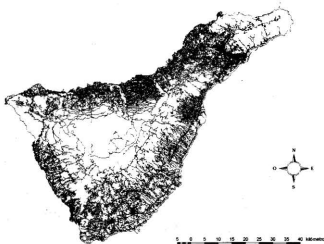
turística flotante, obtenemos densidades que en el caso de las islas de Tenerife y de Gran Canaria superan los 700 hab./km².

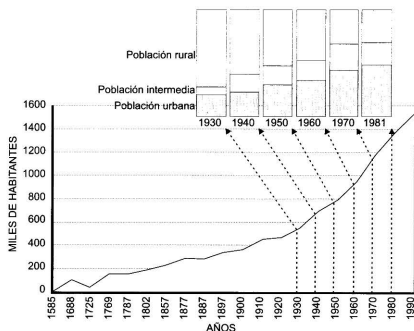
Pero no sólo ha crecido la población, sino también muchos de sus procesos asociados. Por ejemplo, las viviendas han aumentado a similar ritmo, aunque distribuidas de forma dispersa y no planificada, con lo que han generado una suerte de urbanización difusa en las medianías y en la costa de casi todas las islas. Todavía hoy la urbanización continúa expandiéndose de manera descentralizada, a veces ocupando las mejores zonas agrícolas debido a un alto grado de indisciplina, estimulada por la creencia generalizada de que cada parcela es un solar donde se puede construir.

El parque automovilístico en la actualidad es impresionante. Desde principios de siglo que llegaron los primeros vehículos hasta la actua-

Figura 53.1

Representación de la red de vías, pavimentadas o no, muros y otras infraestructuras en la isla de Tenerife, según una cartografía realizada mediante prospección aérea. Las zonas menos afectadas se corresponden con los espacios naturales protegidos (Fuente: GRAFCAN).



**Figura 53.2**

Crecimiento demográfico en el periodo histórico en Canarias, y cambio en las proporciones relativas de los distintos sectores económicos a través del tiempo.

idad, el crecimiento ha sido también exponencial. Las cifras más recientes del Instituto Canario de Estadística (a 31 de diciembre de 1999) dan una densidad media de 666 vehículos por cada mil personas residentes—una media superior a la de cualquier otro lugar de Europa—con un crecimiento con respecto al año anterior del 7%. La densidad de vehículos todo-terreno es también la más alta, de modo que no es extraño encontrar caravanas de este tipo de automóviles circulando por los pistas de los lugares más recónditos de muchos espacios naturales protegidos. Como consecuencia de esto, la red de carreteras también ha tenido que aumentar y ya en 1993 habían más de 4.500 km de vías pavimentadas, a lo que habría que sumar la intrincada red de pistas de tierra que atraviesa bosques y entornos rurales. Con la mejora del acceso a los lugares más apartados se favoreció la edificación en nuevas zonas rurales.

Tabla 53.1

Porcentaje de la superficie de cada isla afectada por diferentes tipos de uso.

Usos	El Hierro (%)	La Palma (%)	La Gomera (%)	Tenerife (%)	Gran Canaria (%)	Fuerteventura (%)	Lanzarote (%)
Edificaciones y suelo circundante afectado (10 m)*	1,7	3,9	1,8	5,7	5,9	1,0	2,8
Vías de comunicación y suelo circundante afectado (10 m)*	2,7	2,9	2,3	2,8	3,2	0,9	3,0
Suelo con uso agrario*	34,4	28,1	15,2	16,9	17	0,8	20,4
Suelo con diversos usos productivos*	19,8	39,8	26,9	24,9	9	0,3	0,3
Suelo afectado por la ley de costas*	3,8	2,1	2,7	1,6	1,5	1,9	2,6
Suelo no rústico*	1,9	3,2	1,6	10	13,8	22,3	6,7

* Gobierno de Canarias, Vicepresidencia. Análisis de ocupación territorial (septiembre de 2000). Cartográfica de Canarias S.A.

La ausencia de depósitos naturales de agua en la superficie de las islas (ríos, lagos, etc) conlleva dificultades en la obtención de este líquido. Hay crónicas históricas que relatan como en años particularmente secos se ha tenido que transportar agua de unas islas a otras (ver capítulo 30). Normalmente el agua se extrae de la tierra mediante costosas perforaciones que permiten acceder al acuífero subterráneo; en unas islas predominan las galerías de desarrollo horizontal (Tenerife) y en otras los pozos de desarrollo vertical (Gran Canaria). En ambos casos la densidad y el desarrollo de ambos se ha ido incrementando progresivamente a medida que la demanda de agua aumentaba. Según Rodríguez Brito (1995) en 1990 había en Canarias 2.066 km de galerías, es decir, medio kilómetro de galerías por cada kilómetro de carreteras, aunque en islas como Tenerife la longitud de galerías (1.627 km) superaba al de carreteras (1.177 km). Sólo en los últimos años, ante la disminución del nivel freático debido a la sobreexplotación, el ritmo de perforación se ha ralentizado algo.

La demanda de agua para consumo humano también aumenta cada vez más, aunque la de riego disminuye. Ahora aparece un nuevo problema derivado de la proliferación de centros turísticos que consumen proporcionalmente más agua que la población local (Machado 1990). En los últimos años el consumo en estos lugares ha pasado de suponer menos del 20% en la década de los sesenta hasta ser más del 40% a comienzo de los noventa (Rodríguez Brito 1995).

Con todo, la demanda de energía ha subido igualmente como la espuma. Sólo en el periodo de 1990 a 1998, el consumo neto de energía eléctrica creció en un 62% y el consumo

de derivados del petróleo lo hizo en un 72% (ver capítulo 36); en la actualidad el crecimiento continúa a un ritmo interanual del 6% en el caso de la energía eléctrica y del 4% en el caso del consumo de productos petrolíferos, según valores medios de los últimos cinco años (Istac 2000). La demanda de electricidad ha inducido a la mejora y aumento de la red aérea de tendidos de alta y baja tensión, con la consiguiente afección al paisaje. A veces, ante la dificultad de realizar estos tendidos por zonas urbanizadas se ha optado por colocarlos en las áreas protegidas, atravesando parques naturales y afectando a los paisajes más emblemáticos de algunas islas.

La consecuencia del sobreuso del territorio y de la falta de planificación es una ocupación desordenada que a afectado a casi toda la superficie potencialmente ocupable (Tabla 53.1 y Fig. 53.3). En las islas orientales quedan unos miles de hectáreas libres de uso, aunque algunas tienen un alto valor de conservación (a pesar de no estar protegidas), por lo que deberían ser excluidas de estas bolsas de suelo disponible. Por ejemplo en la isla de Gran Canaria el 13% de superficie disponible incluye amplios sectores de macizo de Amurga que alberga una rica biodiversidad taxonómica endémica.

LA NATURALEZA AMENAZADA

En los últimos cinco siglos hemos sido testigos de la desaparición de comunidades naturales enteras en algunas islas. El bosque de laurisilva, que en otro tiempo cubría una amplia superficie del norte de Gran Canaria hoy está restringido a tan sólo 200 has (Suárez 1994), un 0,2% de su exten-

sión original según la prospección histórica de Santana (1992). Esta área está en el umbral mínimo para garantizar la conservación a largo plazo recomendado por UNESCO (1980) para los ecosistemas forestales, que es entre 1 y 10 km².

En Tenerife, los magníficos bosques de laurisilva de Anaga y de Teno representan sólo un 15% de antiguo cinturón de frondosas que recorría el norte de la isla y algunos sectores del sur. Pero la mayor parte del bosque superviviente está bastante lejos de poseer una naturalidad similar a la de antaño, a juzgar por el grado de fragmentación debido a la proliferación de carreteras y otras infraestructuras artificiales, que de una forma u otra han afectado a los hábitats de todas las islas (ver capítulo 19) y especialmente a los de las zonas bajas y las medianías.

El trasiego continuo de personas y mercancías ayuda a la llegada de nuevas especies cuya expansión se ve favorecida por la fragmentación de los hábitats naturales. La diversidad de especies introducidas asciende a unas 1.700 especies vegetales (ver capítulo 23), un millar de especies invertebradas (ver capítulo 24) y 33 especies de vertebrados (ver capítulo 27), a lo que habría que sumar las especies introducidas objeto de cultivo o cría por razones agronómicas, ornamentales o de compañía, que representa unas 2.000 especies más. Un dato significativo es que las islas con mayor intensidad de uso son las que poseen mayor cantidad de taxones introducidos, y lo mismo se puede decir al respecto de los espacios protegidos más visitados, en consonancia con una tónica general comprobada en espacios naturales protegidos de sistemas insulares de todo el mundo (Usher 1988).

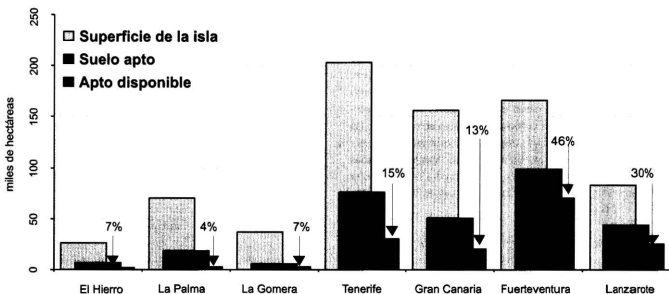


Figura 53.3

Superficie de suelo apto (fuera de los espacios naturales protegidos, con pendiente inferior al 30% y a menos de 1.200 m de altitud) para eventuales desarrollos y de suelo disponible (no afectado por alguno de los usos o derechos de la tabla 1). Fuente: Gobierno de Canarias, Vicepresidencia. Análisis de ocupación territorial (septiembre de 2000). Cartográfica de Canarias.

Las islas más sobreexplotadas son además las que poseen mayor cantidad de especies amenazadas y el archipiélago canario es, junto con la vecina isla de Madeira, uno de los lugares de mayor densidad de especies y subespecies en peligro, vulnerables o raras de toda la cuenca mediterránea (ver capítulo 12). Es de suponer que las especies extinguidas a lo largo del período histórico también fueron muchas. De acuerdo con la teoría de biogeografía insular, la reducción de un ecosistema a la mitad se traduce aproximadamente en la desaparición de un 10% de su biota (Mac Arthur y Wilson 1967), por lo que las extinciones habidas en Canarias en los últimos siglos han debido de ser realmente elevadas, sobre todo debido al alto nivel de endemidad local de muchas especies. Teniendo en cuenta los datos sobre la flora vascular y los escarabajos carábidos en el monteverde de Gran Canaria (Machado 1992, Suárez 1994), y la extensión de este bosque en el siglo XV (Santana 1992), podemos aplicar la recta especies-área resultante de esta teoría para concluir que la cantidad de taxones desaparecidos sería entre 58 y 139 en el caso de la flora y entre 21 y 123 en el caso de los escarabajos.

Un problema añadido a la introducción de nuevas especies y a la translocación de poblaciones de unas zonas de una misma isla a otras es el de la hibridación. Ejemplos del primer caso los encontramos con las especies introducidas *Senecio vulgaris* y *Arbutus unedo*, que hibridan con *S. teneriffae* y con *A. canariensis* respectivamente, y ejemplos del segundo caso son muchos de los que se dan con taxones de los géneros *Argyranthemum*, *Aeonium* y *Echium*, por citar algunos (Levin *et al.* 1996).

Algunos de los procesos ecológicos que sustentan el ecosistema de cada isla también están amenazados. Ya vimos como la sobreexplotación del acuífero provoca que cada vez se extraiga del subsuelo menos agua y de peor calidad (ver capítulos 30 y 38), pero además está el problema de la erosión, apreciable en un 43% de la superficie terrestre del archipiélago (ver capítulo 39). Esta erosión es debida tanto a la deforestación de los últimos siglos como al progresivo abandono de las áreas agrícolas de las últimas décadas. Por otro lado, el excesivo uso de agroquímicos también está ocasionando problemas de contaminación de los suelos. La consecuencia final es una desertificación creciente, más apreciable en las islas orientales que en las occidentales.

Finalmente está el recurso paisajístico, uno de los más castigados sobre todo por el crecimiento desordenado de los asentamientos humanos y las infraestructuras asociadas a ellos. A los tendidos aéreos y la edificación anárquica hay que sumar la proliferación de diseños arquitectónicos sin una mínima armonía con el entorno donde se instalan, y las extracciones de piedras o áridos, que han dejado su huella en casi todos los conos volcánicos de todas las islas.

POR QUÉ CONSERVAR LA NATURALEZA

En nuestra sociedad la naturaleza se concibe como un bien común similar al aire, el agua y la costa (el llamado dominio público marítimo costero), al que todos tenemos derecho en las mejores condiciones de disfrute posibles. Como muchos bienes comunes es, sin embargo, un bien impuro, en la medida de que si lo utilizamos en exceso puede degradarse y perder sus cualidades. Es lo que ocurre cuando un entorno de particular belleza se ve saturado de visitantes o cuando una playa se llena de bañistas.

Desde el punto de vista de la valoración del bien la naturaleza tiene por un lado un valor intrínseco e intangible propio, y por otro, un valor tangible basado en la utilidad que representa para los que la disfrutan (Hamppick 1994). El primer enfoque caracteriza una concepción biocéntrica de la naturaleza que está en los orígenes de la especie humana y que explica nuestra especial predilección por los paisajes naturales de gran belleza (un concepto psicológico definido como *biofilia* por Wilson en 1984). Según este enfoque el goce que produce la mera contemplación de la naturaleza es suficiente motivo para su conservación. El segundo enfoque es, no obstante, el predominante y caracteriza una concepción del entorno donde sólo lo que tiene precio tiene valor, que hace considerar a la naturaleza exclusivamente como recurso y fuente de servicios ambientales. Históricamente la sociedad ha cambiado desde una concepción biocéntrica a otra más antropocéntrica, de modo que la moderna sociedad industrial y de consumo se rige por el utilitarismo y sólo aquellas culturas que mantienen un contacto íntimo con el medio que les rodea reconocen en la naturaleza un valor intrínseco inapreciable. El utilitarismo se inspira en un viejo principio enunciado por el filósofo y jurista victoriano Jeremy Bentham que decía que la aspiración de toda sociedad debe ser “alcanzar la mayor felicidad posible para el mayor número posible de personas” —una ecuación, por cierto, sin solución ante la imposibilidad de maximizar dos variables al mismo tiempo—.

Ahora bien, economistas como John Stuart Mill definieron, ya desde comienzos de la era industrial, los límites del utilitarismo. En 1859, Mill enunció en su clásico ensayo “Sobre la libertad” que “... el único fin por el cual es justificable que la humanidad, individual o colectivamente, se entrometa en la libertad de acción de uno cualquiera de sus miembros es la propia protección.... la única finalidad por la cual el poder puede, con pleno derecho, ser ejercido sobre un miembro de una comunidad civilizada contra su voluntad, es evitar que perjudique a los demás”. Esta idea de que la libertad de uno termina donde comienza la de los demás se puede enlazar con la del no menos célebre economista Adam Smith, quien en su obra más famosa “Sobre la riqueza de las naciones” ya reconoció que el buen funcionamiento de los mercados precisa de egoísmo (o “no altruismo”, como él indicó) y que el mercado es el inter-

cambio libre e informado, en el cual nadie está obligado a dar nada a nadie ni tiene el derecho a quitarle a otros algo de forma unilateral. Ningún sistema económico funciona bien si esto no se respeta, puesto que un planteamiento contrario nos llevaría a la anarquía, y lo mismo se puede decir con respecto a cualquier esfera inmaterial de la vida. La única forma de prevenir la anarquía es a través del respeto a los derechos básicos de la persona.

Bajo la óptica de la conservación, estos derechos son aplicables tanto a las generaciones actuales como a las futuras, y puesto que no se puede privar a nuestros coetáneos de sus derechos, tampoco se puede hacer así con las generaciones futuras. En este punto conviene reflexionar sobre la medida en que la destrucción de la naturaleza puede afectar a las generaciones futuras y representar una falta de respeto hacia sus derechos. Según este planteamiento los perjuicios que ocasionemos a las generaciones futuras son equivalentes a los de las generaciones presentes, a pesar del evidente obstáculo que representa imaginar que las acciones actuales pueden perjudicar a una sociedad que aún no existe. Es precisamente esta responsabilidad hacia el futuro lo que justifica la conservación de la naturaleza. Cada uno de nosotros podía muy bien haber sido miembro de una generación futura –y en cierto sentido lo somos pues provenimos de generaciones pasadas–, en cuyo caso estaríamos muy agradecidos a nuestros antecesores el que hayan mostrado la suficiente sensibilidad con el entorno para permitirnos disfrutar de él. Este razonamiento de justicia intergeneracional inspira la necesaria sostenibilidad del desarrollo, tal como fue enunciado por la Comisión Mundial de Desarrollo y Medio Ambiente de las Naciones Unidas, en un conocido informe que en 1987 lideró la por entonces primera ministro noruega Gro Brundtland (CMMS 1989).

Retomando el sentir utilitarista de la naturaleza y combinándolo con el deber de justicia intergeneracional podemos ahora defender que la conservación debe abarcar tanto lo que hoy es claramente *útil* como aquello que no cumpliendo este requisito encierra en sí mismo una potencialidad de beneficio futuro. Piénsese por ejemplo que la mitad de las medicinas que se comercializan en países como los Estados Unidos tienen su origen en un centenar de especies, de modo que si tenemos en cuenta que sólo se ha investigado la utilidad farmacológica de un 1% de la flora de ese país (Comer y Debus 1996), es fácil imaginar cuales son las expectativas. Del mismo modo, de las 300.000 especies de plantas que puede haber en los trópicos se cree que al menos 35.000 tienen valor medicinal, sin embargo sólo se han investigado unas 5.000 (Sasson 1996). Es perfectamente razonable imaginar que la curación de la mayor parte de las enfermedades actuales y la fuente de muchos de los productos que consumimos estén ocultas en la biodiversidad desconocida.

Este planteamiento faculta al estado a tutelar los bienes comunes para evitar su degradación y a adoptar, si fuera necesario, medidas para restringir su libertad de uso. El reto de la buena administración estriba en intervenir en el momento preciso en que el sobreuso comience a degradar, ni antes por su posible consideración abusiva, ni después por el riesgo de irreversibilidad en la recuperación. El corolario del ecólogo americano Garret Hardin, conocido popularmente como “la tragedia de los bienes comunes”, de que “... la libertad de uso de un bien común trae la ruina sobre todos aquellos que lo usan” es de completa vigencia en la actualidad, a pesar de haber sido enunciado en 1968, en un tiempo donde la naturaleza no se encontraba tan sobrecargada como en la actualidad. Hoy, ese comportamiento de los bienes comunes justifica la imposición de limitaciones al uso y disfrute de recursos teóricamente libres, incluso en los casos en que ello pueda restringir el derecho individual de las personas. La evolución de la legislación en las últimas décadas ha avanzado en este sentido y usos antes permitidos ahora se regulan o se prohíben; ya no se puede utilizar discrecionalmente el agua que corre por los arroyos, no se puede cazar cuando a uno le plazca, no se puede encender una fogata en cualquier sitio, no se puede llevar a pastar al ganado a cualquier campo, no se puede edificar en cualquier parcela y tampoco se puede acceder libremente a cualquier enclave.

¿SOSTENIBILIDAD?

Desde que el informe Brundtland popularizó el concepto de desarrollo sostenible pocos son los lugares donde éste se ha llevado a cabo, y eso a pesar de que el Club de Roma ha alertado reiteradamente (Meadows et al. 1972, Meadows et al. 1992) sobre los riesgos de vivir por encima de los recursos disponibles. El problema del desarrollo sostenible resulta de una presunta incompatibilidad con los cánones normales de las sociedades modernas. Un informe de 1992 del Banco Mundial constató como los verdaderos ejemplos a nivel local de desarrollo sostenible son escasos y donde realmente mejor se aplican es en las sociedades más alejadas del prototipo capitalista. Pero lo más inquietante es que también vislumbró cierta correspondencia entre pobreza y sostenibilidad por un lado, y entre insostenibilidad y desigualdades por otro.

Si, como parece, es muy difícil compatibilizar a nivel local sostenibilidad con nuestro modelo de sociedad, el concepto de desarrollo sostenible deja de ser algo que esperamos alcanzar y se convierte en un referente hacia el cual debemos tender. Podemos diseñar modelos de sociedad más sostenibles o menos, pero difícilmente encontraremos algo que remotamente se ajuste a los parámetros de sostenibilidad definidos por el informe Brundtland en un sistema económico que se mueve bajo la lógica del máximo beneficio privado al menor tiempo posible, donde el mercado es el encargado de regular el equilibrio entre la oferta y la demanda, y donde las decisiones de

inversión estarán siempre condicionadas por las expectativas de beneficios privados (Casares Vidal 1995).

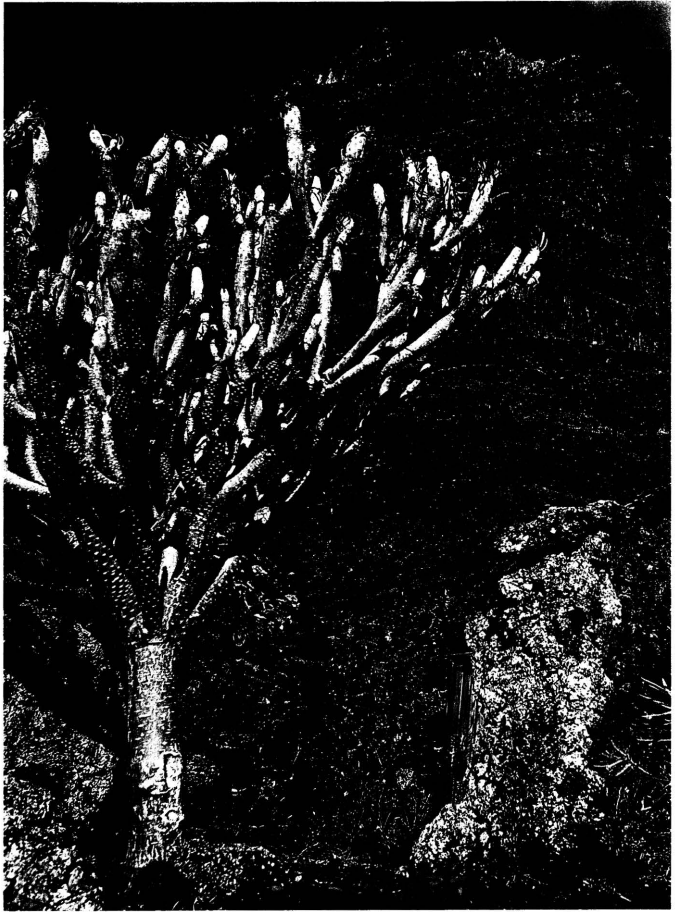
El desarrollo en las islas puede plantearse entre dos extremos, bien de forma que no conlleve ningún impacto ambiental antropogénico (como en una reserva integral) o bien de manera que entrañe implícitamente cierto impacto debido a la transformación de algunas zonas del territorio (Hess 1990). El primero es más raro y el menos deseado por la población en general, pues excluye su presencia y no es propiamente un tipo de desarrollo; el segundo en cambio es el más común y el que suele darse donde se practica un turismo intensivo. El difícil equilibrio está en satisfacer las aspiraciones de riqueza de la población intentando que no se generen situaciones de desigualdad y evitando la pérdida irreversible de recursos naturales. Es importante entonces asumir cierto nivel de afección al medio, pero minimizándolo a través de la ubicación de las actividades más dañinas en las zonas que mejor puedan absorber los impactos y reglamentando el uso para evitar perjuicios irreversibles.

Cuando, como ocurre en Canarias, los recursos son valiosos y escasos, el riesgo de insostenibilidad es mayor, por lo que debe ponerse más énfasis en la planificación y en la reglamentación de las actividades que explotan bienes comunes con fines privados. No se puede continuar comunizando los costes y privatizando las ganancias ya que ello entraña un daño a los sistemas globales de soporte de la vida (Hardin 1985, Odum y Sarmiento 1998). Las zonas prioritarias donde esto debe ponerse en práctica son las áreas de mayor valor natural

y más amenazadas, como los espacios naturales protegidos de las islas más pobladas. Cuanto mayor es la diferencia entre la densidad de población dentro y fuera de los espacios protegidos, mayor será la demanda de gestión de conservación. Según este criterio, Gran Canaria, con más de 800 hab./km² fuera del territorio protegido y 20 hab./km² dentro, es la isla de mayor contraste, seguida de Tenerife y, luego, el resto.

También es necesario un cambio de planteamiento en cuanto a los objetivos de desarrollo abandonando la absurda tendencia a batir récords continuamente en cuanto al número de turistas. Un informe de la UNESCO distingue entre crecimiento económico (que significa hacerse más grande) y desarrollo económico (que significa hacerse mejor), para alertar que en los sistemas saturados es más adecuado la mejora cualitativa que la cuantitativa (Goodland *et al.* 1991). En el caso del turismo, su mantenimiento como fuente económica básica pasa obligatoriamente por la mejora de su calidad, no de su cantidad.

Hace falta medidas de choque que limiten cuanto antes los usos demostradamente insostenibles, y hace falta abordar medidas precautorias para evitar problemas que en el futuro será más cuantioso resolver. Es por simple rentabilidad económica, pues atajar a tiempo determinados problemas suele ser más económico que subsanarlos después. Nuestra responsabilidad con el futuro nos obliga a ser cautos con el presente, lo que justifica adoptar medidas precautorias incluso cuando carecemos de información científicamente contrastada (Blowers 1992) y, simultáneamente, procurar obtener la información necesaria para poder tomar decisiones más acertadas.



Poblado de Guinea, El Golfo, El Hierro

Bibliografía

- Abdel-Monem, A.A., Fernández, L.A. y Boone, G.M. 1975. K-Ar ages from the eastern Azores group (Santa María, S. Miguel and Formigas Islands). *Lithos* 8: 247-254. (2)
- Afonso, L. (ed.) 1988. *Geografía de Canarias*. Interinsular, Santa Cruz de Tenerife. (31)
- Afonso-Carrillo, J. y Gil-Rodríguez, M.C. 1982. Aspectos biogeográficos de la Flora Ficológica Marina de las Islas Canarias. *Actas II Simp. Ibérica Bentos Marino* 3: 41-48. (22)
- Afonso-Carrillo, J. y Sansón, M. 1999. Algas, hongos y fanerógamas marinas de las Islas Canarias. *Clave analítica*. Secret. Publ. Univ. La Laguna, La Laguna. (22)
- Afonso-Carrillo, J., Sansón, M. y Reyes, J. 1998. Vegetative and reproductive morphology of *Ganonema lubrica* sp. nov. (Liagoraceae, Rhodophyta) from the Canary Islands. *Phycologia* 37: 319-329. (22)
- Aguilar, N. The Canary Islands Cetacean Sighting Net, II. *Proceedings of the 13th annual conference of the European Cetacean Society*. En prensa. (26)
- Aguilera, F., Brito, A., Castilla, C., Díaz, A., Fernández-Palacios, J.M., Rodríguez, A., Sabaté, F. y Sánchez, J. 1994. *Canarias, Economía, Ecología y medio ambiente*. Francisco Lemus Editor, La Laguna. (I, 11, 17, 23, 26, 29, 39)
- Akeroyd, J. y Jackson, P.W. 1995. *A handbook for Botanic Gardens on the reintroduction of plants to the wild*. Botanic Gardens Conservation International, Londres. (48)
- Alba, J., Báez, M. y Soldán, T. 1987. New Records of mayflies of the Canary Islands. *Eos* 63: 7-13. (12)
- Alcover, J.A. y Florit, X. 1989. Els ocells del jaciment arqueològic de La Aldea, Gran Canària. *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.* 56: 47-55. (28)
- Alcover, J.A. y McMinn, M. 1995. Fossil birds from the Canary Islands. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 181: 207-213. (1)
- Alonso, M.R., Ibáñez, M., Henríquez, F.C., Valido, M.J. y Pontelira, C.E. 1990. Atlas preliminar de los moluscos terrestres endémicos de Canarias, presentes en Tenerife. *Viereea* 19: 251-265. (14)
- Álvarez Alonso, A. 1976. *La organización del espacio cultivado en la comarca de Daute (NW de Tenerife)*. Instituto de Estudios canarios, La Laguna. (29)
- Ancochea, E., Brändle, J.L., Cubas, C.R., Hernán, F. y Huertas, M.J. 1993. *La Serie I de la isla de Fuerteventura*. Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid nº 27. Madrid. (7)
- Ancochea, E., Brändle, J.J., Cubas, C.R., Hernán, F. y Huertas, M.J. 1996. Volcanic complexes in the eastern ridge of the Canary Islands: the Miocene activity of the island of Fuerteventura. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 70: 183-204. (4)
- Ancochea, E., Fúster, J.M., Ibarrola, E., Cendrero, A., Coello, J., Hernán, F., Cantagrel, J.M. y Jamond, C. 1990. Volcanic evolutions of the island of Tenerife (Canary Islands) in the light of new K-Ar data. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 44: 231-249. (12, 14)
- André, M. 1998. *Distribución y conservación del cachalote en las Islas Canarias*. Tesis doctoral, Univ. Las Palmas de Gran Canaria (26)
- Anguita, F. y Hernán, F. 1975. A propagating fracture model versus a hot-spot origin for the Canary Islands. *Earth Planet. Sci. Lett.* 24: 363-368. (3)
- Anguita, F. y Hernán, F. The Canary Islands Origin: A Unifying Model. *J. Volc. Geoth. Res.* En prensa. (3)
- Anónimo. 1879. Nota sobre la naturalización de plantas exóticas en la isla de Tenerife. *Actas de la Soc. Esp. Hist. Nat.* 8: 61-66. (23)
- Anónimo. 1983. *Plan regional de evaluación de recursos pesqueros*. Provincia de Santa Cruz de Tenerife: tomos I, II y III. Provincia de Las Palmas: tomos I, II, III y IV. Consejería de Agricultura y Pesca. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (33)
- Anónimo. 1995. *Resumen de datos estadísticos agrícolas y Alimentación*. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (31)
- Araña, V. 1971. Litología y estructura del Edificio Cañadas, Tenerife, (Islas Canarias). *Estudios Geol.* 27: 95-135. (4)
- Araña, V. y Carracedo, J.C. 1980. *Canarian volcanoes*. Gran Canaria. Rueda, Madrid. (24)
- Araña, V. y Ortiz, R. 1991. The Canary Islands: Tectonics, Magmatism and Geodynamic Framework. En: Kampunzu, A.B. y Lubala, R.T. (eds.) *Magmatism in Extensional Structural settings*. The Phanerozoic African Plate. pp. 209-249. Springer, Berlin. (3)
- Arco, M.C. del. 1993. *Recursos vegetales en la prehistoria de Canarias*. Museo Arqueológico de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife. (28)
- Arco, M.C. del y Navarro, J.F. 1987. *Los aborígenes*. Historia Popular Canaria 1. Centro de la Cultura Popular de Canarias, La Laguna. (21)
- Arco, M.J. del, Acebés, J.R. y Pérez de Paz, P.L. Bioclimatology and climatophylous vegetation of the island of Hierba (part 2) and La Palma (Canary Islands). *Phytocoenologia*. En prensa. (17)
- Arco, M.J. del, Pérez de Paz, P.L., Rodríguez Delgado, O., Salas, M. y Wildpret, W. 1992. *Atlas cartográfico de los pinares canarios II: Tenerife*. Viceconsejería de Medio Ambiente, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (19, 42)
- Arévalo, J.R. y Fernández-Palacios, J.M. 1998. Treefall gap characteristics and regeneration in the laurel forest of Tenerife. *Journal of Vegetation Science* 9: 297-306. (47)
- Arévalo, J.R. y Fernández-Palacios, J.M. 2000. Seed bank analysis of three species in two stands of the Tenerife laurel forest (Canary Islands). *Forest Ecology and Management* 130: 177-185 (19)
- Arévalo, J.R., Fernández-Palacios, J.M., Jiménez, M.J. y Gil, P. 2001. The effect of fire intensity on the understorey species composition of two *Pinus canariensis* reforested stands in Tenerife (Canary Islands). *Forest Ecology and Management* 148: 21-29 (42)
- Aristegui, J. 1984. *Estudio faunístico y ecológico de los briozoos quilostomados (Ectoprocta, Cheilostomata) del circalitoral de Tenerife*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (13)
- Aristegui, J. 1986. Una especie nueva de briozoo en los fondos detriticos de Canarias: *Escharella hexaespina* sp.nov. (Ectoprocta, Cheilostomata) *Viereea* 16: 183-187. (13)
- Aristegui, J. 1987. Tres especies nuevas de Briozoos (Cheilostomata: Ascophora) en Canarias. *Cah. Biol. Mar.* 28: 521-535. (13)
- Aristegui, J. 1989. Consideraciones sobre el género *Celleporina* Gray, 1848 (Ectoprocta: Cheilostomata) en Canarias y descripción de tres especies nuevas: *C. canariensis* sp.n., *C. fragilis* sp.n. y *C. labiata* sp.n. *Cah. Biol. Mar.* 30: 143-165. (13)
- Aristegui, J., Hernández-León, S., Gómez, M., Medina, L., Ojeda, A. y Torres, S. 1989. Influence of the North trade winds on the biomass and production of neritic plankton around Gran Canaria. En: Ros, J.D. (ed.) *Topics in Marine Biology. Scientia Marina* 53:

- 223-229. (10)
- Aristegui, J., Tett, P., Hernández-Guerra, A., Basterretxea, G., Montero, M.F., Wild, K., Sangrá, P., Hernández-León, S., Cantón, M., Braun, J.G., Pacheco, M., y Barton, E.D. 1997. The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: a study of mesoscale variation around Gran Canaria. *Deep-Sea Research* 44: 71-96. (10)
- Ariz, J. 1985. Descripción de la actividad de la flota española que explota la pesquería de cefalópodos de África noroccidental. *Simp. Int. Afr. O Afr., Inst. Inv. Pesq.* vol. II: 889-904. Barcelona. (33)
- Armas, L.F. y Báez, M. 1988. Presencia de *Centruroides gracilis* (Latreille)(Scorpiones: Buthidae) en Tenerife, Islas Canarias. *Miscelánea Zoológica Cuba* 40: 2. (12)
- Arnedo, M.A. 1998. *Colonització i radiació del gènere Dysdera (Arachnida, Araneae) a les Illes Canàries*. Tesis doctoral, Univ. de Barcelona. (24)
- Aronoff, S. 1989. *Geographic Information Systems. A management perspective*. WDL Pub., Ottawa. (46)
- Arozena, M.E. 1987. *Estudio geográfico del monte de El Cedro*. Cabildo Insular de La Gomera, Santa Cruz de Tenerife. (9)
- Ashmole, M.J. y Ashmole, P.N. 1987. Arthropod communities supported by biological fallout on recent lava flows in the Canary Islands. *Ent. scand. suppl.* 32: 67-88. (11)
- Astasio, P., González Santiago, P.M., Castaño, C. y Zapatero, L.M. 1989. Descripción de *Thelandros filiformis* n. sp. (Nematoda: Pharyngodonidae) sobre *Gallotia galloti galloti* Duméril & Bibron, 1839 de la isla de Tenerife (Islas Canarias). *Rev. Ibér. Parasitol.* 49: 45-50. (12)
- Astasio, P., Zapatero, C., Ojeda, C. y Solera, M.A. 1987. Descripción de *Spauligodon atlanticus* n.sp. (Nematoda: Pharyngodonidae) sobre *Gallotia atlantica atlantica* Peters & Doria, 1882 (Sauria: Lacertidae) de Lanzarote, Islas Canarias. *Rev. Ibér. Parasitol.* 47: 359-364. (12)
- Atóche, P., Paz, J.A., Ramirez, M.A. y Ortiz, M.E. 1995. *Evidencias arqueológicas del mundo romano en Lanzarote*. Colección Rubiñ. Serv. Public. Cabildo Insular de Lanzarote. (28)
- Atóche, P., Martín, J., Ramirez, M.A., González Antón, R., Arco, M.C. del, Santana, A. y Mendieta, C.A. 1999. Pozos con cámara de factura antigua en Rubiñ. *VIII Jornadas de estudios sobre Lanzarote y Fuerteventura*. (28)
- Aubreville, A. 1976. Centres Tertiaries d'origine, radiations et migrations des flores Angiospermiques tropicales. *Adansonia* 16: 297-354. (21)
- Axelrod, D.J. 1975. Evolution and Biogeography of Madrean-Tethyan sclerophyll vegetation. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 62: 280-334. (21)
- Azcárate, T. y Abaol, J. 1996. *Las Categorías de Protección de los Espacios Naturales. Un Análisis Comparado de la Legislación Española*. Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (50)
- Azevedo, J.M. 1999. *Centrolabrus caeruleus* sp. nov., a long unrecognized species of marine fish (Teleostei, Labridae) from the Azores. *Bocagiana* 196: 1-11. (26)
- Bacallado, J.J. 1976. Notas sobre la distribución y evolución de la avifauna canaria. En: Kunkel, G. (ed.) *Biogeography and ecology in the Canary Islands*. pp. 413-431. Junk, La Haya. (25)
- Bacallado, J.J. (ed.) 1984. *Estudio del Bentos Marino del Archipiélago Canario*. Consejería de Agricultura y Pesca, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (13)
- Bacallado, J.J., Cruz, T., Brito, A., Barquín, J. y Carrillo, M. 1989. *Reservas Marinas de Canarias*. Consejería de Agricultura y Pesca, Gobierno de Canarias. 200 pp. (I)
- Bacci, E. 1994. *Ecotoxicología de Organic Contaminants*. Lewis Publishers, Boca Raton. (38)
- Báez, M. 1984. Los Artrópodos. En: Bacallado, J.J. (ed.) *Fauna, marina y terrestre del Archipiélago Canario*. pp. 101-254. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria. (14, 27)
- Báez, M. 1985. *Las libélulas de las Islas Canarias*. Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife. (12)
- Báez, M. 1992. Zoogeography and evolution of the avifauna of the Canary Islands. En: Campbell, K.E. (ed.) *Papers in Avian Paleontology, Science Series* 36: 425-431. Natural History Museum of Los Angeles County, Los Angeles. (15)
- Báez, M. 1993. Origin and affinities of the fauna of Madeira. *Bol. Mus. Mun. Funchal*, suppl. 2: 9-40. (24)
- Báez, M. 1996. Nuevas citas de insectos en las Islas Canarias (Phasmatodea, Lepidoptera, Embioptera). *Bol. Asoc. Esp. Entomol.* 20: 252-253. (12)
- Báez, M. 1998. *Mariposas de Canarias*. Rueda, Madrid. (12)
- Báez, M. y Rodríguez, J.A. 1986. Contribución al conocimiento de los artrópodos zooparásitos en las Islas Canarias. *Actas III Congr. Ibérico Entomol.* 1085-1090. (12)
- Báez, M. y Sánchez-Pinto, L. 1983. *Islas de fuego y agua. Canarias, Azores, Madeira, Salvajes y Cabo Verde*. Edirca, Las Palmas de Gran Canaria. (2)
- Balbín, R. de, Bueno, P., González Antón, R. y Arco, M.C. del 1996. Datos sobre la colonización púnica. *Eres* 6: 7-28. (28)
- Baldwin, B.G., Crawford, D.J., Francisco-Ortega, F.J., Kim, S., Sang, T. y Stuessy, T.F. 1998. Molecular phylogenetic insights on the origin and evolution of oceanic island plants. En: Soltis, D.S., Soltis, P.S. y Doyle, J.J. (eds.) *Molecular systematics of plants II. DNA sequencing*. Kluwer, Dordrecht. (12)
- Balguerías, E. 1995. La pesca de los costeros canarios en el banco sahariano: antecedentes históricos y situación actual. La chopo (*Spondylisoma cantharus* Linnaeus, 1758) como ejemplo de aplicación de métodos simples para la evaluación de stocks en la pesquería artesanal canaria. *Microfichas Instituto Español Oceanografía* nº 6. (33)
- Ballesteros, E. 1993. Algunas observaciones sobre las comunidades de algas profundas en Lanzarote y Fuerteventura (Islas Canarias). *Viveraea* 22: 17-27. (22)
- Banda, E., Dañobeitia, J.J., Suriñach, E. y Ansonge, J. 1981. Features of crustal structure under the Canary Islands. *Earth Planet. Sci. Lett.* 55: 11-24. (4)
- Banda, E., Ranero, C.R., Dañobeitia, J.J. y Rivero, A. 1992. Seismic boundaries of the eastern Central Atlantic Mesozoic crust from multichannel seismic data. *Geol. Soc. Am. Bull.* 104: 1340-1349. (3)
- Bannerman, D.A. 1963. *Birds of the Atlantic Islands. Vol. I. A History of the Birds of the Canary Islands and of the Salvages*. Oliver & Boyd, Edimburgo. (49)
- Bañares, A. 1988. *Los hongos de los Pinares de Tamadaba (Gran Canaria)*. Instituto de Estudios Canarios y C.S.I.C. Monogr. nº 36. (20)
- Bañares, A. 1990. Erradicación de la invasora *Tradescantia fluminensis* Vell. (Commelinaceae) como medida de restauración

- ecológica en la laurisilva gomera (Parque Nacional de Garajonay). *Ecología* 4: 99-104. (23)
- Bañares, A. 1990. La flora amenazada de los Parques Nacionales canarios con especial referencia al Parque Nacional de Garajonay. En: Hernández, J.E. et al. (eds.) *Conservation Techniques in Botanic Gardens*. pp. 87-90. Koeltz Scientific Books, Koenigstein. (48)
- Bañares, A. 1990. Programa de Recuperación de la flora amenazada del Parque. En: Pérez de Paz, P.L. (ed.) *Parque Nacional de Garajonay, Patrimonio mundial*. pp 255-261. ICONA, Madrid. (42)
- Bañares, A. 1994. Recuperación de la flora amenazada de los Parques Nacionales canarios. Metodología para su planificación y ejecución. *Ecología* 8: 227-244. (23, 48)
- Bañares, A., Carqué, E. y Marrero, M. 1995. The implementation of recovery plans in the Canary Islands National Parks -methods and criteria. En: Newton, J. (ed.) *Planta Europa Proceedings*. pp. 145-149. Plantlife, Londres. (48)
- Bañares, A., Castroviejo, M. y Real, J. 1993. Recovery Plan for the threatened flora of the Teide National Park I. *Cistus osbaeckiaefolius* Webb ex Christ and *Helianthemum juliae* Wildpret. *Bol. Mus. Mun. Funchal sup.* 2: 41-56. (48)
- Barahona, F., Rage, J.C. y García-Talavera, F. 1998. The first record of snakes on the Canary Islands: a vertebra from the Upper Miocene of Lanzarote. *Amphibia-Reptilia* 19: 419-425. (1)
- Barahona, F., Evans, S.E., Mateo, J.A., García-Márquez, M. y López-Jurado, L.F. 2000. Endemism, gigantism and extinction in island lizards: the genus *Gallotia* on the Canary Islands. *J. Zool. Lond.* 250, 373-388. (1)
- Barbash, J.E. y Resek, E.A. 1996. *Pesticides in Groundwater: Distribution, Trends and Managing Factors*. Ann Arbor Press, Chelsea. (38)
- Barcells, R., Barrera, J.L., Gómez, J.A., Cueto, L.A., Ancochea, E., Huertas, M.J., Ibarrola, E. y Snelling, N. 1994. Edades radiométricas de los edificios miocenos de Fuerteventura (Islas Canarias). *Bol. Geol. Minero* 105: 50-56. (12, 14)
- Barquín, E. y Voggenreiter, V. 1987. *Prodromus del Atlas Fitocorológico de las Canarias Occidentales*. Mimeografía. (21)
- Barquín, J. y Moreno, J. 1992. Los crustáceos estomatópodos de Canarias. *Actas V Simp. Ibér. Estud. Bentos Mar.* 2: 381-395. (13)
- Barquín, J., Brito, A. y Falcón, J.M. 1998. Occurrence of the norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L., 1758) (Decapoda, Nephropidae), near the Canary Islands. *Crustaceana* 71: 344-348. (13)
- Barreno, E. et al. 1984. Listado de plantas endémicas, raras o amenazadas de España. *Información ambiental* 3: 49-72. (18, 45)
- Barret, S.C. 1996. The reproductive biology and genetic of island plants. *Philosophical Trans. Roy. Soc. London Series B* 351: 725-733. (45)
- Barton, E.D. et al. 1998. The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Progress in Oceanography* 41: 455-504. (26)
- Barton, N.H. 1998. Natural selection and random genetic drift as causes of evolution on islands. En: Grant, P.R. (ed.) *Evolution on islands*. Pp 102-123. Oxford Univ. Press, Oxford. (15)
- Barzetti, V. (ed.) 1993. *Parques y progreso. Áreas protegidas y desarrollo económico en América Latina y El Caribe*. UICN, Washington. (51)
- Bas, C. (ed.) 1995. *La pesca en Canarias y áreas de influencia*. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (10, 33)
- Batista, F. y Sosa, P.A. 1998. Caracterización y análisis de la diversidad y diferenciación genética de las poblaciones de los géneros *Myrica*, *Echium*, e *Ilex*, mediante electroforesis isoenzimática. *Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente*. Informe Técnico. (16)
- Batista, F., Bañares, A., Caujapé-Castells, J., Carqué, E., Marrero, M. y Sosa, P.A. Allozyme diversity in three endemic species of *Cistus* (Cistaceae) from the Canary Islands: Intraspecific and interspecific comparisons and implications for genetic conservation. *Am. J. Bot.* En prensa. (16)
- Baz, A. 1991. Psocoptera from Lanzarote and Fuerteventura (Canary Islands) with comments on the origin of the Canarian endemic psocid fauna. *Dtsch. ent. Z., N.F.* 38: 335-344. (12)
- Beaucournu, J.C., Alcover, J.A. y Launay, H. 1989. Les puces (Siphonaptera) des Iles Canaries. Description de *Xenopsylla guancho* n.sp. *Vie et Milieu* 39: 41-48. (12)
- Begon, M., Harper, J.L. y Townsend, C.R. 1988. *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Omega, Barcelona. (48)
- Bello, A. 1966. *Estudio de las nematocenosis de las Islas Canarias e influencia del factor antropogéno sobre las mismas*. Tesis doctoral, Univ. Complutense de Madrid. (12)
- Bellón, L. y Bardán, E. 1931. Nota sobre los peces elasmobranchios de Canarias. *Notas Res. Inst. Español Oceanogr.* 53: serie 2: 1-39. (26)
- Beltrán Tejera, E. 2000. Base de datos de la micobiota canaria (1972-2000). Inédito. (20)
- Beltrán Tejera, E., Bañares, A. y Rodríguez Armas, J.L. 1992. Flora micológica de las Islas Canarias. En: Kunkel, G. (ed.) *Flora y vegetación del Archipiélago Canario*. pp.123-150. Edirca, Las Palmas de Gran Canaria. (12, 20)
- Beltrán Yanes, E. 1996. *El paisaje actual de los volcanes históricos de Tenerife*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (9)
- Bernard-Griffiths, J., Cantagrel, J.M., Matos, C., Mendes, F., Serralheiro, A. y Rocha de Macedo, J. 1975. Données radiométriques potassium-argon sur quelques formations magmatiques des îles de l'archipel du Cap Vert. *C.R. Acad. Sc. Paris (Serie D)* 280: 2.429-2.432. (2)
- Bertelsen, R.D. 1986. *Speleobregma lanzarotum*, a new genus and species of Scallbregmatidae (Polychaeta) from a marine cave in the Canary Islands. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 99: 375-379. (13)
- Berthelot, S. 1880. *Árboles y bosques*. Ed. Delgado, La Orotava. (19)
- Berubé, M., Aguilar, A., Dandano, A., Larsen, F., Notarbartolo, G., Sears, R., Sigurjónsson, J., Ramirez, U. y Palsböhl, P.J. 1999. Genetic analysis of the North Atlantic Fin whale, insights into migration patterns. En: Evans, P.G. y Parsons, E.C. (eds.) *Proceedings of the 12th annual conference of the European Cetacean Society*, Mónaco. (26)
- Betancort, M.J., González-Henríquez, N., Haroun, R., Herrera, R., Soler, E. y Viera, M.A. 1995. Adiciones corológicas a la flora marina de Canarias. *Bot. Macar.* 22: 13-23. (22)
- Beyer, G., Meisch, C. y Wouters, K. 1997. New records of freshwater Ostracoda (Crustacea) from La Gomera, El Hierro, Fuerteventura and

- Tenerife (Canary Islands). *Bull. Soc. Nat. Luxemb.* 98: 239-259. (12)
- Bischoff, W. 1997. *Gallotia caesaris* (Lehrs, 1914) - Kleine Kanarenidechse. En: Bischoff, W. (ed) *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*, Bd. 6. *Die Reptilien der Kanarischen Inseln, der Selvagens-Inseln und des Madeira Archipels*. pp. 265-286. AULA, Wiesbaden. (25)
- Blanco, J.C. y González, J.L. (eds.) 1992. *Libro Rojo de los Vertebrados de España*. ICONA. Madrid. (18)
- Bland, R.G., Gangwere, S.K. y Morales Martin, M. 1996. An annotated list of the Orthoptera (sens. lat.) of the Canary Islands. *J. Orthoptera Res.* 5: 159-173. (12)
- Boergesen, F. 1925-1930. Marine algae from the Canary Islands, especially from Tenerife and Gran Canaria. 1925. I. Chlorophyceae. *Biol. Meddel. Kongel. Danske Vidensk. Selsk.* 5: 1-123. 1926. II. Phaeophyceae. *Ibid.* 6: 1-112. 1927. III. Rhodophyceae. Part I. Bangiales and Nemaliales. *Ibid.* 6: 1-97. 1929. III. Rhodophyceae. Part II. Cryptonemiales, Gigartinales and Rhodomeniales. *Ibid.* 8: 1-97. III. Rhodophyceae. Part III. Ceramiales. *Ibid.* 9: 1-159. (13)
- Böhle, U.R., Hilger, H.H. y Martin, W.F. 1996. Island colonization and evolution of the insular woody habit in *Echium* L. (Boraginaceae). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93: 11.740-11.745. (14, 15)
- Boissevain, J. (ed.) 1996. *Coping with Tourist: European Reactions to Mass Tourism*. Bergham, Providence. (34)
- Bonnet, J. y Rodríguez, J. (eds.) 1992. *Fauna marina amenazada de las Islas Canarias*. ICONA, Madrid. (13, 18, 26)
- Borgen, L. 1996. Genetic differentiation in endemic *Lobularia* (Brassicaceae) in the Canary Islands. *Nord. J. Bot.* 16: 487-503. (16)
- Bordes, F. et al. 1999. Epi-and mesopelagic Fishes, acoustic data, and SST images collected off Lanzarote, Fuerteventura and Gran Canaria, Canary Islands, during cruise "La Boccaina 04-97". *Inf. Téc. Inst. Canary Cienc. Mar.* 5: 1-45. (26)
- Borges, P.A. 1990. A checklist of the Coleoptera from the Azores with some systematic and biogeographic comments. *Bol. Mus. Mun. Funchal* 42: 87-136. (24)
- Bory de Saint-Vincent, J.B. 1803. *Essais sur les Iles Fortunées et l'Antique Atlantide ou Précis de l'histoire générale de l'Archipel des Canaries*. Paris. (12, 13)
- Boston, T. y Stockwell, D. 1994. *Interactive species distribution reporting, mapping and modelling using the World Wide Web*. Second International WWW Conference'94: Mosaic and the Web, Chicago. (<http://www.erin.gov.au/database/WWW-Fall94/>) (52)
- Botosaneu, O. 1948. The trichoptera collected by Mrs. Drs. A.C. Ellis and Dr. W.N. Ellis on Gomera. *Entomol. Bericht* 41: 186-190. (12)
- Bowles, M.L. y Whelan, C.J. (eds.) 1994. *Restoration of endangered species*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (45)
- Boyle, E., Huested, S.S. y Jones, S.P. 1981. On the distribution of Cu, Ni and Cd in the surface waters of the North Atlantic and North Pacific Oceans. *J. Geophys. Res.* 88: 8.048-8.066. (41)
- Bramwell, D. 1976. The endemic flora of the Canary Islands; distribution, relationships and phytoecology. En: Kunkel, G. (ed.) *Biogeography and Ecology in the Canary Islands*. 207-240. Junk, La Haya. (14)
- Bramwell, D. (ed.) 1979. *Plants and Islands*. Academic Press, Londres. (1)
- Bramwell, D. 1986. Contribución a la biogeografía de las islas Canarias. *Bot. Macar.* 14: 3-34. (2, 14, 21)
- Bramwell, D. 1990. Conserving biodiversity in the Canary Islands. *Ann. Miss. Bot. Gard.* 77: 28-37. (45)
- Bramwell, D. y Bramwell, Z. 1990. *Flores silvestres de las Islas Canarias*. Rueda, Madrid. (17, 21)
- Bramwell, D. y Rodrigo, J. 1982. Prioridades para la conservación de la diversidad genética en la flora de las Islas Canarias. *Bot. Macar.* 10: 3-17. (18, 45)
- Bramwell, D., Beltrán, W., Montelongo, V. y Ríos, C. 1987. *Plan especial de protección de espacios naturales de Gran Canaria (PEPEN)*. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (17)
- Braun, J.G. 1981. Estudios de producción en aguas de las Islas Canarias. I: Hidrografía, nutrientes y producción primaria. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 5: 149-154. (10)
- Braun, J., y Molina, R. 1984. *El mar*. pp. 17-28, En: *Geografía de Canarias*, Vol. I. Geografía Física. Editorial Intersinclair Canaria, Santa Cruz de Tenerife. (1)
- Bravo, T. 1962. *Geografía General de las Islas Canarias*. Goya, Santa Cruz de Tenerife. (4, 7)
- Bravo de Laguna, J. 1975. Contribución al conocimiento de los peces condroictios del Archipiélago Canario. *Bol. Inst. Español Oceanogr.* 20: 1-77. (26)
- Bremer, B. 1996. Phylogenetic studies within Rubiaceae and relationships with other families based on molecular data. *Opera Bot. Belg.* 7: 33-50 (15)
- Bridson, G.D. y Smith, C.R. (eds.) 1991. *Botanico-Periodicum-Hortianum*. Vol 2. Hunt Institute for botanical documentation, Carnegie Mellon, Univ. Pittsburgh. (52)
- Brito, A. 1984. El medio marino. En: Bacallado, J.J. (ed.) *Fauna marina y terrestre del Archipiélago Canario*. pp. 27-41. Edirc, Las Palmas de Gran Canaria. (10)
- Brito, A. 1985. *Estudio taxonómico, ecológico y biogeográfico de los antozoos de la región litoral de las Islas Canarias*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (13)
- Brito, A. 1991. *Catálogo de los peces de Canarias*. Francisco Lemus Editor, La Laguna. (10, 13, 26)
- Brito, A. y Falcón, J.M. 1990. Contribución al conocimiento de la distribución y ecología de *Chylomycterus atringa* (Pisces, Diodontidae) en las Islas Canarias. *Vieraea* 19: 271-275. (10)
- Brito, A. y Falcón, J.M. 1996. Capture of the St. Helena butterfly fish, *Chaetodon sanctaehelenae* (Chaetodontidae) in the Canary Islands. *Cybius* 20: 99-100. (26)
- Brito, A., Falcón, J.M. y Herrera, R. 1995. Occurrence of the ocean triggerfish in the Eastern Atlantic (Canary Islands). *J. Fish Biol.* 47: 1.099-1.101. (13)
- Brito, A., Herrera R., Falcón J.M., García-Charton, J.A., Barquin, J. y Pérez-Ruzafa, A. 1999. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de las islas de Cabo Verde. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 11: 27-41. (26)
- Brito, A., Lozano, I.J., Falcón, J.M., Rodríguez, F.M. y Mena, J. 1996. Análisis biogeográfico de la ictiofauna de las Islas Canarias. En: Linás, O., González, J. y Rueda, M.J. (eds.) *Oceanografía y recursos marinos en el Atlántico Centro-Oriental*. pp. 241-269. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Gobierno de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria. (13, 26)
- Brito, A., Pascual, P., Rabanal, R., Hernández, M., Lozano, I.J., Báez, A., Sancho, A., González, G., Falcón, J.M., Santana, J.I. y González, J.A. 1998. *Peces cartilagosos de Canarias*. Los

- tiburones de los fondos profundos y su aprovechamiento pesquero. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (13, 26)
- Brochmann, C., Rustan, O.H., Lobin, W. y Kilian, N. 1997. The endemic plants of the Cape Verde Islands, W. Africa. *Sommerfeltia* 24: 1-356. (2, 21)
- Brown, R.P. y Pestano, J. 1998. Phylogeography of skinks (*Chalcides*) in the Canary Islands inferred from mitochondrial DNA sequences. *Mol. Ecol.* 7: 1.183-1.191. (12)
- Brown, R.P., Thorpe, R.S. y Báez, M. 1993. Patterns and causes of morphological population differentiation in the Tenerife skink, *Chalcides viridanus*. *Biol. J. Lin. Soc.* 50: 313-328. (14)
- Brummit, R.K. y Powell, C.E. 1992. *Authors of plant names*. Royal Botanic Gardens, Kew. (52)
- Bruno, M. 1993. *Un análisis de las causas que contribuyen a la distorsión de la señal semidiurna de marea en la costa este de la isla de Gran Canaria*. Tesis doctoral, Univ. Cádiz. (10)
- Brunton, C.F. y Hurst, G.D. 1998. Mitochondrial DNA phylogeny of Brimstone butterflies (genus *Gonepteryx*) from the Canary Islands and Madeira. *Biol. J. Lin. Soc.* 63: 69-79. (12, 15)
- Burrough, P.A. 1986. *Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment*. Oxford Science Publications, Oxford. (46)
- Cabrera, J.C. 1996. *La Prehistoria de Fuerteventura. Un modelo insular de adaptación*. Cabildos Insulares de Gran Canaria y Fuerteventura, Madrid. (28, 29)
- Calero, A. y Santos, A. 1988. Biología reproductiva de especies amenazadas en la flora canaria. *LAGASCOLIA* 15: 661-664. (45)
- Calero, A. y Santos, A. 1993. Reproductive biology of the high altitude Canarian flora. En: Demirtz, H. y Ozhatay, N. (eds.). *Proc. 5th OPTIMA Meeting*. pp. 497-502. Univ. Estambul Press, Estambul. (45)
- Carlquist, S. 1967. *Island Life*. Natural History Press, Nueva York. (1)
- Carlquist, S. 1970. Wood anatomy of insular species of *Plantago* and the problems of raylessness. *Bull. Torr. Bot. Club* 97: 353-361. (21)
- Carlquist, S. 1971. Wood anatomy of Macaronesian and other Brassicaceae. *Aliso* 7: 365-384. (21)
- Carlquist, S. 1974. *Island Biology*. Columbia Univ. Press, Nueva York. (1, 14)
- Carqu, E., Marrero, M., Bañares, A., Palomares, A. y Fernández, A. 1997. Corología y estructura de las poblaciones de algunos endemismos vegetales canario-madirenses en peligro de extinción. *Vicarea* 26: 23-45. (48)
- Carracedo, J.C. 1994. The Canary Islands: an example of structural control on the grow of large oceanic-island volcanoes. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 60: 225-241. (4, 5)
- Carracedo, J.C. 1996 a. A simple model for the genesis of large gravitational landslide hazards in the Canary Islands. En: McGuire, W.J., Jones y Neuberger (eds.) *Volcano Instability on the Earth and other Planets*. *Geological Society Sp. Pub.* 110: 125-135. (5)
- Carracedo, J.C. 1996 b. Morphological and structural evolution of the western Canary Islands: Hotspot-induced three-armed rifts or regional tectonic trends? *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 72: 151-162. (5)
- Carracedo, J.C. y Rodríguez Badiola, E. 1991. *Lanzarote: la erupción volcánica de 1730*. MAE, Madrid. (5)
- Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H. y Gravestock, P. 1997 c. *Geological colour map (1/33.000) of the Cumbre Vieja Volcano, La Palma, Canary Islands*. Pub. CSIC y Cons. Política Territorial, Gobierno Canarias. International Workshop on Volcanism and Volcanic Hazards in Immature Intraplate Oceanic Islands. La Palma. (5)
- Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H. y Pérez Torrado, J.F. 1997 b. El Hierro Excursion Guidebook. International Workshop on Volcanism and Volcanic Hazards in Immature Intraplate Oceanic Islands. La Palma. (5)
- Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H. y Rodríguez Badiola, E. 1996. The 1677 eruption of La Palma, Canary Islands. *Estudios Geol.* 52: 103-114. (5)
- Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H. y Staudigel, H. 1997 a. *La Palma Excursion Guidebook*. International Workshop on Volcanism and Volcanic Hazards in Immature Intraplate Oceanic Islands. La Palma. (5)
- Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H., Rodríguez-Badiola, E., Canas, J.A. y Pérez-Torrado, J.F. 1998 a. Origen y evolución del volcanismo de las Islas Canarias. En: Belmonte, J.A. y Sánchez-Navarro, J. (eds.) *Ciencia y Cultura en Canarias*. pp. 67-89. Museo de la Ciencia y el Cosmos, Santa Cruz de Tenerife. (5, 14, 24)
- Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H., Rodríguez Badiola, E., Canas, J.A. y Pérez Torrado J.F. 1998 b. Hotspot volcanism close to a passive continental margin: the Canary Islands. *Geol. Mag.* 135: 591-604. (3, 5)
- Carracedo, J.C., Rodríguez Badiola, E. y Soler, V. 1992. The 1730-1736 eruption of Lanzarote, Canary Islands: A long, high-magnitude basaltic fissure eruption. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 53: 239-250. (5)
- Carrasosa, M.C. y López Martínez, N. 1988. The house mouse from a prehistoric site in Fuerteventura. *Bonn Zool. Beitr.* 39: 237-256. (27)
- Carrillo, M. y Martín, V. 1999. First sighting of Gervais' beaked whale (*Mesoplodon europaeus*) from the Northoriental Atlantic coast. *Abstracts of the 13th annual conference of the European Cetacean Society*. pp. 53. Valencia. (26)
- Carrillo, M., Jann, B. y López Jurado, L.F. 1999. Cabo Verde sightings survey 1997-1998. First record of rough-toothed dolphin. *Abstracts of the 13th annual conference of the European Cetacean Society*. pp. 52. Valencia. (26)
- Carson, H.L. y Templeton, A.R. 1984. Genetic revolutions in relation to speciation phenomena: the founding of new populations. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15: 97-131. (15)
- Carson, R.L. 1962. *The Silent Spring*. Houghton Mifflin, Boston. (38)
- Casado, J.L. 1981. *Ballenas y delfines del Cantábrico*. Museo Marítimo del Cantábrico, Institución Cultural de Cantabria, Santander. (26)
- Castillo, A. del y López, R. 1989. Aportación al catálogo de Cestoda de aves de Canarias. *Rev. Ibér. Parasitol.* 49: 43-44. (12)
- Castillo, C. y Coello, J.J. 1996. *Estudio de la distribución de los restos fósiles y subfósiles de Gallotia simonyi en la isla de El Hierro*. Informe al Gobierno de Canarias. Inédito. (49)
- Castro, J.J. 1995. Artes y embarcaciones de pesca. En: Bas, C. (ed.) *La pesca en Canarias y áreas de influencia*. pp. 153-214. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (33)
- Castro-Hernández, J.J. y Martín-Gutiérrez, A.Y. 2000. First record of *Holocentrus ascensionis* (Osbeck, 1765) (Osteichthyes:

- Holocentridae in the Canary Islands (Central-East Atlantic). *Sci. Mar.* 64: 115-116. (26)
- Castroviejo, M. 1993. Planificación y gestión de los parques nacionales en España. *El Campo* 128: 15-42. (51)
- Caswell, H. 1989. *Matrix population models*. Sinauer Ass., Massachusetts. (48)
- Cater, E. y Lowman, G.E. 1994. *Ecotourism: A sustainable option?* Wiley, Chichester. (34)
- Ceballos, L. y Ortuño, F. 1976. *Vegetación y flora forestal de las Canarias Occidentales*. 2ª ed. Cabildo Insular de Tenerife, Madrid. (17, 32, 47)
- Cejas, J. y Brito, A. 1984. Lista preliminar de anfipodos bentónicos marinos de las Islas Canarias. *An. Fac. Ciencias, Univ. La Laguna* 10: 51-60. (13)
- Cendrero, A. 1971. Estudio geológico y petrológico del complejo basal de la isla de La Gomera (Canarias). *Estudios Geol.* 27: 3-73. (4)
- Cervera, J.L., Templado, J., García-Gómez, J.C., Ballesteros, M., Ortega, J.A., García, F.J., Ros, J. y Luque, A. 1988. Catálogo actualizado y comentado de los Opisthobranchios (Mollusca, Gastropoda) de la Península Ibérica, Baleares y Canarias, con algunas referencias a Ceuta y la Isla de Alborán. *Iberus*, Supl. 1: 58-71. (13)
- Champion, C.L. y Sánchez Pinto, L. 1978. *Catálogo preliminar de los líquenes de las Islas Canarias*. Instituto de Estudios Canarios, Santa Cruz de Tenerife. (13)
- Christian Thompson, F. 1997. Names: the keys to biodiversity. En: Reaka-Kudla, M. Wilson, D. y Wilson E.O. (eds.) pp. 199-211. *Biodiversity II*, Academic Press, Washington. (52)
- Clapham, P.J., Mattila, D.K. y Palsböil, P.J. 1993. High latitude area composition of competitive groups of humpback whales in Samana Bay: further evidence for panmixis in the North Atlantic population. *Can. J. Zool.* 71: 1.065-1.066. (26)
- Clark, R.B. 1997. *Marine Pollution* (4ª ed.). Clarendon Press, Oxford. (41)
- Clement, J.S., Francisco-Ortega, J., Santos, A. y Jansen, R.K. 1997. Relationships of the Canary Islands endemic species of *Silene* (Caryophyllaceae) based on nuclear ribosomal internal transcribed spacer sequences. *Am. J. Bot.*, Abstracts 84: 182. (14, 15)
- Clifford, H.T., Rogers, R.W. y Dettmann, M.E. 1990. Where now from taxonomy. *Nature* 346: 602. (52)
- Cochran, M.E. y Ellner, S. 1992. Simple methods for calculating age-based life history parameters for stage-structured populations. *Ecological Monographs* 62: 345-364. (48)
- Coello, J. 1973. Las series volcánicas en subsuelos de Tenerife. *Estudios Geol.* 29: 491-512. (4)
- Coello, J., Cantagrel, J.M., Hernán, F., Fúster, J.M., Ibarrola, E., Ancochea, E., Casquet, C., Jamond, C., Díaz de Terán J.R. y Cendrero, A. 1992. Evolution of the eastern volcanic ridge of the Canary Islands based on new K-Ar data. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 53: 251-274. (2, 7)
- Comas, D. y Ruiz, E. 1993. *Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica*, Ariel, Barcelona. (46)
- Compagno, L.J. 1988. *Sharks of the Order Carcharhiniformes*. Princeton Univ. Press, Princeton. (26)
- Condé, B. 1991. Le palpinage *Eukoenia mirabilis* dans les archipels macaronésiens. *Rev. Écol. Biol. Sol.*, 28: 119-124. (12)
- Consejería de Industria y Comercio. 1997. Memoria de gestión y análisis de la contaminación de origen industrial. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (40)
- Crawford, D.J. y Stuessy, T.F. 1997. Plant speciation on oceanic islands. En: Iwatsuki, K. y Raven, P.H. (eds.) *Evolution and diversification of land species*. pp. 249-267. Springer, Tokio. (14, 15)
- Criado, C. 1991. *La evolución del relieve de Fuerteventura*. Cabildo Insular de Fuerteventura. (7)
- Criado, C. 1993. Las formas de modelado. *Geografía de Canarias*. Tomo I. pp. 69-84. Prensa Ibérica. (7)
- Criado, C., Hansen, A. y Martínez, A. 1998. Imbricación de procesos de vertiente, torrenciales y eólicos en el oeste de Gran Canaria: la génesis de la Punta de Las Arenas. En: Salvador, F. y Gómez, A. (eds.) *Investigaciones recientes de la Geomorfología Española*. pp. 357-367. Geomorfología y Univ. de Barcelona, Huesca. (7)
- Croizat, L. 1964. *Space, time, form: The biological synthesis*. Ed. Autor, Caracas. (14)
- Cronk Q.C. y Fuller J.L. 1995. *Plant Invaders*. Chapman & Hall, Londres. (23)
- Cruz, T. y Bacallado, J.J. 1982 a. Contribución al conocimiento de los Espongiarios de las Islas Canarias. I. Demosponjas (Homosclerophorida y Astrophorida) del litoral de Tenerife. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 6: 76-87. (13)
- Cruz, T. y Bacallado, J.J. 1982 b. Esponjas perforantes (Porifera: Clonidae) de Tenerife, Islas Canarias. *Vieraea* 12: 37-48. (13)
- Cruz, T. y Bacallado, J.J. 1984 a. Contribución al conocimiento de los Espongiarios de las Islas Canarias. II. Demosponjas (Hadromerida) del litoral de Tenerife. *Secret. Public. Univ. La Laguna (Serie Homenajes)* 1: 61-70. (13)
- Cruz, T. y Bacallado, J.J. 1984 b. Contribución al conocimiento de los Espongiarios de las Islas Canarias. Demosponjas de los fondos de *Dendrophyllia ramea* en Tenerife. *An. Fac. Ciencias, Univ. La Laguna* 10: 71-98. (13)
- Cruz, T. y Bacallado, J.J. 1985. Introducción al conocimiento de los Espongiarios de las Islas Canarias. *Actas IV Simp. Ibér. Estud. Bentos Marino, Lisboa*, Vol III: 141-150. (13)
- Dañobeitia, J.J., Canales, J.P. y Dehgan, G.A. 1994. An estimation of the elastic thickness of the lithosphere in the Canary Archipelago under admittance function. *Geophys. Res. Lett.*, 21: 2649-2652. (3)
- Darwin, C. 1983. *El origen de las especies*. Versión abreviada. Serbal, Barcelona. (1)
- DeJode, D.E. y Wendel, J. 1992. Genetic diversity and origin of the Hawaiian islands cotton, *Gossypium tomentosum*. *Am. J. Bot.* 79: 1.311-1.319. (45)
- Delgado, G. 1997. *Estudio ecológico de los hábitats utilizados por la Hubara Canaria (Chlamydotis undulata fuerteventurae) en la isla de Fuerteventura*. Informe al Museo de Ciencias Naturales de Tenerife. Inédito. (49)
- Delgado, J.D. 2000. Selection and treatment of fleshy fruits by the Ship Rat (*Rattus rattus* L.) in the Canary laurel forest. *Mammalia* 64: 11-18 (19)
- Delgado, J.D., Arévalo, J.R. y Fernández-Palacios, J.M. 2001. Road and topography effects on invasion: Edge effects in rat foraging patterns in two oceanic island forests (Tenerife, Canary Islands). *Ecography* 24: 539-546 (19)

- Déniz, M.S., Real, F., Acosta, B., Acosta, F. y Orós, J. 1993. *Vibrio harveyi* como patógeno oportunista en Dorada (*Sparus aurata*). *Actas IV Congreso Nac. Acuicult.*: 593-598. (13)
- Dhermain, F., Ripoll, T., Bompar, J., David, L. y DiMéglio, N. 1999. First evidence of the displacement of a bottlenosed dolphin between Corsica and Hyeres Archipelago, south eastern France. *Abstracts of the 13th annual conference of the European Cetacean Society*. pp. 58. Valencia. (26)
- Dias, E. 1989. *Flora e Vegetação endêmica na ilha Terceira, Açores*. Depto. de Ciências Agrárias, Univ. de Azores. (2)
- Dias, E. 1996. *Vegetação natural das Açores. Ecologia e sintaxonomia das florestas naturais*. Tesis doctoral, Univ. de Azores. (2)
- Díaz, C., Galindo, L., García Montelongo, F., Larreche, M.S. y Rius, F.X. 1990. Metals in coastal water of Santa Cruz de Tenerife, Canary Islands. *Mar. Pollut. Bull.* 21: 91-95. (41)
- Díaz, F. y Aguilar, N. First cite of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the Canary Islands. Abstracts of the 14th Annual Conference of the European Cetacean Society. Cork. En prensa. (26)
- Díaz Díaz, R. 1996. *Dinámica de los Plaguicidas en el Suelo. Evaluación del Riesgo de Contaminación del Agua Subterránea*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (38)
- Díaz Díaz, R., Notario, J. y Loague, K. 1999. An assesment of agrochemical leaching potentials for Tenerife. *Journal of Contaminant Hydrology* 36: 1-30. (38)
- Dickson J.H., Rodríguez-Piñero, C. y Machado, A. 1987. Invading plants at high altitudes on Tenerife especially in the Teide National Park. *Bot. J. Lin. Soc.* 95: 155-179. (23)
- Diez del Pino, A. 1986. *Bacterias bioluminiscentes marinas en Gran Canaria*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (13)
- Dirkse, G.M., Bouman, A.C. y Losada-Lima, A. 1993. Bryophytes of the Canary Islands. An annotated checklist. *Cryptogamie, Bryologie, Lichenologie* 14: 1-47. (20)
- Dobzhansky, T., Ayala, F.J., Stebbins, G.L. y Valentine, J.W. 1980. *Evolución*. Omega, Barcelona. (24)
- Dominguez, F. 1984. Peces de agua dulce. En: Bacallado, J.J. (ed.) *Fauna marina y terrestre del archipiélago canario*. pp. 255-258. Edicra. Las Palmas de Gran Canaria. (12, 27)
- Dominguez, F. 1989. The Houbara Bustard in the Canary Islands (Spain): towards a recovery plan. *Bustard Studies* 4: 42-51. (49)
- Dominguez, F. 1994. Situación actual del Plan de Recuperación del Lagarto Gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi*). *Environmental encounters* 19: 31-33. (49)
- Dominguez, F. y Diaz, G. 1985. Plan de Recuperación de la Houbara Canaria. ICONA. Inédito. (49)
- Doreste, L. 1996. *Mapa radiológico de Gran Canaria*. Informe Técnico al Cabildo Insular de Gran Canaria. Inédito. (41)
- Dorta, P. 1999. *Las invasiones de aire sahariano en Canarias*. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación, Caja Rural de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife. (8)
- Dorta, P., Marzol, M.V. y Sánchez, J.L. 1991. Los incendios en el archipiélago canario y su relación con la situación atmosférica. Causas y efectos. *Actas del XII Congreso Nacional de Geografía*. pp 151-158, Valencia. (42)
- Drake J.A., Mooney, H.A., di Castri, F., Groves, R.H., Kruger, F.J., Rejmanek, M. y Williamson, M. (eds.) 1989. *Biological Invasions. A Global Perspective*. SCOPE 37. Wiley, Nueva York. (27)
- Dring, M.J. 1982. *The Biology of Marine Plants*. Arnold, Londres. (22)
- Duguy, R. 1974. Contribution a l'étude des mammifères marins de la cote nord-ouest africaine. *Rev. Trav. Inst. Peches marit.* 39: 321-332 (26)
- Düll, R. 1983. Distribution of the European and Macaronesian liverworts (Hepatophytina). *Bryol. Beitr.* 2: 1-115. (20)
- Düll, R. 1984. Distribution of the European and Macaronesian mosses (Bryophytina). Part 1. *Bryol. Beitr.* 4: 1-109. (20)
- Düll, R. 1985. Distribution of the European and Macaronesian mosses (Bryophytina). Part 2. *Bryol. Beitr.* 5: 110-232. (20)
- During, H.J. 1981. Bryophyte flora and vegetation of Lanzarote, Canary Islands. *Lindbergia* 7:113-125. (20)
- Eason, E.H. y Enghoff, H. 1992. The lithobiomorph centipedes of the Canary Islands (Chilopoda). *Ent. Scand.* 23: 1-9. (12)
- Eidsvik, K.K. 1978. La intervención del público en el planeamiento de un parque: Canadá. *Parques* 3: 3-5. (51)
- Eldredge, L.G. y Miller, S.G. 1995. How many species are there in Hawaii? *Bishop Mus. Occ. Papers* 41: 1-18. (12, 24)
- Eldredge, L.G. y Miller, S.G. 1997. Numbers of Hawaiian species: Supplement 2, including a review of freshwater invertebrates. *Bishop Mus. Occ. Papers* 48: 3-22. (24)
- Eliasson, U. 1995. Patterns of diversity in island plants. En: Vitousek, P.M., Loope, L.L. y Adersen, H. (eds.) *Islands. Biological diversity and ecosystem function*. pp. 23-33. Springer, Berlin. (14)
- Elstrand, N.C. y Elam, D.R. 1993. Population genetic consequences of small population size: Implications for plant conservation. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 24: 217-242. (45)
- Emerson, B.C., Oromi, P. y Hewitt, G.M. 1999. MtDNA phylogeography and recent intra-island diversification among Canary island *Calathus* beetles. *Molec. Phylog. Evol.* 13: 149-158. (12, 24)
- Emmerson, K., Martin, A., Bacallado, J.J. y Lorenzo, J.A. 1994. Catálogo y bibliografía de la avifauna canaria. *Publ. Cient. Mus. Cienc. Nat.* 4: 1-86. (12, 13, 25, 27)
- Enghoff, H. 1992. *Dolichoilius* - a mostly Macaronesian multitude of millipedes. With the description of a related new genus from Tenerife, Canary Islands (Diplopoda, Julida, Julidae). *Ent. Scand.* 40: 1-157. (12)
- Enghoff, H. y Bæz, M. 1993. Evolution of distribution and habitat patterns in endemic millipedes of the genus *Dolichoilius* (Diplopoda: Julidae) on the Canary Islands, with notes on the distribution pattern of other canarian species swarms. *Biol. J. Lin. Soc.* 49: 277-301. (12)
- Erwint, T.L. 1981. Taxon pulses, vicariance and dispersal: an evolutionary synthesis illustrated by Carabid beetle. En: Nelson, G. y Rosen, D.E. (eds.) *Vicariance Biogeography: A critique*. pp. 159-169. Columbia Univ. Press, Nueva York. (15)
- Espacios Naturales S.A. 1994. *Edit. Consejerías de Economía y Hacienda y de Política Territorial. Gobierno de Canarias* (43)
- Espino, M. 1984. Distribución ambiental del flúor en zonas afectadas por fluorosis en las Islas Canarias. *Rev. Colegio Farmacéutico de la Prov. de Los Palmas* 12: 22-26. (38)
- Fahsel, D. 1988. The dangers of transplantation as a conservation technique. *Natural Areas Journal* 8: 238-244. (45)

- Faith, D.P. 1992. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation* 61: 1-10. (52)
- Faith, D.P. 1994. Genetic diversity and taxonomic priorities for conservation. *Biological Conservation* 68: 69-74 (52)
- Falcón, J.M., Bortone, S.A., Brito, A. y Bundrick, C.M. 1996. Structure and relationship within and between the littoral, rock-substrate fish communities of four islands in the Canary Archipelago. *Marine Biology* 125: 215-231. (10)
- Falk, D.A. y Holsinger, D.A. 1991. *Genetics and conservation of rare plants*. Center for Plant Conservation, Oxford Univ. Press, Oxford. (48)
- Falk, D.A., Millar, C.I. y Olwell, M. (eds.) 1996. *Restoring diversity. Strategies for reintroduction of endangered plants*. Island Press, Washington. (45)
- Feldmann, J. 1946. La flore marine des Iles Atlantides. *Mem. Soc. Biogeogr.* 8: 395-435 (22).
- Fernández-Caldas, E. y Tejedor, M.L. 1984. Los suelos de Canarias. En: Alfonso, L. (ed.) *Geografía de Canarias*. Tomo I. pp. 243-256. Intersular, Santa Cruz de Tenerife. (7)
- Fernández-Caldas, E., Tejedor, M.L. y Quantin, P. 1982. *Suelos de regiones volcánicas. Tenerife*. Secret. Public. Univ. La Laguna, La Laguna. (6)
- Fernández-Palacios, H., Moreno, E., Falcón, J.C., Fernández-Palacios, J.E., Hernández-Cruz, C.M., de la Portilla, Y., Ramírez, R., Ruiz, D. y Vergara, J.M. 1983. *Plan de Investigación para el Establecimiento de Cultivos Marinos en el Archipiélago Canario*. Tomo II. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación, Gobierno de Canarias, Las Palmas de Gran Canaria. (13)
- Fernández-Palacios, J.M. 1992. Climatic responses of plant species on Tenerife. The Canary Islands. *Journal of Vegetation Science* 3: 595-602. (17)
- Fernández-Palacios, J.M. 1999. El marco ecológico de las Islas Canarias. En: Fernández-Palacios, J.M., Bacallado, J.J. y Belmonte, J.A. (eds.) 1999. *Ecología y Cultura en Canarias*. pp. 83-105. Museo de la Ciencia y el Cosmos, Santa Cruz de Tenerife. (1, 17)
- Fernández-Palacios, J.M. y Andersson, C. 1993. Species composition and within archipelago co-occurrence patterns in the Canary Islands. *Ecography* 16: 31-36. (14)
- Fernández-Palacios, J.M. y Andersson, C. 2000. Geographical determinants of the biological richness in the Macaronesian region. *Acta Phytogeogr. Succ.* 85: 41-50. (14)
- Fernández-Palacios, J.M. y Arévalo, J.R. 1998. Regeneration strategies of tree species in the laurel forest of Tenerife (The Canary islands). *Plant Ecology* 137: 21-29. (47)
- Fernández-Palacios, J.M. y de los Santos, A. 1996. *Ecología de las islas Canarias. Muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Sociedad La Cosmológica y Cabildo Insular de La Palma, Santa Cruz de Tenerife. (14)
- Fernández-Palacios, J.M., López, R., Luzardo, C. y García Esteban, J. 1992. Descripción ecológica y evaluación de la producción primaria neta de cuatro estaciones representativas de los ecosistemas más característicos de Tenerife (Islas Canarias). *Studia Oecologica* 9: 105-124. (11)
- Fernández-Palacios, J.M. y Nicolás, J.P. de. 1995. Altitudinal pattern of vegetation variation in Tenerife. *Journal of Vegetation Science* 6: 183-190. (17, 19, 20)
- Fernández-Pello, L. 1990. *Los paisajes naturales de la isla de El Hierro*. Cabildo Insular de El Hierro y Centro de la Cultura Popular de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (7)
- Ferrús, A. 1998. Nuevas Perspectivas en la regulación cis. *Bol. Soc. Esp. Genética* 12: 2-3. (15)
- Filmer, P.E. y McNutt, M.K. 1989. Geoid Anomalies over the Canary Islands Group. *Mar. Geophys. Res.* 11: 77-87. (3)
- Fjeldsá, J. y Lovett, J.C. 1997. Geographical pattern of old and young species in African biota: the significance of specific montane areas as evolutionary centres. *Biodiversity and Conservation* 6: 325-346. (12)
- Fletcher, R.L. y Callow, M.E. 1992. The settlement, attachment and establishment of marine algal spores. *Br. Phycol. J.* 27: 303-329. (22)
- Forman, R.T. 1998. *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (19)
- Forman, R.T. y Godron, M. 1986. *Landscape Ecology*. Wiley, Nueva York. (19)
- Franca, M.L. da y Vasconcelos, M. de S. 1962. Peixes do Arquipélago de Cabo Verde. *Notas Mimeogr. Cent. Biol. Pisc.* (Lisboa) 28: 1-86. (26)
- Francisco-Ortega, J., Santos, A., Kim, S.C. y Crawford, D.J. 2000. Plant genetic diversity in the Canary Islands: a conservation perspective. *American Journal of Botany* 87: 909-919. (14, 16, 21, 45)
- Francisco-Ortega, J., Crawford, D.J., Santos, A. y Carvalho, J.A. 1996. Isozyme differentiation in the endemic genus *Argyranthemum* (Asteraceae: Anthemideae) in the Macaronesian Islands. *Plant Syst. Evol.* 202: 137-152. (15, 21, 45)
- Francisco-Ortega, J., Crawford, D.J., Santos, A. y Jansen, R.K. 1997. Origin and evolution of *Argyranthemum* (Asteraceae: Anthemideae) in Macaronesia. En: Givnish, T.J. y Syste. K.J. (eds.) *Molecular evolution and adaptive radiation*. pp. 407-431. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (15, 45)
- Francisco-Ortega, J., Fuentes-Aguilar, J., Gómez-Campo, C., Santos, A. y Jansen, R.K. 1999 a. ITS sequence phylogeny of *Crambe* L. (Brassicaceae): molecular data reveal two old world disjunctions. *Mol. Phy. Evol.* 11: 361-380. (15)
- Francisco-Ortega, J., Goertzen, L.R., Santos, A., Benabid, A. y Jansen, R.K. 1999 b. Molecular systematics of the *Asteriscus* Alliance (Asteraceae: Inuleae) I: Evidence from the Internal Transcribed Spacers of Nuclear Ribosomal DNA. *Systematic Botany* 24: 249-266. (15, 21)
- Francisco-Ortega, J., Jackson, M.T., Catty, J.P. y Ford-Lloyd, B.V. 1992. Genetic diversity in the *Chamaecytisus proliferus* complex (Fabaceae: Genisteae) in the Canary Islands in relation to *in situ* conservation. *Genetic Res. Crop Evolution* 59: 149-158. (16, 45)
- Francisco-Ortega, J., Jansen, R.K. y Santos, A. 1996. Chloroplast DNA evidence of colonization, adaptive radiation, and hybridization in the Macaronesian flora. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93: 4.085-4.090. (15, 45)
- Frankham, R. 1995. Conservation genetics. *Ann. Rev. Genetics* 29: 305-327. (45)
- Frankham, R. 1997. Do island populations have less genetic variation than mainland populations? *Heredity* 78: 311-327. (45)
- Franquet, F. y Brito, A. 1995. *Especies de interés pesquero de*

- Canarias. Consejería de Pesca y Transportes, Gobierno de Canarias, Las Palmas de Gran Canaria. (13)
- Fransen, C.H. y Wirtz, P. 1997. Contribution to the knowledge of decapod crustaceans from Madeira and the Canary Islands. *Zool. Med. Leiden* 71: 215-230. (13)
- Freeman, A.M. III. 1993. *The measurements of environmental and resource values*. Resources for the future, Academic Press Washington. (37)
- Fridriksson, S. 1975. *Surtsey: Evolution of life on a volcanic island*. Butterworths, Londres. (1)
- Fu, J. 2000. Toward the phylogeny of the family Lacertidae-Whu 4708 base pairs of mtDNA sequences cannot draw the picture. *Biol. J. Lin. Soc.* 71: 203-217. (15)
- Fukumori, I., Martel, F. y Wunsh, C. 1991. The hydrography of the North Atlantic in the early 1980s. An Atlas. *Progress in Oceanography* 27: 1-110. (10)
- Fundación MAPFRE. 1994. *Manual de contaminación ambiental*. Editorial Mapfre, S.A., Madrid. (40)
- Furió Blasco, E. 1996. *Economía, Turismo y Medio ambiente*. Tirant lo Blanch, Univ. de Valencia, Valencia. (34)
- Furness, R.W. y Rainbow, P.S. (eds.) 1990. *Heavy metals in the marine environment*. CRC Press, Boca Ratón. (41)
- Füster, J.M. 1975. Las Islas canarias: un ejemplo de evolución temporal y espacial del volcanismo oceánico. *Est. Geol.* 31: 439-463. (3)
- Füster, J.M. y Aguilar, M. 1965. Nota previa sobre la geología del macizo de Betancuria. Fuerteventura. Islas Canarias. *Estudios Geol.* 21: 181-197. (4)
- Füster, J.M., García, L., Hernández-Pacheco, A., Muñoz, M. y Rodríguez, A. 1968. *Geología y vulcanología de las Islas Canarias*. Gran Canaria. Instituto Lucas Mallada, Madrid. (14)
- Gadea, E. 1961. Nota sobre algunos nematodos muscícolas de Tenerife. *Miscelánea Zoológica* 1: 3-10 (12)
- Gadea, E. 1965. Sobre la nematofauna broiedáfica de las Islas Canarias. *Publ. Inst. Biol. Apl.* 38: 79-91. (12)
- Galván, B., Hernández C., Velasco, J., Alberto, V., Borges, E., Barro, A. y Larraz, A. 1999. *Orígenes de Buenavista del Norte*. Excmo. Ayuntamiento de Buenavista del Norte. (28)
- Galván, D. 1993. Los inicios de la deforestación de la isla de Tenerife y las ordenanzas del Cabildo sobre la madera (1497-1532). *Instituto de Estudios Canarios, Strenae Emmanuellae Marrero Oblatae*. pp. 373-389. (19)
- Gama, M.M. da. 1988. Colémbolos das Canárias (Insectos, Apterygotas). *Actas III Cong. Ibér. Entomol* pp. 73-90. Granada. (12)
- García, J.L. 1988. La evolución de la población. En *Geografía de Canarias*, tomo II. Santa Cruz de Tenerife: 43-68 (53)
- García, M.B. y Antor, R.J. 1995. Age and size structure in populations of a long-lived dioecious geophyte: *Borderia pyrenaica* (Dioscoreaceae). *Int. J. Plant Sci.* 156: 236-243. (48)
- García Cabrera, C. 1968. Biología y pesca del pulpo (*Octopus vulgaris*) y choco (*Sepia officinalis*) en aguas del Sahara Español. *Publ. Técn. Junta Est. Pesca* 7: 141-198. (33)
- García Cabrera, C. 1970. *La pesca en Canarias y Banco Sahariano*. Consejo Económico Sindical Interprovincial de Canarias, Las Palmas de Gran Canaria. (33)
- García Gallo, A., Wildpret, W., Carqué, E. y Jiménez, M.T. 1996. Ornamental flora introduced and naturalized in Tenerife. *Proceedings 36th IAVS Symposium*. pp. 75-91. Santa Cruz de Tenerife. (23)
- García Melón, E. 1988. *Evaluación de la contaminación marina originada por buques en el Archipiélago Canario. Criterios y medidas de prevención y neutralización*. Tesis doctoral, Univ. Las Palmas de Gran Canaria. (41)
- García Méndez, R. 1996. La contaminación marina por metales pesados: bioacumulación y toxicidad. En: García Méndez, R. y Marañón E. (eds.) *La contaminación del mar*. pp. 93-112. Serv. Public. Univ. de Oviedo, Oviedo. (41)
- García Méndez, R. y Marañón E. (eds.) 1996. *La contaminación del mar*. Serv. Public. Univ. de Oviedo, Oviedo. (41)
- García Morales, M. 1989. La incidencia humana en los ecosistemas forestales de Tenerife: de la Prehistoria a la conquista castellana. *Anuario de Estudios Atlánticos* 35: 457-472. (19, 28)
- García Rodríguez, J.L. 1984. Recursos Forestales. En: Afonso, L. (ed.) *Geografía de Canarias*. Interinsular, Santa Cruz de Tenerife. (32)
- García Rodríguez, J.L. 1992. *Emigración y agricultura en La Palma*. Cabildo Insular de La Palma, Consejería de Agricultura del Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (29)
- García Rodríguez, J.L., Hernández, J., Cabrera, L.G., Díaz, A. y Afonso, L. 1990. *Atlas Interinsular de Canarias*. Interinsular, Santa Cruz de Tenerife. (17)
- García Santamaría, M.T. 1995. Actividad de la flota sardinal española en África occidental. Aspectos biológicos de la sardina *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), dinámica y evaluación del recurso. *Microfichas Instituto Español Oceanografía* nº 5. (33)
- García-Talavera, F. 1990. Aves gigantes en el Mioceno de Famara (Lanzarote). *Rev. Acad. Canar. Cienc.* Vol. II: 71-79. (I)
- García-Talavera, F. 1990. Fauna tropical en el Tirrenio de Azores. *Actas del II Congreso de la S.I.M., Nápoles*. (I)
- García-Talavera, F. 1991. Sobre la presencia de *Strombus latus* en el Cuaternario de Tenerife. En: *Homenaje al profesor Telesforo Bravo*. Tomo I: 375-382. Secret. Public. Univ. La Laguna. (I)
- García-Talavera, F. 1997. Las Canarias orientales y la vecina costa africana en el Holoceno. *Eres (Arqueología)* 7: 55-63. (14)
- García-Talavera, F. 1999. La Macaronesia. Consideraciones geológicas, biogeográficas y paleoecológicas. En: Fernández-Palacios, J.M., Bacallado, J.J. y Belmonte, J.A. (eds.) *Ecología y Cultura en Canarias*. pp. 39-63. Museo de las Ciencias y el Cosmos, Santa Cruz de Tenerife. (2, 14)
- García-Talavera, F. 2000. Fauna malacológica del Cuaternario marino de Cabo Verde. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* XI (3-4): 9-25 (1999). (I)
- García-Talavera, F., Kardas, S.J. y Richards, H.G. 1978. Quaternary marine mollusks from Tenerife (Canary Islands). *Nautilus* 92 (3): 97-102. (I)
- García-Talavera, F., Sánchez-Pinto, L. y Socorro, S. 1990. Vegetales fósiles en el complejo traquítico-sienítico de Gran Canaria. *Rev. Acad. Can. Cienc.* 7: 77-91. (14, 21)
- Gaston, K.J. y May, R.M. 1992. Taxonomy of taxonomists. *Nature* 356: 281-282. (52)
- Gijón, H., López, R. y Valladares, B. 1985. Aportación al catálogo de Dígena de aves de las Islas Canarias. *Rev. Ibér. Parasitol.* 45: 263-264. (12)
- Gilbert, O.L. 1982. Terricolous lichens of the semi-arid zone. Field

- meeting in Tenerife, Canary Islands. *Lichenologist* 14: 91-92. (20)
- Gil-Rodríguez, M.C., Afonso-Carrillo, J. y Haroun, R. 1992. Flora filológica de las Islas Canarias. En: Kunkel, G. (ed.) *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado Florístico de Canarias*. I Parte. pp. 95-121. Edirc, Las Palmas de Gran Canaria. (22)
- Givnish, T.J. 1998. Adaptive plant evolution on islands: classical patterns, molecular data, new insights. En: Grant, P.R. (ed.) *Evolution on Islands*. Oxford Univ. Press, Oxford. (15)
- Goldammer, J.G. y Jenkins, N.J. (eds.) 1990. *Fire in Ecosystem dynamics. Mediterranean and Northern Perspectives*. SPB Academic Publ., La Haya. (42)
- Gómez, M. y Hernández-León, S. 1998. Estudio de la comunidad mesozooplancónica en aguas de Gran Canaria. *Vieoa* 26: 11-21. (10)
- Gómez-Campo, C. (ed.) 1996. *Libro rojo de especies vegetales amenazadas de las Islas Canarias*. Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (12, 18, 27, 45)
- Gómez Orea, D. 1994. *Ordenación del territorio. Una aproximación desde el medio físico*. ITG y Agrícola Española, Madrid. (51)
- Gómez-Rodríguez, R. y Pérez-Sánchez, J.R. 1997. *Moluscos Bivalvos de Canarias*. Cabilo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (13)
- González, A., Cabrera, V.M., Larruga, J.M. y Gullón, A. 1983. Molecular variation in insular endemic *Drosophila* species of the macaronesian archipelagos. *Evolution* 37: 1.128-1.140. (15)
- González, F., López, A. y Valeiras, X. 1999. The first mass stranding of *Globocephala macrorhynchus* in the NW spanish coast. Abstracts of the 13th annual conference of the European Cetecean Society. pp. 70. Valencia. (26)
- González, J.A. 1996. Investigaciones pesqueras en Canarias. *Canarias Agraria y Pesquera* 34: 25-28. (33)
- González, J.A. y Lozano, I.J. 1996. Las pesquerías artesanales en las Islas Canarias: metodología de estudio y características generales. *Oceanografía y Recursos Marinos en el Atlántico centro-oriental*. pp. 439-456. Secret. Public. Univ. Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (33)
- González, P., Pinto, F., Nogales, M., Jiménez-Asensio, J., Hernández, M. y Cabrera, V.M. 1996. Phylogenetic relationships of the Canary Island endemics lizard genus *Gallotia* (Sauria: Lacertidae), inferred from mitochondrial DNA sequences. *Mol. Phylog. Evol* 6: 63-71. (15, 25)
- González Antón, R. 1998. El poblamiento de un Archipiélago Atlántico: Canarias en el proceso colonizador del primer milenio a.C. *Eres* 8: 43-100. (28)
- González Antón, R. et al. 1995. *La piedra Zanota*. Cabilo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife. (28)
- González Antón, R. y Tejera, A. 1981. *Los aborígenes canarios*. Secret. Publ. Univ. La Laguna, La Laguna. (21)
- González de Chávez, J. 1983. Los montes de Gran Canaria en la primera mitad del siglo XIX. *Colección Guagua* 57: 1- 43. (32)
- González Donoso, J.M. 1982. Foraminíferos. En: Bacallado, J.J. (ed.) *Historia Natural de las Islas Canarias. Fauna*. pp. 13-18. Interinsular, Santa Cruz de Tenerife. (13)
- González-Mancebo, J.M. y Hernández-García, C.D. 1996. Bryophyte life strategies along an altitudinal gradient in El Canal y Los Tiles (La Palma, Canary Islands). *J. Bryol.* 19: 243-255. (20)
- González-Mancebo, J.M., Beltrán Tejera y Losada-Lima, A. 1991 a. *Contribución al estudio de la flora y vegetación briofítica higrohidrófila de las Cañadas del Teide (Tenerife)*. Instituto de Estudios Canarias, La Laguna. (20)
- González-Mancebo, J.M., Beltrán Tejera, E., Losada-Lima, A. y Sánchez-Pinto, L. 1996. *La vida vegetal en las lavas históricas de Canarias. Colonización y recubrimiento vegetal, con especial referencia al Parque Nacional de Timanfaya*. Serv. Publ. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid. (11, 20)
- González-Mancebo, J.M., Losada-Lima, A., Beltrán Tejera, E. y Hernández-García, C.D. 1995. Cave flora of the Canary Islands. *Mém. Biospéol.* 22: 47-50. (20)
- González-Mancebo, J.M., Losada-Lima, A., Hernández-García, C.D. y During, H.J. 1991 b. Bryophyte flora of volcanic caves in the Azores and the Canary Islands. *Linbergia* 17: 37-46. (20)
- González-Pérez, J.A. 1995. *Catálogo de los crustáceos decápodos de las Islas Canarias*. Turquesa, Santa Cruz de Tenerife. (13)
- Goodchild, M. y Kemp, K. (eds.) 1990. *National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA)*. Vol I, Univ. of California Press, Santa Barbara. (46)
- Goriup, P.D. 1997. The World status of the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata*. *Bird Conservation International* 7: 373-397. (49)
- Gorman, M. 1979. *Island Ecology*. Chapman & Hall, Londres. (1, 25)
- Grandío, E. 1996. Proyecto GCEBI. Aplicación de un SIG, como estructura de soporte de información, en el inventario de bienes etnográficos inmuebles de la isla de Gran Canaria. *Actas del 2º Congreso de Historia de la Antropología Española*. pp. 149-157. Badajoz. (46)
- Grant, P.R. (ed.) 1998. *Evolution on Islands*. Oxford Univ. Press, Oxford. (1, 14)
- Grant, P.R. 1998. Speciation. En: Grant, P.R. (ed.) *Evolution on Islands*. pp. 83-101. Oxford Univ. Press, Oxford. (15)
- Greuter, W. 1991. Botanical diversity, endemism, rarity, and extinction in the Mediterranean area: an analysis based on the published volumes of Med-Checklist. *Botanica Chronika* 10: 63-79 (21)
- Griffin, R.D. 1994. *Principles of Air Quality Management*. Lewis Publisher, Nueva York. (40)
- Grimm, R. 1978. Die Fauna des Bewässerungssystem der Insel Teneriffa unter besonderer Berücksichtigung der Naididae (Oligochaeta). *Zool. Anz. Jena* 201: 143-150. (12)
- Grumbine, R.E. 1994. What is ecosystem management? *Conservation Biology* 8: 27-38. (51)
- Guillou, H., Carracedo J.C. y Day, S. 1998. Dating of the Upper Pleistocene-Holocene volcanic activity of La Palma using the unsuspected K-Ar technique. *J. Volcanol. Geotherm. Res* 86: 137-149. (5)
- Guillou, H., Carracedo J.C., Pérez Torrado, F. y Rodríguez Badiola E. 1996. K-Ar ages and magnetic stratigraphy of a hotspot-induced, fast grown oceanic island: El Hierro, Canary Islands. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 73: 141-155. (5)
- Hafellner, J. 1995. A new checklist of lichens and lichenicolous fungi of insular Laurimacronesia including a lichenological bibliography for the area. *Fritschiana* 5: 1-132. (12, 20)
- Haffer, J. 1969. Speciation in Amazonian forest birds. *Science* 49: 277-301. (12)

- Hamrick, J.L. y Godt, H. 1989. Allozyme diversity in plant species. En: Brown H.D. et al. (eds.) *Plant population genetics, breeding, and genetic resources*, 43-63. Sinauer Ass., Sunderland. (16)
- Hansen, A. y Sunding, P. 1985. Flora of Macaronesia: check-list of vascular plants. 3ª ed. *Sommerfeltia* 1: 1-167. (13)
- Hansen, A. y Sunding, P. 1993. Flora of Macaronesia: check-list of vascular plants. 4ª ed. *Sommerfeltia* 17: 1-295. (12, 21, 45)
- Haroun, R. y Afonso-Carrillo, J. 1997. Flora marina de Canarias y su biodiversidad. En: Pérez de Paz, P.L. (ed.) *Master en Gestión Ambiental*, pp. 163-168. Gobierno de Canarias, Univ. La Laguna y Las Palmas de Gran Canaria, Santa Cruz de Tenerife. (13, 22)
- Haroun, R., Prud'homme, W.F., Müller, D.G., Serrao, E. y Herrera, R. 1993. Deep-water macroalgae from the Canary Islands: new records and biogeographical relationships. *Helgoländer Meeresunters* 47: 125-143. (22)
- Harper, J.L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, Londres. (48)
- Harris, L.D. 1984. *The fragmented forest: Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity*. Univ. Chicago Press, Chicago. (19)
- Harris, M. 1981. *Introducción a la antropología general*. Alianza Universidad, Madrid. (28)
- Hartmann-Schröder, G. 1988. Stygofauna of the Canary Islands, 13. Die Polychaeten der Sammelreisen 1985 und 1987. *Bull. Zool. Mus.* 11: 177-184. (12)
- Hasebe, M. y Banks, J.A. 1997. Evolution of MAD5 gene family. En: Iwatsuki, K. y Raven, P.H. (eds.) *Evolution and diversification of land species*. pp. 179-197. Springer, Tokio. (15)
- Hausen, H. 1958. On the Geology of Fuerteventura (Canary Islands). *Soc. Scient. Fennica. Com. Phys. Math.* 22. (7)
- Hawksworth, D.L. 1992. The need for a more effective biological nomenclature for the 21st century. *Bot. J. Lin. Soc.* 109: 543-567. (52)
- Hawksworth, D.L., Kirk, P.M. y Dextre-Clarque, S. (eds.) 1997. *Biodiversity information. Needs and options*. CAB International, Nueva York. (52)
- Heimlich-Boran, J.R. 1990. *Ocurrence and group structure of short finned pilot whales (Globicephala macrorhynchus) off the western coast of Tenerife, Canary Islands*. A Progress Report to the Department of Zoology, Cambridge Univ., Cambridge. (26)
- Heimlich-Boran, J.R. 1993. *Social organisation of the short finned pilot whale (Globicephala macrorhynchus), with special reference to the comparative social ecology of delphinids*. Tesis doctoral, Univ. Cambridge. (26, 35)
- Heiss, E. y Bäck, M. 1990. A preliminary catalog of the Heteroptera of the Canary Islands. *Vieraea* 18: 281-315. (12)
- Helbig, A., Martens, J., Seibold, I., Henning, F., Schottler, B. y Wink, M. 1996. Phylogeny and species limits in the Palaearctic chiffchaff *Phylloscopus collybita* complex: mitochondrial genetic differentiation and bioacoustic evidence. *Ibis* 138: 650-666. (25)
- Helfgott, D.M., Francisco-Ortega, J., Santos, A., Jansen, R.K. y Simpson, B.B. 2000. Biogeography and breeding system evolution of the woody *Bencomia* Alliance (Rosaceae) in Macaronesia based on ITS sequence data. *Systematic Botany* 25: 82-97. (14)
- Hellawell, J.M. 199_. Development of a rationale for monitoring. En: Goldsmith, B. (ed.) *Monitoring for conservation and ecology*. pp. 1-14. Chapman & Hall, Londres. (51)
- Heredia, B., Morillo, C. y Serrada, J. 1997. Conservation of threatened species of fauna in Spain. *Environmental encounters* 39: 31-35. (49)
- Heredia, B., Rose, L. y Painter, M. 1996. *Globally threatened birds in Europe. Actions plans*. BirdLife International, Council of Europe Publishing, Estrasburgo. (49)
- Hernán, F. 1974. Estudio petroológico y estructural del complejo traquítico-sienítico de Gran Canaria. *Estudios Geol.* 32: 279-324. (4)
- Hernán, F. y Vélez, R. 1980. El sistema de diques cónicos de Gran Canaria y la estimación estadística de sus características. *Estudios Geol.* 36: 65-73. (4)
- Hernández, E. 1993. La flora vascular de los roques de Anaga (Tenerife, Islas Canarias). *Vieraea* 22: 1-16. (23)
- Hernández, E., Nogales, M. y Martín, A. 2000. Discovery of a new lizard in the Canary Islands, with a multivariate analysis of *Gallotia* (Reptilia: Lacertidae). *Herpetologica* 56: 63-76. (25)
- Hernández, E. y García, D. 1998. *Bystropogon odoratissimus* Bolle en el macizo de Teno (Tenerife, Islas Canarias). *Bot. Macar.* 23: 313-315. (14)
- Hernández, F. 1991. Los quetognatos de Canarias. *Publicaciones científicas del Cabildo Insular de Tenerife. Serie de Ciencias Naturales* 3: 1-101. (13)
- Hernández, F. y Gibson, R. 2000. First record of a bathypelagic nemertean from the Canary Islands. *Bol. Mus. Mun. Funchal* 198: 1-12. (13)
- Hernández, F. y Jiménez, S. 1992 a. Primeras observaciones sobre la presencia del género bentónico *Spadella* (Chaetognatha) en la isla de Tenerife (Canarias). *Actas del V Simp. Ibér. Est. Bentos Marino* 2: 95-102. (13)
- Hernández, F. y Jiménez, S. 1992 b. Resultados de la campaña TFMCBM/91 (El Hierro). *Informe técnico del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife* 3: 1-242. (13)
- Hernández, F. y Jiménez, S. 1994. Resultados de la campaña TFMCBM/93 (La Palma). *Informe técnico del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife* 5: 1-139. (13)
- Hernández, F. y Jiménez, S. 1995. Resultados de la campaña TFMCBM/94 (La Gomera). *Informe técnico del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife* 6: 1-126. (13)
- Hernández, F. y Jiménez, S. 1996. Nota sobre la presencia de *Phyllirosa bucephala* (Mollusca, Opisthobranchia, Nudibranchia, Phylliroidea) en aguas de la isla de El Hierro (Canarias). *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 8: 173-182. (13)
- Hernández, F. y Jiménez, S. 1998. Key to chaetognaths in the Canary Islands (Atlantic Ocean). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 111: 916-920. (13)
- Hernández, F., Jiménez, S. y Silva, J.L. 1996. Resultados de la campaña TFMCBM/95 (Morrojaible, Fuerteventura). *Informe técnico del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife* 7: 1-125. (13)
- Hernández, F., Jiménez, S. y Silva, J.L. 1997. Zooplankton de Fuerteventura. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 9: 125-140. (13)
- Hernández, F., Jiménez, S., Lozano, I., Sánchez, E. y Ortega, P. 1991 a. Resultados de la campaña TFMCBM/90 (Tenerife). *Informe técnico del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife* 2: 1-322. (13)
- Hernández, F., Jiménez, S., Stop-Bowitz, C. y Sánchez, E. 1991 b. Preliminary list of collected zooplankton at los Cristianos (SW

- of Tenerife, Canary Islands, Spain). *Plankton Newsletter* 14: 15-20. (13)
- Hernández-García, C.D., González-Mancebo, J.M. y Losada-Lima, A. 1991. A contribution to the study of the flora of artificial caves on the island of Tenerife (Canary Islands). *Mém. Biospéol.* 18:199-204. (20)
- Hernández-García, C.D., González-Mancebo, J.M. y Losada-Lima, A. 1999. Water relations of some mosses growing in pine forests of Tenerife (Canary Islands). *Lindbergia* 24: 15-22. (20)
- Hernández-García, V. 1995. *Contribución al conocimiento bioecológico de la familia Ommastresphidae Steenstrup 1857 en el Atlántico Centro-Oriental*. Tesis Doctoral, Univ. de Las Palmas de Gran Canaria. (13)
- Hernández-García, V. y Martín, V. 1994. Stomach contents of two short-finned pilot whale (*Globicephala macrorhynchus* Gray, 1846) (Cetacea, Delphinidae) off the Canary Islands: a preliminary note. *International Council for the Exploration of the Sea* 16: 1-9. (13)
- Hernández-Guerra, A., Aristegui, J., Cantón, M. y Nykjaer, L. 1993. Phytoplankton pigment patterns in the Canary Islands area determined using Coastal Zone Colour Scanner data. *Int. Journal Remote Sensing* 14: 1.431-1.437. (10)
- Hernández-León, S. 1986. *Efecto de masa de isla en aguas del Archipiélago Canario según estudios de biomasa y actividad de sistema de transporte de electrones en el mesozooplankton*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (35)
- Hernández-Padrón, C. 1992. Flora y vegetación líquenica de las Islas Canarias. En: Kunkel, G. (ed.) *Flora y vegetación del Archipiélago Canario*. pp. 151-170. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria. (20)
- Hernández-Padrón, C. y Pérez de Paz, P.L. 1995. Contribución al conocimiento liquenológico de la Reserva de la Biosfera «El Canal y Los Tilos», La Palma, Islas Canarias. En: Daniels, F., Schulz, M. y Peine, J. (eds.) *Contributions to lichenology in honour of Gerhard Follmann* p. 511-522. Univ. Köln, Colonia. (20)
- Hernández-Padrón, C., Gil González, M. y Pérez de Paz, P.L. 1990. Los líquenes del Parque Nacional de Garajonay. En: Pérez de Paz, P.L. (ed.) *Parque Nacional de Garajonay, Patrimonio Mundial*. pp. 89-97. ICONA, Madrid. (20)
- Hernández-Padrón, C., Sánchez-Pinto, L. y Pérez de Paz, P.L. 1987. Los líquenes epifíticos del pinar de Añocheta (Tenerife, Islas Canarias), a través de un transecto altitudinal. *Libro de Actas VI Simp. Nac. Bot. Cript.* pp. 409-417. Granada. (20)
- Herrera, R., Montero, D. y Haroun, R. 1993. *Bionomía bentónica del litoral de la Playa del Cabrón (Gran Canaria)*. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* 11: 291-298. (13)
- Hess, J., Kaderit, J.W. y Vargas, P. 2000. The colonization history of *Olea europaea* L. in Macaronesia based on internal transcribed spacer 1 (ITS-1) sequences, randomly amplified polymorphic DNAs (RAPD), and intersimple sequence repeats (ISSR). *Molecular Ecology* 9: 857-868. (15)
- Hett, J.M. y Loucks, O.L. 1976. Age structure models of balsam fir and eastern hemlock. *Journal of Ecology* 61: 109-114. (48)
- Heywood, V.H. 1989. Patterns, Extents and Modes of Invasions by Terrestrial Plants. En: Drake, J.A., Mooney, H.A., di Castri, F., Groves, R.H., Kruger, F.J., Rejmanek, M. y Williamson, M. (eds.) *Biological Invasions. A global perspective*. pp. 31-60. Wiley, Nueva York. (23)
- Heywood, V.H. y Watson, R.T. 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (16)
- Hincks, W.D. 1959. A systematic monograph of the Dermaptera of the World. *Brit. Mus. Nat. Hist.*, 1-9: 1-218. (24)
- Hiscock, K. 1997. Conserving biodiversity in North-East Atlantic marine ecosystems. En: Ormond, R.F., Gage J.D. y Angel, M.V. (eds.) *Marine Biodiversity. Patterns and Processes*. pp. 415-427. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (13)
- Hoek, C. van den, Mann, D.G. y Jahns, H.M. 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (13)
- Hoek, C. van den. 1975. Phytogeographic provinces along the coasts of the northern Atlantic Ocean. *Phycologia* 14: 317-330. (22)
- Hoek, C. van den. 1984. World-wide longitudinal seaweed distribution patterns and their possible causes, as illustrated by the distribution of rhodophyten genera. *Helgoländer Meeresunters* 38: 227-257. (22)
- Hoernle, K. y Schmincke, H.U. 1993. The role of Partial Melting in the 15 Ma Geochronological Evolution of Gran Canaria: A Blob Model for the Canary Hotspot. *J. Petrology* 34: 599-626. (3)
- Hoernle, K., Zhang, Y.S. y Graham, D. 1995. Seismic and geochemical evidence for large-scale mantle upwelling beneath the eastern Atlantic and western and central Europe. *Nature* 374: 34-39. (3)
- Hohenester, A. y Wells, W. 1993. *Exkursionsflora für die Kanarischen Inseln*. Ulmer, Stuttgart. (21)
- Hohmann, H., La Roche, F., Ortega, G. y Barquín, J. 1993. Bienen, Wespen und Ameisen der Kanarischen Inseln. *Veröff. Übersee-Mus. Bremen Naturwiss.* 12: 14-712. (12)
- Höllermann, P. 1975. Formen kavernerö Verwitterung ("Tafoni") auf Teneriffa. *Catena* 2: 385-410. (6)
- Höllermann, P. 1978. Geoecology of the upper timberline in Tenerife (Canary Islands). *Arctic and Alpine Research* 10: 365-382. (6)
- Höllermann, P. 1981. Microenvironmental studies in the laurel forest of the Canary Islands. *Mount. Res. Dev.* 3-4: 193-207. (6, 19)
- Höllermann, P. 1982. *Studien zur aktuellen Morphodynamik und Geoökologie der Kanaren-Inseln Teneriffa und Fuerteventura*. Vandenhoek & Ruprecht, Göttingen. (6, 11)
- Höllermann, P. 1993. Fire Ecology in the Canary Islands and Central California. A comparative outline. *Erdkunde* 47: 177-184. (11, 42)
- Höllermann, P. 1995. Wald- und Buschbrände auf den westlichen Kanarischen Inseln. Ihre geökologischen und geomorphologischen Auswirkungen. *Abh. Akad. Wissensch. Göttingen* 46: 1-184. (42)
- Höllermann, P. 1996 a. Feuer als geökodynamischer Faktor in subtropischen Winterregengebieten. Das Beispiel der jüngsten Wald- und Buschbrände auf den Kanarischen Inseln. *Geökodynamik* 17: 1-24. (42)
- Höllermann, P. 1996 b. Los incendios forestales en las Islas Canarias y sus consecuencias. *Diario de Las Palmas* (7/9/96). (42)
- Höllermann, P. 2000. The impact of fire in Canarian Ecosystems 1983-1998. *Erdkunde* 54: 70-75. (42)
- Holling, C.S. (ed.). 1978. *Adaptive environmental assessment and management*. Wiley, Toronto. (51)
- Hollocher, H. 1998. Island hopping in *Drosophila*: genetic patterns and speciation mechanisms. En: Grant, P.R. (ed.) *Evolution on Islands*. Oxford Univ. Press, Oxford. (15)

- Hoyt, E. 1995. *The Worldwide Value and Extent of Whale Watching: 1995*. Whale and dolphin Conservation Society, Bath. (35)
- Hoyt, E. 2000. *Whale Watching 2000: Worldwide Tourism Numbers, Expenditures, and Expanding Socioeconomic Benefits*. International Fund for Animal Welfare, Crowborough. (35)
- Hughes, P. y Barton, P.D. 1974. Stratification and water mass structure in the upwelling area off Northwest Africa in April-May 1969. *Deep-Sea Research* 21: 611-628. (10)
- Humphries, C.J. 1979. Endemism and Evolution in Macaronesia. En: Bramwell, D. (ed.) *Plants and Islands*. pp. 171-199. Academic Press, Londres. (2)
- Hutterer, R. 1983. Über den Igel (*Eriaceus algirus*) der Kanarischen Inseln. *Z. Säugetierkunde* 48: 257-265. (27)
- Hutterer, R. 1985. Neue Funde von Rieseneidechsen (Lacertidae) auf der Insel Gomera. *Bon. zool. Beitr.* 36: 365-394. (25)
- Hutterer, R. 1990. Remarks on a presumed record of *Felis margarita* from Tenerife, Canary Islands. *Vivrea* 19: 169-174. (27)
- Hutterer, R., García-Talavera, F., López-Martínez, N. y Michaux, J. 1998. New chelonian eggs from the Tertiary of Lanzarote and Fuerteventura, and a review of fossil tortoises of the Canary Islands (Reptilia, Testudinidae). *Vivrea* 26: 139-161. (1)
- Hutterer, R., López-Jurado, L.F. y Vogel, P. 1987. The shrews of the eastern Canary Islands: a new species (Mammalia: Soricidae). *Journal of Natural History* 21: 1.347-1.357. (25)
- Hutterer, R., Madalena, T. y Molina, O.M. 1992. Origin and evolution of the endemic Canary Island shrews (Mammalia: Soricidae). *Biol. J. Lin. Soc.* 46: 19-58. (12, 25)
- Ibáñez, M. 1994. Los moluscos terrestres endémicos del archipiélago canario. *Actas del X Congr. Nac. Malac.* pp. 23-27. Barcelona. (12)
- Ibáñez, M., Alonso, M.R., Henriquez, F. y Valido, M.J. 1997. Distribution of land snails (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) on the island of Gran Canaria (Canary Islands) in relation to protected areas. *Biodiv. Et Conserv.* 6: 627-632. (27)
- IFAW, Thetys Research Institute and Europe Conservation. 1995. *Scientific aspects of managing whale watching*. Montecarlo Workshop Report. IFAW. (35)
- ICONA. 1994. *Segundo Inventario Forestal Nacional. Canarias. Santa Cruz de Tenerife*, 235 pp. *Las Palmas*, 138 pp. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. (32)
- ITGE. 1990. *Mapa Geológico de España a escala 1:25.000 (Gran Canaria)*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. (14)
- IUCN. 1981. *How to use the IUCN Red Data Book categories*. Threatened Plants Committee, Kew. (52)
- IUCN. 1987. *The IUCN positions statement on traslocation of living organism*. World Conservation Union, Gland. (48)
- IUCN. 1994. *Directrices para las categorías de manejo de áreas protegidas*. CPNAP, WCMC. IUCN, Gland. (51)
- IUCN. 1996. *1996 IUCN Red List of Threatened Animals*. IUCN, Gland. (18, 52)
- IUCN/PNUMA/WWF. 1980. *Estrategia mundial para la conservación: la conservación de las recursos vivos para un desarrollo sostenido*. IUCN, PNUMA y WWF, Gland. (11)
- Izquierdo, I. 1997. *Estrategias adaptativas al medio subterráneo de Blattellidae en las Islas Canarias*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (12)
- Izquierdo, M.S., García-Corralles, P. y Bacallado, J.J. 1986 a. Contribución al conocimiento de los hidrozoos caliptoblastidos del Archipiélago Canario. Parte I: *Halecidae, Lofocidae, Campanulariidae y Synthecidae*. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 3: 49-66. (13)
- Izquierdo, M.S., García-Corralles, P. y Bacallado, J.J. 1986 b. Contribución al conocimiento de los hidrozoos caliptoblastidos del Archipiélago Canario. Parte II: *Plumulariidae*. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 3: 81-94. (13)
- Izquierdo, M.S., García-Corralles, P., Bacallado, J.J. y Verwoort, W. 1990. Contribución al conocimiento de los hidrozoos caliptoblastidos del Archipiélago Canario. Parte III: *Sertulariidae*. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 6: 29-48. (13)
- Jeanmonod, D. 1984. La spéciation: aspects divers et modèles récents. *Candollea* 39: 151-194. (15)
- Jenkins, K.A. y Smith, B.J. 1990. Daytime Rock Surface Temperature Variability and its Implications for Mechanical Rock Weathering. Tenerife. Canary Islands. *Catena* 17: 449-460. (6)
- Jiménez, S. 1997. *Taxonomía biológica y pesquería de las especies de la familia Mureniidae (Osteichthyes, Anguilliformes) en las Islas Canarias*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (13)
- Johansson, P.O. 1987. *The economic theory and measurement of environmental benefits*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (37)
- Johnson, C.N. 1998. Species extinction and the relationship between distribution and abundance. *Nature* 394: 272-274 (52)
- Juan, C., Ibrahim, K.M., Oromi, P. y Hewitt, G.M. 1996. Mitochondrial DNA sequence variation and phylogeography of *Pimelia* darkling beetles on the island of Tenerife (Canary Islands). *Heredity* 77: 589-598. (12)
- Juan, C., Oromi, P. y Hewitt, G.M. 1995. Mitochondrial DNA phylogeny and sequential colonization of Canary Islands by darkling beetles of the genus *Pimelia* (Tenebrionidae). *Proc. R. Soc. Lond. B* 261: 173-180. (15, 52)
- Juan, C., Oromi, P. y Hewitt, G.M. 1996. Phylogeny of the genus *Hegeler* (Tenebrionidae: Coleoptera) and its colonization of the Canary Islands deduced from Cytochrome Oxidase I mitochondrial DNA sequences. *Heredity* 76: 392-403. (12, 15)
- Juan, C., Oromi, P. y Hewitt, G.M. 1997. Molecular phylogeny of darkling beetles from the Canary Islands: comparison of inter island colonization patterns in two genera. *Biochemical Systematics and Ecology* 25: 121-130. (24)
- Kadereit, J.W. y Jeffrey, C. 1996. A preliminary analysis of cpDNA variation in the tribe Senecioneae (Compositae). En: Hind, D.J. y Beentje, H.G. (eds.) *Compositae: Systematics. Proceedings of the international Compositae Conference*. Vol. 1: 349-360. Royal Botanic Gardens, Kew. (15)
- Kain, J.M. y Norton, T.A. 1990. Marine ecology. En: Cole K.M. y Sheath, R. (eds.) *The Biology of Red Algae*. pp. 375-421. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (22)
- Kaltenbach, A. von. 1979. Die Mantodea der Kanarischen Inseln. Kritische Übersicht und ergänzenden Beschreibungen. *Ann. Naturhistor. Mus. Wien* 82: 517-531. (12)
- Kämmer, F. 1982. *Beiträge zu einer kritischen Interpretation der rezenten fossilen Gefäßpflanzen flora und Wirbeltierfauna der Azores, des Madeira-Archipel, der Ilhas Selvagens, der Kanarischen Inseln und der Kaperdischen Inseln, mit einem*

- Ausblick auf Probleme des Artenverschwindes in Makaronesien. Franco Kämmer, Freiburg im Breisgau. (11)
- Kaneshiro, K.Y. 1995. Evolution, speciation and the genetic structure of island populations. En: Vitousek, P.M., Loope, L.L. y Adersen, H. (eds.) *Islands. Biological Diversity and Ecosystem Function*. pp. 23-33 Springer, Berlin. (14, 15)
- Kaplaw, L. y Lewis, R. 1979. Analysis of toxicity data for California Marine Water Quality Standard. *J. Water Pollut. Control Fed.* 51: 2.054-2.070. (41)
- Kephart, S.R. 1990. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: a comparative analysis of techniques. *Am. J. Bot.* 77: 693-712. (48)
- Kim, S.C., Crawford, D.J., Francisco-Ortega, J. y Santos, A. 1996. A common origin for woody *Sonchus* and five related genera in the Macaronesian Islands: Molecular evidence for extensive radiation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93: 7.743-7.748. (14, 15)
- Kim, S.C., Crawford, D.J., Francisco-Ortega, J. y Santos, A. 1999. Adaptive radiation and genetic differentiation in the woody *Sonchus* alliance (Asteraceae: Sonchinae) in the Canary Islands. *Plant Syst. Evol.* 215: 101-118. (45)
- Kingdon, J. 1990. *Island Africa. The evolution of Africa's rare animals and plants*. Collins, Londres. (14, 15)
- Klemmer, K. 1976. The Amphibia and Reptilia of the Canary Islands. En: Kunkel, G. (ed.) *Biogeography and ecology in the Canary Islands* pp. 433-456. Junk, La Haya. (12)
- Kohlmeyer, J. 1967. Intertidal and phytophilous fungi from Tenerife (Canary Islands). *Trans. Br. Mycol. Soc.* 50: 137-147. (13, 22)
- Kohlmeyer, J. y Volkman-Kohlmeyer, B. 1998. *Dactylospora canariensis* sp. nov. and notes on *D. haliothrepha*. *Mycotaxon* 58: 247-250. (13)
- Kornicker, L.S. y Illiffe, T.M. 1995. Ostracoda (Halocypridina, Cladocopina) from an anchialine lava tube in Lanzarote, Canary Islands. *Smithsonian Contributions to Zoology* 568: 1-32. (13)
- Krebs, C.J. 1986. *Ecología. Análisis experimental de la distribución y abundancia*. Pirámide, Madrid. (48)
- Krupkin, A.B., Liston A. Strauss, S.H. 1996. Phylogenetic analysis of the hard pines (*Pinus* subgenus *Pinus*, Pinaceae) from chloroplast DNA restriction site analysis. *Am. Journ. Bot.* 83: 489-498. (21)
- Kunkel, G. 1970. Flora de la isla de Lobos (Islas Canarias). *Monogr. Biol. Canar.* 1: 1-60. (23)
- Kunkel, G. 1974. La flora canaria, una estadística. *Cuad. Bot. Canar.* 20: 25-31. (23)
- Kunkel, G. 1975. *Inventario de los recursos renovables de la provincia de Las Palmas*. Mancomunidad Interinsular de Las Palmas, Las Palmas de Gran Canaria. (45)
- Kunkel, G. 1976. Notes on the introduced elements in the Canary Islands' flora. En: Kunkel, G. (ed.) *Biogeography and ecology in the Canary Islands*. pp. 249-266. Junk, La Haya. (23)
- Kunkel, G. 1980. *Die Kanarischen Inseln und ihre Pflanzenwelt*. 1ª Ed. Fischer, Stuttgart. (21)
- Kunkel, G. 1993. *Die Kanarischen Inseln und ihre Pflanzenwelt*. 2ª Ed. Fischer, Stuttgart. (2, 21)
- La Roche, F. y Rodríguez-Piñero, C. 1994. Aproximación al número de taxones de la flora vascular silvestre de los archipiélagos macaronésicos. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 6: 77-98. (14, 21)
- Lack, D. 1976. *Island Biology. Illustrated by the land birds of Jamaica*. Univ. California Press, Berkeley. (1)
- Lack, P.C. 1983. The Canary Islands: Survey Results, 1979. *Bustard Studies* 1: 45-50. (49)
- Lamb, R.W. 1980. Termites (Isoptera) of Macaronesia. *Bol. Mus. Mun. Funchal* 33: 44-66. (12)
- Larkum, A.W. y Hartog, C. den. 1989. Evolution and biogeography of seagrasses. En: Larkum, A.W., McComb, A.J. y Shepherd S.A. (eds.) *Biology of Seagrasses. A treatise on the biology of seagrasses with special reference to the Australian region*. pp. 112-156. Elsevier, Amsterdam. (22)
- Laurance, W.F. 1998. A crisis in the making: responses of Amazonian forests to land use and climate change. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 411-414. (19)
- Lawrence, G.H., Buchheim, F.G., Daniels, G.S. y Dolezal, H. (eds.) 1968. *B-P-H Botanico-Periodicum-Hortianum*. Vol 1. Hunt Botanical Library, Pittsburgh. (52)
- Lawrence, M.J., Marshall, D.F. y Davies, P. 1995. Genetics of genetic conservation. I. Sample size when collecting germplasm. *Euphytica* 84: 89-99. (45)
- Le Houerou. 1990. *Bioclimatologie du Sahara*. *Sécheresse* 4, 1: 233-304. (12)
- Ledru, A.-P. 1810. *Voyage aux îles de Tenerife, La Trinité, Saint-Thomas, Sainte Croix et Porto-Ricco*. Paris. (12)
- León, A.R. de y Braun, J.G. 1973. Ciclo anual de la productividad primaria y su relación con los nutrientes en aguas canarias. *Bol. Inst. Esp. Ocean.* 167: 1-24. (10)
- León, C.J. 1996 a. Valoración contingente de espacios naturales: el valor del no-uso y el efecto del formato. En: Azqueta, D. y Pérez-Pérez, L. (eds.) *Gestión de espacios naturales. La demanda de servicios recreativos*. McGraw-Hill, Madrid. (37)
- León, C.J. 1996 b. Double bounded survival values for preserving the landscape of natural parks. *Journal of Environmental Management* 46: 103-118. (37)
- León, C.J. 1997. Valuing international tourism benefits from natural areas. *Tourism Economics* 3: 119-136. (37)
- León, C.J. y González, M. 1995. Managing the environment in tourism regions. The case of the Canary Islands. *European Environment* 5: 171-177. (37)
- Lever, C. 1994. *Naturalized animals*. T Et AD Poyser Natural History, Londres. (27)
- Levin, D.A., Francisco-Ortega, J. y Jansen, R.K. 1996. Hybridization and the extinction of rare plant species. *Conservation Biology* 10: 10-16. (45)
- Libes, S.M. 1992. *An introduction to marine biogeochemistry*. Wiley, Nueva York. (41)
- Lienhard, C. 1996. Psocoptères nouveaux ou peu connus de quelques îles atlantiques (Canaries, Madère, Açores, Ascension) et de l'Afrique du Nord (Insecta, Psocoptera). *Bol. Mus. Mun. Funchal* 48: 87-151. (12)
- Lindberg, H. 1953. Hemiptera Insularum Canariensium. *Conn. Biol.* 14: 1-304. (12)
- Lledó, M.C., Crespo, M.B., Cameron, K.M., Fay, M.F. y Chase, M.W. 1998. Systematic of Plumbaginaceae Based upon Cladistic Analysis of rbcL Sequence Data. *Systematic Botany* 23: 21-28. (21)
- Llinás, O., Rueda, M.J. y Pérez-Martell, E. 1994. Características termohalinas y nutrientes en aguas de las plataformas insulares canarias a finales de primavera. *Bol. Inst. Esp. Ocean.* 10: 177-189. (10)

- Loague, K., Corwin, D. y Ellsworth, T. 1998. The challenge of predicting nonpoint source pollution. *Environmental Science and Technology* 32: 130-133. (38)
- Lobban, C.S. y Harrison, P.J. 1994. *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press, Cambridge. (22)
- Lobin, W. 1982. Untersuchung über Flora, Vegetation und biogeographische Beziehungen der Kapverdischen Archipel. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg* 53: 1-112. (2)
- Loeschke, V., Tomiuk, J. y Jain, S. (eds.) 1994. *Conservation genetics*. Birkhauser, Basilea. (45)
- Logan, A. 1983. Brachiopoda collected by CANCAP I-III expeditions to the south-east north atlantic. 1976-1978. *Zool. Med. Leiden* 57: 165-191. (13)
- Logan, A. 1988. Brachiopoda collected by CANCAP IV and VI expeditions to the south-east north atlantic. 1980-1982. *Zool. Med. Leiden* 62: 59-74. (13)
- Logan, A. 1993. Recent Brachiopods from the Canarian-Cape Verdean Region: diversity, biogeography affinities, bathymetric range and life habits. *Courier Forsch. Inst. Senckenberg* 159: 229-233. (13)
- Lomoschitz, A. y Corominas, J. 1997. La depresión de Tirajana, Gran Canaria. Una macroforma erosiva producida por grandes deslizamientos. *Cuaternario y Geomorfología* 11: 75-92. (7)
- Loope, L.L. 1989. Island Ecosystems. En: Stone, C.P. y Stone, D.B. (eds) *Conservation Biology in Hawaii*. pp 3-6. Univ. of Hawaii Press, Honolulu. (1)
- Loope, L.L. 1992. An overview of problems with introduced plant species in National Parks and Biosphere Reserves in the United States. En: Stone, C.D., Smith, C.W. y Tunison, J.T. (eds.) *Alien Plant Invasions in native ecosystems of Hawaii. Management and Research*. pp. 3-28. Univ. of Hawaii, Cooperative Park Studies Unit, Honolulu. (23)
- López Bermúdez, F. 1996. La degradación de tierras en ambientes áridos y semiáridos. Causas y consecuencias. En: Lasanta, T. y García-Ruiz, J.M. (eds.) *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginadas*. pp. 51-72. IER-SEG, Logroño. (39)
- López Jurado, L.F. y López Martínez, N. 1988. Presencia de la rata gigante extinguida de Gran Canaria (*Canariomys tamarani*) en una cueva de habitación aborigen. *Noticias del Museo Canario* 48: 257-265. (27)
- López Jurado, L.F., González Barbazano, J. y Hildebrandt, S. 1995. *La Foca Monje y las islas Canarias. Biología, Ecología y Conservación de una especie mítica*. Consejería de Política Territorial, Gobierno de Canarias, Las Palmas de Gran Canaria. (13, 26)
- López Jurado, L.F. y Mateo, J.A. 1993. A new giant land tortoise from the Pliocene of Gran Canaria (Canary Islands). *Rev. Esp. Herp.* 7: 107-111. (1)
- López Jurado, L.F. y Mateo, J.A. 1995. Origin, colonization, adaptive radiation, intrasular evolution and species substitution processes in the fossil and living lizards of the Canary Islands. En: Llorente, G.A., Montori, A., Santos, X. y Carretero, M.A. (eds.) *Scientia Herpetologica*. pp. 81-91. (25)
- López Martínez, N. y López Jurado, L.F. 1987. Un nuevo mundo gigante del Cuaternario de Gran Canaria. *Doñana* 1: 2-8. (28)
- López Rondón, J.S. 1986. *Estudio taxonómico, ecológico y biogeográfico del Phylum Sipuncula en las Islas Canarias*. Tesis de Licenciatura, Univ. La Laguna. (13)
- Lorenzo, J.A. 1993. Datos preliminares sobre psitácidos escapados de cautividad en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife (Tenerife, Islas Canarias). *Vieraea* 22: 119-125. (27)
- Lorenzo, J.A., Nogales, M. y Martín, A. 1998. Situación actual y problemas de conservación de la Hubara Canaria. *Quercus* 150: 16-20. (49)
- Lorenzo Perera, M.J. 1992. *Estudio etno-histórico del pastoreo en la isla de El Hierro (Canarias)*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (29)
- Losada-Lima, A. 1986. Sobre la presencia de *Riella affinis* M.A. Howe Et Underw. (Sphaerocarpaceae, Marchantiopsida) en la isla de Tenerife. *Vieraea* 16: 245-246. (20)
- Losada-Lima, A. y González-Mancebo, J.M. 1992. Flora briológica de las Islas Canarias. En: Kunkel, G. (ed.) *Flora y vegetación del Archipiélago Canario*. pp. 171-190. Edircsa, Las Palmas de Gran Canaria. (12, 20)
- Lozano, F., Hernández, F., Ros, M., Mingorance, C., Jiménez, S., Pérez, A. y de Lorenzo, C. 1988. Preliminary list of zooplankton of Canary Islands. I. Cladocera, Copepoda, Euphausiacea, Chaetognatha and Salps. *Bol. Mus. Mun. Funchal* 40: 55-64. (13)
- Lucas, G. y Synghe, H. (eds.) 1978. *The IUCN Plant Red Data Book*. IUCN, TPC, Morges. (18)
- Ludwig, D., Hilborn, R. y Walters, C. 1993. Uncertainty, resource exploitation and conservation: lessons from history. *Science* 260: 17-36. (51)
- Luis, M. 1994. *El paisaje vegetal de la vertiente norte de Tenerife*. Tesis Doctoral, Univ. La Laguna. (9)
- Luis, M., Aroza, M.E., Beltrán, E., Dorta, P. y Marzol, M.V. La influencia del clima en la variación espacial del pinar de Tenerife (I. Canarias). *XIII Jornadas de Fitosociología*. Lisboa. En prensa. (6)
- Luken, J. 1990. *Directing ecological succession*. Chapman Et Hall, Londres. (47)
- Luna de Carvalho, E. 1985. Estrepsípteros da Macaronésia (Insecta, Strepsiptera). *Actas del II Congr. Ibér. Entomol.* pp. 63-73. (12)
- Lünning, K. 1990. *Seaweeds. Their environment, biogeography and ecophysiology*. Wiley, Nueva York. (22)
- Lüpnitz, D. 1995. Kanarischen Insein. Florenvielfalt auf engem Raum. *Palmengarten Sonderheft* 23. (2)
- Luque, A. y Perez-Peña, J. 1996. *Evaluation of sea water quality in a tourist area (Maspalomas) in the Canary Islands*. Proceedings of the Unesco International Congress on Environment and Climate. Roma. (41)
- MacArthur, R.H. y Wilson, E.O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton Univ. Press, Princeton. (1, 11, 19)
- MacDonald, I.A. y Cooper, J. 1995. Insular Lessons for Global Diversity Conservation with particular reference to Alien Invasions. En: Vitousek, P.M., Loope, L.L. y Adersen, H. (eds.) *Islands. Biological Diversity and Ecosystems Function*. pp. 189-203. Springer, Berlin. (23)
- MacDonald, I.A., Loope, L.L., Usher, M.B. y Hamann, O. 1989. Wildlife Conservation and the Invasion of Nature Reserves by Introduced Species: a Global Perspective. En: Drake, J.A., Mooney, H.A., di Castri, F., Groves, R.H., Kruger, F.J., Rejmánek, M. y Williamson, M. (eds.) *Biological Invasions. A global perspective*. pp. 215-256. Wiley, Nueva York. (23)
- Machado, A. 1976. Introduction to a faunal study of the Canary

- Islands' Laurisilva, with special reference to the ground-beetles. (Coleoptera, Carabidae). En: Kunkel, G. (ed.) *Biogeography and ecology in the Canary Islands*. pp. 347-412. Junk, La Haya. (12)
- Machado, A. 1985 a. New data concerning the Hierro Giant lizard and the lizard of Salmor (Canary Islands). *Bonn. zool. Beitr.* 36: 429-470. (49)
- Machado, A. 1985 b. *Plan de Recuperación del Lagarto Gigante de El Hierro (Islas Canarias, España)*. ICONA. Inédito. (49)
- Machado, A. 1987. *Orzolina thalassophila* n.gen., n.sp., a new *Bembidiinae* from the intertidal zone in Lanzarote, Canary Islands (Coleoptera, Carabidae). *Entomol. Blätter* 31: 151-156. (13)
- Machado, A. 1989. *Ecología, medio ambiente y desarrollo turístico en Canarias*. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (34)
- Machado, A. 1989. Planes de Recuperación de Especies. *Ecología* 3: 23-41. (49)
- Machado, A. 1992. *Monografía de los Carábidos de las Islas Canarias (Insecta, Coleoptera)*. Instituto de Estudios Canarios, La Laguna. (14, 24)
- Machado, A. 1998. *Biodiversidad, un paseo por el concepto y las Islas Canarias*. Cabildo de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife. (13, 18, 24, 29)
- Machado, A. 2000. Plan insular de biodiversidad (2001-2005). Inédito. Cabildo Insular de Tenerife; Eurbiol. (I)
- Machado, A. y Oromí, P. 2000. *Elenco de los coleópteros de las Islas Canarias*. Instituto de Estudios Canarios, La Laguna. (12)
- Macías, A. 1982. El sector pesquero en la economía canaria del pasado inmediato (1800-1970). *II Jornadas de Estudios Económicos Canarias: La pesca en Canarias*. pp. 11-40. Secret. Public. Univ. La Laguna, La Laguna. (33)
- Mackay, D. 1991. *Multimedia Environmental Models*. Lewis, Chelsea. (38)
- MacPherson, E. 1990. Stable taxonomy. *Nature* 345: 485. (52)
- Mahner, V. 1997. New species and new records of pseudoscorpions (Arachnida, Pseudoscorpionida) from Canary Islands. *Rev. suisse Zool.* 104: 559-585. (12)
- Malato-Beliz, J. 1991. O factor endemismo na flora dos arquipélagos macaronésicos. En: Dias, E., Carretas, J.P. y Cordeiro, P. (eds.) *I Jornadas atlánticas de protecção do meio ambiente*. pp. 251-259. Angra do Heroísmo. (2)
- Malmqvist, B., Nilsson, A.N. y Báez, M. 1995. Tenerife's freshwater macroinvertebrates: status and threats (Canary Islands, Spain). *Aquatic Conserv.: Marine & Freshwater Ecosystems* 5: 1-24. (12)
- MAPFRE. 1994. *Manual de contaminación ambiental*. Fundación Mapfre, Madrid. (40)
- Margalef, R. 1978. *Perspectivas de la teoría ecológica*. Blume, Barcelona. (11)
- Margules, C.R., Nicholls, A.O. y Pressey, R.L. 1988. Selecting networks of reserves to maximise biological diversity. *Biological Conservation* 43: 63-76. (52)
- Márquez, R. 1990. *Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date*. FAO Fisheries Synthesis 125 (vol. 11). FAO, Roma. (26)
- Márquez, R., Cejudo, D. y Pérez-Mellado, D. 1997. Selected body temperatures of four lacertid lizards from the Canary Islands. *Herpetological Journal* 7: 122-124. (49)
- Marrero, A. 1986. Aportaciones cariológicas del género *Sideritis* L. (Lamiaceae) en las Islas Canarias. *Bot. Mocar.* 14: 35-58. (14)
- Marrero, A. 1991. La flora y vegetación del Parque Natural de Los Islotes del Norte de Lanzarote y riscos de Famara. Su situación actual. En: Dias, E., Carretas, J.P. y Cordeiro, P. (eds.) *I Jornadas atlánticas de protecção do meio ambiente*. pp. 195-211. Angra do Heroísmo. (23)
- Marrero, A. 1992 a. La evolución en las Islas Canarias. En: Kunkel, G. (ed.) *Flora del Archipiélago Canario. Tratado Florístico 1ª parte*. pp. 55-92. Edicra. Las Palmas de Gran Canaria. (14, 15)
- Marrero, A. 1992 b. Chromosomal evolutionary trends in the genus *Sideritis* subgenus *Marrubiastrum*. En: Harley, R.M. y Reynolds, T. (eds.) *Advances in Labiate Science*. pp. 247-256. Royal Botanic Garden, Kew. (14, 15)
- Marrero, A., Almeida, R.S. y González-Martín, M. 1998. A new species of wild dragon tree, *Dracaena* (Dracaenaceae), from Gran Canaria and its taxonomic and biogeographic implications. *Bot. J. Lin. Soc.* 128: 291-314. (15)
- Marrero, A. y González-Martín, M. 1995. *Cartografía y dinámica de la flora vascular del Parque Nacional de Timanfaya (Lanzarote)*. Informe al P.N. de Timanfaya. Inédito. (23)
- Marrero, A. y Peréz de Paz, P.L. 1997. Flora terrestre de Canarias y su biodiversidad. En: Pérez de Paz, P.L. (ed.) *Máster en Gestión Ambiental*. pp. 177-189. Gobierno de Canarias, Univ. de La Laguna y Las Palmas de Gran Canaria, Santa Cruz de Tenerife. (21)
- Marrero, M.V., Bañares, A., Carqué, E. y Padilla, A. 1999. Size structure in populations of two threatened Cistaceae of the Canary Islands. *Cistus osbaeckiaefolius* and *Helianthemum juliae*. *Nat. Areas J.* 19: 79-86. (48)
- Marrero, M.V., Arévalo, J.R., Bañares, A. y Carqué, E. 2000. Study of the establishment of the endangered *Echium acanthocarpum* (Boraginaceae) in the Canary Islands. *Biol. Conservation* 94: 183-190. (48)
- Marsá, J. 1997. 20 mandamientos para un crecimiento insostenible. El paraíso lanzaroteño. *Cuadernos del Guincho* n.º 3. (29)
- Marshall, D.R. y Brown, A.H. 1975. Optimum sampling strategies in genetic conservation. En: Frankel, O.H. y Hawkes, J.G. (eds.) *Genetic resources for today and tomorrow*. pp. 53-80. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (45)
- Martens, J., Päckert, M., Nazarenko, A., Valchuk, O. y Kawaji, N. 1988. Comparative bioacoustics of territorial song in the Goldcrest (*Regulus regulus*) and its implications for the intrageneric phylogeny of the genus *Regulus* (Aves: Passeriformes: Regulidae). *Zool. Abh. Mus. Tierkd. Dresden* 50: 99-128. (25)
- Martí, J., Ablay, G.J., y Bryan, S. 1996. Comment on the «The Canary Islands: an example of structural control on the growth of large oceanic-island volcanoes» by J.C. Carracedo. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 72: 143-149. (4)
- Martí, J., Araña, V., Ablay, G.J., Bryan, S., Mitjavila, J., Raposo, S., Pujadas, A. y Romero, C. 1994. *Caracterización de la actividad volcánica en Tenerife (Islas Canarias) durante los últimos 200.000 años*. Casa de los Volcanes de Lanzarote, 3. Libro Homenaje a J.L. Diez Gil. pp. 157-178. (4)
- Martín, A. 1987. *Atlas de las aves nidificantes en la isla de Tenerife*. Instituto de Estudios Canarios. Monograf. 32. (12)
- Martin, A., Bacallado, J.J., Emmerson, K.W. y Báez, M. 1984. Contribución al estudio de la aifauna canaria: la biología del pinzón azul del Teide (*Fringilla teydea teydea* Moquin-Tandon).

- II Reunión Iber. Amer. Cons. Zool. Vert.* pp. 130-139. (15)
- Martín, A., Hernández, E., Nogales, M., Quilis, V., Trujillo, O. y Delgado, G. 1990. *Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Canarias*. Serv. Public. CajaCanarias. Santa Cruz de Tenerife. (18, 27, 49)
- Martín, A., Hutterer, R. y Corbet, G.B. 1984. On the presence of shrews (Soricidae) in the Canary Islands. *Bonn zool Beitr.* 35: 1-3. (27)
- Martín, A. y Lorenzo, J.A. 2001. *Aves del Archipiélago Canario*. Francisco Lemus Editor, La Laguna. (1)
- Martín, A., Lorenzo, J.A., Hernández, M.A., Nogales, M., Medina, F.M., Delgado, J.D., Naranjo, J.J., Quilis, V. y Delgado, G. 1997. Distribution, status and conservation of the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata fuerteventurae* Rothschild et Hartert, 1894, in the Canary Island, November-December 1994. *Ardeola* 44: 61-69. (49)
- Martín, A., Nogales, M., Hernández, M.A., Lorenzo, J.A., Medina, F.M. y Rando, J.C. 1996. Status, conservation and habitat selection of the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata fuerteventurae* on Lanzarote (Canary Islands). *Bird Conservation International* 6: 229-239. (49)
- Martín, J.L. 1991. *Fauna invertebrada del Parque Nacional de Timanfaya (Lanzarote, I. Canarias)*. Serv. Public. CajaCanarias, Santa Cruz de Tenerife. (11)
- Martín, J.L., Báez, M. y Oromí, P. 1999. Biodiversidad terrestre de las Islas Canarias. *Quercus* 154: 26-31. (24, 27)
- Martín, J.L., García, H., Redondo, C.E., García, I. y Carralero, I. 1995. *La Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos*. Viceconsejería de Medio Ambiente, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (50)
- Martín, J.L., Izquierdo, I. y Oromí, P. 1989. Sur les relations entre les troglodytes et les espèces épigées des Iles Canaries. *Mem. Biospéol.* 16: 25-34. (12)
- Martín, J.L. y Oromí, P. 1984. Consideraciones sobre la presencia de *Schizomus portoricensis* (Chamberlin, 1922) [Arch. Schizomida] en cuevas de Tenerife (Islas Canarias). *Bol. Asoc. Esp. Entomol.* 8: 265-270. (12)
- Martín, J.L., Vera, M.A., Archavaleta, M. 2000. Biodiversidad taxonómica y análisis de prioridad para el establecimiento de áreas protegidas. *Viverae* 27: 245-253. (52)
- Martín, M.P. 1990. Contribución al conocimiento de los malófagos parásitos de aves en la isla de Tenerife (Mallophaga, Insecta). *Viverae* 19: 175-184. (12)
- Martín, V. *Los pequeños cetáceos del Archipiélago canario*. Fundación César Manrique. En prensa. (35)
- Martín, V. y Carrillo, M. 1991. *Programa de estudio de Cetáceos varados en Canarias*. Viceconsejería de Medio Ambiente, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (13, 26)
- Martín, V. 1996. Diurnal activity patterns and behaviour in the short-finned pilot whale (*Globicephala macrorhynchus*) of the SW coast Tenerife, Canary Islands. *Proc. 10th Ann. Conf.*, Lisboa. (35)
- Martín, V. y Montero, R. 1993. *Estudio de impacto que provocan las embarcaciones en la población de calderones residentes en las aguas del SO de Tenerife*. Informe para el Gobierno de Canarias. Inédito. (35)
- Martín, V., Carrillo, M., André, M. y Hernández-García, V. 1995. Records on cetaceans stranded off the Canary Islands coast from 1992-1994. *International Council for the exploration of the Sea* nº 9. (13, 26)
- Martín, V., Ianni, V. y Schweikert, F. 1999. Cetaceans sighted in the Canary Islands during the Caremex expedition (January-April 1997). En: Evans, P.G. y Parsons, E.C. (eds.) *Proceedings of the 12th annual conference of the European Cetacean Society*. Mónaco. (26)
- Martín, V., Montero, R., Heimlich-Boran, J. y Heimlich-Boran, S. 1992. Preliminary observations of the cetacean fauna of the Canary Islands. En: Evans, P.G. (ed.) *Proceedings of the 6th annual conference of the European Cetacean Society*. San Remo. (26)
- Martín Oval, M. et al. 1985. Estudio preliminar de la fauna del conchero de Guinea. *Tabona* 6: 227-240. (28)
- Martín Rodríguez, E. 1993. Adaptación y adaptabilidad de las poblaciones prehistóricas canarias. *Vegueta* 1: 9-19. (28)
- Martínez de Pisón, E. 1998. El concepto de paisaje como instrumento de conocimiento ambiental. En: *Paisaje y Medio Ambiente*. Fundación Duques de Soria, Univ. de Valladolid. pp. 9-28. (9)
- Martínez de Pisón, E. 2000. Paisaje, medio ambiente y obras hidráulicas. En: *Medio Ambiente y las obras hidráulicas*. División General de Obras Hidráulicas. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. (9)
- Martínez de Pisón, E. y Quirantes, F. 1981. *El Teide. Estudio Geográfico*. Interinsular, Santa Cruz de Tenerife. (6, 7)
- Martínez-Rica, J.P. 1982. Primeros datos sobre la población de lagarto negro (*Gallotia simonyi simonyi*) en la isla de El Hierro. *Amphibia-Reptilia* 2: 369-380. (49)
- Marzol, M.V. 1989. Situaciones atmosféricas de lluvias intensas en Canarias. En: Gil, A. y Morales, A. (eds.) *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. pp. 107-116. Instituto de Geografía de Alicante, UNESCO. (8)
- Marzol, M.V. 1989. *La lluvia un recurso natural para Canarias*. Serv. Public. Cajaanarias, Santa Cruz de Tenerife. (8)
- Marzol, M.V. 1995. Características de la tropopausa en la región de Canarias (1982-1993). *Revista de Geografía Norte Grande (Chile)* 22: 59-66. (8)
- Marzol, M.V., Dorta, P., Valladares, P. y Pérez, R. 1997. Le potentiel hydrique de la base de la mer de nuages à Tenerife (Iles Canaries). *Public. Assoc. Int. Climat.* 10: 93-108. (8)
- Marzol, M.V., Dorta, P., Valladares, P., Morin, P., Sánchez, J.L. y Abreu, M. 1994. La captation de l'eau à Tenerife (Iles Canaries). L'utilisation des brouillards. *Public. Assoc. Int. Climat.* 7: 83-91. (8)
- Marzol, M.V., Rodríguez, J., Arozena, M.E. y M. Luis. 1988. Rapport entre la dynamique de la mer des nuages et la vegetation au nord de Tenerife (Iles Canaries). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie* 1: 273-283. (6)
- Marzol, M.V. y Valladares, P. 1998. Evaluation of fog water collection in Anaga (Tenerife, Canary Islands). En: Schemenauer, R. y Bridgman, H. (eds.) *1st International Conference on Fog and Fog Collection*. pp. 449-452. International Development Research Centre, Ottawa. (8)
- Mascareño, D. 1972. Algunas consideraciones oceanográficas de las aguas del Archipiélago Canario. *Bol. Inst. Esp. Ocean.* 10: 177-189. (10)
- Massard, J.A. y Geimer, G. 1990. Note on the freshwater Bryozoa (Ectoprocta, Phylactolaemata) of Tenerife. *Viverae* 19: 327-338. (12)

- Mauder, M., Culham, A. y Hankamer, C. 1998. Picking up the pieces: Botanical conservation on degraded oceanic islands. En: Fieder, P.L. y Kareiva, P.M. (eds.). *Conservation biology: For the coming decade*. pp. 317-344. Chapman & Hall, Nueva York. (18, 45)
- Max-Neef, M.A. 1993. *Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Nordan-Comunidad/Icaria, Barcelona. (29)
- May, R.M. 1990. Taxonomy as destiny. *Nature* 3: 129-130 (52)
- May, R.M., Lawton, J.H. y Stork, N.E. 1995. Assessing extinction rates. En: Lawton, J.H. y May, R.M. (eds.) *Extinction rates*. pp. 1-24. Oxford Univ. Press, Oxford. (52)
- May, T. 1995. Wald und Buschbrände in Spanien. *Geograph. Rundschau* 47: 298-304. (42)
- Mayr, E. 1942. *Systematics and the origin of species*. Columbia Univ. Press, Nueva York. (16)
- Mayr, E. 1967. The challenge of islands fauna. *Australian Natural History* 15: 359-374 (1)
- Mayr, E. y O'Hara, R.J. 1986. The biogeographic evidence supporting the pleistocene forest refuge hypothesis. *Evolution* 40: 55-67. (12)
- McGuire, W.J. y Moss, J. 1997. Establishing baseline ground deformation studies on La Palma using GPS. *International Workshop on Volcanism and Volcanic Hazards in Immature Intraplate Oceanic Islands*. pp. 126-128. La Palma. (5)
- McMinn, M., Jaume, D. y Alcover, J.A. 1990. *Puffinus olsoni* n.sp.: nova espécie de baldrija recentment extingida provinent de dipòsits espeleològics de Fuerteventura i Lanzarote. *Endins* 16: 63-71. (28)
- Meco, J. 1977. Paleontología de Canarias I: Los *Strombus* neógenos y cuaternarios del Atlántico euroafricano (Taxonomía, Bioestratigrafía y Paleoecología). Ediciones del Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. (I)
- Meco, J. 1982. Los bivalvos fósiles de las Canarias Occidentales. *An. Est. Atlánticos*, 28: 65-125. (I)
- Meco, J. 1997. The Quaternary deposits in Lanzarote and Fuerteventura (eastern Canary Islands, Spain): an overview. En: Meco, J. y Petit-Maire (eds.) *Climate of the Past*. pp. 123-136. Secret. Publ. Univ. Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (7)
- Meco, J. y Pomel, R.S. 1985. Les formations marines et continentales intervolcaniques des Iles Canarias Orientales (Grande Canarie, Fuerteventura et Lanzarote): stratigraphie et signification paléoclimatique. *Estudios Geol.* 41: 223-227. (5)
- Médail, F. y Quézel, P. 1997. Hot-spot analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean basin. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 84: 112-127. (12, 18)
- Medina, F.M. 1999. Foraging use of cultivated fields by the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata fuerteventurae* Rothschild and Hartert, 1894 on Fuerteventura (Canary Islands). *Bird Conservation International* 9: 373-386. (49)
- Medina, M., Haroun, R. y Wildpret, W. 1995. Phytosociological study of the *Cystoseira abies-marina* (Gmelin) (C. Agardh) (Cystoseiraceae, Phaeophyceae) community in the Canarian archipelago. *Bol. Mus. Mun. Funchal* Sup. 4: 433-440. (10)
- Melchior Navarro, M.M. 1998. *El Turismo en Canarias*. Fundación, formación y desarrollo empresarial, Instituto Universitario de la empresa. Santa Cruz de Tenerife. (34)
- Mendes, L.F. 1982. Notas taxonómicas e zoogeográficas sobre os tisanuros (Microcoryphia e Zygentoma) de Apterygota macaronésicos. *Bol. Soc. Port. Ent.* 7: 151-167. (12)
- Mendes, L.F., Molero-Baltanás, R., Bach de Roca, C. y Gaju-Ricart, M. 1993. Novos dados sobre a fauna de tisanuros das ilhas Canarias. II. Zygentoma. Notas e descrição de tres novas espécies. *García de Orta, Ser. Zool.* 19: 107-120. (12)
- Menges, E.S. 1986. Predicting the future of rare plant populations: demographic monitoring and modeling. *Nat. Areas J.* 6: 13-25. (48)
- Menges, E.S. 1991. The Application of Minimum Viable Population theory to plants. En: Falk, D.A. y Holsinger, K.E. (eds.) *Genetics and conservation of rare plants*. pp. 45-61. Center for Plant Conservation. Oxford Univ. Press, Oxford. (48)
- Merret, N.R. y Domanski, P.A. 1985. Synopsis of catch and analysis data of deep-sea bottom-living fishes collected off the Moroccan slope, eastern North Atlantic (27°-34° N) on Discovery cruise 77. *Inst. Oceanogr. Science Rep.* 208: 1-29. (26)
- Mes, T.H., van Brederode, J. y 't Hart, H. 1996. Origin of the Woody Macaronesian Sempervivoideae and the phylogenetic position of the East African species. *Bot. Acta* 109: 477-491. (14, 15)
- Meusel, H. 1965. Die Relikvegetation der Kanarischen Inseln in ihren Beziehung zur Süd und Mitteleuropäische Flora. En: Gersch, M. (ed.) *Gesammelte Vorträge über moderne probleme der Abstammungslehre*. pp. 117-136. Schiller, Univ. Jena, Jena (14)
- Michel-Thomé, J. 1985. Radiometric studies in Macaronesia. *Bol. Mus. Mun. Funchal* 37: 52-85. (14)
- Miller, K. 1992. Expanding the World's Network of protected Areas. En: *Proceedings of the 4th World Congress on National Parks and protected Areas*. pp. 28-36. UICN, Caracas. (50)
- Miller, K. 1996. *Balancing the scales: guidelines for increasing biodiversity's chances through bioregional management*. World Resources Institute, Washington. (51)
- Miller, P.J. 1984. The gobiid fishes of temperate Macaronesia (eastern Atlantic). *J. Zool. Lond.* 204: 363-412. (26)
- MIMAM (Ministerio de Medio Ambiente). 2000. *Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. Borrador de trabajo*. Documento interno del MIMAM, Madrid. (39)
- Mitchell, B. 1999. *Resource and environmental management*. Addison Wesley Longman, Londres. (51)
- Mithen, R., Harper, J.L. y Weiner, J. 1984. Growth and mortality of individual plants as a function of available area. *Oecologia* 62: 57-60. (48)
- Molina, O.M. y Hutterer, R. 1989. A cryptic new species of *Crocodyra* from Gran Canaria, Canary Islands (Mammalia: Soricidae). *Bonn. zool. Beitr.* 40: 85-97. (25)
- Molina, R. y Laatz, F.L. 1986. Hidrología en la región comprendida entre las Islas Canarias orientales, Marruecos y la isla de Madeira. Campaña Norcanarias I. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 3: 1-16. (10)
- Montelongo V. 1994. Laurel de India: después de casi siglo y medio en Canarias, nacen los primeros hijos. *Noticias del Museo Canario* 7: 10-11. (23)
- Montero, D., Rico, V. y González, J.A. 1995. Presencia de *Regalecus glesne* Ascanius, 1772 (Osteichthyes, Regalecidae) en aguas de Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 11: 183-185. (13)
- Montero, R. y Arechavala, M. 1997. *La observación de cetáceos en Canarias como actividad turística. 1996-1997*. Descripción,

- diagnóstico e impacto de las embarcaciones sobre la población de *caldérón tropical*. Informe a la Consejería de Turismo, Gobierno de Canarias. Inédito. (35)
- Moore, J. y Moore, N.W. 1972. Land nemertine of Madeira and the Azores. *Bol. Mus. Mun. Funchal* 26: 31-44. (12)
- Morgan, W.J. 1971. Convection plumes in the lower mantle. *Nature* 230: 42-43. (3)
- Morikawa, T. y Legett, J.M. 1990. Isozyme polymorphism in natural populations of *Avena canariensis* from the Canary Islands. *Heredity* 64: 403-411. (14, 15, 16)
- Moro, L., Ortea, J. y Bacallado, J.J. 1997. Primera cita de *Trapania luquei* Ortea, 1989 (Mollusca: Nudibranchia) para las Islas Canarias. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 9: 119-124. (13)
- Moro, L., Ortea, J., Bacallado, J.J., Valdés, A. y Pérez-Sánchez, J.M. 1995. Nuevos aeolidáceos (Gastropoda, Nudibranchia) para la fauna de Canarias. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 7: 63-75. (13)
- Morris, M. 1998. *Life as a tourist object*. <http://daedalus.edcmrit.edu.au/ws/ws95/Papers/Morris.html>. James Cook Univ.
- Morris, W.F. y Doak, D.F. 1998. Life history of the long-lived gynodioecious cushion plants: *Silene acaulis* (Cariophyllaceae), inferred from size-based population projection matrices. *Am. J. Bot.* 85: 784-793. (48)
- Mortensen, T. 1927. *Handbook of the Echinoderms of the British Isles*. Backhuys, Rotterdam. (13)
- Morton, B., Britton, J.C. y de Frias-Martins, A.M. 1998. *Coastal Ecology of the Açores*. Soc. A. Chaves, Ponta Delgada. (13)
- Mueller-Dombois, D., Bridges, P. y Carson, H. (eds.) 1981. *Island Ecosystems. Biological Organization in Selected Hawaiian Communities*. Hutchinson Ross, Stroudsburg. (1)
- Munilla-León, T. y Sánchez, E. 1988. Ecología de los primeros pignogónidos litorales canarios. *Vi Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino*. p. 61. Palma de Mallorca. (13)
- Munroe, T.A., Brito, A. y Hernández, C. 2000. *Symphurus insularis*: a new Eastern Atlantic dwarf tonguefish (Cynoglossidae: Pleuronectiformes). *Copeia* 2000: 491-500. (26)
- Munt, I. 1994. Eco-tourism or ego-tourism? *Race Et Class* 36: 49-60. (34)
- Naeslund, C. y Bischoff, W. 1998. *Gallotia simonyi* (Steindachner, 1889), Hierro Reiseendeckse. En: Bischoff, W. (ed.) *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europaeas*. Band 6: pp. 341-370. AULA, Wiesbaden. (49)
- Navarro, J.M. y Coello, J. 1989. Depressions originated by landslide processes in Tenerife. *ESF Meeting on Canarian Volcanism*. pp. 150-152. (4)
- Navarro, J.M. y Soler, C. 1990. *El agua en El Hierro. Resumen del Avance del Plan Hidrológico*. Cabildo Insular de El Hierro y Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Agua, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (7)
- Navéh, Z. 1990. Fire in the mediterranean perspective. En: Goldammer, J.G. y Jenkins, N.J. (eds.) *Fire in Ecosystem Dynamics. Mediterranean and Northern Perspectives*. pp. 1-20. SPB, Academic Publishing, La Haya. (42)
- Nieckles, M. 1979. Scaphopodes de l'Ouest Africane (Mollusca, Scaphopoda). *Bull. Mus. Nat. Hist. nat. Paris, serie 4*, 1: 41-77. (13)
- Nicolás, J.P. de, Fernández-Palacios, J.M., Ferrer, F.J. y Nieto, E. 1989. Inter-island floristic similarities in the Macaronesian region. *Vegetatio* 84: 117-125. (2, 14)
- Nogales, M., de León, L. y Gómez, R. 1998. On the presence of the endemic skink *Chalcides simonyi* Steind, 1891 in Lanzarote (Canary Islands). *Amphibia-Reptilia* 19: 427-430. (25)
- Nogales, M., López, M., Jiménez-Asensio, J., Larruga, J.M., Hernández, M. y González, P. 1998. Evolution and biogeography of the genus *Tarentola* (Sauria: Gekkonidae) in the Canary Islands, inferred from mitochondrial DNA sequences. *J. Evol. Biol.* 11: 481-494. (15, 25)
- Nogales, M. y Medina, F. 1996. A review of the diet of feral domestic cats (*Felis silvestris f. catus*) on the Canary Islands. *Z. Säugertierkunde* 61: 1-6. (27)
- Nordsiek, F. y García-Talavera, F. 1979. *Moluscos marinos de Canarias y Madeira (Gastrópoda)*. Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife. (13)
- Norgaard, R.B. 1984. El potencial del desarrollo coevolucionario. *Land Economics* 60: 160-173. (29)
- Norse, E.A. 1993. *Global Marine Biological Diversity. A Strategy for Building Conservation into Decision Making*. Center for Marine Conservation, Island Press, Washington. (13)
- Norton, T.A. 1992. Dispersal by macroalgae. *British Phycological Journal* 27: 293-301. (22)
- Nunn, P.D. 1994. *Oceanic Islands*. Blackwell, Londres. (1)
- Núñez, J. 1991. *Anélidos Poliquetos de Canarias: estudio sistemático de los Órdenes Phyllocladica, Amphinomida y Eunicida*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (13)
- Núñez, J., Ocaña, O. y Brito, M.C. 1997. Two new species (Polychaeta: Fauveliopsidae and Nerillidae) and other polychaetes from the marine lagoon cave of James del Agua, Lanzarote (Canary Islands). *Bulletin of Marine Science* 60: 252-260. (13)
- Núñez, J., Pascual, M. y Brito, M.C. 1996. Contribución al estudio de los dorvilleus (Annelida, Polychaeta) de Canarias. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 8: 139-152. (13)
- Nuryanti, W. 1996. Heritage and postmodern tourism. *Annals of Tourism Research* 23: 249-260. (34)
- Nybom, O. 1948. The Trichoptera of the Atlantic Islands. *Comm. Biol.* 8: 1-19. (12)
- Ocaña, C. et al. 1992. Nuevas técnicas en la investigación geográfica (Sistemas de Información Geográfica, Cartografía Automática y Teledetección). En: Varios Autores (eds.) *La Geografía en España (1970-1990)*. pp. 231-240. RSG-AGE, Madrid. (46)
- Ocaña, O. 1994. *Anémonas (Actinaria y Corallimorpharia) de la Macaronesia Central: Canarias y Madeira*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (13)
- Ocaña, O., Bacallado, J.J., Núñez, J. y Brito, A. 1991. Presencia de *Phoronis australis* Haswell, 1883 (Phoronida, Lophophorata) en las Islas Canarias. *Vieraea* 20: 83-88. (13)
- Ohm, P. y Hölzel, H. 1984. Zur Zoogeographie der Neuropteren auf den mittelatlantischen Inseln: eine erste Übersicht (Insecta: Planipennia). *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg*. 71: 79-86. (12)
- Ojeda, A. 1985. Especies fitoplanctónicas identificadas en aguas litorales de las Islas Canarias Orientales. *Simpos. Int. Afr. O. Afr., inst. Inv. Pesq.*, vol 1: 403-415. (13)
- Ojeda, A. 1990. Estudio comparativo del fitoplancton en dos charcas costeras de la provincia de Las Palmas. *Secret. Public. Univ. La Laguna (Homenaje Prof. Telesforo Bravo)*, Tomo 1: 559-575. (13)
- Ojeda, A. 1996. Biomasa planctónica y clorofila en las Islas Canarias

- Occidentales. Mayo 1986. En: Llinás, O., González, J.A. y Rueda, M.J. (eds.) *Oceanografía y Recursos Marinos en el Atlántico Centro-Oriental*, pp. 91-121. Gobierno de Canarias, Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (13)
- Ojeda, A. 1998. *Dinoflagelados de Canarias: estudio taxonómico y ecológico*. Tesis doctoral, Univ. Las Palmas de Gran Canaria. (13)
- Olesen, J.M. 1985. The Macaronesian bird-flowers element and its relation to bird and bee opportunists. *Bot. J. Lin. Soc.* 91: 395-414. (14)
- Olmstead, R.G. y Palmer, J.D. 1997. Implications for the phylogeny, classification and biogeography of *Solanum* cpDNA restriction site variation. *Systematic Botany* 22: 19-31. (15)
- Ornitudia. 1989-1992. *Censo de la población de Hubara Canaria (Chlamydotis undulata fuertaventurae) en la isla de Fuerteventura*. Informe al Gobierno de Canarias. Inédito. (49)
- Oromí, P. 1983. Sobre el origen de la fauna entomológica de las Islas Salvajes. *Vieraea* 12: 271-293. (24)
- Oromí, P. y Arechavaleta, M. 1996. Nuevos datos sobre los dermápteros de Canarias. *Vieraea* 25: 231. (12)
- Oromí, P. y Martín, J.L. 1992. The Canary Islands subterranean fauna characterization and composition. En: Camacho, A.I. (ed.) *The natural history of biosepeology*, pp. 527-567. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid. (12)
- Ortea, J. 1990. El género *Geitodoris* Bergh, 1891 (Mollusca: Nudibranchia) en las Islas Canarias. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 2: 99-120. (13)
- Ortea, J. 1995. Estudio de las especies atlánticas de *Paradoris* Bergh, 1884 (Mollusca: Nudibranchia: Discodorididae) recolectadas en las Islas Canarias. *Avicennia* 3: 5-27. (13)
- Ortea, J. y Llera, E.M. 1988. Una nueva especie de *Janolus* Bergh, 1884 (Mollusca: Nudibranchia) dedicada a la memoria de Fausto González. *Publ. Ocas. Soc. Port. Malac.*, 11: 33-38. (13)
- Ortea, J. y Martínez, E. 1992. Descripción de una nueva especie del género *Tarigo* en las Islas Canarias. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 4: 95-101. (13)
- Ortea, J., Moro, L. y Espinosa, J. 1996. Descripción de dos nuevas especies del género *Chelidonura* A. Adams, 1850 (Opisthobranchia, Cephalaspidea, Aglajidae) colectadas en la isla de El Hierro. Estudio comparado con *C. africana* Pruvot Fol, 1953. *Rev. Acad. Canaria Cienc.* 8: 215-232. (13)
- Ortea, J., Moro, L. y Espinosa, J. 1997. El género *Doto* Oken, 1815 (Mollusca: Nudibranchia) en las Islas Canarias y de Cabo Verde. *Avicennia* 6-7: 125-136. (13)
- Ortea, J. y Pérez, J. 1992. Captura de *Plocamopherus maderae* (Lowe, 1842) (Mollusca: Nudibranchiata) en los Archipiélagos de Canarias y Cabo Verde. *Actas V Simp. Ibér. Estud. Bentos Mar.* 2: 229-235. (13)
- Ortea, J. y Valdés, A. 1991. Descripción de una nueva especie de *Chromodoris* Alder & Hancock, 1855 (Mollusca: Opisthobranchia) de las Islas Canarias. Estudio comparado con otras especies atlánticas del grupo cromático *Luteorosea*. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 3: 69-85. (13)
- Osborne, P. 1986. Survey of birds of Fuerteventura Canary Islands, with special reference to the status of the Canarian Houbara Bustard *Chlamydotis undulata*. *ICBP Study Report* 10. (49)
- Otto, R., Fernández-Palacios, J.M., Krüsi, B.O. 2001. Variation in species composition and vegetation structure of succulent scrub on Tenerife in relation to environmental variation. *Journal of Vegetation Science* 12: 237-248 (17)
- O'Shanahan, L. y Monzón, C. 1991. Qualité microbiologique des plages de Gran Canaria, Espagne. *Revue Internationale d'Océanographie Médicale* 101-104: 83-89. (13)
- O'Shanahan, L., Medina, A. y Santana Rosales, C. 1985. Estudio sobre *Salmonella* y *Vibrio cholerae* en aguas de mar y residuales. *X Congreso Nacional de Microbiología. Soc. Esp. de Microb.* Valencia. (13)
- O'Shanahan, L., Monzón, C., López Orga, R.H. y González Lama, Z. 1990. *Salmonella* y otras bacterias de aguas costeras de Gran Canaria. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.* 6: 59-70. (13)
- O'Shanahan, L., Ojeda, M.M. y Monzón, C. 1996. *Salmonella* en aguas del litoral de Gran Canaria: Serotipos y sensibilidad antibiótica (1982-1991). *I Reunión Científica de Microbiología del Medio Acuático. Soc. Esp. de Microb.* Málaga. (13)
- Oxburgh, E.R. 1980. Heat flow and magma genesis. En: Hargraves, R.B. (ed.) *Physics of magmatic processes*, pp. 161-199. Princeton Univ. Press, Princeton. (5)
- Oyarzun, R., Doblas, M., López, J. y Cebriá, J.M. 1997. Opening of the central Atlantic and asymmetric mantle upwelling phenomena: Implications for long-lived magmatism in western North Africa and Europe. *Geology* 25: 727-730. (3)
- Palhinha, R. 1954. Nota preliminar sobre a distribuição geográfica da flora nos Açores. *Mems. Acad. Cienc. Lisb., Ci. Cienc.* 6: 259-276. (2)
- Panero, J.L., Francisco-Ortega, J., Jansen, R.K. y Santos, A. 1999. Molecular evidence for multiple origins of woodiness and a new world biogeographic connection of the Macaronesian Island endemic *Pericallis* (Asteraceae, Senecioneae). *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 96(24): 13.886-13.891. (14, 15, 21)
- Parente, M.J., Gil-Rodríguez, M.C., Haroun, R.J., Neto, A.I. y de Smedt, G. 2001. Flora marina de las ilhas Selvagens: Resultados preliminares de la expedición "Macronesia 2000". *Rev. Acad. Canar. Cienc.*, XII (Núms. 3-4): 9-23. (1)
- Parsons, J.J. 1981. Human influences on the pine and laurel forests of the Canary Islands. *Geographic Review* 71: 253-271. (19)
- Pascual, J., Pérez, A.J. y Mesa, C. 1982. *La pesca en Canarias. Aproximación antropológica-social*. Centro de la Cultura Popular Canaria, Santa Cruz de Tenerife. (33)
- Pascual, J. 1991. *Entre el mar y la tierra. Los pescadores artesanales canarios*. Interinsular, Santa Cruz de Tenerife. (33)
- Pastor, X. y Delgado de Molina, A. 1985. Acoustic abundance estimation of mackerel, pilchard and bogue in Canary islands waters. *ICES CM* 39: 1-24. (33)
- Pavón-Salas, N., Herrera, R., Hernández-Guerra, A. y Haroun, R. 2000. Distributional pattern of seagrasses in the Canary Islands (Central-East Atlantic Ocean). *Journal of Coastal Research* 16: (10)
- Peck, S. 1996. Origin and development of an insect fauna on a remote archipelago: the Galápagos Islands, Ecuador. En: Keast, A. y Miller, S.E. (eds.) *The origin and evolution of Pacific island biotas*, pp. 91-122. SPB Academic Publ., Amsterdam. (24)
- Peck, S. 1997. The species-scape of the Galápagos Islands. *Noticias de Galápagos* 58: 18-21. (12)
- Pedrola, J. y Caujapé, J. 1996. Genetic and morphological divergence in the *Androcymbium gramineum* complex (Colchicaceae). *Plant*

- Systematics and Evolution* 201: 149-162. (16)
- Pelegri, J.L. 1997. El entorno marino en el área de Canarias. En: Pérez de Paz, P.L. (ed.) *Máster en Gestión ambiental*. pp. 139-146. Gobierno de Canarias, Univ. La Laguna y Las Palmas de Gran Canaria, Santa Cruz de Tenerife. (10)
- Peraza, C. y López de Roma, A. 1967. *Estudio de las principales maderas de Canarias*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid. (32)
- Perdomo, M. 1992. Política de estructuras pesqueras en Canarias. *El Campo* 126: 105-112. (33)
- Pérez de Paz, P., Salas, M., Rodríguez Delgado, O., Acebes, J.R., Arco, M.J. del y Wildpret, W. 1994. *Atlas cartográfico de los pinares canarios IV. Gran Canaria y plantaciones de Fuerteventura y Lanzarote*. Viceconsejería de Medio Ambiente, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (11)
- Pérez Sánchez, J.M. y Moreno Batet, E. 1991. *Invertebrados Marinos de Canarias*. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (13)
- Pérez-Chacón, E., Suárez, C. y Santana, A. 1984. Consideraciones sobre el estado actual de algunas formaciones vegetales en Gran Canaria. *Revista de Geografía Canaria* 1: 173-197. (23)
- Pérez-Iñigo, C. 1988. Biogeografía de los oribátidos (Acari) de la Macaronesia. *Actas III Congr. Ibérico Entomol.* pp. 19-32. (12)
- Pérez-Mellado, V., Marrero-Becviá, M., de la Torre, A., Vicedo, M. y García Sivrent, J. 1999. Hábitat, distribución actual y tamaño de la población de *Gallotia simonyi* en la isla de El Hierro (Islas Canarias). En: López-Jurado, L.F. y Mateo, J.A. (eds.) *El lagarto gigante de El Hierro: bases para su conservación. Monograf. Herpet.* 4 (49)
- Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C. y Bacallado, J.J. 1992 a. Holoturias (Echinodermata: Holothuroidea) de las Islas Canarias: I. Consideraciones generales y Orden Aspidochirotrida. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 4: 139-162. (13)
- Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C. y Bacallado, J.J. 1992 b. Holoturias (Echinodermata: Holothuroidea) de las Islas Canarias: II. Órdenes Dendrochirotrida, Elasiopoda, Apodida y Molpadida. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 4: 163-185. (13)
- Pérez-Torrado, F.J. 1992. *Volcanoesstratigrafía del Grupo Roque Nublo (Gran Canaria)*. Tesis doctoral, Univ. de Las Palmas de Gran Canaria. (4)
- Pérez-Torrado, F.J. 1997. Análisis de la evolución geológica y la formación de los paisajes característicos de la isla de Gran Canaria. En: Pérez de Paz, P.L. (ed.) *Máster en gestión ambiental*. pp. 85-90. Gobierno Canario, Univ. de La Laguna y Las Palmas de Gran Canaria, Santa Cruz de Tenerife. (14)
- Peterken, G. 1996. *Natural woodland. Ecology and conservation in northern temperate regions*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (47)
- Pickett, E.E. (ed.) 1987. *Atmospheric Pollution*. Springer, Berlin. (40)
- Pieper, H. 1977. Eine neue *Eusimonia*-Art von den Kanaren (Solifugae: Karschiidae). *Senckenbergiana Biol.* 58: 79-82. (12)
- Pinto, F., Behim, A., Hernández, M., Larruga, J.M., González, A.M. y Cabrera, V.M. 1997. Population genetic structure and colonization sequence of *Drosophila subobscura* in the Canary and Madeira Atlantic Islands as inferred by autosomal sex-linked and mtDNA traits. *Journal of Heredity* 88: 108-114. (15)
- Pleguezuelos, J.M. 1997. Distribución y biogeografía de los anfibios y reptiles en España y Portugal. *Monografías de Herpetología* 3: 1-542. (12, 13, 27)
- Poli, E. 1970. Vulkane und Pflanzenleben. En: Krüger, C. (ed.) *Vulkane*. pp. 139-148. Anton Schroll & Co., Viena. (11)
- Politi, E., Airoldi, S., Natoli, A. y Frantzi, A. 1999. Unexpected prevalence of Common dolphins over sympatric Bottlenose dolphins in Eastern Ionian sea inshore waters. En: Evans, P.G. y Parsons, E.C. (eds.) *Proceedings of the 12th annual conference of the European Cetacean Society*. pp. 120. Mónaco. (26)
- Prud'homme van Reine, W.F. y Hoek, C. van den. 1990. Biogeography of Macaronesian seaweeds. *Courier Forsch. Inst. Senckenberg* 129: 55-73. (10, 22)
- Puente, J. de la, Lorenzo, J.A. y Juana, E. de. 1998. Noticiario ornitológico 1998. *Ardeola* 45: 69-79. (12)
- Pullen, J.S. 1997. Protecting marine biodiversity and integrated zone management. En: Ormond, R.F., Gage, J.D. y Angel, M.V. (eds.) *Marine Biodiversity, Patterns and Processes*. pp. 394-414. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (13)
- Quammen, D. 1996. *The Song of the Dodo. Island Biogeography in an Age of Extinctions*. Pimlico, Londres. (1)
- Quézel, P. 1985. Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora. En: Gómez-Campo, C. (ed.) *Plant Conservation in the mediterranean area*. Geobotany, 7 Junk, Dordrecht. (12)
- Quézel, P. 1995. La flore méditerranéenne: origine, mise en place, endemisme. *Ecologia mediterranea*. XXI(1/2): 19-39 (21)
- Quézel, P. y Barbero, M. 1993. Variations climatiques au Sahara et en Afrique sèche depuis le Pliocène: enseignements de la flore et de la végétation actuelles. *Bull. Ecol.* 24: 191-202. (15, 21)
- Quignard, J.-P. y Pras, A. 1986. Labridae. In: Whitehead, P.J., Bauchot, M.-L., Hureau, J.-C., Nielsen, J. y Tortonese, E. (eds.) *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Paris, Unesco 2: 919-942. (26)
- Quiroga, H. 1996. *Guía de Cetáceos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. (26)
- Rahn, K. 1996. A phylogenetic study of the Plantaginaceae. *Bot. J. Lin. Soc.* 120: 145-198. (14)
- Rambla, M. 1975. Un nuevo género de Phalanginae de las Islas Canarias (Arachnida, Opiliones, Phalangida). *Vieraea* 5: 107-119. (24)
- Rambla, M. 1993. *Maioreus randoi* n. gen., n. sp., the first laniatorid from a Canary Island cave (Opiliones, Phalangodidae). *Mémoires Biospéol.* 20: 177-182. (12, 24)
- Ramos-Onsins, S., Segarra, C., Rozas, J. y Aguadé, M. 1998. Molecular and chromosomal phylogeny of the *obscura* group of *Drosophila* inferred from sequences of the *rp49* gene region. *Mol. Phylogenetic. Evol.* 9: 33-41. (15)
- Rando, J.C. y Perera, M.A. 1994. Primeros datos de ornitofagia entre los aborígenes de Fuerteventura. *Archaeofauna* 3: 13-19. (28)
- Rando, J.C., López, M. y Seguí, B. 1999. A new species of extinct flightless passerine (Emberizidae: *Emberiza*) from the Canary Islands. *The Condor* 101: 1-13. (I)
- Rao, P.S., Hornsby, A.G. y Jessup, R.E. 1985. Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater. *Soil Crop Science Soc. Florida Proc.* 44: 1-8. (38)
- Ray, M.F. 1995. Systematics of *Lavatera* and *Malva* (Malvaceae, Malveae) - A new perspective. *Pl. Syst. Evol.* 198: 29-53. (15)
- Real, F., Acosta, B., Déniz, S., Orós, J. y Rodríguez, E. 1994.

- Aeromonas salmonicida* infection in *Sparus aurata* in The Canaries. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.* 14: 153-155. (13)
- Real, F., Orós, J., Acosta, F., Acosta, B., Santana, P. y Déniz, S. 1997. Pasteurellosis of Gilthead Seabream (*Sparus aurata*) in Gran Canaria Island, Spain. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.* 17: 153-157. (13)
- Redondo, C.E. Carralero, J. y Martín Esquivel, J.L. 1994. El Parque de Anaga y su planificación. *Medio Ambiente Canarias* 3: 8-11. (51)
- Reid, W., Barber, C. y Miller, K. 1992. Global biodiversity strategy. Guidelines for action to save, study, and use Earth's biotic wealth sustainably and equitably. WRI, IUCN y UNEP, Washington. (52)
- Reigosa, J. y Carballeira A. 1992. *La alelopatía y su papel en las comunidades vegetales. Revisión crítica, metodológica y bibliográfica*. Secret. Public. Univ. Santiago, Santiago de Compostela. (23)
- Reyes, J. y Sansón, M. 1997. Temporal distribution and reproductive phenology of the epiphytes on *Cymodocea nodosa* leaves in the Canary Islands. *Botanica Marina* 40: 193-201. (22)
- Reyes, J., Sansón, M. y Afonso-Carrillo, J. 1994. Algas marinas bentónicas de El Médano, Sur de Tenerife (Islas Canarias). *Vieraea* 23: 15-42. (13)
- Reyes, J., Sansón, M. y Afonso-Carrillo, J. 1995. Distribution and reproductive phenology of the seagrass *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson in the Canary Islands. *Aquatic Botany* 50: 171-180. (22)
- Rhymer, J.M. y Simberloff, D. 1996. Extinction by hybridization and introgression. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 27: 83-109. (45)
- Richard, J. 1898. Sur la faune des eaux douces des îles Canaries. *Comptes Rend. hebdomadaires des Séances Acad. Sci., Paris* 126: 439-441. (12)
- Rico, V., Santana, J.I. y González, J.A. 1995. Occurrence of *Dentex (Polysteganus) angolensis* Pooll & Maul, 1953 (Sparidae) in the Canary Islands. *Cybio* 19: 418-420. (13)
- Rieseberg, L.H. y Swensen, S.M. 1996. Conservation genetics of endangered island plants. En: Avise, J.C. y Hamrick, J.L. (eds.) *Conservation genetics. Cases histories from nature*. pp. 305-334. Chapman & Hall, Nueva York. (45)
- Riley, T.J. 1996. Cultural resource management. En: Levinson, D. y Ember, M. (eds.) *Encyclopedia of cultural anthropology*. pp. 285-289. Henry Holt and Co., Nueva York. (34)
- Rios, M. 1985. Ascidiar (Ascidiacea, Tunicata) de la isla de Fuerteventura. *Vieraea* 15: 123-138. (13)
- Rios, M. y Brito, A. 1984. Iniciación al conocimiento de la fauna ascidiológica de las Islas Canarias. *An. Fac. Ciencias, Univ. La Laguna* 10: 25-50. (13)
- Ritter, F. y Brederlau, B. 1999. First report of Blue whales (*Balaenoptera musculus*) frequenting the Canary Islands waters. En: Evans, P.G. y Parsons, E.C. (eds.) *Proceedings of the 12th annual conference of the European Cetacean Society*, pp. 95-98. Mónaco. (26)
- Rivas-Martínez, S., Wildpret, W., Díaz T.E., Pérez de Paz, P.L., Arco, M.J. del y Rodríguez Delgado, O. 1993. Excursion guide. Outline vegetation of Tenerife Island (Canary Islands). *Itinera Geobotánica* 7: 5-169. (17, 19, 21)
- Röben, P. 1976. An account of the limnetic fauna of the Canary Islands. Water flea (Cladocera) and webbed foot crab (Copepoda) from Tenerife and their distribution in North and West Africa. En: Kunkel, G. (ed.) *Biogeography and ecology in the Canary Islands*. pp. 457-477. Junk, La Haya. (12)
- Robertson, A.H. y Stillman, C.J. 1979. Late Mesozoic sedimentary rocks of Fuerteventura, Canary Islands: Implications for West African continental margin evolution. *J. Geol. Soc. Lond.* 136: 47-60. (4)
- Roca, V., García Adell, G., López, E. y Zapatero, L.M. 1987. Algunas formas adultas y larvarias de platelmintos de reptiles de las Islas Canarias. *Rev. Ibérica Parasitol.* 47: 263-270. (12)
- Rodríguez, G. 1992. Spectral and statistical characteristics of wind waves off Canary islands. *Proc. Civil Engineering in the Oceans* 5: 622-636. (10)
- Rodríguez Armas, J.L. y Beltrán-Tejera, E. 1995. *Contribución al estudio de los Aphyllorhales (Basidiomycotina) del monte verde de las Islas Canarias*. Bibl. Mycologica nº 160. J. Cramer, Berlin. (20)
- Rodríguez Brito, W. 1986. *La agricultura de exportación en Canarias*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. (31)
- Rodríguez Brito, W. 1995. *El agua en Canarias y el siglo XXI*. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (29)
- Rodríguez Luengo, J.L. 1993. *El mullón de Tenerife; aspectos de su biología y ecología*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (27)
- Rodríguez Piñero, C. y Rodríguez Luengo, J.L. 1993. Autumn food habits of the Barbary sheep (*Ammotragus lervia* Pallas, 1772) on La Palma Island (Canary Islands). *Mammalia* 56: 386-392. (27)
- Rodríguez Rodríguez, A., González, M.C., Hernández, L.A., Jiménez, C.C., Ortega, M.J., Padrón, P.A., Torres, J.M. y Vargas, G.E. 1993. Assessment of soil degradation in the Canary Is. (Spain). *Land Degradation and Rehabilitation* 4: 11-20. (39)
- Rodríguez Rodríguez, A., González, M.C., Hernández, L.A., Jiménez, C.C., Ortega, M.J., Padrón, P.A., Torres, J.M. y Vargas, G.E. 1993. Degradación y Conservación de suelos en las Islas Canarias. En: Ortiz, R. (ed.) *Problemática geoambiental y desarrollo*. pp. 415-423. Soc. Esp. Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Murcia. (39)
- Rodríguez Santana, R. 1991. *Estudio taxonómico y faunístico de los isópodos terrestres del archipiélago canario*. Tesis doctoral, Univ. Autónoma de Barcelona. (12)
- Rodríguez Santana, R. 1995. Los Invertebrados de Canarias. *Medio Ambiente Canarias* 5: 8-9. (18)
- Rodríguez-Domínguez, M.A. 1999. *Gallotia simonyi machadoi*: undescribed behaviour. *Herpetological Review* 30: 41. (49)
- Rodríguez-Domínguez, M.A. y Molina-Borja, M. 1998. Reproduction of the endangered Hierro giant lizard *Gallotia simonyi machadoi*. *Journal of Herpetology* 32: 498-504. (49)
- Rodríguez-Domínguez, M.A., Castillo, C., Coello, J.J. y Molina-Borja, M. 1998b. Morphological variation in living specimens of the lacertid *Gallotia simonyi machadoi* and a comparison with the extant *Gallotia simonyi simonyi* from El Hierro (Canary Islands). *Herpetological Journal* 8: 85-91. (49)
- Rodríguez-Domínguez, M.A., Coello, J.J. y Castillo, C. 1998a. First data on the predation of *Felis catus* L. 1758 on *Gallotia simonyi machadoi* López-Jurado 1989 in El Hierro, Canary islands (Sauria: Lacertidae). *Vieraea* 26: 169-170. (49)

- Rodríguez-Domínguez, M.A., Castillo, C., Sánchez, S. y Coello J.J. 2000. El lagarto gigante de El Hierro. Turquesa, Santa Cruz de Tenerife. (49)
- Rognon, P. y Coudé-Gaussen, G. 1987. Reconstitution paléoclimatique à partir des sédiments du Pleistocène supérieur et de l'Holocène du nord de Fuerteventura (Canaries). *Zeit. für Geomorphol. N.F.* 31: 1-19. (15)
- Rognon, P., Coudé-Gaussen, G., LeCoustumer, M.N., Balouet, J.C. y Ochietti, S. 1989. Le massif dunaire de Jandia (Fuerteventura, Canaries): Évolution des paléoenvironnements de 20.000 BP à l'actuel. *Bull. Assoc. Fran. Pour l'étude du Quaternaire* 1: 31-37. (15)
- Rohling, E.J., Fenton, M., Jorissen, F.J., Bertrand, P., Ganssen, G. y Cautet, J.P. 1998. Magnitudes of sea level lowstands of the past 5.000 years. *Nature* 394: 162-165. (12)
- Rojas, B. y Afonso-Carrillo, J. Notes on Rhodometaceae (Rhodophyta) from the Canary Islands: Observations on reproductive morphology and new records. *Botanica Marina* 42. En prensa. (22)
- Rondé-Broekhuizen, B.L. y Stock, J.H. 1987. Stygofauna of the Canary Islands, 4. *Liagoceradocus ocutus* Andres, 1978, a blind anchihaline amphipod from Lanzarote: redescription, taxonomic status and occurrence. *Bull. Zool. Mus.* 11: 25-33. (13)
- Rubec, C.A. y Lee, G.O. (eds.) 1997. Conserving Vitality and Diversity. *Proceedings of the World Conservation Workshop on Alien Invasive Species*. IUCN Species Survival Com. y North American Wetlands Cons. Council. Ottawa. (23)
- Ruiz, J. 1982. Criterios de Prioridad para la Selección de Espacios Naturales Protegidos. En: de Viedma, M.G., Ortuño, F., Fernández Tomás, J.G. y Aboal, J.L. (eds.) *Planificación y Gestión de Espacios Naturales protegidos*. pp. 89-101. Fund. Conde del Valle de Salazar, Madrid. (50)
- Ruiz Egea E., Madán, C., Martín Oliva, R., Martel, P., Gil, J.M., Bermejo, J. y Doreste, L. 1993. *Elaboración del mapa radiométrico de Gran Canaria*. 24º Biental Real Sociedad Española de Física. CIEMAT, Madrid. (41)
- Ruppert, E.E. y Barnes, R.D. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. McGraw-Hill, México. (13)
- Saedmunsson, K. 1986. Subarcial volcanism in the western North Atlantic. En: Vogt, P.R. y Tucholke, B.E. (eds.) *The Geology of North America*. pp. 69-86. Geol. Soc. Amer. Bull. (5)
- Sakai, S. 1996. A new species of the genus *Anataelia* (Dermoptera, Pygidiranidae, *Anataeliinae*) from Brazil. *Bull. Biogeogr. Soc. Japan* 51: 29-33. (24)
- Sans Prat, J.A. 1977. *La crisis de la agricultura en Canarias*. Mancomunidad de Cabildos de Las Palmas. Las Palmas de Gran Canaria. (31)
- Sansón, M. 1994. Notes on Ceramiaceae (Rhodophyta) from the Canary Islands: New records and Observations on Morphology and Geographical Distribution. *Botanica Marina* 37: 347-356. (22)
- Sansón, M., Gil-Rodríguez, M.C. y Kohnheyer, J. 1990. Un hongo marino en *Laurencia* spp. (Rhodometaceae, Rhodophyta) de las Islas Canarias: *Chadefaudia corallinarum* (Ascomycotina). *Nova Acta Scientifica Compostelana (Biologia)* 1: 3-4. (13)
- Santana, A. 1992. *Paisajes históricos de Gran Canaria*. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, Univ. Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (17)
- Santana Talavera, A. 1997 *Antropología y turismo: ¿nuevas horas, viejas culturas?* Ariel, Barcelona. (34)
- Santos, A. 1980. Vegetación. En: Varios autores (eds.) *Atlas básico de Canarias*. pp. 38-47. Interinsular, Santa Cruz de Tenerife. (19)
- Santos, A. 1983. Vegetación de la región Macaronésica. *II Congreso Pro Flora Macaronésica*. pp. 185-203. Funchal. (2)
- Santos, A. 1983. *Vegetación y flora de La Palma*. Interinsular Canaria, Santa Cruz de Tenerife. (17, 21)
- Santos, A. 1990. *Bosques de laurisilva en la región macaronésica*. Consejo de Europa, Estrasburgo. (2, 19, 21, 47)
- Santos, A. 1999. Origen y evolución de la flora canaria. En: Fernández-Palacios, J.M., Bacallado, J.J. y Belmonte, J.A. (eds.) *Ecología y Cultura en Canarias*. pp: 107-129. Museo de las Ciencias y el Cosmos, Santa Cruz de Tenerife. (2, 15, 21)
- Santos, A., Beltrán, W. y Rulioba, J. 1985. El hombre y el medio. En: Afonso, L. (ed.) *Geografía de Canarias Tomo II. Geografía Humana*. pp. 9-42. Interinsular, Santa Cruz de Tenerife. (29, 32)
- Santos, A. y Fernández M. 1988. *Solvía herbanica* spec. Nova (Labiatae) en la flora de Fuerteventura (I. Canarias). *Lazaroa*. 9: 51-54. (21)
- Santos, R. S., Porteiro, F.M. y Barreiros, J.P. 1997. *Marine fishes of the Azores. Annotated checklist and bibliography*. Arquipélago-Life and Marine Sciences. Supplement 1. Bulletin of Univ. Azores. Ponta Delgada. (26)
- Saunders, D.A., Hobbs, R.J. y Margules, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32. (19)
- Scheller, U. 1979. Paupropodidae (Myriapoda, Paupropoda) from the Canary Islands. *Ent. Scand.* 10: 177-186. (12)
- Scheller, U. y Báez, M. 1989. Symphylla (Myriapoda) from the Canary Islands. *Bocagiana* 125: 1-8. (12)
- Schmincke, K.H. 1971. *Zwei neue Parastenocaris-Arten* (Copepoda, Harpacticopidea) von Tenerife (Kanarische Inseln). *Gewäss. Abwäss.* 50/51: 66-75. (12)
- Schmincke, H.U. 1967. Cone sheet swarm, resurgence of Tejeda Caldera, and early geologic history of Gran Canaria. *Bull. Volcanol.* 31: 153-162. (4)
- Schmincke, H.U. 1968. Subtropische pliozäne Vegetation auf Gran Canaria. *Naturwiss.* 55: 185-186. (14)
- Schmincke, H.U. 1982. Volcanic and chemical evolution of the Canary Islands. En: Rad v. U. et al. (eds.) *Geology of the Northwest African Continental Margin*. pp. 273-306. Springer, Berlin. (10)
- Schmincke, H.U. 1987. *Geological Field Guide of Gran Canaria*. Pluto Press, Londres. (4)
- Schönfelder, P. y Schönfelder, I. 1997. *Die Kosmos-Kanarenflora*. Kosmos Naturführer, Stuttgart. (21)
- Schram, F.R., Yager, J. y Emerson, M.J. 1986. Remipedia. Part I. Systematics. *San Diego Society of Natural History. Mernair n° 15*. (13)
- Sendra, A. 1989. Datos sobre campodeidos del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (Insecta, Diplura, Campodeidae). *Eos* 65: 115-123. (12)
- Sergel, R. y Báez, M. 1990. On the biotic diversity of Eastern Atlantic Islands and its implication for the theory of island biogeography. *Courier Forsch. Inst. Senckenberg* 129: 25-41. (1, 2, 14, 15)
- Serrão, R., Hawkins, S., Rocha, L., Alves, M. e Isideiro, E. 1995. Marine research, resources and conservation in the Azores. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5: 311-354. (26)

- Shemske, D.W., Husband, B., Ruckelshaus M.H., Goodwillie, C., Parker, I.M. y Bishop, J.G. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology* 75: 584-606. (48)
- Simas, E.M., Herbert, B., Thompson, W. y Azevedo, J.H. 1999. New cetacean observations for the Azores. En: Evans, P.G. y Parsons, E.C. (eds.) *Proceedings of the 12th annual conference of the European Cetacean Society*. pp. 78. Mónaco. (26)
- Slee, B.F. y Snowdon, P. 1997. The economic impact of alternative types of rural tourism. *Journal of Agricultural Economics* 48: 179-192. (34)
- Smathers, G.A. y Mueller-Dombois, D. 1974. *Invasion and recovery of vegetation after a volcanic eruption in Hawaii*. National Parks Service Monogr. Series 5. (11)
- Smith, C. 1985. Impact of alien plants on Hawaii's native biota. En: Stone, C.P. y Scott, J.M. (eds.) *Hawaii's terrestrial ecosystems. Preservation and management*. pp. 180-243. Cooperative National Park Resources Studies Unit, Univ. of Hawaii, Honolulu. (23)
- Smith, E.M. 1997. Hegemony and elite capital: The tools of tourism. En: Chambers, E. (ed.) *Tourism and culture. An applied perspective*. pp. 199-214. State Univ., Nueva York (34)
- Smith, M.D. y Krannich, R.S. 1998. Tourism dependence and resident attitudes. *Annals and tourism Research* 25: 783-802 (34)
- Smith, S. y Whitehead, H. 1993. Variations in the feeding success and behaviour of Galapagos Sperm whales (*Physeter macrocephalus*) as they relate to oceanographic conditions. *Can. J. Zool.* 71: 1991-1996. (26)
- Smith, V.L. y Edgington, W.R. 1992. *Tourism alternatives: Potentials and problems in the development of tourism*. Wiley, Chichester. (34)
- Solbrig, O.T., Newell, S.J. y Kincaid, D.T. 1980. The population biology of the genus *Viola*. I. The demography of *Viola sororia*. *J. Ecol.* 68: 521-546. (48)
- Soria, S. 1986. *Beta-lactamasas en estirpes de Photobacterium y Vibrio de origen marino*. Tesis doctoral, Univ. La Laguna. (13)
- Sosa, P.A. y Garcia-Reina G. 1992. Genetic variability and differentiation of sporophytes and gametophytes in populations of *Gelidium arbuscula* determined by isozyme electrophoresis. *Marine Biology* 113: 679-688. (16)
- Sosa, P.A. y Garcia-Reina G. 1993. Genetic variability of *Gelidium canariensis* determined by isozyme electrophoresis. *Journal of Phycology* 29: 118-124. (16)
- Sosa, P.A., Bouzas N., Cabrera-Pérez, M.A. y Luque, A. 1998 a. Genetic variation of *Phoenix canariensis* and *P. dactylifera* (Arceaceae) populations of Gran Canaria using isozyme electrophoresis. *Bol. Mus. Mun. Funchal* 5: 443-448. (16)
- Sosa, P.A., Cabrera-Pérez, M.A. y Garcia-Reina, G. 1995. Genetic variation of *Gracilaria cervicornis* gametophytes in the Canary Islands. *European Journal of Phycology* 31:143-147. (16)
- Sosa, P.A., Valero, M., Batista, F. y González-Pérez, M.A. 1998 b. Genetic structure of natural populations of *Gelidium* species: A re-evaluation of results. *Journal Applied Phycology* 10: 279-284. (16)
- Sosa, P.A. y Batista, F. 1999. Caracterización genética de las poblaciones naturales de la especie *Viola palmensis* en las cumbres de La Palma. *Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente*. Informe técnico. (16)
- Sosa P.A. y Lindstrom, S. 1999. Isozymes in Seaweeds: Genetic differentiation, genetic variability and systematics applications. A review. *European Journal of Phycology*. 34: 427-442. (16)
- Sosa, P.A., Caujapé-Castells, J., Batista, F., González-Pérez, M.A. y Bouza, N. 1999. *Estudio de la variabilidad y estructuración genética de las poblaciones naturales de cinco especies endémicas del Monteverde de Canarias como base para su conservación*. Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias. Informe técnico. (16)
- Staudigel, H. y Schmincke, H.J. 1984. The Pliocene Seamount of La Palma, Canary Islands. *J. Geophys. Res.* 89: 1.195-1.215. (4)
- Stearn, W.T. 1973. Philip Barker Webb and Canarian Botany. *Monogr. Biol. Canar.* 4: 15-29. (2)
- Stearns, H.T. 1946. Geology of the Hawaiian Islands. *Hawaii Div. Hydrogr. Bull.* 8: 1-105. (5)
- Sterrer, W. Changes in Bermudas's biota. *Bol. Mus. Mun. Funchal*. En prensa. (13)
- Stock, J.H. 1989. Landhoppers (Amphipoda, Talitridae) of the genus *Orchestia* of the Canary Islands. *Bull. Mus. natn. Hist. nat.* 11: 659-668. (12)
- Stock, J.H. 1990. A new forest-hopper (Amphipoda, Talitridae) from La Palma, Canary Islands. *Vicereia* 18: 91-98. (12)
- Stock, J.H. y Vonk, R. 1990. Stygofauna of the Canary Islands. 23. A freshwater amphipod from La Gomera, *Melita dulcicola* n.sp. *Annls. Limnol.* 26: 29-37. (12)
- Strack, H.L. 1987. The Polyplocaphora of Gran Canaria including a worldwide survey of brooding species. *Iberus* 7: 179-187. (13)
- Stramma, L. y Siedler, G. 1988. Seasonal changes in the North Atlantic subtropical gyre. *Journal of Geophysical Research* 93: 8.111-8.118. (10)
- Strassen, R. zur. 1983. Internationales Forschungsprojekt makaronesischer Raum. Fransenflüger-Arten von den Westkanaren (Insecta: Thysanoptera). *Vicereia* 12: 135-172. (12)
- Stuessy, T., Crawford, D.J. y Marticorena, C. 1990. Patterns of phylogeny in the endemic vascular flora of the Juan Fernández Islands, Chile. *Systematic Botany* 15: 338-346. (15)
- Stuessy, T. y Ono, M. 1998. *Evolution and speciation of island plants*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (1)
- Suárez, C. 1994. *Estudio de los relictos actuales del monte verde en Gran Canaria*. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. (11, 23)
- Sunding, P. 1970. The vegetation of Gran Canaria. *Str. Norske Vidensk. Akad. Oslo* 29: 1-186. (17)
- Sunding, P. 1979. Origins of the Macaronesian flora. En: Bramwell, D. (ed.) *Plants and Islands*. pp. 13-40. Academic Press, Londres (2, 14)
- Swarbrooke, J. 1996. Culture, tourism, and the sustainability of rural areas in Europe. En: Robinson, M., Evans, N. y Callaghan, P. (eds.) *Managing cultural resources for tourism*. pp. 447-470. Centre for Travel and Tourism. Business Education Pub., Sunderland. (34)
- Szeptycki, A. 1993. *Gracilientulus* species of "gracilis" group (Protura, Berberentomidae). *Acta zool. cracov.* 35: 381-411. (12)
- Tabares, N., Alfonso-Reillo, J., Sansón, M. y Reyes, J. 1997. Vegetative and reproductive morphology of *Dudresnaya*

- canariensis* sp. nov. (Dumontiaceae, Rhodophyta). *Phycologia* 36: 267-273. (22)
- Talavera, J.A. 1990. Claves de identificación de las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de Canarias. *Vieraea* 18: 113-119. (12)
- Tavares, C.N. 1965. Ilha da Madeira, o meio e a Flora. *Ver. Facul. Cien. Lisboa* 13: 51-174. (2)
- Thiede, J. 1994. New aspects of the phytogeographic relations of the Macaronesian Crassulaceae. En: Seyani, J.H. y Chikuni, A.C. (eds). *Proceedings of the 13th. Plenary Meeting AETFAT*. pp. 1.121-1.143. Malawi. (2)
- Thomas, D.S. y Middleton, N.J. 1994. *Desertification. Exploding the myth*. Wiley, Nueva York. (39)
- Thornton, I. 1997. *Krakatau: The destruction and reassembly of an island ecosystem*. Harvard Univ. Press, Harvard. (1)
- Thorpe, R.S. 1996. The use of DNA divergence to help determine the correlates of evolution of morphological characters. *Evolution* 50: 524-531. (14)
- Thorpe, R.S. y Malhotra, A. 1998. Molecular and morphological evolution within small islands. En: Grant, P.R. (ed.) *Evolution on Islands*. pp. 67-82. Oxford Univ. Press, Oxford. (14)
- Thorpe, R.S., McGregor, D.C. y Cumming, A.M. 1993. Molecular phylogeny of the Canary Island lacertids (*Gallotia*): mitochondrial DNA restriction fragment divergence in relation to sequence divergence and geological time. *J. Evol. Biol.* 6: 725-735. (15)
- Thorpe, R.S., McGregor, D.C., Cumming, A.M. y Jordan, W.C. 1994. DNA evolution and colonization sequence of island lizards in relation to geological history: mtDNA RFLP, Cytochrome B, Cytochrome Oxidase, 12S rRNA and nuclear RADP analysis. *Evolution* 48: 230-240. (12)
- Thorsen, D., Mille, K.J. y van Tassell, J.L. 1998. Infestation of the parrotfishes, *Sparisoma cretense* (Scaridae), by the fish louse, *Anilocra physodes* (Isopoda: Cymothoidea), in the Canary Islands. *Abstracts of the 3rd Simpósio Fauna e Flora das Ilhas Atlânticas*. pp. 204. Ponta Delgada. (13)
- Threatened Plant Unit (IUCN Conservation Monitoring Centre). 1983. *List of rare, threatened and endemic plants in Europe*. European Committee for the Conservation of Nature and Natural Resources, Estrasburgo. (18)
- Thurston, M.H. 1976 a. The vertical distribution and diurnal migration of the crustacea amphipoda collected during the Sond Cruise, 1965. I The Gammaridea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 56: 359-382. (13)
- Thurston, M.H. 1976 b. The vertical distribution and diurnal migration of the crustacea amphipoda collected during the Sond Cruise, 1965. II The Hyperidea and general discussion. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 56: 383-470. (13)
- Toledo, V.M. 1985. *Ecología y autosuficiencia alimentaria*. Siglo XXI México. (29)
- Topham, P.B. 1982. Las Cañadas del Teide. *Lichenologist* 14: 87-90. (20)
- Trujillo, D. 1991. *Murciélagos de las Islas Canarias*. ICONA, Madrid. (12, 25)
- UNESCO. 1994. *Turismo y Naturaleza: ¿Fantasía o realidad?* Fuentes Unesco, 55. (34)
- Urquiola, E. 1999. Los cetáceos de Tenerife. En: *Tenerife y el mar*. Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife. (35)
- Urquiola, E., Martín, V. y Ianni, V. 2000. Whale watching, pilot whales and bottlenose dolphins in the Canary Islands: A sustainable activity?. En: Evans, P.G. (ed.) *Proceedings of the 13th Annual Conference of the European Cetacean Society*. Valencia. (35)
- Urquiola, E., Sevilla, J. y Ianni, V. 1998. The evolution of whale watching in the Canaries after the regulation of 1995: a year of study. En: Evans, P.G. (ed.) *Proceedings of the XI Annual Conference of the European Cetacean Society*. Straalsund. (35)
- Usher, M.B. 1988. Biological Invasions of Nature Reserves: A Search for Generalisations. *Biological Conservation* 44: 119-135. (23)
- Vale, C. 1998. *Pollution of the Marine Environment*. Monographs Expo 98, Parque Expo 98. (41)
- Valido, A., Rando, J.C., Nogales, M. y Martín, A. 2000. "Fossil" lizard found alive in the Canary Islands. *Oryx* 34: 71-72. (25)
- van Camp, L., Nykjaer, L., Mittelstaedt, E. y Schlittehardt, P. 1991. Upwelling and boundary circulation off Northwest Africa as depicted by infrared and visible satellite observations. *Prog. Oceanog.* 26: 357-402. (10)
- van der Land, J. 1987. Report on the CANCAP project for marine biological research in the Canarian-Cape Verdean Region of the North Atlantic Ocean (1976-1986). Part I. List of stations. *Zoologische Verhandlungen Leiden* 74: 1-94. (13)
- van Harten, A. 1993. Terrestrial arthropods of the Cape Verde Islands. A checklist. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg* 159: 235-310. (24)
- van Steenis, G.G. 1979. Plant geography of east Malesia. *Botanica* 97-178. (2)
- Vandel, A. 1964. *Biopéologie. La biologie des animaux cavernicoles*. Gauthier-Villars, Paris. (12)
- Vane-Wright, R.I., Humphries, R.I. y Williams, P.H. 1991. What to protect? - Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation* 55: 235-254 (52)
- Vargas, G.E., González, M.C., Jiménez, C.C. y Rodríguez Rodríguez, A. 1993. Desertificación agrícola en las Islas Canarias. Degradación de suelos por salinización. En: J. Gallardo (ed.) *El estudio del suelo y su degradación en relación con la desertificación*. pp. 1.439-1.446. MAPA-SECS, Salamanca. (39)
- Vargas, P., Morton, C.M. y Jury, S.L. 1999. Biogeographic patterns in Mediterranean and Macaronesian species of *Saxifraga* (Saxifragaceae) based on phylogenetic analyses using ITS sequences. *Am. J. Bot.* 86: 724-734. (14)
- Varios Autores. 1988. *Ecoplan para la isla de La Gomera*. MOPI, Madrid. (29)
- Verlaque, R., F. Médail, P. Quézel y J.F. Babinot. 1997. Endémisme végétal et Paléogéographie dans le Bassin Méditerranéen. *Geobios* 21:159-166. (21)
- Viera y Clavijo, J. de. 1866-1869. *Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias*. R. Soc. Econ. Amigos del País, Las Palmas de Gran Canaria. (13, 32)
- Vitousek, P.M., Loope, L.L. y Adersen, H. (eds.) 1995. *Islands. Biological Diversity and Ecosystems function*. Springer, Berlin. (1)
- Vogel, J.C., Rumsey, F.J., Schneller, J.J., Barrett, J.A. y Gibby, M. 1999. Where are the glacial refugia in Europe? Evidence from pteridophytes. *Biol. J. Linn. Soc.* 66: 23-37. (15)
- Vogler, A.P. y Goldstein, P.Z. 1997. Adaptation, cladogenesis and the evolution of habitat association in North American tiger beetles: A phylogenetic. En: Givnish, T.J. y Systsma, K.J. (eds.)

- Molecular Evolution and Adaptive Radiation*. pp. 353-373. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (15)
- Vrba, E. 1993. Turnover-pulses, the red queen and related topics. *American Journal of Sciences* 293 A: 418-452. (12)
- Waage, J. 1997. Challenges in the management of alien invasive species affecting conservation. En: Rubec, C.A. y Lee, G.O. (eds.) 1997. *Conserving Vitality and Diversity. Proceedings of the World Conservation Workshop on Alien Invasive Species*. IUCN Species Survival Com. y North American Wetlands Cons. Council, Ottawa. (23)
- Wagstaff, S.J., Olmstead, R.G. y Cantino, P.D. 1995. Parsimony analysis of cpDNA restriction site variation in subfamily Nepetoideae (Labiatae). *Am. J. Bot.* 82: 886-892. (15)
- Wallace, A.R. 1998. *Island Life*. Edición Fascimil. Prometheus Books, Nueva York. (1)
- Walter, K.S. y Gillet, H.H. (eds.) 1998. *1997 IUCN Red List of Threatened Plants*. WCMC-IUCN, Gland. (18)
- Watkins, W.A., Moore, K.E., Sigurjónsson, J., Wartzok, D. y Notarbartolo, G. 1984. Fin whale (*Balaenoptera physalus*) tracked by radio in the Irminger Sea. *Rit Fiskideldar* 8: 1-14. (26)
- Watts, A.B. 1994. Crustal structure, gravity anomalies and flexure of the lithosphere in the vicinity of the Canary Islands. *Geophys. J. Int.* 119: 648-666. (3)
- Watts, A.B. y Masson, D.G. 1995. A giant landslide on the north flank of Tenerife, Canary Islands. *Journal of Geophysical Research* 100: 24.487- 24.498. (4)
- Webb, P.B. y Berthelot, S. 1835-1850. *Histoire Naturelle des îles Canaries*. Tomos I, II y III. Bethune, Paris. (12, 13, 23)
- Wells, S.M. (ed.) 1992. *Global Biodiversity: Status of Earth's living resources*. World Conservation Monitoring Centre. Chapman & Hall, Londres. (12, 18)
- Welss, W. y Lindacher, R. 1994. Beiträge zur Chorologie und Florenstatistik der Kanarischen Inseln. *Hoppea, Denks. Regensb. Bot. Ges.* 55: 845-857. (14)
- White, T. 1998. *A rule-based model for knowledge integrity testing among dispersed autonomous heterogeneous taxonomic databases*. [http:// www.biol.soton.ac. uk/proposal.shtm](http://www.biol.soton.ac.uk/proposal.shtm). (52)
- Whittaker, R.J. 1991. Small-scale pattern: an evaluation of techniques with an application to salt marsh vegetation. *Vegetatio* 94: 81-94. (48)
- Whittaker, R.J. 1998. *Island Biogeography. Ecology, Evolution and Conservation*. Oxford Univ Press, Oxford. (1)
- Whittaker, R.J., Bush, M.B. y Richards, K. 1989. Plant Recolonization and vegetation succession on the Krakatau Islands, Indonesia. *Ecological Monographs* 59: 59-123. (1)
- Wigger, P., Asch, G., Giese, P., Heisohn, W.D., El Alami, S.O. y Ramdani, F. 1992. Crustal structure along a traverse across the Middle and High Atlas Mountains derived from seismic refraction studies. *Geol. Rundsch.* 81: 237-248. (3)
- Wilcox, B.A. y Murphy, D.D. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist* 125: 879-887. (19)
- Wildpret W. y Arco, M.J. del. 1987. España insular. Las Canarias. En: Peinado, M. y Rivas-Martínez, S. (eds.) *La Vegetación de España*. pp. 517-544. Serv. Public. Univ. Alcalá de Henares, Alcalá. (20)
- Wilson, E.O. 1961. The nature of the taxon cycle in Melanesian ant fauna. *Am. Nat.* 95: 169-193. (15)
- Wilson, J.T. 1963. A possible origin of the Hawaiian Islands. *Can. J. Phys.* 41: 863-870. (3, 5)
- Williams, P.H. y Humphries, C.J. 1994. Biodiversity, taxonomic relatedness, and endemism in conservation. En: Forey, P.I., Humphries, C.J. y Vane-Wright, R.I. (eds.) *Systematics and Conservation Evaluation*. Systematic Association Special Vol. 50: 269-287. (52)
- Williamson, M. 1981. *Island Populations*. Oxford Univ. Press, Oxford. (1)
- Williamson, M. y Fitter, A. 1996. The varying success of invaders. *Ecology* 77: 1.661-1.666. (11)
- Wirtz, P. 1995. *Unterwasserführer Madeira, Kanaren Et Azoren*. Delius Klasing, Stuttgart. (13)
- Wittmann, K.J. y Wirtz, P. A first inventory of the Mysid Fauna (Crustacea: Mysidacea) in coastal waters of the Madeira and Canary Archipelagos. *Bol. Mus. Mun. Funchal*. En prensa. (13)
- Woinarski, J.C., Price, O. y Faith, D.P. 1996. Application of a taxon priority system for conservation planning by selecting areas which are most distinct from environments already reserved. *Biological Conservation* 76: 147-159. (52)
- Wood, R.E. 1997. Tourism and the State: Ethnic options and constructions of otherness. En: Picard, M. y Wood, R.E. (eds.) *Tourism ethnicity on the state in Asians and Pacific societies*. Univ. of Hawaii Press, Honolulu. (34)
- Wood, R.E. 1998. Touristic Ethnicity: a brief itinerary. *Ethnic and Racial Studies*, 21: 218-241 (34)
- World Conservation Monitoring Centre. 1992. *Global Biodiversity: Status of Earth's living resources*. Chapman & Hall, Londres. (18)
- Wright, D.J. et al. 1997. Demystifying the persistent ambiguity of GIS as 'tool' versus 'science'. *Annals of the Association of American Geographers* 87: 346-362. (46)
- Wunderlich, J. 1991. Die Spinnen-Fauna der Makaronesischen Inseln. Taxonomie, Ökologie, Biogeographie und Evolution. *Beiträge zur Araneologie* 1: 1-619. (12)
- Yanes, A., Luis, M. y Romero, C. 1988. La entidad geográfica de las islas bajas de Canarias. *Enía* 17: 259-269. (7)

Los números indicados tras la cita entre paréntesis hacen referencia al capítulo o capítulos en los que han sido citadas. Una "1" hace referencia al capítulo de Introducción.

Índice de términos

a

abade [158, 163, 225, 276]
 abeja [124, 232]
 abono [115]
 aborigen [27, 28, 173, 239, 241, 242, 143, 251, 252, 423]
 absorción [178, 195, 267, 282]
 acantilado [61, 78, 82, 84, 85, 96, 103, 123, 183, 197, 408]
 ácaro [122]
 acebiño [158, 160, 271, 272]
 acebuche, acebuchar [149, 150, 271, 375]
 acequia [263]
 acervo genético [132, 154, 357, 365, 389]
 aciculifolio [96, 203]
 acidificación [203]
 aclareo [380, 381, 382]
 aclimatación [242, 389]
 actividad eruptiva [65, 67, 68, 75, 76, 82, 96]
 humana [42, 205, 311, 323, 340, 352]
 industrial [201, 267, 324]
 microbiana [340]
 recreativa [308]
 sísmica [72, 75]
 torrencial [28, 83]
 volcánica [40, 42, 50, 53, 59, 60, 62, 70, 83, 97, ...]
 acuicultura [335]
 acuífero [30, 239, 251, 254, 256, 258, 259, 260, 266, 313, ...]
 adaptación [28, 96, 146, 150, 154, 161, 162, 202, 209, 241, ...]
 Administración [31, 32, 34, 235, 266, 278, 345, 346, 351, 353, ...]
 ADN [25, 26, 27, 141, 147, 148, 152, 209, 215, 360, ...]
 adsorción [333]
 adulto [194, 221, 222, 232, 236, 334, 338, 339, 340, 386, ...]
 aeropuerto [284, 319]
 aerosol [323]
 áfido [232]
 afloramiento [24, 27, 78, 83, 84, 85, 104, 105, 107, 197, ...]
 afluentes [99]
 agotamiento de recursos [351]
 agrícola [28, 29, 30, 34, 96, 115, 116, 117, 162, 169, ...]

agroquímicos [266, 318, 319, 426]
 agrosistema [114, 115, 318]
 agua freática [72]
 oligotrófica [104, 105]
 potable [297, 298]
 residual [334]
 subterránea [259, 261, 313, 314, 315]
 superficial [105, 259]
 ahorro energético [42, 297]
 polar [81, 89]
 aislamiento [21, 33, 40, 42, 44, 46, 50, 105, 144, 146, ...]
 aldea global [135]
 alga [154, 163, 194]
 álgebra matricial [386]
 alianza [134, 139, 141, 146, 147, 148, 149, 360, 365]
 alimentos [310, 111, 243, 245, 312]
 alimentación [67, 87, 227, 236, 242, 247, 248, 263, 381, 393, ...]
 alineación de islas [66]
 magnética [56]
 alisios [23, 31, 87, 89, 90, 91, 92, 95, 104, 105, ...]
 almácigo [174, 271]
 almidón [270]
 alogamia [32, 135, 357, 359, 361]
 alógamas [153, 357, 359, 365]
 alopátrica [25, 123, 125, 136, 144, 145, 146, 147, 211, 216]
 alta montaña [98, 184, 214, 236, 339]
 altiplanicies [50]
 altitud [23, 40, 14, 43, 44, 46, 49, 51, 52, 77, ...]
alluvial-fans [81, 83, 84, 85]
 ambiente [19, 22, 23, 30, 43, 49, 77, 81, 82, 88, ...]
 amenaza [27, 32, 33, 131, 167, 168, 169, 170, 171, 179, ...]
 amonites [60]
 amplitud ecológica [111]
 anagénesis [25, 144]
 análisis estadísticos [206]
 cariológicos [215]
 ancestro [22, 41, 42, 146, 148, 188, 190, 193, 211, 214, ...]
 andosol [340]
 anfialtánticas [221, 225]
 anfibios [119, 169, 170, 213, 232, 237, 395]
 anfipodos [161]
 anillado [381]
 animales domésticos [167]
 anisotropía [69]

anomalía térmica [57, 66]
 anquialino [162]
 anticiclón [23, 87, 89, 90, 91, 92, 104, 105]
 antracófitas [339]
 antrópico [25, 77, 113, 157, 161, 162, 175, 176, 320, 378]
 antropocéntrico [111]
 apterismo [207, 211]
 araña [125, 163, 207, 214]
 arácido [209, 417]
 árbol filogenético [140]
 arbustos [52, 138, 183, 189, 348]
 arcilla [123, 320]
 archipiélago [22, 23, 24, 26, 31, 32, 33, 34, 39, 40, ...]
 ardilla [26, 235]
 área de distribución [26, 45, 167, 196, 206, 221, 229]
 protegida [327]
 areniscas [85]
 árido [77, 79, 83, 140, 183, 206, 276, 280, 317, 319, ...]
 aridez [116, 183, 184, 202, 317, 318, 319, 375]
 ARN [147]
 arrecife [133]
 arroyo [184, 232, 427]
 arroyada [23, 78]
 arruí [26, 161, 231, 235, 236]
 arsénico [334]
 artes de pesca [168, 220, 227]
 ascenso de bloques [23, 57]
 astenosfera [53]
 atmósfera [31, 44, 89, 90, 92, 93, 112, 323, 329, 330]
 atún [278]
 avaritas [235]
 aulaga [157, 393]
 autoaclareo [381]
 autoconstrucción [32, 352]
 autóctono [29, 167, 173, 189, 236, 266, 268, 409]
 autodepuración [335]
 autofecundación [153]
 autogamia [32, 352]
 autógamas [153, 366]
 automóvil [328, 424]
 autopistas [266]
 avalanchas [60, 63, 137, 144]
 aves [22, 25, 26, 31, 41, 42, 44, 49, 112, 121, ...]
 avicultura [264]
 avispas [232]
 ayuntamiento [32, 268, 369, 372]
 azufre [31, 324, 325, 326, 327, 328, 328, 331]

b

babosa [135, 176]
 bacterias [114, 116, 164, 312]
badlands [78]
 bahía [103]
 baja presión [92, 321]
 bajamar [103, 195]
 balsa flotante [49]
 ballena [219, 227, 290, 291, 292, 294]
 bancal [319, 401]
 banco de datos [34, 373, 415, 418, 420]
 de germoplasma [365, 384]
 de semillas [113, 365]
 pesquero [29]
 submarino [41, 49, 226]
 barbecho [28, 115, 264, 318]
 barbusano [271]
 barco artesanal [29, 275, 278, 280, 281, 282]
 cefalopodero [279, 280]
 sardinal [29, 278, 280]
 barlovento [28, 44, 79, 85, 157, 159, 160, 161, 176, 227...]
 barranco [28, 33, 34, 205, 367, 368, 369, 371, 372, 373]
 barrera ecológica [114, 133]
 geográfica [42, 146, 360]
 reproductiva [147]
 basaltos [61, 63]
 basanitas [62, 63]
 base de datos [32, 34, 205, 367, 368, 369, 371, 372, 373, 374, ...]
 basura [168, 334, 392]
 batial [164, 219, 220, 221]
 batimetría [105]
 batipelágico [27, 113, 220]
 bentónico [25, 61, 162, 163]
 bien ambiental [305, 306]
 bienestar [30, 34, 116, 172, 305, 399, 408]
 bimbaches [28, 256, 394]
 bioacumulación [312]
 bioacústico [213]
 biocenosis [27, 113, 220]
 bioclimático [23, 25, 77, 81, 82, 182, 183, 184, 185, 245]
 bioconcentración [312]
 biodegradable [116]
 biodiversidad genética [152]
 taxonómica [125, 420, 425]
 biofilia [426]
 biogeografía [39, 40, 42, 45, 133, 138, 176, 426]

biología reproductiva [24, 133, 134, 170, 359, 386, 387, 389]
 biomasa [24, 104, 111, 113, 114, 115, 117, 157, 160, 161, 162, ...]
 bioquímica [25, 151, 152]
 biosfera [21, 33, 252, 399]
 biosistema [24, 111]
 biota [22, 24, 25, 26, 27, 32, 39, 40, 41, 42, ...]
 biótopo [181]
 bivalvo [127, 131, 169]
 blatarios [123]
 bloques insulares [55]
 boreal [197, 227]
 borrasca [23, 81, 89, 91]
 bosque de nieblas [97]
 esclerófilo [188]
 termófilo [23, 27, 28, 29, 52, 157, 160, 175, 176, 188, ...]
 bóveda [78, 160, 339]
 brazo de mar [40, 41, 42, 123, 125]
 brea [272]
 brechas [60, 61, 63, 79, 99]
 brezo, brezales [52, 160, 161, 183, 272, 339, 379, 380]
 briófitos [25, 97, 112, 119, 122, 181, 182, 183, 184, 193, 377]
 buque oceanográfico [127, 220, 275]
 burbuja [53]
 burgado [162]

c

caballa [164, 165, 275, 281]
 Cabildo Insular [31, 32, 33, 127, 233, 252, 276, 309, 345]
 cabra [84, 115, 234, 236, 245, 268, 320, 395, 397]
 cachalote [227, 229, 289, 291]
 cadena trófica [160, 334]
 cadmio [334]
 caladero [29, 252, 276, 281, 282]
 calamar [277, 280]
 caldera [60, 62, 63, 83, 137, 327, 328]
 calderón [164, 227, 229, 289, 290, 292, 294]
 calentamiento global [29, 297]
 calidad ambiental [29, 306, 254, 412]
 de vida [30, 287, 319, 351, 408, 412]
 calima [93]
 calor [89, 90, 92, 116, 299, 324, 327, 330, 338, 340]

cámara magmática [62, 63]
 camarón [164]
 caméfito [386]
 camino real [306, 307, 308, 309]
 campaña de sensibilización [394]
 campo de golf [286]
 canal interinsular [104]
 láxico [99]
 canchal [79]
 cangrejo [26, 162, 164, 232]
 caña de azúcar [28, 257, 263]
 capacidad de carga [157, 161, 392, 394]
 defensiva [40]
 sostenible [293, 353]
 captación [116, 257, 259, 260, 261, 266, 369, 380]
 capturas [107, 226, 243, 276, 278, 279, 280, 281]
 carábidos [125, 134, 139, 140, 207, 428]
 caracol [135, 231, 235]
 características biológicas [40, 281]
 ecológicas [40, 199, 201]
 geográficas [40, 44, 45, 333]
 morfológicas [215, 268]
 oceanográficas [24, 103, 105, 107, 276]
 carbofurano [315]
 Carbono 14 [214]
 carbón vegetal [271, 337]
 carbonera [271]
 carboníolas [182]
 cardón [96]
 cardonal [23, 78, 96, 188, 204]
 cariotipo [216]
 carnívoro [42, 237]
 carretera [175, 177, 178, 266, 318, 320, 361, 365, 424, 425]
 cartografía analógica [369]
 automática [367, 368]
 digital [369, 370]
 temática [368, 369, 373]
 topográfica [32, 369, 370]
 castaño [173, 269, 270]
 castañar [29, 289, 270]
 catalizador [328]
 catálogo [26, 119, 127, 185, 200, 219, 225, 227, 228, 294, ...]
 catástrofe natural [169, 244, 337]
 categoría de amenaza [27, 170, 389, 417]
 protección [407, 412]
 zonificación [408]
 caza, cazadores [28, 34, 81, 162, 167, 168, 169, 231, 233, 235, ...]
 cebada [185, 243, 263]

- cefalópodo [164, 229, 280, 281]
- célula
- cemento [31, 324]
- cenizas [70, 182, 329]
- cenozoico [135]
- censo [225, 264, 268, 275, 385, 393, 394, 396, 397, 420]
- centeno [263]
- central eléctrica[31, 324, 325, 326, 331]
- hidroeléctrica [325]
- térmica [116, 324]
- centro de aglutinación [49]
- biodiversidad [33, 399, 416, 419]
- dispersión [50]
- emisión [55, 70]
- investigación [127, 302, 416]
- cepa [270, 271, 272, 380]
- cerámica [244]
- cerdo [234, 243, 263, 268]
- césped [182]
- cetáceo [27, 165, 171, 219, 227, 229, 289, 290, 291, 292]
- cianobacterias [112]
- ciclo biogeoquímico [116, 323]
- de actividad volcánica [56]
- de nutrientes [340]
- del agua [117]
- del taxón [144, 147, 148, 167]
- hidrológico [32, 375, 378]
- ciencia, científico [27, 45, 59, 27, 133, 232, 241, 276, 365, 367, ...]
- cimas [40]
- cinc [334]
- cinético [167, 231, 233, 234, 235, 236, 242]
- cinturón costero [33, 182]
- sísmico [59]
- circulación [23, 30, 81, 87, 99, 116, 291, 311, 330]
- cirripedo [162]
- citotipo [151]
- ciudad [90, 95, 137, 167, 215, 253, 266, 285, 286, 287]
- civilización [117, 247, 257, 423]
- cladísticos [27, 209]
- clado [144, 146, 147, 148, 149, 150]
- cladodios [183]
- cladogénesis [25, 144, 146]
- claro [22, 25, 27, 28, 33, 34, 42, 48, 65, 85, ...]
- clase biométrica [385]
- de edad [290, 376, 382, 385, 386, 387]
- diamétrica [376]
- clima [23, 24, 41, 42, 46, 49, 78, 81, 82, 83, ...]
- climodiagrama [46]
- cliserie [96]
- clorofila [104]
- cloroplastos [147]
- cobertura vegetal [91, 321, 339, 340, 393]
- cobre [312, 334]
- cochinilla [28, 177, 178, 253, 263]
- codoso, codesar [79, 98, 158, 160, 161, 236, 339, 381]
- coevolución [247, 252]
- cohorte [382, 385]
- colada [25, 61, 62, 69, 70, 82, 83, 84, 85, 99]
- colapso gravitacional [137]
- colémbolos [112, 210]
- coleópteros [27, 42, 119, 123, 170, 205, 209, 377, 393]
- colonia [165, 216, 219, 227, 234, 236, 263, 290, 394]
- colonización [22, 24, 25, 29, 40, 41, 49, 50, 78, 99, ...]
- comarca [50, 243, 244, 248, 250, 354]
- combustión, combustible [30, 31, 174, 242, 249, 271, 274]
- comercio [169, 298, 324, 327, 331, 396]
- compactación [318, 320]
- competencia intraespecífica [387]
- complejo basal [55, 60, 61, 83, 85]
- composición específica [387]
- florística [55, 60, 61, 83, 85]
- química [98, 99, 107, 177, 182, 190, 197]
- composite-flow [137]
- compost [267]
- comunidad insular [21, 22, 40, 42, 43]
- Comunidad Autónoma de Canarias [32, 203, 237, 274, 345]
- conciencia [33, 285, 286, 355]
- condensación [89, 266]
- condiciones atmosféricas [87, 89, 330]
- climáticas [41, 49, 78, 97, 98, 141, 159, 160, 173]
- meteorológicas [88, 103]
- conejo [113, 158, 164, 169, 234, 235, 249, 250, 277]
- confitas [162, 163, 226]
- coníferas [97]
- cono de derrubio [78, 82, 84, 85]
- volcánico [69, 72, 97, 426]
- conquista[27, 28, 157, 173, 193, 234, 242, 244, 245, 251, ...]
- conservación *ex situ* [361, 362, 363, 364, 365]
- genética [152, 360, 361, 363]
- in situ* [361, 362, 363, 364, 365]
- Constitución [345]
- consumidores [115, 160, 305]
- contaminación acústica [293]
- de acuíferos [254, 266, 313, 315]
- edáfica [30, 311]
- urbana [335]
- contaminantes atmosféricos [31, 323, 324, 327, 328]
- de fondo [323]
- continente [22, 25, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47]
- coordenada geográfica [367, 417]
- coprófago [205]
- cópula [397]
- coral [162, 163, 164, 231]
- cornófitos [99]
- corología [26, 133, 170, 190, 197, 203, 416, 417, 419, 420]
- genético [361]
- intraarchipelágico [49]
- corriente de Canarias [24, 27, 40, 44, 89, 103, 104, 110]
- de marea [110]
- del Golfo geostrofica [104]
- marinas [50, 104, 219]
- corrimientos [115]
- corrafuegos [365]
- cortejo florístico [202, 380, 382]
- sexual [147]
- Cortes Generales [399]
- corteza [54, 55, 57, 59, 66, 99, 338, 381]
- córvidos [242]
- cosmopolitas [196, 211, 223]
- costa [24, 29, 34, 41, 44, 48, 48, 50, 51, 52]
- costra calcárea [82, 83, 84]
- de sellado [320]
- cráneo [216]
- crecimiento demográfico [244, 341, 423, 424]
- económico [348, 352, 428]
- submarino [56, 61]
- vegetal [30, 31, 11, 6, 311, 337, 352]
- cresta, crestería [68, 84, 346]
- cretácico [54, 57, 59, 60]
- cría en cautividad [393, 394, 395, 397]
- criptógamas [141, 170, 182, 183]
- crystalización [60]
- Cromo [334]
- Cromosoma [216]
- Cronología [241, 243]
- Cronosecuencia [42]

crudo [297, 298, 302, 327, 335]
 crustáceo [127, 163, 164, 169, 177, 178,
 181, 182, 184, 209, ...]
 cruzamiento [151, 152, 153, 155, 361,
 397]
 cuadrícula [417, 419, 420]
 cuaternario [25, 52, 54, 62, 81, 84, 85,
 189]
 cubierta forestal [78, 82, 375]
 nival [82]
 cuchillos [86, 84]
 cuello de botella [21, 146, 152, 153]
 cuenca hidrográfica [99]
 cuervo [242, 250]
 cuevas [25, 162, 163, 182, 184, 211, 242,
 243]
 cultivos, cultivar [28, 29, 34, 40, 115,
 162, 169, 183, 185, 216, ...]
 cultura [35, 167, 233, 237, 241, 242, 243,
 244, 245, 247]
 cumbre [28, 30, 34, 41, 44, 51, 52, 60, 62,
 63, ...]
 cumulonimbos [91]
 curculiónidos [393]
 curso de agua [25, 116, 184, 248]
 curva de supervivencia [386]
 charco [103, 161, 162, 195, 226, 249]
 cherne [277, 280]
 chimenea [82, 164, 324]

d

datación [42, 67, 69, 82]
 datos geocronológicos [53, 61]
 geofísicos [23, 53, 56]
 geoquímicos [23, 53]
 isotópicos [56]
 DDT [116, 311]
debris-avalanche [85]
debris-flow [61, 79]
 decápodo [127, 163]
 deforestación [27, 173, 174, 204, 231,
 245, 320, 376, 426, ...]
 degradación ambiental [317, 319]
 de la cubierta vegetal [317]
 de suelos [266, 317, 318, 319,
 320]
 delphin [227, 229, 289, 290, 291, 292,
 293, 294]
 delta de lava [85]
 demanda [28, 174, 244, 255, 256, 257,
 258, 259, 260, 261]
 demersal [29, 275, 276, 281]

demografía [241, 244, 251, 252, 271, 341,
 352, 363, 383, 384, ...]
 dendrograma [150, 197, 198]
 densidad de población [32, 70, 201,
 325, 394, 423, 428]
 deposición eólica [112]
 depósitos de conglomerados [61]
 detritivos [85]
 depredador, depredación [22, 111, 163,
 167, 178, 231, 232, 235, 236, 243,
 ...]
 depresión por endogamia [41, 389]
 depuración [30, 116, 260, 267, 297, 302,
 334, 335]
 depuradora [260, 261, 313, 347]
 deriva genética [32, 122, 141, 146, 153,
 357, 358, 360, 361]
 derrubios de ladera [81, 84, 85]
 desalación, desaladora [30, 258, 260,
 266, 297, 299, 302]
 desarrollo coevolucionario [28, 247,
 251, 252]
 económico sostenido [33, 111, 399]
 sostenible [21, 32, 35, 131, 251,
 260, 286, 353, 354, 374, ...]
 tecnológico [241, 269, 323]
 desastre ecológico [337, 340]
 descarga [69, 70, 89, 260, 278, 335]
 descomposición [116, 163, 183, 203, 340,
 376, 381]
 descomponedores [115, 379, 382]
 desecación [183, 195]
 desertificación [30, 51, 115, 231, 317,
 318, 319, 378, 426]
 desertización [30, 51, 52, 317, 319]
 desierto [23, 81, 89, 92, 157, 199, 241, 317]
 deslizamiento [60, 63, 67, 75, 77, 78, 83,
 85, 135]
 desmantelamiento erosivo [46, 96]
 desplome [85, 115]
 desprendimientos [168, 174]
 destrucción [26, 34, 42, 65, 83, 85, 113,
 114, 158, 167]
 detritus [112, 242]
 diásporas [40, 42, 50, 194]
 diatomeas [162]
 dicotiledóneas [112]
 dieseloil [325]
 dieta [42, 161, 236, 242, 380, 393, 396]
 dilución genética [231]
 dimorfismo sexual [396]
 dinámica atmosférica [23, 87, 95]
 forestal [178]
 poblacional [177, 231, 384, 386, 387]
 dinero [305, 306, 309]

dioecia, dioico [40, 134, 389]
 dióxido de azufre [323, 325, 326, 327,
 328, 329, 330]
 dióxido de carbono [324]
 diploides [147]
 diplópodos [125, 211]
 díptero [119, 138, 147, 209]
 diques [54, 55, 56, 61, 62, 69, 82, 83, 84]
 disarmonía [27, 39, 40, 42, 112, 205]
 discontinuidad de Mohorovicic [59]
 espacial [49]
 paisajística [96]
 dispersión geográfica [48]
 por aire [50]
 por mar [50]
 disponibilidad ecológica [50]
 hídrica [52, 157, 158, 161]
 distancia al continente [40, 43, 46,
 138, 206]
 fenética [40, 43, 46, 138, 206]
 distribución actual [49, 125, 176, 186,
 188, 189, 190, 213, 214, 215, ...]
 alopatría [123]
 altitudinal [51, 52, 184]
 biogeográfica [45]
 disturbio [169, 234]
 disyunción [167]
 divergencia evolutiva [122]
 diversidad biológ. [30, 34, 131, 133,
 219, 248]
 cultural [247]
 de hábitats [27, 219, 359]
 ecológica [138, 187, 201, 247]
 filogenética [416, 418, 419]
 genética [25, 135, 151, 152, 153,
 154, 155, 202, 246, ...]
 subspecífica [151]
 diversificación [98, 99, 133, 135, 144,
 189, 205, 207, 292, 302]
 divisoria de aguas [83]
 divulgación [290, 369, 391, 392, 415]
 domos [61, 63, 70, 81, 82]
 dorsal centrooceánica [40]
 dosel forestal [378]
 drago [48, 134, 143, 188, 245, 271]
 drenaje [83, 99, 258, 335]
 dulceacucolias [121, 205, 207, 232, 250]
 dunas [23, 85, 161, 401, 409, 411]
 dureza [194]
 ecocertificación [29, 274]

e

- ecología, ecologista [32, 39, 111, 116, 157, 167, 176, 181, 339, 378, ...]
- ecomuseo [397]
- economía [29, 32, 33, 167, 243, 251, 252, 255, 258, 261, ...]
- ecosistemas antrópicos [162]
- azonales [23, 161, 248, 250]
- insulares [22, 27, 28, 39, 131, 143, 167, 200, 245, 247, ...]
- marinos [127, 131, 162]
- terrestres [30, 157, 159, 181, 250, 311, 318]
- zonales[51, 157, 160, 176, 201, 202]
- ectozoocoria [50]
- edad geológica [40, 41, 153, 206 251]
- radiométrica [60]
- edificio submarino [61]
- volcánico [72, 75, 76]
- educación ambiental [379, 397, 412]
- efectos ecológicos [40]
- evolutivos [40]
- dominó [232]
- invernadero [297]
- isla [104, 105]
- de masa de isla [291]
- eficacia biológica [154, 357]
- electricidad [30, 298, 301, 302, 303, 326, 425]
- electroforesis [389]
- elementos florísticos [45, 96, 158, 190, 381]
- faunísticos [45]
- embalses [184, 232, 256, 260, 302, 320]
- emersión [334]
- emisario [334]
- emisión de contaminantes [324, 326, 327]
- empleo [22, 29, 30, 184, 280, 283, 287, 301, 302, 303, ...]
- empobrecimiento [33, 39, 40, 42, 154]
- empresa, empresario [24, 33, 264, 275, 286, 291, 303, 311]
- enanismo [40, 42]
- enclave continental [45, 48]
- macaronésico [47, 48, 186]
- paleoecológico [48]
- endemismo, endemicidad [22, 24, 26, 27, 32, 48, 50, 51, 52]
- endozoocoria [50]
- energía eólica [299, 300, 302, 303]
- fotovoltaica [299, 301, 302]
- renovable [30, 297, 299, 302, 303]
- solar [300, 301, 302]
- enfermedad [167, 168, 231, 232, 233, 234, 270, 314, 315, 427]
- entomofauna [268]
- entorno tectónico [55]
- epidemia [244]
- epiedáficos [177]
- epífitos [183, 377, 380]
- epipelágicos [219, 222]
- epizoicas [194]
- época geológica [220]
- de lluvias [46, 318]
- prehispánica [167, 269]
- equilibrio [34, 49, 65, 87, 112, 113, 138, 202, 241, 251, 319, ...]
- erialización [251, 254]
- erizo [158, 163, 164, 235, 392]
- erosión acelerada [320, 340]
- eólica [317, 320]
- genética [32, 358, 361, 365]
- geológica [320]
- hídrica [30, 317, 318, 320, 321]
- erradicación[26, 200, 203, 235, 237, 271, 389, 412]
- erupción[56, 62, 65, 69, 70, 72, 75, 82, 83, 99, ...]
- escala [50, 75, 81, 82, 87, 88, 95, 96, 98, 99, ...]
- escarabajos[112, 123, 137, 138, 139, 150, 205, 418, 426]
- escobón [158, 160, 339]
- escorpión [113, 231]
- escorrentía [78, 79, 99, 116, 257, 259, 260, 266, 320, 340]
- escudo [60, 61, 62, 63, 83, 137]
- espacio natural[30, 33, 34, 46, 203, 236, 266, 294, 305, 307, ...]
- periurbano [172, 410]
- esparcimiento [287]
- especiación geográfica [39, 145, 146]
- especialistas [27, 67, 111, 128, 131, 134]
- especies arbóreas [33, 47, 52, 78, 99, 134, 153, 183, 189, 202, ...]
- dominantes [52, 163, 339]
- endémicas [26, 27, 42, 43, 45, 50, 51, 117, 119, 122, ...]
- exclusivas [41, 205, 214]
- exóticas [43, 114, 174, 201, 203, 377, 410]
- heliófilas [377, 379]
- invasoras [113, 167, 199, 202, 203, 231, 365]
- vicariantes [50, 52, 187, 192]
- espectro [173, 195, 223, 242]
- especulación [179]
- esperanza de vida [386]
- espermátófitos [186, 191]
- esponjarios [131]
- esporas [182, 194]
- estabilidad, estabilización [50, 82, 87, 89, 90, 92, 113, 177, 188, 190]
- establecimiento [32, 45, 174, 194, 202, 215, 219, 221, 278, 281, ...]
- estación biológica [393]
- de lluvias [46]
- del año [394]
- meteorológica [333]
- seca [46, 78]
- estadio vital [385, 387]
- estadística [29, 69, 75, 276, 347, 424]
- Estado [31, 33, 171, 219, 222, 269, 345, 346, 349, 376, ...]
- estanque [184, 266]
- estaño [334]
- Estatuto de Autonomía de Canarias [345, 346]
- esterilización [42]
- estilo de vida [253]
- estrategia adaptativa [241, 243]
- de conservación[155, 361, 397, 407]
- de gestión [179, 410, 412]
- de supervivencia [41]
- reproductiva [242]
- estrato arbóreo [97, 378, 379]
- estratovolcán [63, 79, 97, 98]
- estrés hídrico [95, 99, 157, 253]
- térmico [159, 161]
- estructura demográfica [385, 389]
- matrilínea [290]
- tectónica [23]
- estuario [200]
- etnia [243]
- etología [395]
- eucalipto [173, 270, 271, 339]
- eutrofización [335]
- evaporación [79, 157, 257, 366, 317]
- evapotranspiración potencial (ETP) [317]
- evolución [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 39, 50, ...]
- excavación [82, 85, 242]
- excedente [244, 251, 257, 262]
- excreción, excrementos [236]
- éxito reproductor [236, 334, 396]
- exotismo [24, 133, 289]
- expansión de fondos oceánicos,... [55, 56]
- expedición científica [44, 127]
- experimento [21, 39, 151, 325, 378, 410]
- experto [127, 170, 333, 416]
- exploración geotérmica [60]
- sísmica [55]
- explotación forestal [173]
- extinción [31, 40, 42, 43, 51, 113, 133,

f

137, 138, 143, ...]

fábrica [21, 31, 34, 50, 257, 278, 301]

facie [61, 124]

facilitación [202]

fachada [78, 96, 352]

fajana [84, 85]

falla transformante [56]

familia [26, 45, 51, 97, 107, 121, 131, 134, 135, 141, ...]

fase de crecimiento [56]

fauna vertebrada [22, 26, 112, 161, 205]

 invertebrada [22, 26, 112, 161, 205]

 marina [27, 127, 169, 171, 198, 219]

 lavícola [112]

faya, fayal [29, 48, 78, 153, 157, 158, 159, 160, 183, 184]

fecundación cruzada [152]

felino [243]

fenograma [49, 149]

fenol [329]

fenotipo [151, 214]

fermentación [30, 323]

ferralíticos [203]

ferralsíticos [83]

fertilidad, fertilizante [30, 66, 115, 116, 167, 174, 244, 263, 266, 315, ...]

figura de protección [404, 405]

filogenia [25, 135, 140, 141, 146, 147, 148, 149, 150]

filogeografía [211]

filograma [416, 418, 419]

filoxera [268]

filtrador [163]

finca [78, 257, 311, 312, 393]

fiisión [1147]

fisionomía [157]

fitoplancton [161]

flor [28, 57, 134, 135, 167, 193, 263, 264, 265]

flora marina [21, 193, 194, 195, 196, 197, 198]

 terrestre [25, 170, 171, 205]

flota [275, 276, 278, 279, 280, 281, 282]

flujo energético [157]

 genético [41, 112, 153, 360, 386]

fluoruro [311]

foca monje [227, 242, 243]

foliados [215]

folklore [248]

fondos [23, 27, 40, 65, 72, 82, 83, 84, 99, 127, ...]

fonolita [62, 63]

foraminíferos [61, 127]

forestal [27, 29, 31, 33, 52, 78, 81, 82, 95, 96, ...]

formación geológica [65]

 geomorfológica [400]

 vegetal [245]

forófito [183]

forraje [105]

fosa tectónica [83]

fosfatos [105]

fósforo [335]

fósil [22, 25, 26, 45, 46, 50, 57, 60, 116, 124, ...]

fotoautótrofos [127]

fitodescomposición [313]

fotoidentificación [229, 290]

fitoproductores [162]

fractura propagante [23, 55, 56]

fragilidad [25, 30, 32, 131, 179, 287, 305, 348, 375, 379, ...]

fragmentación [27, 33, 78, 79, 114, 116, 123, 125, 155, 164, ...]

fragmento continental [40]

 de hábitat [176]

freatomagmático [63, 72]

frecuencia alélica [152, 357, 363]

frente polar [23, 91]

frondosas [379, 425]

frugívoros [157]

fruto, frutales [28, 29, 42, 83, 96, 134, 135, 167, 173, 202]

fuego [31, 40, 70, 116, 167, 231, 271, 337, 338, 339, ...]

fuel, fueloil [298, 304, 325, 326, 327]

fumarola [184]

función ambiental [305, 319]

 productiva [319, 379]

 de amortiguación [399]

 de conectividad [388]

 de recuperación [388]

 de superposición [388]

 de vecindad [388]

fungicida [311]

g

gabros [61, 83]

galería [25, 68, 116, 184, 256, 257, 258, 259, 260, 261, ...]

gameto, gametofito [153, 184]

ganado, ganadero, ganadería [28, 51, 78, 115, 174, 204, 205, 234, 243, 244, ...]

gap [144]

gas contaminante [93]

 natural [297, 302]

gasoil, gasóleo, [31, 293, 298, 325, 328, 329, 333]

gasterópodo [131, 162, 169, 207, 209]

gato [158, 213, 234, 235, 236, 243, 392, 395, 397]

gavia [115, 266, 319, 393]

gaviota [397]

gea [400]

gecónido [213, 215, 216]

gelificación [79, 82]

gen, genoma [24, 25, 32, 34, 116, 141, 146, 147, 151, 152]

generador eólico [325]

generalista [421, 134, 161, 281]

género [22, 26, 27, 45, 48, 50, 52, 62, 71, 122, ...]

genética de poblaciones [359, 384]

genotipo [151, 154, 201, 357, 363, 389]

geobotánico [46]

geoecológico [31, 79, 337]

geófito [339]

geomorfología [23, 27, 77, 84, 219, 360]

geosistemas [79]

germinación [365, 386, 387]

germoplasma [267, 268, 366, 384]

gestión ambiental [378]

 territorial [369, 370]

gigantismo [22, 24, 40, 42, 134, 135, 225]

gimnospermas [119]

giro oceánico [103]

glaciación [82, 147]

góbido [163, 164]

Gobierno de Canarias [29, 283, 284, 285, 293, 294, 309, 324, 327, 346, ...]

gofio [248]

gorgonia [163, 164]

gramínea [52, 161, 173]

granito [40]

granívoro [111]

grava [84]

Greenpeace [303]

guanches [255, 263]

guarapo [271]

h

habitantes [65, 90, 202, 234, 241, 242, 245, 255, 258, 287...]

hábitat [22, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 42, 111, 112, ...]

haloclastia [77, 78]

haloísita [79]

harmatán [112]

helada [79, 161]

helecho [25, 41, 67, 97, 185, 186, 187, 193, 200, 202, ...]

hembra [290, 393, 395, 396, 397]

hemiptero [135, 232, 393]

hepáticas [181, 182, 183, 184]

herbácea [134, 147, 189, 191, 192, 393]

herbicida [311, 312, 315, 318]

herbívoros [42, 115, 154, 158, 161, 162, 163, 168, 169, 205, ...]

herpetofauna [146, 149]

heterocigisidad, heterocigóticos [152, 357]

heterosis [357]

heterotróficos [127]

hexápodos [122, 207, 209]

híbrido, hibridación [141, 144, 145, 147, 168, 202, 203, 231, 233, 361, ...]

hidrocarburo [227, 323, 325, 327, 328, 329, 335]

hidrógeno [303, 304, 327, 328]

hidrogeología, hidrogeólogo [258, 260, 261]

hidrografía [165]

hidrólisis [78, 79]

hidromagmáticos [63]

hidrotermal [72, 164]

hielo [79, 123, 147, 250, 279, 280]

higrófilas [125]

higuera [243, 253, 263, 293]

himenóptero [146, 202, 209, 232, 416]

hipogea [125]

historia [25, 28, 49, 60, 68, 75, 96, 113, 122, 123, ...]

hoja [97, 163, 269, 271, 396]

hojarasca [157, 387]

hombre [22, 24, 26, 28, 31, 32, 96, 98, 102, 111, ...]

homocigosis, homocigóticos [32, 357]

hongo [25, 41, 116, 119, 122, 128, 141, 181, 182, 183, ...]

horizonte de acumulación [82]

carbonatos

hormiga [113, 232]

horno [271, 327]

horqueta [271, 272]

hortaliza [28, 249, 253, 263, 264, 266]

hotspot

hubara [33, 172, 214, 235, 391, 392, 393,

394, 398]

humedad relativa [44, 79, 88, 89, 90, 92]

humo [243, 311, 333]

hundimiento [63, 104, 137, 263]

huracán [78]

i

íce-cap [81, 82]

ICONA [235, 384, 395, 399]

ictiocenosis [221]

ictiófago [163]

ictiofauna [219, 220, 223, 225]

impacto ambiental [294, 325, 428]

ecológico [345, 348]

incendio de copa [345, 348]

de superficie [340]

forestal [31, 271, 317, 318, 378]

incineración [31, 324, 327]

índice de lixiviación [313, 314]

de similitud [198]

relativo de introducción [199, 200, 201, 202]

individuo [40, 41, 107, 111, 121, 151, 152, 153, 154, 155, ...]

industria, industrialización [29, 30, 116, 168, 174, 278, 280, 289, 293, 294, ...]

inestabilidad atmosférica [91, 92]

infiltración [251, 257, 260, 272, 274, 318, 320, 321, 340, ...]

inflamabilidad [338]

información [28, 31, 32, 34, 65, 81, 95, 113, 123, 125, ...]

infraestructura viaria [96]

infralitoral [164, 195, 249]

inmersión [195, 227]

inmigración [112, 138, 347, 348, 352]

inmisión de contaminantes [330]

insecticida [311]

insectívoro [158, 213, 216]

insecto [22, 41, 42, 134, 138, 147, 148, 161, 169, 209, ...]

insolación [44, 78, 79, 90, 96, 98, 184, 302, 397, ...]

insularidad [23, 48, 49, 50, 51, 134, 146, 206, 209, 248, ...]

intercambio económico [284]

interfluvio [84, 99, 100]

intermareal [103, 162, 182, 195, 196, 226]

Internet [409]

intervención humana [162, 379]

introducción de exóticas [43, 51]

introgresión [61]

intrusión filoniana [116, 266, 318]

marina [116, 266, 318]

plutónica [61]

l

legislación [31, 275, 324, 331, 345, 348, 349, 384, 389, 393, ...]

legumbres, leguminosas [52, 98, 249, 253, 264, 392]

leña, leñosidad [24, 29, 40, 112, 134, 135, 147, 167, 173, 174, ...]

lepidóptero [43, 146, 147, 207, 209, 380]

levantamiento de bloques [55, 66]

liberación ecológica [42]

libro rojo [168, 170, 236, 293]

lignificación [42]

limicola [130, 160]

limnético [112]

limo [83, 85, 320]

liquen [112, 152, 181, 182]

lisa [42, 140, 277]

lista roja [383, 389]

litología [40, 79, 83, 84, 111]

litoral [22, 29, 31, 33, 63, 72, 78, 82, 84, 85, ...]

litosfera [53, 54, 55, 56, 66]

lixiviación [313, 314, 320]

lobo marino [242]

loci, locus [152, 358, 359, 360]

lodos de depuración [267]

longevidad [133, 194, 202, 385]

lucha biológica [268]

lugar de interés comunitario (LIC) [404]

luminosidad [183]

llano endorreico [79]

lluvia [23, 46, 82, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 116, ...]

macizo [54, 58, 62, 83, 96, 97, 124, 125, 138, 187, ...]

macromicetes [181, 182, 183]

macho [290, 393, 395, 396, 397]

madera [29, 167, 173, 174, 232, 245, 266, 270, 271, 272, ...]

m

magma, magmatismo [23, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, ...]
 maíz [263]
 mala hierba [199]
 malpais [82, 115, 216, 393, 394]
 malla de diques [69]
 manífero [26, 27, 40, 41, 42, 81, 119, 169, 170, 171]
 manejo [25, 162, 274, 295, 319, 320, 337, 378, 392]
 mantillo [160, 161, 174, 177, 340]
 mapa [32, 45, 49, 93, 139, 175, 215, 333, 368, 369]
 mar de fondo [105]
 de nubes [23, 44, 78, 79, 88, 90, 91, 95, 96, 97]
 de Tetis [160]
 marco biogeográfico [21, 22]
 competencial [32, 351]
 geocológico [337]
 normativo [345]
 maresía [161, 182]
 mareta [161, 162]
 marginación social [317, 318]
 marisqueo [103, 168]
 materia orgánica [31, 112, 115, 116, 162, 163, 203, 253, 320]
 prima [154]
 matorral de costa [96, 157]
 cumbre [157, 161, 249, 272]
 montaña [98]
 sustitución [158]
 mecanismos evolutivos [151]
 medianías [28, 44, 82, 88, 96, 115, 157, 161, 167, 204, ...]
 medio ambiente [19, 30, 43, 247, 274, 286, 287, 303]
 rural [354]
 subterráneo [8, 123, 161, 162, 211]
 mercado, mercancía [227, 260, 263, 265, 268, 274, 276, 282, 283, 284, ...]
 mercaptano [327]
 mercurio [334]
 meridional [44, 46, 63, 189, 196, 232, 233, 405]
 mero [19, 21, 24, 27, 28, 29, 30, 42, 44, 45]
 mesa [82, 84]
 mesetas [61]
 mesoclima [44]
 mesopelágico [219, 220, 222]
 metabolismo [112, 116]
 metamorfismo [61]
 meteorización [23, 77, 78, 82]
 micelio [184]

micorriza [112]
 micropersión [286]
 microbio [116]
 microfauna [135, 137, 139, 174, 148, 380]
 microhábitat [140, 147, 154, 177]
 micromamífero [177, 216]
 micromicetes [181]
 microorganismo [30, 34, 404]
 migración [32, 52, 67, 112, 138, 141, 152, 153, 190, 222, ...]
 millo [25, 35, 40, 43, 46, 53, 59, 65, 66, 81]
 mineralización, mineralizador [31, 116, 319, 337, 339, 340]
 mineralomasa [115]
 mioceno [189]
 miriápodo [209]
 mitocondria [26, 152, 215]
 mitología [241]
 mixomicetes [181, 183]
 mocán [134, 263, 269]
 molécula recalcitrante [116]
 molusco [25, 112, 127, 130, 135, 144, 147, 148, 170, 177]
 monitoreo [34, 407, 410, 413]
 monocultivo [252, 269, 318, 319, 339]
 monofilético [141, 144, 148, 215, 360]
 monóxido de carbono [324, 325, 327, 328, 329]
 monte alto [270, 380]
 bajo [270, 271, 272, 380]
 monteverde [23, 29, 30, 33, 78, 79, 96, 97, 98, 99]
 monumento natural [401]
 monzones [46]
 moratoria [29, 348]
 morfodinámica [77, 79]
 morfoestructura [96]
 morfogénesis [23, 78, 81, 83, 141]
 mortalidad infantil [339]
 mosaico [23, 25, 27, 95, 98, 124, 139, 140, 174, 176]
 mosquitos [232]
 motocross [394]
 motor [141, 254, 280, 285, 294, 328, 329]
 muestreo [361, 363, 385, 386, 387, 416, 417]
 mufión [26, 158, 161, 169, 231, 235]
 municipio [248, 258, 261, 290, 312, 373]
 murciélago [40, 213, 216, 217]
 mürido [243]
 musarña [158, 213, 216, 236]
 museo [285, 287, 290, 397]
 musgos [41, 181, 182, 183, 184]

mutación [174, 148, 355]

N

naciente [116, 251, 255, 256, 258]
 nasa [276, 280]
 natalidad [41, 242]
 natero [115, 266, 319]
 naturalización [202, 375, 378, 379, 380]
 nekbas [85, 253]
 necks [82, 84]
 necrófago [162]
 necromasa [116, 163, 164, 380]
 nemátodos [314]
 neoendemismo [41, 50, 51, 207]
 neófito [191]
 neolítico [235]
 nicho ecológico [227, 231]
 nitratos [105, 266, 311]
 nitritos [105]
 nitrógeno [31, 112, 312, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330]
 nivel de competencias [345]
 vida [274, 286, 302, 351]
 normativa [34, 203, 265, 324, 327, 331, 335, 345, 346, 347]
 nube ardiente [137]
 nubosidad [87, 88, 89, 90, 91, 92]
 núcleo turístico [290]
 nucleótidos [152]
 nutrientes [30, 31, 99, 104, 105, 113, 117, 160, 161, 162]

O

obras hidráulicas [255, 256, 257, 260, 261]
 observación de cetáceos [288, 290, 291, 292, 293, 294]
 océano [21, 41, 43, 52, 55, 66, 95, 102, 116, 193]
 oceanográfico [103, 104, 107, 127, 220, 289, 291]
 ocio [290, 319]
 odonatos [209]
 oferta turística [285, 306, 308, 351, 353, 354]
 olas [84, 105]
 oleaje [84, 85, 103, 105, 163, 195, 302]
 oligoceno [60]

oligotróficos [24, 25, 104, 105, 162, 171]
 oportunistas [111, 143]
 orchilla [28, 263]
 ordenación del territorio [32, 266, 369]
 órdenes [45, 66, 119, 193, 194, 209]
 organismos [22, 33, 41, 42, 119, 122, 127, 130, 134, 152]
 organización administrativa [31, 345]
 socio-política [241]
 orgánulos [152]
 orientación [27, 87, 88, 89, 93, 99, 128, 174, 176, 183, ...]
 ornamental [28, 181, 200, 201, 263, 264, 265, 267, 360, 425]
 orogenia alpina [188]
 norteafricana [188]
 orografía [23, 87, 91, 96, 103, 197, 198, 244, 275, 330]
 ortópteros [134]
 ósmosis inversa [259]
 ostecitos [27, 28, 29, 30, 31, 32, 32, 33, 34, 35, ...]
 ovejas [115, 235, 236, 249, 268]
 oxidación [325]
 óxidos de nitrógeno [31, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, ...]
 oxígeno [116, 162, 325, 327, 328]

p

paisaje en mosaico [27, 378]
 protegido [401, 408, 409, 410, 412]
 rural [347]
 pájaros [49]
 paleoarchipiélago [49]
 paleoclima [77, 81, 83, 123, 125]
 paleoendemismo [22, 41, 50, 51, 206, 207, 225]
 paleoflora [214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223]
 paleomorfogénesis [83]
 paleontología [133]
 paleosuelo [26, 188, 337]
 palmera, palmeral [153, 161, 188, 203, 243, 244, 267, 271, 404]
 palo blanco [160, 271]
 palomas de laurisilva [177]
 panbiogeografía [133]
 panel solar [301]

panmixia [152]
 pantropical [221, 222, 223, 225, 228, 289]
 papa [28, 115, 248, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 314]
 paraje natural [400]
 parapátrica [25, 125, 144, 145, 147]
 parásito, parasitismo [121, 152, 167, 168, 181, 231, 234, 263, 387, ...]
 parcela control [387]
 testigo [387]
 Parlamento de Canarias [399]
 paro biológico [281]
 parque automovilístico [328, 423]
 eólico [300]
 natural [33, 34, 236, 400, 401, 402, 404, 405, 408, 410, 411, 412]
 rural [235, 401, 408, 409, 410, 411]
 nacional [153, 154, 155, 200, 203, 236, 376, 379, 400, 401, ...]
 partenogénesis [41]
 particulares [31, 89, 116, 195, 320, 323, 324, 325, 326, 327, ...]
 pastos, pastor, pastoreo, pastizal [51, 52, 168, 169, 173, 174, 192, 243, 245, 249, ...]
 patógeno [116, 334]
 patrimonio cultural [308]
 genético natural [32, 151, 172, 355, 365, 400]
 Patronato Insular de Espacios Naturales Protegidos [32, 33, 341, 346, 362, 365, 373, 399, 400, 401, ...]
 peces [27, 41, 107, 127, 163, 164, 165, 169, 171, 219, ...]
 pedregosidad [266]
 pelágico [164, 165, 221]
 pendiente [69, 70, 78, 83, 84, 146, 174, 176, 183, 191, ...]
 perennes [153, 194, 195]
 perenquén [140]
 peridotitas [61]
 periglaciario [79]
 perímetro costero [227]
 periodos glaciales [81, 136]
 interglaciales [82]
 peripátrica [25, 136, 144, 145, 146]
 perros [231, 234, 243, 392]
 perturbación [99, 113, 115, 177, 178, 199, 201, 391, 291, 340]
 pesca, pescador, pesquería [107, 275, 276, 278, 280]
 pesticidas [168, 169, 266, 319, 334]
 petróleo [28, 30, 31, 260, 297, 301, 303, 323, 324, 325, 327]
 pH [339, 340]

picapinos [158, 160, 172, 215, 382]
 picón [266]
 piedra [253, 266]
 pino, pinar, pinocha [27, 29, 32, 33, 77, 78, 79, 96, 97, 114, ...]
 pinzón azul [31, 33, 143, 158, 170, 171, 172, 213, 215, 391, ...]
 pioneras [113, 162, 267, 410]
 pipkrake [79]
 piroclastos [69, 72, 85, 99, 250, 253]
 pirómanos [337, 341]
 piroxenitas [61]
 piso bioclimático [182, 183, 245]
 de vegetación [97, 175]
 forestal [96, 97]
 pista [177, 178]
 placa litosférica [66]
 plagas [26, 115, 169, 174, 203, 231, 324, 237, 244, 268]
 plaguicidas [30, 311, 312, 313, 314, 315]
 Plan [32, 33, 34, 155, 201, 258, 259, 260, 261, 266, ...]
 planctófagos [163]
 planeamiento ambiental [349]
 municipal [353, 369]
 urbanístico [353]
 planificación ambiental [179, 362, 365]
 planifolios [96, 99]
 plantación [203, 245, 251, 252, 267, 270, 272, 303, 323, 325, ...]
 plantas vasculares [25, 41, 48, 51, 112, 113, 119, 122, 138, 140, ...]
 plasticidad genética [133, 135, 143]
 plástico [116, 153, 194, 227, 293]
 plata [149, 334]
 plataforma continental [85, 106, 329, 275]
 costera [162]
 de abrasión [85]
 plátano, platameras [28, 78, 258, 263, 264, 265, 271, 314]
 playa [85, 137, 221, 252, 275, 284, 286, 290, 405, 406]
 plazas turísticas [252, 348]
 pleistoceno [50, 79, 82, 83, 124, 142, 216, 217, 218, 219, 242, 82, 85, 123, 188, ...]
 plioceno [62, 137, 149, 214, 82, 85, 123, 188, ...]
 pliocuaternario [82]
 plomo [328, 329, 333, 334]
 pluma térmica [23, 53, 54, 56]
 manténica... [54]
 pluviometría [111, 114, 189, 201, 252, 260, 317]
 población activa [283]
 poblamiento [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 40, 41, 42, ...]

poder competidor [41]
 de dispersión [40, 41, 42]
polen [112, 135, 357]
poliandria [244]
polifilético [221]
polígono de Thyessen [387]
 industrial)
polimorfismo [146, 152]
polinización, polinizador [41, 202, 389]
poliploidía [125, 147]
poliquetos [161]
polución [231, 311, 333]
pool continental [141]
 genético [43]
porosidad [266, 318]
post-erosional stage [66]
potasio [333]
potencia eléctrica [298, 299, 303, 325]
pozo [256, 257, 259, 261]
pradera [107, 163]
precipitación de niebla [78]
 horizontal [44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, ...]
 vertical [44, 160]
prehistoria [241, 244]
presa [162, 163, 229, 236, 259, 260, 261]
presión antrópica [97, 153, 351]
 competitiva [133]
 demográfica [244, 318]
 selectiva [115]
principio activo [312]
 de complementariedad [418, 419]
 de máxima eficiencia [418, 419, 420]
 de singularidad [418]
 dispositivo [345]
procesos de especiación [41, 50, 138, 144, 154]
 de extinción [51]
 ecológicos [34, 42, 111, 113, 116, 117, 354, 400, 407, 408, ...]
 erosivos [81, 84, 270, 318, 320, 320]
 evolutivos [133, 138, 139, 154, 205, 220]
 geológicos [43, 75, 113, 136]
producción agrícola [28, 115, 263, 264, 266]
 bruta [114, 325]
 biológica [114, 115, 117, 265]
 neta [114]
 primaria [112, 114, 115, 157,

163]
productividad [24, 30, 53, 104, 107, 115, 115, 154, 263, 264, 265, ...]
productor [114, 115, 158, 162, 258, 305, 324, 415]
productos agroquímicos [266]
 fitosanitarios [266, 312, 315]
profundidad [43, 56, 59, 60, 62, 66, 73, 84, 98, 99, ...]
propágulos, propagación [55, 111, 139, 194, 384]
propiedad privada [379]
 pública [33, 377]
protandria [135]
protección del hábitat [393, 396]
proteínas [141, 243]
protocistas [111]
protoislas [123, 139, 140]
pseudoisla [40]
psitácidos [233]
pteridófitos [186]
puerto deportivo [292, 293]
pulso del taxón [144, 148]
pumitas [79]
punto caliente [30, 53, 66]

q

queso [264, 268]
quimioproductor [164]
quirópteros [213, 216]

r

radiación adaptativa [22, 27, 40, 41, 122, 125, 150, 187, 189, 209, ...]
 ionizante [323]
 no adaptativa [150]
 solar [114]
radioactividad [333, 334]
radioseguimiento [393, 397]
radiotransmisor [397]
raíz [102, 161, 192, 415, 419]
rambla [84, 97, 98, 120, 206, 207, 411]
rana [113, 232, 233]
Ranðflora [50, 188]
rapaz [160]
rasa litoral [103]
rata [22, 26, 42, 113, 134, 158, 170,

178, 179, 234, ...]
ratón [158, 234, 235]
rayo [270, 272, 339, 380, 381]
rebrote [270, 272, 339, 380, 381]
recarga del acuífero [340]
reciclado [25, 115, 116, 117]
reclutamiento [163, 223, 385, 386, 387]
recolonización vegetal [99]
recombinación [141, 153]
recubrimiento [83, 84, 99, 184, 251]
recursos genéticos [28, 30, 34, 244, 251, 267, 269, 274, 346, 347, 348]
 naturales [30, 34, 244, 251, 267, 269, 274, 346, 347, 348, ...]
 No renovables [247]
red (Canaria de Espacios Naturales) [33, 34, 244, 251, 267, 269, 274, 346, 347, 348, ...]
Refugiados [33]
de alcantarillado [260]
de comunicaciones [372]
 eléctrica [300, 301, 302, 303]
 hidrográfica [83, 99]
Natura 2000 [404]
 sísmica [73, 75, 76]
 trófica [163]
refinería [31, 297, 298, 324, 325, 327, 328, 331, 334, ...]
reforestación [29, 30, 201, 204, 318]
reforzamiento poblacional [361]
refugio climático [41]
 pleistocénico [123]
regadio [115, 244, 245, 256, 263, 317, 318, 319]
regeneración [31, 173, 200, 204, 243, 272, 339, 340, 341, 378]
régimen de alisios [23, 89, 90, 91, 92]
 de mareas [103]
 eólico [40]
 jurídico [31, 345, 346]
región bioclimática [122, 123]
 bio geográfica [22, 45, 46, 47, 50, 51, 225]
 fitogeográfica [196]
 macaronésica [48, 49, 50, 51, 187, 220]
 sahara-sindica [48]
registro fósil [50, 419]
regresión [27, 28, 32, 113, 116, 173, 214, 280, 375, 383]
reino biogeográfico [21, 22, 45]
reintroducción [34, 361, 389, 395, 397]
relajamiento competitivo [51]
relictico [32, 134, 135, 147, 188, 206, 209, 210, 375]

relictualismo [40, 41]
 relieve [23, 24, 26, 30]
 reloj molecular [148]
 reloj anticiclónico [104]
 ciclónico [104]
 reorganización cromosómica [145, 146]
 repoblación [173, 269, 272, 274, 378, 379, 380, 389, 410]
 reproducción asexual [41, 153]
 en cautividad [395, 397]
 sexual [41, 153, 389]
 vegetativa [41, 153]
 reptiles [26, 27, 42, 121, 140, 148, 157, 169, 170, 171, ...]
 requisitos ambientales [41]
 resalvo, resalveo [174, 270, 272, 380]
 rescate genético [363, 365, 384]
 reserva de la Biosfera [33, 178, 252, 259, 354, 380, 392, 393, 396, 397, ...]
 integral [405, 428]
 marina [404]
 natural [33, 178, 396, 401, 404, 408, 410, 411, 412]
 residuo [30, 31, 57, 168, 252, 254, 267, 293, 302, 305, ...]
 resina [29, 269, 271, 272, 334]
 restauración ecológica [32, 375, 378, 380]
 forestal [33, 271, 378, 379]
 retama, retamar [79, 98, 158, 161, 235]
 revolución genética [146]
 industrial [256, 257]
 ridge [60]
 riesgo de extinción [167, 169, 172]
 eruptivo [65, 69, 72]
 volcánico [23, 65, 68]
 rift [54, 55, 56, 57, 68, 69, 72]
 riqueza ecológica [206]
 específica [181, 182, 194, 195, 211]
 florística [99, 187, 196, 206]
 paisajística [351]
 taxonómica [122, 419]
 riesgo [42, 85, 187, 385, 397]
 rizoma [263, 339]
 roca encajante [82]
 plutónica [61]
 rocío [112, 266]
 rodal [379, 381]
 roedor [25, 42, 231]
 roque [43, 46, 63, 78, 84, 135, 137, 172, 215, 216, ...]
 rorqual [219, 227, 290, 291, 293]
 roturación [28, 245, 251]
 ruderal [26, 199, 201, 204]

ruido [294, 323, 347]
 rumiante [268]
 ruta migratoria [165, 214, 290]
 biogeográfica [23, 48]

S

sabina, sabinar [97, 158, 188, 271, 375]
 sal [250, 259, 318, 325]
 salina [105, 121, 404]
 salinidad, salinización [24, 103, 105, 116, 161, 162, 183, 195, 257]
 salud ambiental [311]
 humana [333]
 saprófito [181]
 sardina [29, 107, 158, 164, 165, 275, 277, 278, 279, 280, ...]
 saucedá [161]
 sebadal [107, 158, 162, 163, 164, 404]
 sector servicios [346]
 topográfico [96]
 sedimento [26, 57, 60, 81, 163, 164, 188, 333]
 seísmo [75]
 selección de hábitat [393, 394]
 natural [21, 153]
 sexual [146, 147]
 selva, selvicultura [124, 245, 273]
 semiáridas [77, 78]
 semillas [42, 50, 112, 113, 167, 202, 265, 272, 339, 361, ...]
 sendero turístico [306]
 sensibilización ciudadana [397]
 septentrional [27, 46, 48, 52, 88, 96, 186, 219, 227, ...]
 sequía [52, 244, 252, 258, 272, 317, 318, 319, 340, 387]
 ser humano [34, 167]
 series recientes, ... [62]
 antiguas, ... [61, 85]
 serránido [276]
 sexo [41, 244, 290]
 shield-stage [69]
 sienitas [61, 83]
 silicatos [66, 105]
 sílice [53]
 silvigénesis [378, 379]
 sills [61]
 simbiosis [152]
 similitud florística [49]
 simpatria, simpátridas [41, 147, 167]
 síndrome adaptativo [157]
 singularidad [21, 23, 28, 30, 40, 88, 205,

206, 248, ...]
 ismicidad [57, 65, 75]
 sistema de fracturas [56]
 transoceánicas
 de Información geográfica (SIG) [32, 362, 367, 369, 371, 372, 373]
 de Información Territorial (SIT) [369, 371]
 hidrológico [258, 259, 260, 261, 319]
 reproductivo [32, 357, 361]
 sistemática [127, 133, 151, 244, 247, 286]
 sitio de interés científico [401, 404, 408, 412]
 sobreeplotación [27, 30, 115, 167, 168, 319, 424, 426]
 sobrepastoreo [84, 115, 168, 243, 252, 318, 347, 378]
 sobrepesca [163]
 sociedad de la información [367]
 sodificación [116, 319]
 software [367, 416]
 sol [44, 91, 162, 252, 284, 286, 330]
 solana [248, 362, 364]
 solifluación [79]
 sorribado [266]
 sostenibilidad [348, 349, 427, 428]
 sotavento [44, 46, 77, 78, 79, 104, 105, 157, 160, 161, ...]
 sotobosque [90, 97, 160, 173, 183, 202, 270, 339, 380, 381]
 spray marino [195]
 stepping stone [41, 49, 50, 209]
 stone pavement [78]
 subespecie [45, 123, 135, 143, 148, 151, 154, 170, 171, 172, ...]
 subgénero [187]
 subnómine [416]
 subsistencia [28, 173, 241, 244, 245, 251]
 subtropicales [27, 97, 162, 188, 196, 199, 221, 223, 225, 227, ...]
 sucesión [24, 40, 42, 56, 81, 85, 89, 99, 11, 112, ...]
 suculencia, suculentas [52, 96, 157]
 suelo [23, 26, 28, 30, 31, 54, 56, 65, 69, 157]
 sulfuro de hidrógeno [327]
 sumidero [116, 313]
 superficie [24, 33, 39, 40, 42, 44, 51, 53, 54, 60, ...]
 supervivencia [41, 51, 111, 154, 172, 177, 184, 195, 201, 248, ...]
 supralitoral [162, 195]
 suspensivoro [163]
 sustentabilidad [251, 308, 309]
 sustrato [29, 99, 111, 112, 140, 161, 162,

swarm [181, 182, ...]
[210]
swell [105]

T

tabaiba, tabaibal [23, 78, 96, 114, 157, 158, 188, 204]
tafonís, tafonización [77, 78, 79, 84, 85]
taginaste [24, 42, 134, 339]
taia [115, 173, 174, 245, 267, 269, 318, 361, 380, 381]
talo crustáceo [181]
foliáceo [181]
fruticuloso [181]
talófitos [99]
talud continental [60]
tallar [380, 409]
tamaño de la población [152, 153, 241, 244, 363, 395]
mínimo viable de una población (TMVP) [361, 363]
tarajal [83, 136, 161, 182]
tasa de extinción [133]
natalidad [41]
mortalidad [385]
renovación [113, 164]
taxón, taxa, taxonomía, taxónomo [34, 45, 133, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 167, ...]
tea [174]
tecnología [127, 167, 256, 258, 259, 276, 324, 367, 372]
tectónica de placas [53]
tejidos [157, 363]
teledetección [341, 369]
temperatura [24, 44, 47, 65, 66, 77, 78, 79, 88, 89]
tendido eléctrico [33, 168, 392, 393, 394]
teléfono [394]
tenebriónidos [123, 138, 139, 147, 148, 209, 393, 418]
teoría biogeográfica [112]
ecológica [42]
termoclastia [77, 79]
termoclina [104, 105]
termoluminiscencia [241]
territorio [21, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 31, ...]
tiburón [219]

tiempo atmosférico [89]
de divergencia [148]
de viabilidad [50]
Tierra [29, 30, 40, 59, 104, 133, 151, 297, 323, 330]
tijereta [207]
til [271]
timber-line [79]
tipos biológicos [26, 193, 194, 195]
tobas [63, 266]
toma de conciencia [355]
decisiones [27, 32, 34, 341, 355, 368, 369, 371, 407, 408, ...]
tomate [28, 115, 253, 263, 264, 265, 267, 268, 271, 314]
topografía [43, 97, 98, 99, 381, 396]
tormenta [44, 105, 337]
torrencial [77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 98, 99]
tortuga [22, 25, 27, 42, 134, 163, 165, 171, 225, 226, ...]
tráfico [31, 116, 177, 231, 232, 233, 236, 237, 323, 328, ...]
transiliencia genética [146]
translocación cromosómica [147]
de individuos [361]
transporte [24, 30, 31, 60, 103, 104, 112, 115, 116, 117, ...]
traquibasaltos [61]
traquitas [62, 63]
traza volcánica [53]
trazo espacio-temporal [45]
triásico [54, 57, 59]
tribu [81, 146, 147]
Tribunal Constitucional [345, 346, 349]
trigo [243, 326]
tróxido de azufre [263]
troglóbios [162, 211]
trópico, tropical [23, 24, 26, 27, 34, 46, 50, 193, 227, 427]
troposfera [87, 90, 323]
tubo de lava [206]
volcánico [162, 404]
túndido [29, 107, 279, 278, 279, 281, 405]
túrbera [52]
turbina [97, 188, 271, 325, 326]
turismo, turista, turístico [29, 30, 32, 33, 65, 168, 227, 251, 252, ...]

U

uadi [47]

umbria [183]
UNESCO [252, 425, 428]
unicelular [111, 112, 119]
unidad ambiental [27, 220]
biogeográfica [23, 48]
morfoestructural [96]
Unión Europea [28, 34, 115, 264, 278, 303, 395, 404]
universidad [27, 127]
upwelling [104]
urbanismo, urbanización [33, 115, 168, 169, 169, 251, 286, 293, 319, 345, 347, ...]

V

vaguada [91, 99]
valor adaptativo [357, 359]
de existencia [305, 306, 307, 308]
de opción [305, 306, 307, 308]
de uso [30, 305, 307, 308]
económico [30, 305, 307, 308, 318]
valle [40, 47, 60, 75, 82, 83, 83, 84, 92, 98, 137, ...]
vapor [184, 256, 257, 259, 266, 323, 324, 325, 326, 327, ...]
vara [29, 174, 226, 270, 271, 272]
variedad geoquímica [53]
vector de polimización, de transporte [112, 116]
sublitosférico [54]
vegetación natural [51]
potencial [188]
vehículo de dispersión, todo terreno [392, 404, 424]
vendaval [174, 257]
veneno [169]
vertebrado [26, 27, 119, 122, 169, 170, 171, 172, 177, 205, ...]
vertidos [103, 167, 305, 323, 335]
vertiente [44, 77, 78, 79, 82, 84, 85, 88, 96, 97, ...]
vicarianza, vicariantes [48, 50, 52, 123, 124, 187, 190, 191, 192, 209, ...]
vid, vino [28, 62, 252, 263, 264, 265, 266, 268, 271, 308, ...]
vida [29, 30, 34, 35, 53, 75, 111, 116, 125, 133]
vidrio [184, 324, 334]
vieja [158, 161, 276]

viento	[23, 40, 44, 46, 50, 78, 81, 87, 88, 89, ...]
vigor híbrido	[357, 361]
viñátigo	[160, 271, 379]
virus	[231, 323]
vitalidad	[167]
vivienda	[173, 174, 248, 271, 287, 423]
vulcanismo	[43, 46, 54, 164, 401]
vulnerabilidad	[30, 42, 131, 133, 297, 298]

X

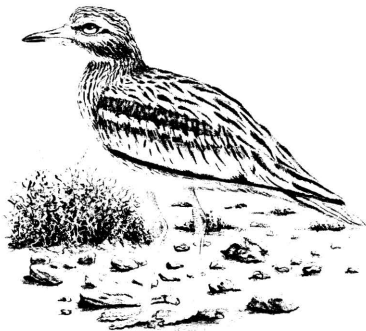
xenobiótico	[311, 312]
xerificación	[115]
xérico	[186, 188]

Y

yacimiento paleontológico	[400]
petrolífero	[335]

Z

zifio	[227, 229, 289, 291]
zigoto	[194]
zoantidios	[131]
zona de debilidad	[55]
fótica	[164, 195]
económica	[278]
de enraizamiento	[313]
especial de protección de aves (ZEPA)	[32, 33, 393]
especial de conservación	[160, 278]
exclusiva	[160, 278]
zonación ecológica	[52, 248]
zonificación	[409]
zoogeografía	[46, 211]
zooplancton	[164, 165]



RELACIÓN DE AUTORES

- AGUEDO MARRERO, JARDÍN BOTÁNICO CANARIO VIERA Y CLAVIJO, TAFIRA, GRAN CANARIA (14, 15)
- AGUSTÍN NARANJO CIGALA, DEPARTAMENTO DE ARTE, CIUDAD Y TERRITORIO, UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (46)
- AGUSTÍN SANTANA TALAVERA, ÁREA DE ANTROPOLOGÍA SOCIAL, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (34)
- ALBERTO BRITO, UDI DE CIENCIAS MARINAS, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (17, 26)
- ANA LOSADA LIMA, DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (20)
- ÁNGEL B. FERNÁNDEZ, PARQUE NACIONAL DE GARAJONAY, SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA (47)
- ÁNGEL BAÑARES, PARQUES NACIONALES, MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, SANTA CRUZ DE TENERIFE (48)
- ÁNGEL LUQUE, DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (41)
- ÁNGEL VERA, VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE CANARIAS, LA LAGUNA (17)
- ANTONIO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (39)
- ANTONIO MACHADO, DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (11)
- ANTONIO MARRERO, INSTITUTO CANARIO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS, VALLE GUERRA (31)
- ARNOLDO SANTOS, JARDÍN BOTÁNICO DE LA OROTAVA, PUERTO DE LA CRUZ (21, 45)
- CARLOS SOLER LICERAS, DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, GOBIERNO DE CANARIAS, SANTA CRUZ DE TENERIFE (30)
- CARMELO J. LEÓN, DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS ECONÓMICO APLICADO, UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (37)
- CARMEN E. REDONDO, VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE CANARIAS, LA LAGUNA (51)
- CONSTANTINO CRIADO, DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (6, 7)
- CRISTÓBAL RODRÍGUEZ PIÑERO, ÁREA DE MEDIO AMBIENTE, CABILDO INSULAR DE TENERIFE (18)
- EDUARDO BALGUERÍAS, CENTRO OCEANOGRÁFICO DE CANARIAS, INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA, SAN ANDRÉS (33)
- EDUARDO CARQUÉ, PARQUES NACIONALES, MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, SANTA CRUZ DE TENERIFE (48)
- EDUARDO DIAS, DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRARIAS, UNIVERSIDAD DE AZORES (2)
- ERIKA URQUIOLA, VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE CANARIAS, LA LAGUNA, (35)
- ESPERANZA BELTRÁN-TEJERA, DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (20)
- ESTHER BELTRÁN YANES, DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (9)
- FÉLIX MANUEL MEDINA, UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE, CABILDO INSULAR DE LA PALMA, SANTA CRUZ DE LA PALMA (49)
- FERNANDO SABATÉ, DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (29)
- FRANCISCO ANGUIA, DEPARTAMENTO DE PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA, UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (3)
- FRANCISCO GONZÁLEZ ARTILES, ÁREA DE MEDIO AMBIENTE, CABILDO INSULAR DE GRAN CANARIA (23)
- FRANCISCO HERNÁN, DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (3, 4)
- GUILLERMO DELGADO, MUSEO DE LA NATURALEZA Y EL HOMBRE, CABILDO INSULAR DE TENERIFE, SANTA CRUZ DE TENERIFE (25)
- INOCENTE CARRALERO, VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE CANARIAS, LA LAGUNA (50)
- JAVIER FRANCISCO-ORTEGA, UNIVERSIDAD ESTATAL DE FLORIDA, MIAMI (14, 15, 45)
- JAVIER REYES, DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (22)
- JESÚS M. FALCÓN, UDI DE CIENCIAS MARINAS, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (26)
- JESÚS NOTARIO DEL PINO, DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (38)

- JORGE NARANJO BORGES, VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE CANARIAS, TAFIRA (32)
- JOSÉ CARLOS CABRERA, DEPARTAMENTO DE HISTORIA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (28)
- JOSÉ GARCÍA CASANOVA, CENTRO DE PLANIFICACIÓN AMBIENTAL, GOBIERNO DE CANARIAS, LA LAGUNA (18)
- JOSÉ LUIS MARTÍN ESQUIVEL, CENTRO DE PLANIFICACIÓN AMBIENTAL, GOBIERNO DE CANARIAS, LA LAGUNA (1, 12, 51, 52, 53)
- JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ-PALACIOS, DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (1, 2, 17, 19, 53)
- JOSÉ MIGUEL RUANO, CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN GOBIERNO DE CANARIAS, SANTA CRUZ DE TENERIFE (43)
- JOSÉ RAMÓN ARÉVALO, DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (19)
- JUAN CAPOTE, INSTITUTO CANARIO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS, VALLE GUERRA (31)
- JUAN CARLOS CARRACEDO, ESTACIÓN VOLCANOLÓGICA DE CANARIAS, CSIC, LA LAGUNA (5)
- JUAN DOMINGO DELGADO, DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (19)
- JUAN LUIS RODRÍGUEZ LUENGO, VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE CANARIAS, LA LAGUNA (18, 27)
- JUANA MARÍA GONZÁLEZ-MANCEBO, DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (20)
- JULIO AFONSO-CARRILLO, DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (22)
- MANUEL ARECHAULETA, VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE CANARIAS, LA LAGUNA (52)
- MANUEL GONZÁLEZ MARTÍN, VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE CANARIAS, TAFIRA (23)
- MANUEL V. MARRERO, PARQUES NACIONALES, SANTA CRUZ DE TENERIFE (48)
- MARCOS BÁEZ, DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (12, 24)
- MARÍA EUGENIA AROZENA, DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (9)
- MARTA SANSÓN, DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (22)
- MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ, UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE, CABILDO INSULAR DE EL HIERRO (49)
- MIRIAM HERNÁNDEZ ANDRÉU, DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, GOBIERNO DE CANARIAS, SANTA CRUZ DE TENERIFE (30)
- NATACHA AGUILAR, UDI DE CIENCIAS MARINAS, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (26)
- PAUL FERNÁNDEZ BISSÓN, VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE CANARIAS, LA LAGUNA (52)
- PEDRO OROMÍ, DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (12, 24)
- PEDRO PASCUAL, UDI DE CIENCIAS MARINAS, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (26)
- PEDRO SOSA, DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (16)
- PETER W. HÖLLERMANN, INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNIVERSIDAD DE BONN (42)
- RICARDO DÍAZ DÍAZ, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS, GOBIERNO DE CANARIAS, LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (38)
- RICARDO HAROUN, DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (10, 13)
- ROGELIO HERRERA, DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (13)
- ROQUE CALERO, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS, GOBIERNO DE CANARIAS, LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (36)
- VENERANDO GONZÁLEZ, DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (40)
- VICENTE QUILIS, UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE, CABILDO INSULAR DE TENERIFE (49)
- VICTORIA MARZOL, DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (8)
- VIDAL MARTÍN, SOCIEDAD PARA EL ESTUDIO DE LOS CETÁCEOS DEL ARCHIPIÉLAGO CANARIO, ARRECIFE DE LANZAROTE (35)
- WALTER BELTRÁN, SERVICIO DE PLANES INSULARES, CABILDO INSULAR DE TENERIFE, SANTA CRUZ DE TENERIFE (44)