



Anexo A

Evaluación preliminar de
impactos del cambio
climático en Canarias

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Escenarios climáticos	9
3. Ecosistemas terrestres	23
4. Ecosistemas marinos	31
5. Sector pesquero	43
6. Biodiversidad vegetal terrestre	51
7. Biodiversidad vegetal marina	61
8. Biodiversidad animal terrestre	67
9. Biodiversidad animal marina	75
10. Recursos hídricos	81
11. Recursos edáficos	95
12. Sector forestal	105
13. Sector agrario	113
14. Sector costero	121
15. Riesgos naturales	133
16. Sector energético	151
17. Sector turismo	161
18. Salud humana	171
19. Infraestructuras, urbanismo y transporte .	185
Glosario	199
Bibliografía	215

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento aborda de manera preliminar los impactos actuales y los que previsiblemente se pueden dar a lo largo del siglo XXI por efecto del cambio climático en las Islas Canarias, ya que, tal como se indica en la Estrategia Canaria de Lucha contra el Cambio Climático (ECLCC), *“con carácter previo (a la elaboración del Plan de Adaptación al Cambio Climático en Canarias) es necesario profundizar en el Estudio detallado de Impactos”*.

Es objetivo de este informe poder ofrecer una visión de conjunto, basada en estudios específicos en cada una de las materias, de los impactos del cambio climático en Canarias. Se trata de una tarea compleja por la diversidad de los sectores abordados, pero también por la dificultad de estudio de nuestra zona geográfica insular. El estudio no pretende ser exhaustivo para cada uno de los sectores individualmente, pero si resaltar los aspectos más relevantes de los impactos sectoriales del cambio climático a los efectos de acometer la posterior tarea de abordar los respectivos planes de adaptación. Se trata de una herramienta, por tanto, fundamental y que servirá de base para todo el trabajo posterior.

En el informe se han abordado tanto sectores socio-económicos como los relativos al medio ambiente en general, en los que se han identificado las posibles incidencias que pueden producirse debidas a los impactos ocasionados por la variación en el clima. Para ello se ha hecho una revisión bibliográfica de todos los estudios disponibles relativos a impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático y más concretamente a aquellos que abordan de manera expresa sectores relativos a las Islas Canarias.

Los sectores identificados en el presente documento son básicamente los sectores que fueron ya abordados de forma breve en la ECLCC, estos son, Escenarios climáticos, Ecosistemas terrestres, Ecosistemas marinos, Sector pesquero, Biodiversidad vegetal terrestre, Biodiversidad vegetal marina, Biodiversidad animal terrestre, Biodiversidad animal marina, Recursos hídricos, Recursos edáficos, Sector Forestal, Sector agrario, Sector costero, Riesgos naturales, Sector energético, Sector turismo, Salud humana, Infraestructuras, urbanismo y transporte.

Algunos sectores han sido subdivididos en dos, como por ejemplo los Ecosistemas Marinos y el Sector Pesquero, que aparecían bajo un mismo epígrafe en la ECLCC y tan sólo un sector de los identificados en la ECLCC, el de Seguros, no aparece desarrollado en un apartado propio en el documento, si bien queda incluido en el sector de Riesgos Naturales.

Aunque cada uno de los capítulos del informe se centra en un sector concreto, se ha de tener presente durante la lectura del informe, la existencia de sinergias e interrelaciones sectoriales. A modo de ejemplo, el sector Turismo, a parte de los impactos que son exclusivos de este sector, como por ejemplo variaciones en el flujo

de turistas extranjeros por condiciones ambientales ajenas a Canarias, también se ve afectado por los impactos en otros sectores como los Recursos Hídricos (disponibilidad de agua), Zonas Costeras (modificaciones en la línea de costa de las playas), Riesgos naturales (lluvias torrenciales), etc.

2. ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Descripción física.

El archipiélago canario se sitúa frente a la costa sahariana de África, a 100 km de distancia mínima, y se extienden hacia el oeste a lo largo de casi 500 km, encuadrándose entre las latitudes 27° 37'N y 29° 30'N, y las longitudes 13° 30'W y 18° 10'W.

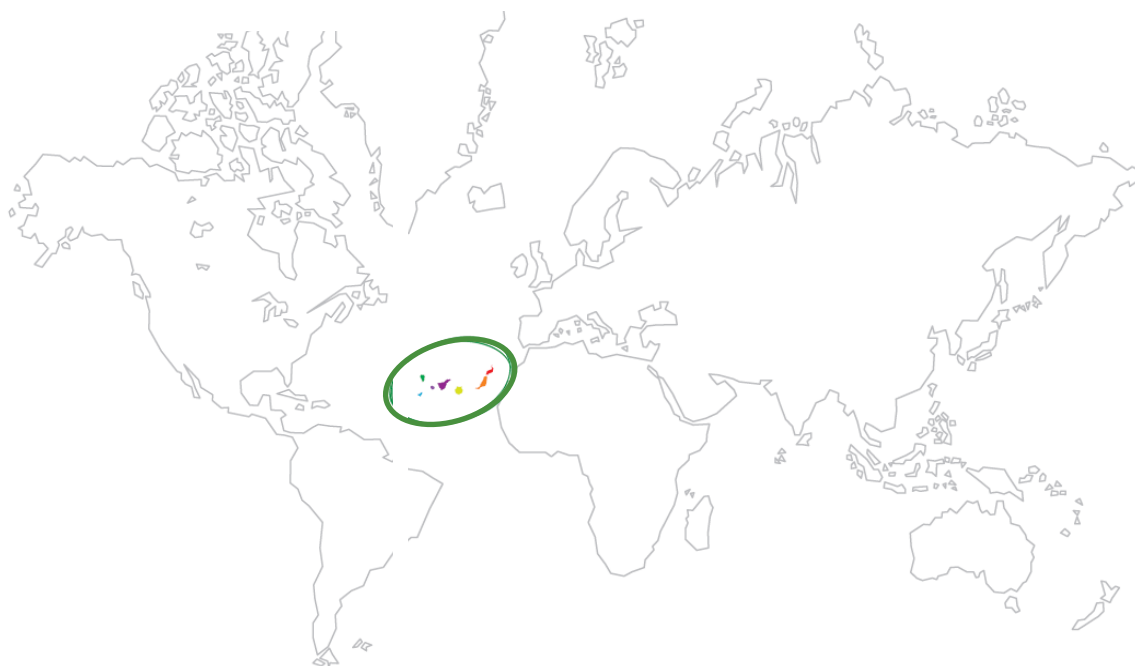


Figura 1: Emplazamiento geográfico de las Islas Canarias.

La superficie total es de 7.446 km² repartida básicamente a lo largo de sus 7 islas principales: El Hierro, Fuerteventura, Gran Canaria, La Gomera, Lanzarote, La Palma y Tenerife. Se trata de islas de naturaleza volcánica por acumulación de materiales efusivos sobre el fondo oceánico, con las correspondientes estructuras intrusivas (Custodio, 2002b).

El archipiélago de Canarias constituye administrativamente una de las Comunidades Autónomas de España y consiste en dos Provincias sobre siete islas mayores, cada una con su Cabildo Insular, que es la Administración local de la isla. Soportan casi 2.100.000 habitantes, más del 80% de los cuales se concentra en las islas de Gran Canaria y Tenerife. La densidad de población es muy alta, alrededor de los 272 hab/km², alcanzando los 532 hab/km² en Gran Canaria, y aún lo es más localmente si se considera la escasez de áreas llanas aptas para asentamientos humanos en las partes menos áridas.

El paisaje del archipiélago viene condicionado por la orografía de las islas. La desigualdad en la altitud de las siete islas, con cumbres que llegan hasta los 3.718 m, la disposición radial de los barrancos en casi todas ellas y la orientación de las cumbres, son agentes modificadores tanto en el reparto de las lluvias, como en la nubosidad y las temperaturas.

Esta disposición de su relieve, junto con su emplazamiento en la zona subtropical del Océano Atlántico, le confiere un paisaje singular debido a la gran variedad de microclimas y mesoclimas que alberga.

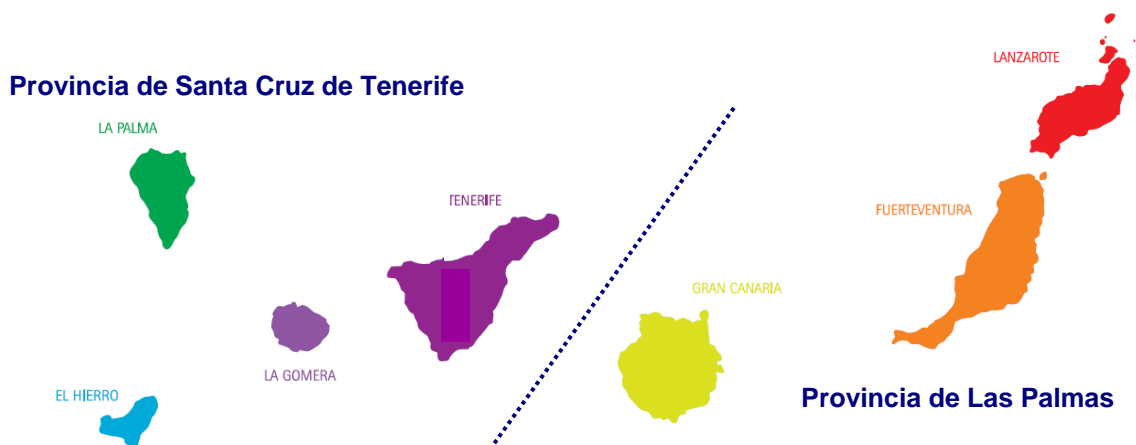


Figura 2: Mapa de las Islas Canarias.

Isla	Superficie (km²)	Altitud máxima (m)	Nombre
Lanzarote	845,94	671	Peñas del Chache
Fuerteventura	1.659,74	807	Jandía
Gran Canaria	1.560,10	1.949	Pico de Las Nieves
Tenerife	2.034,38	3.718	Teide
La Gomera	369,76	1.487	Garajonay
La Palma	708,32	2.423	Roque de Los Muchachos
El Hierro	268,71	1.501	Malpaso

Tabla 1: Datos de superficie y altitud de las principales islas del archipiélago canario. Fuente: ISTAC.

Características del clima canario.

Las Islas Canarias se hallan situadas en una región atlántica de extraordinario interés meteorológico, debido a la diversidad de circunstancias que concurren, entre las cuales, las más importantes son: la circulación normal del alisio, el efecto más o menos directo de la actividad borrascosa propia de las latitudes templadas, la gran influencia de las depresiones frías a altos niveles, la posibilidad de que perturbaciones atmosféricas netamente tropicales crucen el archipiélago, y las ocasionales invasiones de aire muy caliente procedentes del continente africano.

El archipiélago canario, por su ubicación, debería tener un clima cálido y seco pero, sin embargo, factores como la insularidad y el relieve dan lugar a considerables contrastes en las precipitaciones y a la existencia de bajas temperaturas. Por tanto, es muy difícil definir un clima específico ya que, dependiendo de la isla en donde nos encontremos y el sector de ésta, se podrán establecer diferentes características climáticas.

A grandes rasgos, se puede decir que el clima de las Islas Canarias se caracteriza por unas precipitaciones muy escasas e irregulares, especialmente en las zonas bajas (menos de 300 mm), debido al predominio del Anticiclón de Las Azores. En las zonas de medianías las precipitaciones pueden llegar a los 800-1.000 mm en las vertientes de barlovento expuestas a los vientos alisios húmedos y constantes. Es en este sector donde se produce el estancamiento del mar de nubes, el

cual aporta una gran humedad ambiental y un considerable volumen de agua, lo que propicia que la zona sea óptima para el desarrollo de la agricultura. Mientras que en las vertientes de sotavento esta cantidad pluviométrica se reduce bastante a consecuencia de la desaparición del mar de nubes. En la zona de cumbres, principalmente de las islas de mayor altitud, los vientos alisios dejan de hacer efecto, descendiendo las precipitaciones en comparación con las medianías, en torno a los 400 mm, las cuales en algunos casos pueden presentarse en forma de nieve.

Las lluvias en Canarias son más intensas a finales del otoño, y fundamentalmente en invierno, siendo el verano la estación más seca del año. Las precipitaciones se caracterizan por una irregularidad interanual, es decir, existe una sucesión de años lluviosos o muy lluviosos, con años secos o muy secos. Suelen ser muy localizadas, y en algunas ocasiones se convierten en un riesgo climático muy importante. Cuando se produce un descenso acusado de masas de aire del mundo templado y se combinan con factores tropicales, se pueden producir precipitaciones de una fuerte intensidad horaria, catalogándose en algunos casos como lluvias torrenciales, con valores sólo comparables a los episodios que se producen entre finales de verano y principios de otoño en el área oriental de la península ibérica perteneciente a la cuenca mediterránea.

En cuanto a las temperaturas, el archipiélago se caracteriza por unas condiciones térmicas suaves. En

general, las temperaturas más cálidas se registran en las costas del sur de todas las islas, en donde la media anual supera los 20 °C. En las islas de Lanzarote y Fuerteventura, cuyas cotas de altitud no llegan a los 1.000 metros, por lo tanto están por debajo del nivel de formación del mar de nubes, esta temperatura media se generaliza en casi toda su superficie, por lo que son

las islas más áridas. En las restantes islas, y a medida que subimos en altitud, la temperatura media anual desciende, hasta 14 °C por ejemplo en las cumbres de Gran Canaria, a 13 °C en las de las islas de El Hierro y La Gomera, en las zonas altas de La Palma se llegan a registrar 9 °C o en las Cañadas del Teide en Tenerife hasta 5 °C.

DetECCIÓN DEL CAMBIO.

El Observatorio Atmosférico de Izaña, en Tenerife, está integrado en el Programa de Vigilancia Atmosférica Global, y como tal, es una de las 20 estaciones que, en todo el mundo, tiene registros atmosféricos suficientes para evaluar los cambios climáticos. Se ha registrado en estos observatorios un importante incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera; así, sólo en el periodo 1984 - 2006, las concentraciones pasaron de 345 ppm (moléculas de un gas de efecto invernadero por millón de moléculas de aire seco), a 380 ppm. En el periodo 1984 - 1997, el incremento fue de 1,7 ppm anual, y después se incrementó a llegar a 2 ppm anual. Se estima que este incremento aún se acelere en los próximos años. Así, el dióxido de carbono, principal gas de efecto invernadero ha aumentado su presencia en la atmósfera en un 31% desde 1750, de tal manera que se puede afirmar con seguridad que tal volumen no se había alcanzado en los últimos 420.000 años y, con bastante probabilidad, en los últimos 20 millones de años.



Observatorio de Izaña de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (Foto: J. Martínez)

Desde 1984, el Observatorio de Izaña evalúa los cambios climáticos, a partir de una serie de mediciones de composiciones químicas y diferentes parámetros físicos de la atmósfera. Existen suficientes indicios de los cambios registrados en los periodos de los que se tienen mediciones, tanto en ese observatorio como en la red de estaciones existente en Canarias.

Subida de las temperaturas medias anuales: se puede decir que a partir de los años 80, en Canarias, se dispara la temperatura media registrada en las diferentes estaciones de medición. Así, en el Aeropuerto de Los Rodeos (Tenerife), la temperatura media pasa de 15 grados Celsius en el año 1962 a 17 °C, en el año 2006. También en la estación de Santa Cruz de Tenerife se observa un incremento a partir de los años 1982/1984. Este incremento es mayor en Izaña (Parque Nacional del Teide, en Tenerife), al situarse más al interior y no estar tan afectado por el océano).

Incremento de las masas de aire del continente africano sobre Canarias: El clima de Canarias está modulado por el Anticiclón de las Azores, que produce un flujo del Nordeste en el archipiélago. Se han observado, en el periodo 1950 - 2006, modificaciones en el patrón de presión atmosférica a nivel del mar de este Anticiclón, que en las últimas décadas se ha reforzado y ampliado hacia el Mediterráneo y norte del continente africano. Esta modificación implica una mayor probabilidad de masas de aire que provienen de África. Así, se ha realizado un análisis de las trayectorias de masas de aire que llegan a Canarias en invierno en el periodo 1984 - 2006, que muestran un incremento del número de horas en las que éstas viajan sobre África, y una disminución del tiempo de permanencia sobre el océano; observándose en las últimas décadas un incremento del contenido de polvo en suspensión.

Cambios en la Corriente de Canarias, incremento de la temperatura del agua del mar, y disminución de la clorofila en la costa noroeste africana: La Corriente de Canarias, de agua fría y que es fundamental para suavizar el clima de las Islas Canarias, viene del Atlántico Norte, y forma parte de un giro subtropical en el Océano Atlántico, en el sentido de las agujas del reloj, siendo un ramal conectado a su vez con otras corrientes oceánicas. Se está registrando el hecho de que, debido al calentamiento global, hay un enorme proceso de fusión de hielos en Groenlandia, lo que está teniendo como consecuencia una liberación mayor de agua más dulce que, al ser más ligera, se hunde menos y debilita la corriente oceánica a la que pertenece precisamente la Corriente de Canarias como uno de sus ramales. Si se constata ese cambio hacia una mayor debilidad, el giro subtropical que supone la Corriente de Canarias se iría calentando y cerrándose sobre sí mismo, debilitando su efecto sobre el clima de Canarias.

Así, se ha registrado un incremento de la temperatura del agua del mar (registros del período 1985 - 2005), a partir de los años 80. La Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria ha datado que en el citado periodo (1985 - 2005) el incremento ha sido de un grado Celsius. Otro de los fenómenos constatados por ese organismo (Programa SeasNet, de la Facultad de Ciencias del Mar) ha sido la importante disminución de clorofila (un fenómeno que se denomina también “desertización del océano”) en la costa noroeste africana por debilitamiento del

afloramiento de aguas profundas (upwelling), un fenómeno que ha ido en progresión en el periodo 1998 - 2006.

Incremento de las “noches tropicales”: prácticamente se han llegado a doblar el número de noches en las que la temperatura no baja de los 20 grados Celsius. Al ser por la noche el océano un importante factor para modelar la temperatura, este dato es coherente con el calentamiento del mismo, antes mencionado.

Elevación del nivel medio del mar en Canarias: a partir de los datos recogidos en los mareógrafos situados en los puertos insulares (Fuente: Puertos del Estado), se ha podido constatar una elevación de 10 centímetros del nivel del mar en un periodo de 13 años (desde la puesta en marcha de estos mecanismos de medición).

Aparición de más olas de calor: el incremento constatado de las temperaturas, tiene como una de sus consecuencias la aparición de más olas de calor. Existen estudios que calculan que los aumentos de la temperatura media en 1, 2 ó 3 grados centígrados implicarían un aumento del 7%, 19% y 36% respectivamente de días calurosos. Se han constatado un incremento de la frecuencia de las olas de calor y episodios cálidos (mediciones en el periodo 1974 - 2006) en Canarias occidental (Fuente: R.Sanz - AEMET). Así, teniendo en cuenta determinados parámetros (superación de un percentil mínimo, acción del evento y zona media afectada), se ha constatado que en el periodo 1974 - 1982, no se han registrado un incremento de las olas de calor; en 1983, se registraron dos, y a partir de 1994, el número de olas de calor se dispara en Canarias. Además, estas olas de calor duran más tiempo y son más persistentes. Como dato concluyente, se han medido, en el periodo 1947 - 2007, un total de 41 olas de calor; donde 12 de ellas han tenido lugar únicamente en los últimos 5 años, y de esas 12 olas de calor 4 en el año 2007 (la última en noviembre de ese año). Este dato es coherente con la mayor probabilidad de entrada de aire de África, al haberse registrado un desplazamiento del Anticiclón de las Azores hacia el Este. Uno de los efectos de este fenómeno es el aumento de la probabilidad de incendios en las islas con masa arbórea ya que serán más frecuentes episodios muy proclives a la extensión de incendios provocados debido a que existirán más días con temperaturas de 40 grados Celsius, humedad relativa menor al 30%, y vientos de más de 80 km, que motivaron la propagación rápida de los incendios registrados fundamentalmente en Gran Canaria y Tenerife en julio y agosto de 2007.

Incremento del número de temporales en Canarias: en los últimos años se han registrado más temporales, y éstos han sido más fuertes. Así, (Fuente: R.Sanz - INM), en el periodo 1972 - 2005, en la isla de La Gomera, se incrementó su frecuencia en más de un 60%. Existe una tendencia de cambio en el régimen de precipitaciones hacia lluvias de intensidad muy fuerte y de forma torrencial.

Incidencia de huracanes en Canarias: existe un registro de las trayectorias de las tormentas tropicales en el Océano Atlántico, en el periodo 1851 - 2004. Son tormentas que nacen en el entorno de Cabo Verde (de hecho, se les llama “tormentas caboverdianas”), que reciben nombre cuando pasan un determinado umbral de velocidad en su trayectoria. Canarias, al estar en una zona del Océano Atlántico con

temperaturas más frías, no resultaba afectada por esos fenómenos extremos, ya que los huracanes precisan de temperaturas más altas. Sin embargo, a partir del año 2005, se han comenzado a observar fenómenos nuevos y desviaciones de trayectorias de los huracanes a zonas más cercanas al archipiélago. Así, en el año 2005, se detectaron dos huracanes - Vince y Delta - el primero de los cuales entró en el Golfo de Cádiz, y el segundo afectando directamente a las Islas Canarias. Por su parte, en el año 2006, se detectaron los huracanes Gordon y Helene, que impactaron a Galicia y la zona norte de Azores, respectivamente. Aún no se puede afirmar el carácter y frecuencia que podrán tener estos hechos, aunque cabe destacar que el incremento de un grado Celsius en la temperatura del mar, y los cambios del anticiclón, pueden favorecer la entrada de estos fenómenos.

De las evidencias cabe concluir que ha existido un incremento significativo de los indicios de los cambios desde principio de los 80; que en los últimos años se ha registrado un aumento de la frecuencia e intensidad de los episodios meteorológicos extraños, y que, en general, en Canarias - aunque de forma más suave que en otras latitudes - se aprecian todos los rasgos que los observadores de este fenómeno han detectado en el mundo.

Proyecciones climáticas.

La disponibilidad de proyecciones sobre la evolución del clima a corto, medio y largo plazo es de gran importancia para conocer como se van a ver afectados los distintos sectores y sistemas de las Islas Canarias.

El desarrollo de escenarios climáticos futuros para el archipiélago proporciona una estimación cuantitativa de los cambios que se esperan en las diferentes variables que componen el clima - temperatura, precipitación, velocidad del viento, etc.- y que posteriormente son utilizados como dato de partida para los estudios de impacto a nivel sectorial.

Serán los responsables de políticas los que, en última instancia y basándose en la información que se genere tanto por los escenarios como por los sectores y sistemas, llevarán a cabo las actuaciones necesarias para reducir los

impactos adversos del cambio del clima a nivel insular.

Como punto de partida en la elaboración de escenarios climáticos, la herramienta más importante para explorar la posible evolución futura del clima en escenarios de cambio de las concentraciones de gases de efecto invernadero son los Modelos de Circulación General del Océano y la Atmósfera (AOGCM, del inglés *Atmosphere-Ocean General Circulation Models*).

La modelización a escala regional surge de la motivación de solventar estas limitaciones en los AOGCM y entender mejor los procesos que contribuyen a la variabilidad climática regional así como la necesidad de evaluar los cambios que se pueden producir en estas escalas espaciales en el contexto de la predicción meteorológica, estacional, anual,

decadal y secular. La demanda más importante se encuentra en la necesidad de disponer de información de alta resolución espacial y temporal para estudios de impacto y diseño de políticas de adaptación al cambio climático. Para acomodar las proyecciones globales, con resoluciones espaciales del orden de 200-300 km, a las características regionales o incluso locales se utilizan diferentes técnicas de regionalización o reducción de escala (downscaling). Estas técnicas adaptan las salidas de los modelos globales a las características fisiográficas de una determinada región vistas con una resolución apta para ser directamente utilizada por las distintas aplicaciones que tienen como datos de entrada las proyecciones climáticas.

En el caso de España, los escenarios climáticos regionalizados del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) han sido elaborados a partir de distintos AOGCM por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la comunidad investigadora española implicada en este asunto.

Para Canarias, debido a los datos disponibles, se ha utilizado para la elaboración de escenarios el método de regionalización estadístico (SDSM, Statistical DownScaling Method) (Wilby et al., 2002). Este método establece relaciones empíricas entre predictandos a escala local (temperaturas extremas, precipitación etc.) y predictores de escala regional, normalmente extraídos de los modelos de circulación general. Las proyecciones de cambio climático se han llevado a cabo sobre aquellas estaciones del archipiélago que han

superado sucesivos filtros relativos a completitud (más de 19 años con dato anual) y filtros de homogeneidad para temperaturas y precipitación.

En el caso de la temperatura máxima, la Figura 3 representa el cambio medio anual proyectado en grados Celsius (°C) por el modelo global HadCM3 por estaciones en Canarias para los periodos 2011-2040 (arriba), 2041-2070 (centro) y 2071-2100 (abajo) respecto al clima actual 1961-1990 y regionalizado con el método de regresión (SDSM) para los escenarios de emisión A2 (izquierda) y B2 (derecha)¹

¹ Escenarios de emisiones (SRES) elaborados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) que considera distintos supuestos acerca del crecimiento de la población, la evolución socio-económica y la aplicación de tecnologías. El escenario A2, más desfavorable, estima una concentración global de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera entorno a 1250 ppm de CO₂-eq, mientras que el B2 estima una concentración global de GEI entorno a 800 ppm de CO₂-eq para el año 2100.

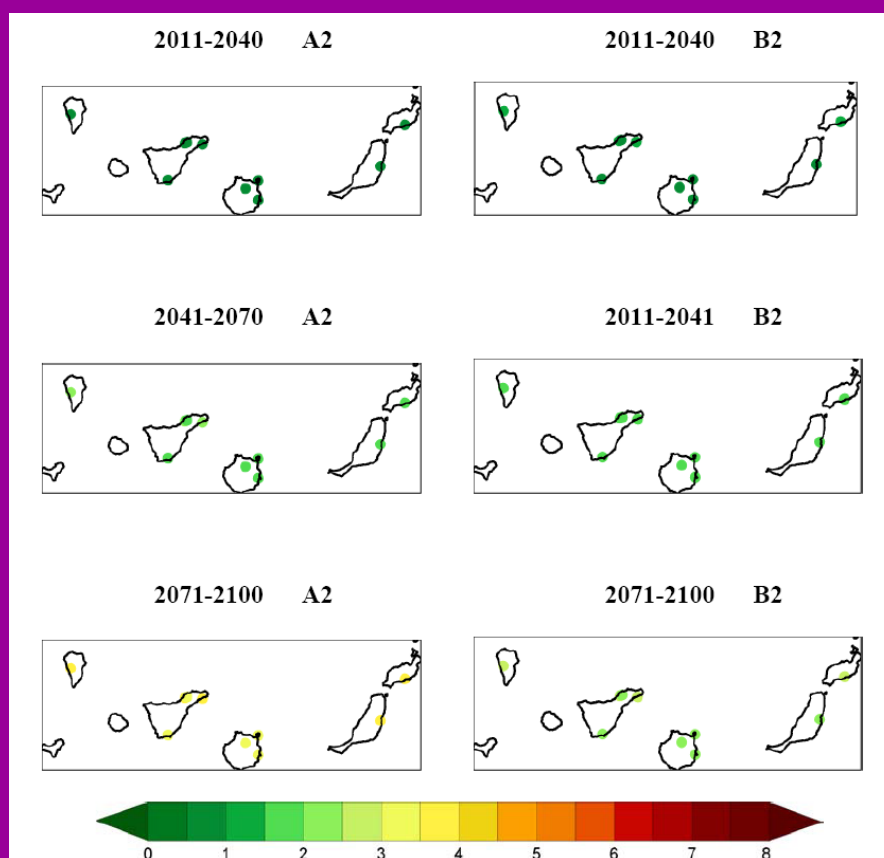


Figura 3: Cambio medio anual de temperatura máxima. HadCM3.
Fuente: AEMET.

Se aprecia como las temperaturas máximas van aumentando paulatinamente hasta en 4 °C en todas las estaciones a medida que nos aproximamos temporalmente al final del siglo XXI, siendo el escenario de emisiones A2 en el que se registra un aumento mayor de las temperaturas.

Si se aplican diferentes modelos globales, distintas técnicas de regionalización y diferentes escenarios de emisión, los valores obtenidos de la evolución del cambio en las temperaturas máximas y mínimas para Canarias con respecto al valor promedio de referencia del período (1961-1990) se muestran en la Figura 4. Tanto las temperaturas máximas como las mínimas presentan un incremento a lo largo del siglo, con valores ligeramente inferiores en las temperaturas mínimas.

Si en vez de considerar todos los escenarios climáticos nos centramos en la evolución del valor medio para la temperatura máxima y la temperatura mínima en los escenarios de emisiones A2 y B2 (Figura 5) los valores de incremento que se obtienen oscilan entre + 4 °C (A2) y 2,5 °C (B2). Las temperaturas mínimas presentan valores de incremento análogos tanto para el escenario A2 como para el escenario B2.

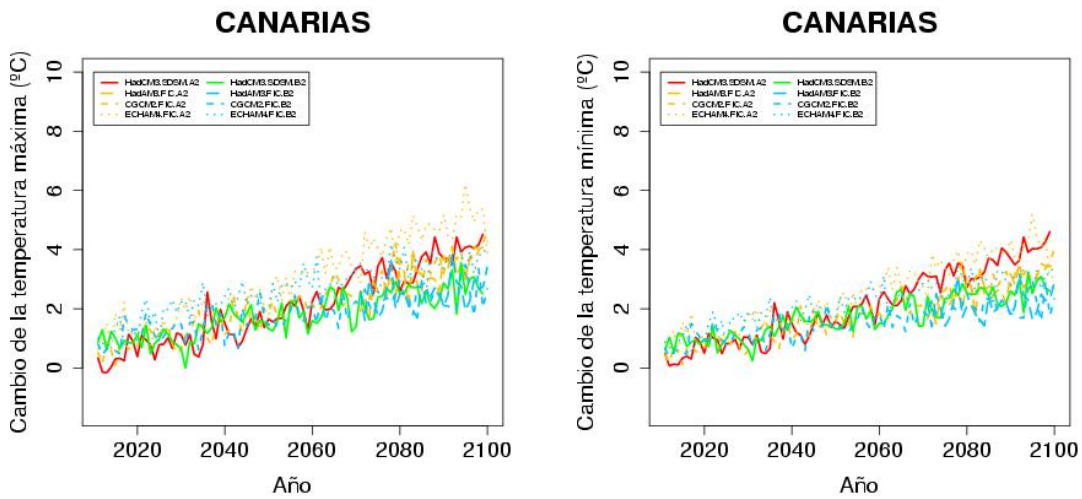


Figura 4: Evolución Tmax (izda.) y Tmin (drcha.) en Canarias. Fuente: AEMET.

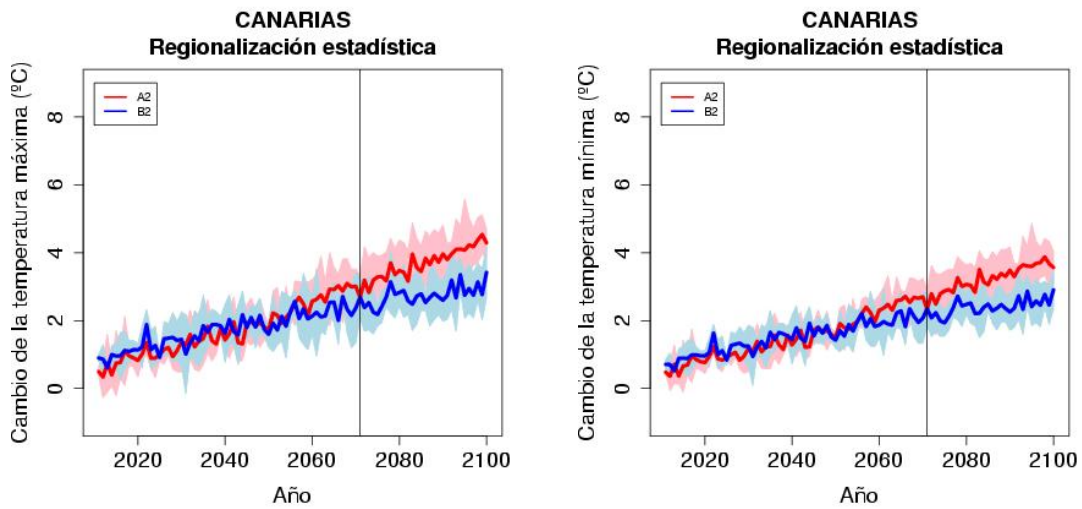


Figura 5: Tmax (arriba der.), Tmin (centro der.). Valor medio (curva continua) y valor medio +/- desviación estándar (sombreado). Escenarios de emisiones SRES A2 y B2. Fuente: AEMET.

En referencia a los cambios de precipitación anual proyectada por el modelo global HadCM3, para los periodos 2011-2040 (arriba), 2041-2070 (centro) y 2071-2100 (abajo) respecto al clima actual (1961-1990) y regionalizado con el método de regresión (SDSM) para los escenarios de emisión SRES A2 (izda.) y B2 (dcha) (Figura 6), los resultados arrojan acusados descensos en la precipitación, siendo más elevados en las islas orientales en la primera mitad de siglo, uniformizándose a todas las islas en intensidad para finales de siglo. Para esas fechas se prevén reducciones en la precipitación de más del 40%.

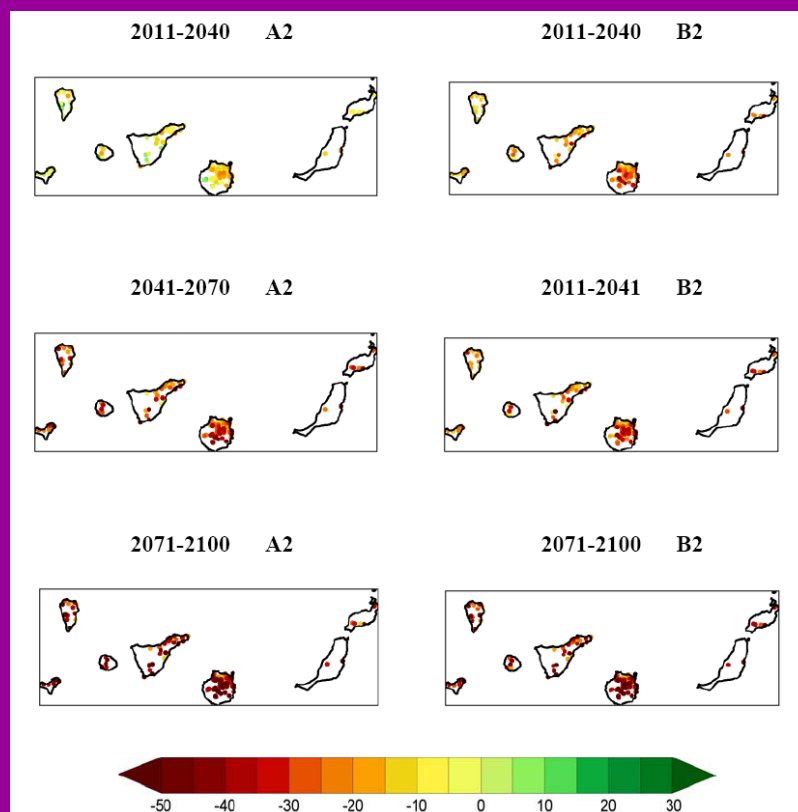


Figura 6:
Cambio de precipitación anual. HadCM3. Fuente:
AEMET.

Centrándonos en la evolución del valor medio para la precipitación en los escenarios de emisiones A2 y B2 (Figura 7) los valores de reducción oscilan para finales de siglo entre 20 % para el escenario B2 y el 30 % para el escenario A2.

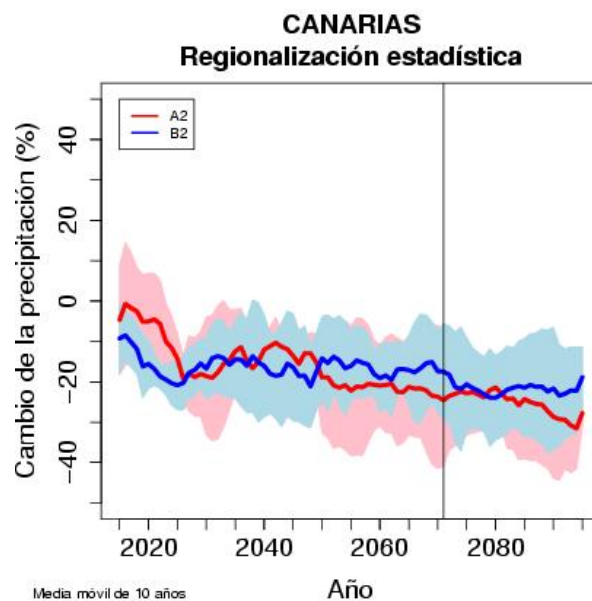


Figura 7: Precipitación. Valor medio (curva continua) y valor medio +/- desviación estándar (sombreado). Escenarios de emisiones SRES A2 y B2. Fuente: AEMET.

3. ECOSISTEMAS TERRESTRES

Situación actual.

Las Islas Canarias se encuentra entre las Comunidades Autónomas españolas que tienen un mayor porcentaje de su territorio incluida en la Red Natura 2000 con un 46,8% de su superficie. Así mismo, los ecosistemas insulares españoles (principalmente en las Islas Canarias) son ricos en especies endémicas, muchas de las cuales son sensibles a cambios ambientales bruscos.

Los ecosistemas terrestres de Canarias se pueden dividir en tres grandes grupos:

- Ecosistemas azonales: aquellos que se distribuyen según las características del sustrato sobre el cual se asientan, es decir, dependen de factores edáficos, y pueden aparecer a diferentes altitudes. En Canarias se distinguen, por ejemplo, los siguientes tipos: Ecosistema litoral, arenales y dunas, coladas recientes, riscos, barrancos y cuevas y tubos volcánicos.
- Ecosistemas antrópicos: aquellos controlados por la acción humana y por consiguiente de naturaleza artificial. Para que puedan desarrollarse han de ser, en la mayor parte de los casos, subsidiados en términos de agua, nutrientes etc. En Canarias, por ejemplo, podemos encontrar: Cultivos agrícolas, plantaciones y repoblaciones y parques y jardines.
- Ecosistemas zonales: aquellos que se distribuyen según las

condiciones climáticas existentes en las distintas zonas de altitud, bien por la vertiente Norte o bien por la vertiente Sur. En Canarias se distinguen básicamente los siguientes seis tipos de ecosistemas zonales de costa a cumbre: Matorral costero, bosque termófilo, monteverde, pinar, matorral de cumbre y ecosistema de pico. Sólo Tenerife, al ser la isla más alta, presenta todo el abanico de ecosistemas zonales conocidos para el archipiélago. En el resto de las islas, el número será variable y dependerá de la altitud de las mismas. Así, La Palma contará con todos excepto el ecosistema del pico; Gran Canaria y el Hierro cuatro (no tienen ni ecosistema del pico ni matorral de cumbre); la Gomera tres (matorral costero, bosques termófilos y monteverde), Fuerteventura y Lanzarote dos (bosques termófilos y matorral costero). En los islotes, únicamente vamos a encontrar matorral costero.



Dragos (*Dracaena draco*)
(foto: J. Martínez)

Impactos del cambio climático.

Entre los impactos que pueden afectar a los ecosistemas terrestres canarios a grandes rasgos se pueden identificar los siguientes:

- Impactos sobre los ecosistemas por disminución de la humedad del aire y de las precipitaciones y por aumento de especies invasoras, especialmente en las formaciones de laurisilva, pinar y bosque termófilo.
- Impacto sobre espacios naturales protegidos.
- Impactos sobre los ecosistemas litorales.
- Pérdida de calidad del paisaje por impactos en los ecosistemas que lo conforman.
- Impactos sobre otros ecosistemas por el proceso de calentamiento global.
- Se pueden producir alteraciones (cambios significativos en los límites regionales o degradación-desaparición) en algunos de los ecosistemas caracterizados por tener un número elevado de hábitats ecológicos y alojar un porcentaje apreciable de la diversidad biológica del mundo, lo que puede derivar en una pérdida sensible del atractivo paisajístico.
- Incremento de los incendios forestales.

Tal como se ha señalado en el Capítulo 1, las Islas Canarias mantienen una parte importante de la vegetación actual gracias a los vientos alisios que traen humedad y que son atrapados por las montañas en las islas con mayores alturas como Tenerife, Gran Canaria, La Palma y La Gomera. Un cambio en los patrones de viento, en particular en la dirección de los vientos alisios procedentes del norte, parece la variación climática más dañina para la biodiversidad de la región. Los vientos húmedos y fríos alisios, cuya dirección actualmente está orientada según el eje norte-sur, podrían sufrir una variación en la dirección presentando una mayor orientación según el eje este-oeste. Como resultado de esta variación en la dirección, la humedad existente en las áreas costeras del norte de las islas podría reducirse, mientras que de manera contraria, las actuales costas semidesérticas del sur podrían volverse más húmedas.

Los cambios en la humedad aportada por los vientos podrían conducir a la migración de numerosas especies y la desaparición de aquellas que no fueran capaces de emigrar. Especies endémicas hidrófilas tales como el sauce canario (*Salix canariensis*) o la palmera de dátiles de las Islas Canarias (*Phoenix canariensis*) se verán particularmente afectados. Los bosques termófilos debido a su baja resiliencia a causa de su alta fragmentación y su bajo ratio de crecimiento tenderán a contraerse. En cambio, especies arbustivas como cardones y tabaibas podrán expandirse al verse favorecidos por la nueva situación climática.

Las especies vegetales de la laurisilva canaria, un ecosistema que ocupa en la actualidad áreas pequeñas y fragmentadas y son relictos de climas menos áridos, son muy vulnerables al cambio climático ya que cambios en la dirección de los alisios los afectarían de manera directa. Debido a su alta sensibilidad en los cambios en el clima, algunas especies de la laurisilva como *Persea indica* pueden ser empleadas como indicadores del cambio climático (Larcher *et al.* 1991).



Euphorbia canariensis

(foto: Frank Vincentz)

El pinar, por su parte, podría ser más vulnerable a los fuegos forestales ya que serán probablemente más frecuentes debido al aumento de las temperaturas y la caída de las precipitaciones. A modo de ejemplo de la afección que un gran incendio tiene en los ecosistemas, durante el verano de 2007 un incendio destruyó cerca de 35.000 hectáreas de bosque, afectando prácticamente el hábitat completo del pinzón azul (*Fringilla teydea*) en la isla de Gran Canaria.



Pinzón Azul (*Fringilla teydea polatzeki*)
(foto: P. Calabuig y J. Hellmich)

Finalmente, los ecosistemas situados en grandes alturas también sufrirán los efectos del incremento de las temperaturas ya que por su emplazamiento se verán imposibilitados de migrar a mayores altitudes. La Rosalito del guancho (*Bencomia exstipulata subalpina*) o el Moralito (*Rhamnus integrifolia*) por ejemplo son especies que están en franco retroceso, una de ellas –Rosalito del guancho- al borde de la extinción; una reducción de la precipitación en los enclaves en los que se sitúan les hará seguramente hacerlos desaparecer definitivamente.



Bencomia exstipulata

(foto: A. Hernández)



Rhamnus integrifolia.

(foto: Parque Nacional del Teide)

A nivel de la costa, una elevación del nivel del mar podría afectar a la vegetación de las dunas y las playas lo que ocasionaría grandes cambios en el paisaje costero.

Las especies invasoras son particularmente problemáticas en los ecosistemas insulares españoles (Vilà y Muñoz 1999) y el cambio climático podría favorecer la introducción y/o expansión de alguna de estas especies (Dukes y Mooney 1999), tanto de aquellas que sean introducidas directamente por el hombre como las que se desplacen por sus propios medios. En particular, numerosas especies de origen africano podrían establecerse en las Islas Canarias, atraídas por unas condiciones climáticas más secas. La cola de gato africana (*Pennisetum setaceum*) por ejemplo, una planta que se localiza en tierras altas, está ya presente en Canarias. Aunque en principio está

limitada su presencia a tierras áridas, en la actualidad ocupa cotas por encima de los 1.000 m de altitud y podría ver su área de distribución espacial extendida en el futuro.

Nuevas especies de aves, procedentes originariamente de la región del Sahara, han sido observadas recientemente en las Islas Canarias.



Streptopelia senegalensis (foto: Lehva)

Se cree que el cambio climático sea el responsable de esas intrusiones. Unas 30 especies de aves originarias del Sahara han sido recientemente observadas en las Islas Canarias por la Fundación Mundial de la Naturaleza. Estas especies no se habían localizadas antes en la región. Entre las especies observadas se encuentran el *Alaemon alaudipes*, el *Oenanthe leucopyga* el *Buteo rufinos*, el *Oenanthe deserti* o el *Sylvia nana*, entre otros.

Estas especies se han desplazado hasta las islas debido a las altas temperaturas y condiciones más secas observadas en Canarias en los últimos años. La presencia de alguna de ellas es esporádica, mientras que otras, tales como el *Streptopelia senegalensis*

o la *Tardona ferruginea* han comenzado a anidar en Fuerteventura en los últimos cinco años atraídos por la desertificación de esta isla (Global Nature 2008).



Tardona Ferruginea (foto: A. Pingstone)

Unos veranos más calurosos podrían también conducir a plagas masivas de langostas procedentes del continente africano. Este insecto del orden orthoptera puede crecer hasta los 8 cm de longitud. Durante el otoño estos insectos crían en las regiones cálidas del norte de África y es en la primavera cuando se congregan y viajan en enjambres aprovechando los vientos para búsqueda de lugares donde alimentarse.

Esta especie puede permanecer años sin causar daños hasta que se dan las condiciones climáticas idóneas para que se reproduzcan de manera masiva, se agrupen en enjambres de varios km² de extensión y destruyan la mayoría de los cultivos a su paso.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la

Alimentación (FAO) estima que un enjambre de 50 millones de langostas puede devorar hasta 100 toneladas de vegetación al día (FAO, 2004). Las condiciones climáticas óptimas que conducen a la creación de enjambres incluyen una combinación de altas temperaturas acompañadas por fuertes sequías, lo que incrementa la esperanza de vida de estos insectos, seguido por fuertes lluvias que hacen incrementar el crecimiento de la vegetación y facilitan la capacidad reproductiva de la langosta.



Plaga en Lanzarote 2004 (foto: Gustav)

En el año 2004 se dieron estas condiciones climáticas en el oeste de Africa; los vientos del Sureste que soplaron también en ese momento llevaron al enjambre de langostas hasta las costas canarias. Se estima que 100 millones de insectos aterrizaron en las islas de Lanzarote y Fuerteventura (50 insectos por m²).



Langosta del desierto (foto: freebird4)

Se estima que un 1% de los cultivos en Fuerteventura fueron destruidos y que grandes volúmenes de pesticida fueron utilizados para combatir la plaga para evitar que los daños llegaran a niveles como los de Mauritania donde el 80% de los cultivos de cereales fueron destruidos (CSIC, 2004). Estas plagas de langosta son poco habituales en las Islas Canarias pero un incremento de las temperaturas y la sequía podrían hacerlas más frecuentes.

4. ECOSISTEMAS MARINOS

Situación actual.

Las Islas Canarias se encuentran en la zona de transición entre las aguas frías y ricas en nutrientes del afloramiento costero sahariano, generado al soplar los vientos alisios paralelos a la costa continental africana durante muchos kilómetros, y las aguas oceánicas abiertas más cálidas y oligotróficas situadas al oeste. Esto, junto a la disposición alineada en sentido este-oeste del archipiélago, permite la existencia de un marcado gradiente térmico entre las islas orientales y las occidentales, alcanzándose los valores mínimos en el norte de Lanzarote (media anual actual entorno a los 20 °C) y los máximos en el sur de El Hierro (media anual actual entorno a los 22 °C). Además, la temperatura de las aguas presenta un limitado rango de variación invierno-verano, en comparación con otras zonas templadas y subtropicales próximas, oscilando normalmente sus valores extremos actuales entre los 17,5 °C y 25 °C.

La otra característica de Canarias es la situación de las islas formando una barrera en el paso de la rama oriental descendente de la Corriente del Golfo, conocida como Corriente de Canarias, de manera que el choque genera una gran complejidad oceanográfica en el entorno (remolinos, estelas, etc.). El conjunto de estas condiciones mesoescalares juega un papel esencial en los ciclos biogeoquímicos y en los procesos ecológicos de la región, haciendo que el mar canario presente una gran heterogeneidad ambiental a nivel del archipiélago e insular, incrementada por la geomorfología diferencial de fondos y costas entre islas y con la orientación, la diferente exposición al oleaje que conlleva este último factor y la existencia de fenómenos locales de afloramiento generados por el viento o de tipo topográfico.

Las costas insulares y los ecosistemas marinos litorales son particularmente vulnerables a la actividad humana. La concentración creciente de población en las zonas costeras, la explotación de recursos, los impactos producidos por obras y vertidos de diversa índole (urbanos, industriales, agrícolas), el tráfico marítimo y los usos recreativos o turísticos son ejemplos de actividades que potencialmente pueden influir sobre el medio marino y su biodiversidad. Además de estos impactos generados por la actividad directa en el territorio, el cambio climático supone una amenaza más que puede alterar de forma importante las condiciones físicas y químicas del mar y, consecuentemente, las condiciones ambientales en las que se desarrollan los seres vivos que lo habitan.

La naturaleza volcánica y las grandes pendientes de las islas permite encontrar fondos constituidos por substratos duros, presentando un relieve abrupto que da lugar a la formación de roques, pequeños barrancos submarinos, cuevas, cornisas, veriles y bajas. Aquellos formados por substratos blandos, como arenas detríticas, fangos y conchuelas, aparecen fundamentalmente en las islas orientales de Fuerteventura y Lanzarote, así como el sur de Gran Canaria.

Los ecosistemas marinos de Canarias albergan una elevada riqueza de especies, pero al estar representados por una biomasa baja, son frágiles y vulnerables.

Pueden considerarse dos grandes zonas en función de si la organización del ecosistema se encuentre ligada o no al fondo del mar. El ecosistema pelágico costero es el más cercano a tierra. Alcanza importantes valores de biomasa íctica integradas por especies más unidas a la costa, como el guelde o la boga, y otras de aguas más abiertas que forman grandes cardúmenes como la caballa, la sardina o los chicharros. El ecosistema pelágico oceánico o de alta mar es más homogéneo que el litoral, y ocupa los canales que separan a 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 o templados, además de especies de tortugas y cetáceos, la mayoría de las cuales se encuentran protegidas.

El ecosistema bentónico es heterogéneo y variable. La flora y la fauna marina se encuentra repartida en tres pisos o zonas denominados piso supralitoral, mesolitoral e infralitoral, determinados por la mayor o menor influencia de las mareas. Los seabadales o praderas de sebas (*Cymodocea nodosa*) constituyen un ecosistema de especial relevancia en Canarias. Se localizan en fondos arenosos desde un par de metros en sectores abrigados y a partir de unos 10 m en los más expuestos, extendiéndose hasta unos 35 m de profundidad. Además de estabilizar el sustrato con su sistema radicular esta fanerógama sirve como soporte para una importante variedad de algas filamentosas e invertebrados, que se instalan sobre sus hojas, y son lugares de desarrollo de una gran cantidad de alevines y juveniles de peces. Con frecuencia aparece mezclada con el alga verde *Caulerpa prolifera*.

Impactos del cambio climático.

Son varias las manifestaciones ambientales (abióticas) conocidas, o potencialmente esperables, relacionadas con el cambio climático en el medio marino: aumento de la temperatura, subida del nivel del mar, acidificación del agua, incremento de tormentas extremas, cambios en la salinidad, disminución de la concentración de oxígeno, modificación de corrientes, etc. Algunos de estos cambios en los parámetros ambientales están teniendo ya una notable influencia sobre los organismos

marinos, en concreto el aumento de temperatura y el incremento en el nivel del agua, y las previsiones futuras señalan que, en algunos casos, los efectos pueden ser graves para los ecosistemas marinos y también tener importantes consecuencias económicas y sociales. De hecho, la biodiversidad marina canaria se ha visto sin duda afectada por el cambio climático (Brito, 2008), aunque sin llegar a los niveles observados en latitudes más altas.

Aumento de la temperatura

Según información proporcionada por investigadores de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, que monitorizan permanentemente el océano al norte de Canarias, la temperatura superficial del mar en el entorno canario se ha elevado aproximadamente 1 °C desde 1985 hasta ahora. Las tendencias calculadas en base al reanálisis del National Centers for Environmental Prediction (NCEP, USA) (Figura 1) corroboran dicho aumento.

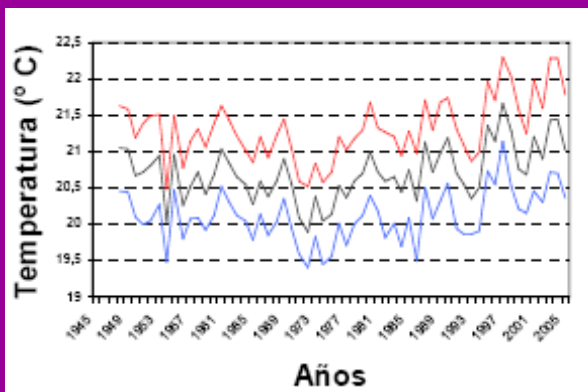


Figura 1: Evolución de la temperatura media superficial del mar canario en el periodo 1948 a 2006, diferenciando entre los sectores más frío (curva inferior) y más cálido (curva superior). Fuente: reanálisis NCEP (Kalnay et al., 1996).

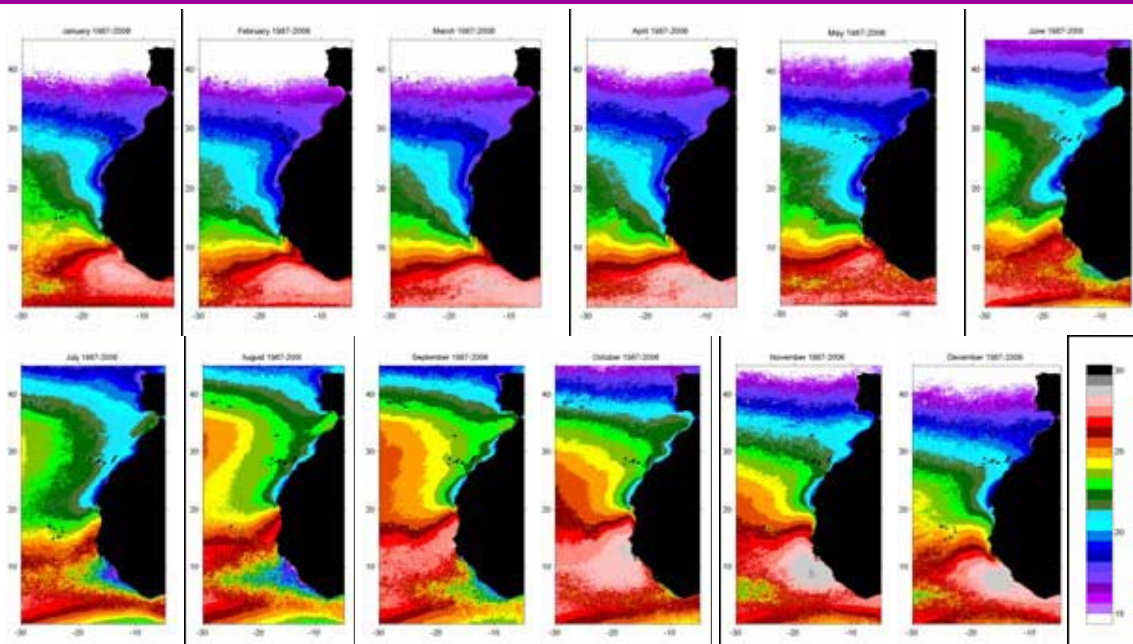


Figura 2: Promedios mensuales (enero a diciembre) de la temperatura de la superficie del mar (SST) generadas con una serie de 20 años (1987 – 2006) de datos del AVHRR GAC (satélites NOAA). Fuente: Marcello, J et al., 2008.

Los cambios en la temperatura del agua de mar pueden hacer vulnerables a muchas especies cuyos límites térmicos provocan cambios en los rangos biogeográficos de las especies, con una tendencia a la proliferación de especies subtropicales y convirtiendo en vulnerables a especies septentrionales de nuestras costas. Estos cambios en la distribución de especies afectan no sólo a la aparición de especies de afinidad subtropical, sino también a un incremento del riesgo de invasión por especies exóticas de origen subtropical introducidas de forma accidental.



Gallo aplomado (*Canthidermis sufflamen*) (foto: BIOECOMAC)

En la actualidad, se aprecia una tendencia a la tropicalización de la fauna. Se trata de un proceso de incremento de la biodiversidad de origen tropical sin pérdida hasta ahora de especies de origen templado a nivel del archipiélago. Los peces óseos han sido el grupo que más aportaciones nuevas ha tenido, pues desde 1991 hasta la actualidad han aparecido una treintena de especies litorales nuevas (Brito et al., 2005; Brito y Falcón, 2006) (Figura 4), todas termófilas.

Además, muchas especies nativas de origen tropical también han experimentado un notable crecimiento poblacional bajo las nuevas condiciones climáticas, caso por ejemplo de la Vieja (*Sparisoma cretense*), la Catalufa (*Heteropriacanthus cruentatus*), el Gallo azul (*Aluterus scriptus*) o el Pejetrompeta (*Aulostomus strigosus*), e incluso algunas de las más exigentes con la temperatura han expandido su distribución hacia las islas más frías, las orientales.



Aluterus scriptus (foto: BIOECOMAC)

Por otra parte, las especies de origen templado han experimentado un retroceso poblacional, especialmente en las Canarias occidentales, como ocurre por ejemplo con el Carajillo real (*Coris julis*), la Corvina negra (*Sciaena umbra*) y el Romero capitán (*Labrus bergylta*), y algunas se han enrarecido mucho e incluso han llegado a desaparecer de las islas más cálidas.

Entre los condricios, la presencia del Tiburón ballena (*Rhincodon typus*) es también una de las novedades relacionadas con el calentamiento del agua (Brito et al., 2005).

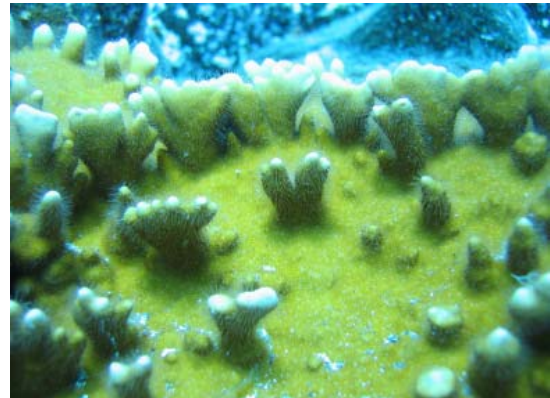


Tiburón ballena (*Rhincodon typus*)
(foto: Samuel Sánchez)

Fruto de la experiencia y del conocimiento en la materia se puede indicar que los invertebrados se han visto igualmente afectados por los mismos procesos y con los mismos patrones, algunos han aparecido de nuevo y otros han visto acrecentadas o disminuidas sus poblaciones. Destaca la presencia del molusco *Micromelo undata*, una especie de distribución pantropical no conocida antes de la década de los noventa y que actualmente es frecuente en los charcos intermareales, al menos en el caso de Tenerife. En lado opuesto estaría, por ejemplo, la estrella *Marthasterias glacialis*, una especie de origen templado que se ha enrarecido notablemente en las islas. También se ha detectado una tendencia a la degradación y muerte de las colonias de corales negros (*Antipathella wollastoni*) en fondos someros en las islas más occidentales.

La aparición reciente en la costa sureste de Tenerife de colonias de hidrocoral o coral de fuego (*Millepora alcicornis*), una especie muy exigente térmicamente cuyo límite norte de

distribución se encontraba hasta ahora en las islas de Cabo Verde, pone de manifiesto que el proceso de cambio puede alcanzar dimensiones considerables para la biodiversidad, ya que se trata de una especie estructurante, con zooxantelas simbiotes, que modifica la naturaleza del fondo rocoso costero compitiendo fuertemente por el espacio con las algas.



Una de las tres colonias de coral de fuego (*Millepora alcicornis*) registradas recientemente en el sur de Tenerife (foto: F. Viera)

Las algas se han visto afectadas por el mismo proceso de tropicalización descrito para la fauna con la aparición de varias especies tropicales. Entre las especies nativas más favorecidas se encuentran algunas de características termófilas, que forman la base de comunidades extensas, como las del género *Caulerpa* y *Lobophora variegata*. Aunque los datos cuantitativos precisos no son bien conocidos, en las islas occidentales se puede constatar claramente, a nivel paisajístico, un gran aumento de la ocupación del sustrato por *L. variegata*.

Sin embargo, el efecto más destacable tiene connotaciones negativas graves, pues se trata de la regresión experimentada en muchas zonas por las praderas dominantes en los fondos rocosos expuestos y semiexpuestos, las de *Cystoseira*, y en concreto las de *C. abies marina* en el conjunto del archipiélago, particularmente en las islas occidentales, y también las de *C. mauritanica* que están limitadas a las islas más orientales. Estas especies crean extensas formaciones que constituyen un paisaje submarino característico, cuyos cambios son fáciles de observar, aunque su cuantificación precisa no sea bien conocida. Ambas son de origen templado, la primera se distribuye básicamente por las islas macaronésicas y la segunda por la costa continental próxima, y cabe

pensar que las importantes regresiones observadas, al menos en las zonas más someras, se deben al incremento de temperaturas.

Los ecosistemas más vulnerables son los conformados por organismos más longevos y de crecimiento más lento como los corales negros de Canarias, los campos de algas de cierta profundidad, las praderas de *Cymodocea nodosa* y poblaciones de *Zostera noltii* de Canarias. Las praderas de *Zostera noltii* localizadas en las islas Canarias se encuentra en regresión. A mediados de la década de los noventa la pradera quedó restringida a escasos ejemplares, estando incluida en el Catálogo de especies amenazadas de Canarias (BOCA 23 julio 1991, Decreto 151/2001) con la categoría de “En peligro de Extinción”.

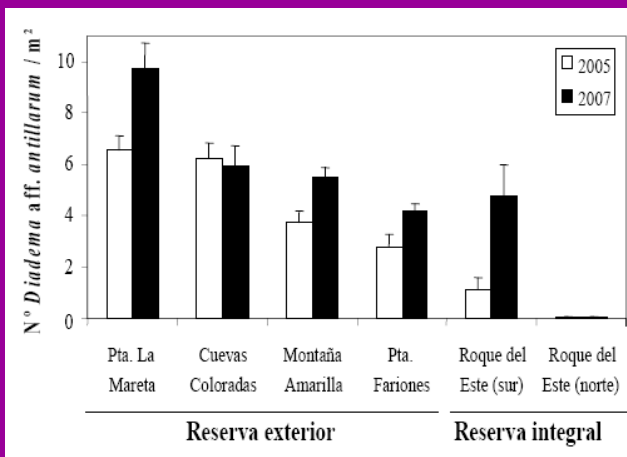
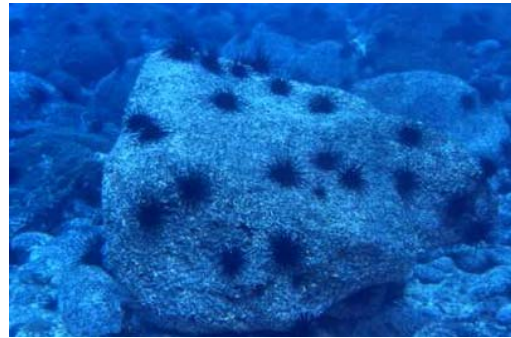


Figura 3. Evolución de la densidad del erizo *Diadema aff. antillarum* en la reserva marina de La Graciosa y los islotes del norte de Lanzarote entre 2005 y 2007; se observan incrementos considerables, alcanzándose valores altos incluso en una de las localidades de la reserva integral. Fuente: Brito A, 2008, Estudio previo Plan Canario de Adaptación al Cambio Climático: Biodiversidad Marina.

El erizo *Diadema aff. Antillarum* es un herbívoro muy poderoso y de alta movilidad capaz de eliminar la vegetación de los fondos rocosos, salvo en las cotas someras de las zonas batidas, y vivir en altas densidades alimentándose de las yemas y otros propágulos que intentan continuamente desarrollarse sobre el sustrato y que se ha convertido en plaga en los últimos años. Actualmente sabemos que la explosión demográfica de este herbívoro está relacionada directamente con la sobrepesca de sus depredadores y con el propio calentamiento del agua (Clemente, 2008; Hernández, 2006).



Blanquizado (fondo limpio de algas) originado por la acción ramoneadora del erizo *Diadema aff. antillarum* (foto: BIOECOMAC)

Aumento del nivel del mar

La series del nivel del mar procedentes de la red de estaciones mareográficas costeras operadas por el IEO pueden ser consideradas por su longitud y su distribución geográfica un índice de la variabilidad regional climática. Se han encontrado tendencias regionales que varían desde 2,4 mm/año en el norte de la península ibérica (región de transición), 0,9 mm/año en el estrecho y 0,8 mm/año en Canarias (región subtropical).

Los cambios en el nivel del mar pueden afectar al tipo de sistema costero en una región o localidad determinada, pudiendo cambiar con frecuencia las líneas de costa (zona intermareal y fondos muy someros) rocosas por arenosas menos productivas y diversas. Se genera también una

reestructuración en la organización vertical de las comunidades, con la dificultad para los organismos de adaptarse a nuevas condiciones de luz, turbulencia, sedimentación, etc. Los cambios en el nivel del mar se han asociado con eventos paleontológicos de diversificación y extinción.



Costa canaria. (foto: J. Martínez)

Especies exóticas invasoras

Sirva de ejemplo de la amenaza de especies exóticas invasoras la presencia, en Canarias, de la especie australiana *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Verlaque et al. 2003), capaz de experimentar explosiones que pueden llegar a recubrir y asfixiar a las formaciones de fanerógamas, como está ocurriendo en el Mediterráneo (Cecherelli y Sechi, 1999). En el caso de Canaria pueden llegar a ser afectados los sebales de *Cymodocea nodosa* y la comunidad de *Halophila decipiens*,



Caulerpa racemosa var. *Cylindracea*
(foto: BIOECOMAC).

Las potenciales invasoras son, con mayor probabilidad, organismos que proceden de mares tropicales y subtropicales, pero los barcos también transportan especies tolerantes con la temperatura (euritérmicas) capaces de generar invasiones si encuentran las condiciones propicias y ausencia de depredadores. Este podría ser el caso de *Undaria pinnatifida*, un alga parda del grupo de las laminariáceas que recientemente ha sido introducida en Gran Canaria, probablemente en las partes mojadas (“fouling”) de barcos (M. C. Gil, ULL, com. pers.). Se trata de una especie de gran porte, originaria de las costas asiáticas, que en las últimas dos décadas se ha expandido por casi todos los mares, introducida en el casco de los barcos y también por las actividades de acuicultura, y está considerada como potencialmente invasora (Cremades-Ugarte et al., 2006), que puede desplazar a especies nativas.

Acidificación del océano

En lo referente a la acidificación de los océanos, la disminución del pH del agua oceánica puede afectar a aquellos organismos con esqueletos y caparazones de carbonato cálcico. Hay estudios que han demostrado que la tasa de calcificación de algunos organismos, incluyendo corales, algas coralíneas y cocolitofóridos, está decreciendo por el incremento en CO₂ (revisado en Gattuso y Buddemeier, 2000). Se tiene también la certeza de que la mayor acidez de los mares reducirá la tasa de supervivencia en las primeras fases de la vida de muchas especies, pues la disminución del pH no sólo afecta a la calcificación de los esqueletos sino también al proceso de fecundación. Las poblaciones en declive pueden experimentar una aceleración significativa de su decrecimiento, debido a limitaciones en la densidad de individuos reproductores y la capacidad de la esperma. Los cambios están ocurriendo

tan rápido que hacen imposible la adaptación de los organismos y la probabilidad de extinciones crece.

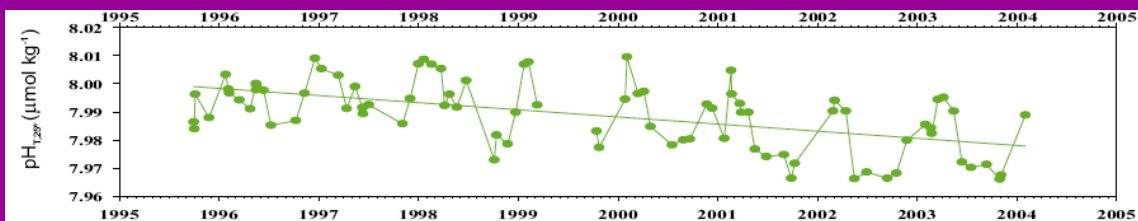


Figura 4: Evolución del pH para los años 1995-2005 en Canarias.

Fuente: Rodríguez Ucha.

Con relación a Canarias, en un informe reciente (Rodríguez Ucha, no publicado) en el que se analizan los datos de diez años de seguimiento de una estación fija de muestreo situada en el norte de las islas (la estación ESTOC) así como en una entrevista con el director del grupo de investigación QUIMA de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria que versa sobre dichos datos, se constata un aumento de la concentración de CO₂ disuelto en el agua del mar y un incremento en la acidificación, disminuyendo el pH a razón de 0,002 unidades por año desde 1997.

Las Islas Canarias es hogar de un gran número de arrecifes coralinos en aguas profundas, formados principalmente por *Lophelia pertusa*, lo cuales se desarrollan en profundidades de 50 metros y algunas veces se encuentran a profundidades de 1000 metros.

Esos corales son parte de un gran cinturón de arrecifes de aguas frías que se extienden desde Noruega hasta el oeste de África (Lophelia.org). Estos

ecosistemas, que están seriamente amenazados por la pesca de arrastre en aguas profundas, son también sensibles a la acidificación de los océanos causados por el incremento del dióxido de carbono en la atmósfera.



Lophelia pertusa (foto: IEO)

Los corales situados en aguas frías son particularmente vulnerables a este hecho ya que la profundidad a las que

comienzan a disolverse (o punto de saturación de la aragonita) podría

alcanzar varios cientos de metros (Doney, 2006).

Biotoxinas

Un problema ambiental y sanitario reciente, aparentemente surgido en pleno cambio climático, es la aparición de organismos productores de toxinas que no sólo pueden generar problemas para la fauna sino también y especialmente para la salud humana.

Recientemente se ha detectado en las costas de Canarias la presencia de especies de dinoflagelados bentónicos tóxicos del género *Ostreopsis* que podrían considerarse como tropicales (Vila et al. 2001).

En verano de 2004 las aguas marinas canarias se calentaron hasta extremos nunca vistos, alcanzándose e incluso superándose los 27 °C en muchas zonas y coincidió con la retirada de los vientos alisios y la entrada de aire africano cálido cargado de polvo con oligoelementos limitantes para la producción fitoplanctónica, como es el hierro. Se produjeron grandes manchas en la superficie del agua formadas por una cianobacteria que utiliza el nitrógeno del aire (Ramos et al., 2005) y mostró actividad para una toxina conocida.

Es preciso tener en cuenta que algunos organismos de este tipo, pero sobre todo otros pertenecientes al grupo de los dinoflagelados, son productores de toxinas bioacumulativas que se concentran a lo largo de las cadenas tróficas. Conviene señalar que, recientemente, se han producido en Canarias varios casos de intoxicación por ciguatera, síndrome causado por toxinas capaces de producir daños gastrointestinales y neurológicos, donde uno de los cuales está bien documentado (Pérez-Arellano et al., 2005). Esta enfermedad es frecuente en los trópicos por consumo de peces que han sido afectados por toxinas producidas por dinoflagelados a través de la cadena trófica, en concreto de peces grandes depredadores que han concentrado las toxinas. El último caso confirmado (P. Matute, Gobierno de Canarias, com. pers.) ocurrió en noviembre de 2008 en Tenerife.

El director del Laboratorio Comunitario de Referencia sobre Biotoxinas Marinas señalaba en un reportaje de la revista Industrias Pesqueras (nº 1955, Octubre de 2008) que compuestos que no se habían detectado hasta el momento en las costas europeas, como la ciguatoxina, la tetrodotoxina y la palitoxina, han empezado a aparecer en algunas zonas, lo que, de producirse de manera habitual, podría suponer un peligro para la salud pública. Las explosiones poblacionales o florecimientos de los organismos productores de toxinas pueden ser debidos al hecho de resultar muy favorecidas, por las nuevas condiciones climáticas, especies que estaban presentes en el ecosistema, pero seguramente otras han aparecido con el calentamiento.

5. SECTOR PESQUERO

Situación actual.

El área comprendida en el océano Atlántico entre las latitudes 5° N a 36° N situada al noroeste de la costa de África es una de las mayores zonas de afloramiento en superficie de aguas frías del mundo. Así, cambios en las regiones de afloramiento costero necesitan ser tomados en cuenta ya que son responsables de un alto porcentaje de las capturas pesqueras a nivel global, por la productividad primaria y secundaria y por el intercambio atmósfera-océanos.

La naturaleza volcánica, la orografía muy accidentada con costas irregulares, la plataforma insular estrecha con grandes profundidades cerca de la costa, el marcado carácter oceánico, la relativa oligotrofia de las aguas y la gran variedad de ambientes hacen de las costas canarias un lugar con una diversidad biológica abundante pero con condiciones poco propicias para mantener poblaciones abundantes de recursos marinos.

Aún así, en el archipiélago canario existe una importante actividad económica ligada a los pescadores, los cuales basan su desarrollo en la explotación de los recursos pesqueros. Básicamente el sector pesquero canario tiene una actividad fundamentalmente artesanal en la flota de bajura. También presenta una flota atunera y otra flota en caladeros africanos (sardinal, cefalopodera y artesanal).

Tres grandes grupos de recursos pesqueros son explotados en aguas de Canarias: pelágicos oceánicos, pelágicos costeros y demersales.

- Recursos de pelágicos oceánicos explotados (túnidos). Son el único

recurso evaluado a partir de información estadística fiable, cuyo seguimiento se realiza anualmente en el marco de los grupos de trabajo de evaluación de la ICCAT (Comité Científico de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico).

- Recursos de pelágicos costeros explotados (caballa, sardinas, chicharros, boga...) se han realizado evaluaciones del recurso por métodos directos (campañas de acústica). Se conocen algunos parámetros biológicos y ecológicos, pero no se dispone de series históricas de datos que permitan su evaluación por métodos indirectos.
- Sobre los recursos pesqueros demersales (peces, crustáceos y cefalópodos) las investigaciones se han limitado a diversos aspectos biológicos y/o ecológicos de algunas especies, muy puntuales y sin enmarcar en ningún Plan de Investigación.

González-Ramos et al (PIO de Gran Canaria, 2002) hacen una relación de las especies marinas que tiene algún tipo de interés pesquero o marisquero, para la flota que tiene su base en Gran Canaria y que creemos que es representativa de las especies marinas animales explotadas en todo el archipiélago. Se contabilizan un total de 144 especies, de las cuales 13 son moluscos, 9 son crustáceos y el resto, 122, son peces tanto elasmobranchios como teleosteos. La participación en el VAB (valor añadido bruto) de Canarias es del orden de un 0,7% del total de Canarias.

Impactos del cambio climático.

Las observaciones realizadas desde 1961 muestran que la temperatura media de los océanos del mundo ha aumentado hasta profundidades de, al menos, 3000 m y que el océano está absorbiendo más del 80% del calor añadido al sistema climático. En los océanos el calentamiento se difunde sobre los 700 m más superficiales del océano a nivel mundial penetrando con mayor profundidad en la cuenca del Océano Atlántico que en la del Océano Pacífico, Océano Índico y los océanos australes².

La abundancia de la población de peces en el ecosistema de la Corriente Canaria³ ha sido ligada a índices climáticos. Cambios duraderos en los vientos de Portugal en décadas recientes, relacionadas con la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), modifican los patrones de afloramiento

ibéricos, y por tanto las capturas anuales de sardinas (Borges et al. 2003). Roy y Reason (2001) encontraron una correlación significativa entre la Oscilación Sur de El Niño (ENSO), la NAO y la intensidad del afloramiento en el ecosistema de la Corriente Canaria y sugirieron que señales medioambientales a nivel global afectan las poblaciones de peces a través de las teleconexiones atmosféricas. Por otro lado, la abundancia de sardinas fluctúa de forma diferente en las distintas zonas del ecosistema de la Corriente de Canarias (Kifani 1998; ICES 2002a, 2002b; Borges et al. 2003; Carrera and Porteiro 2003).

El desplazamiento detectado hacia el norte de especies comerciales y no comerciales de peces desde el sur de Portugal hasta el norte de Noruega desde finales de los años 80 ha sido relacionado con un incremento en las temperaturas de las aguas oceánicas (Quero et al. 1998; Brander et al. 2003). Aunque se debe ser extremadamente cauto en pronosticar escenarios a largo plazo, estos cambios en las comunidades y distribución de los peces puede ser acentuada con mayores calentamientos. Bajo este escenario, la extensión hacia el norte de especies del Mediterráneo y de especies tropicales y subtropicales procedentes del noroeste de África podría incrementarse, mientras que en un escenario de bajada de temperaturas podría conducir a la restauración de la situación anterior, especialmente si el grado de explotación se mantiene a un

² Durante el período 1955 al 2003 el giro subtropical del Atlántico se ha calentado y el giro subpolar del Atlántico se ha enfriado, siendo consistente con el predominio de la fase positiva de la NAO durante las pasadas décadas. El calentamiento se ha extendido por tanto a profundidades por debajo de los 1000m, más profundas que en ningún otro océano del mundo. Para más información: Capítulo 5 del Grupo de Trabajo I del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC.

³ Ecosistema de la Corriente de Canarias: Situada entre los 10° N y los 30° N. El ecosistema está dominado en el norte por la sardina (*Sardina pilchardus*) y por la alacha (*Sardinella aurita*) en el sur. Existen frecuentes apariciones masivas de especies secundarias. Hay una sustitución parcial de peces en los fondos marinos con alta esperanza de vida por especies con baja esperanza de vida pelágicos y cefalópodos. Hay una baja abundancia de depredadores situados en la pirámide alimenticia (pájaros, grandes tiburones y mamíferos).

nivel razonable en todos los niveles dentro del ecosistema.

Los pequeños y medianos peces pelágicos en el archipiélago de Canarias, además de su propio valor comercial, constituyen el principal nexo entre las características climáticas del océano y las pesquerías del atún, de gran importancia en la economía de las Islas Canarias. También constituyen un nexo extraordinario entre las características físicas del océano y la respuesta biológica de los organismos a futuros cambios en el clima.

Como hemos visto, la temperatura está provocando un desplazamiento de la fauna hacia el norte, bien por que los animales necesitan temperaturas en unos límites determinados o debido a la búsqueda de comida (caso, por ejemplo, de las especies migratorias o las que viven ligadas a unas presas concretas).

Desde el punto de vista pesquero, estos cambios no son en sí mismo negativos, puesto que desembocan a veces en nuevas posibilidades pesqueras, lo que se desconoce es como van a afectar estas variaciones a la organización de los ecosistemas, pues pueden originar cambios importantes en la organización trófica, y a muchas especies vulnerables que se encuentran en ellos. En este sentido, el

mayor riesgo ocurre cuando se ven afectadas las especies estructurantes de la comunidad o las especies claves que la mantienen estructurada mediante su control depredador. Aunque los procesos de cascada trófica que degradan los ecosistemas se originan normalmente por la sobreexplotación de especies claves, el calentamiento puede exacerbarlo favoreciendo a herbívoros muy poderosos y ya abundantes, como se ha detectado en Canarias con el erizo *Diadema*.

Algunas de las especies tropicales establecidas en tiempos recientes constituyen actualmente recursos pesqueros de importancia en las islas occidentales, principalmente el Gallo aplomado (*Canthidermis suflamen*) y la llamada comercialmente Caballa-chicharro (*Decapterus macarellus*). El primero se captura sobre todo en El Hierro, donde soporta una importante pesquería de gallos que a principios de la década de 1990 se limitaba a las esporádicas y escasas capturas de *Balistes carolinensis*. La presencia de la Caballa-chicharro se registró por primera vez en 1994 (Brito et al., 2005) y ha empezado a capturarse en grandes cantidades a partir de 2006, convirtiéndose en una carnada importante para la pesca de túnidos en las islas más occidentales.



Vieja macho (*Sparisoma cretense*) en un fondo rocoso cubierto por *Lobophora*. (foto: BIOECOMAC)

Por otra parte, las especies nativas termófilas (como la Vieja, por ejemplo) han experimentado en el mismo periodo un incremento de sus poblaciones, debido a un mayor éxito reproductivo, e incluso algunas han expandido su rango de distribución hacia las islas orientales.

Entre los organismos pelágicos se ha observado un cierto grado de sustitución; tradicionalmente la sardina ha sido la segunda especie pelágica pequeña más importante en cuanto a capturas en las aguas que circundan las Islas Canarias (Figura 1).

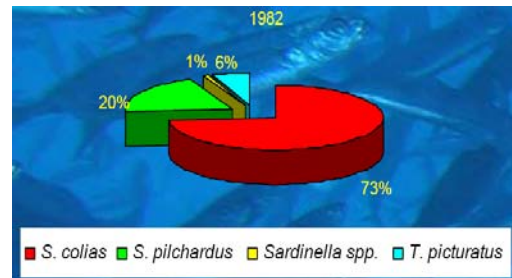


Figura 1: Capturas por especies en Canarias año 1982. Fuente: IEO (Instituto Español de Oceanografía) e ICCM (Instituto Canario de Ciencias Marinas).



Sardina



Alacha

Sin embargo, desde los años 90 esta situación ha cambiado y la alacha es la segunda especie más importante en cuanto capturas, mientras que la sardina es poco abundante y muy escasa alrededor de alguna de las islas (Gran Canaria).

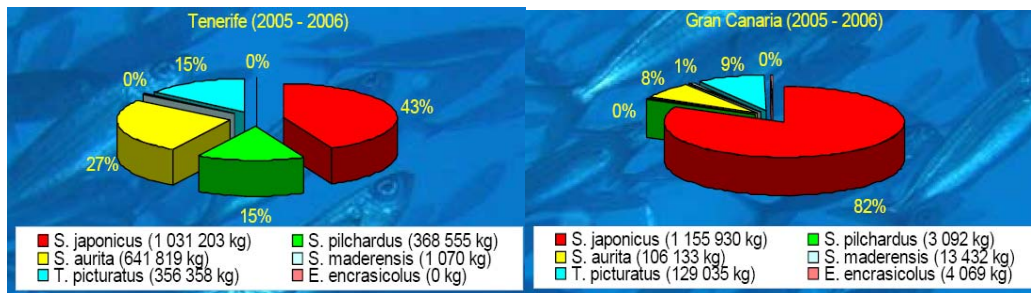


Figura 2: Capturas por especies en Gran Canaria y Tenerife período 2005-2006. Fuente: IEO (Instituto Español de Oceanografía) e ICCM (Instituto Canario de Ciencias Marinas).

Entre otras razones para este desplazamiento se incluyen cambios favorables en el océano que son favorables a la alacha y/o condiciones desfavorables en el medio ambiente que han sido superadas por la mayor resistencia y supervivencia de las larvas de alacha en contraposición con las sardinas.

También se detectó por primera vez en 1997 el desove del Peto en Canarias (El Hierro), a la vez que se expandió su población hacia las islas orientales. Hoy es objetivo importante de la pesca, sobre todo de la deportiva y sus capturas han aumentado en el conjunto del archipiélago.



Peto (*Acanthocybium solandri*) (foto: R. Herrero)

Entre las especies litorales, no es fácil detectar cambios en la pesquería de las especies de afinidad templada ya que no existen suficientes datos aunque algunas se han enrarecido, sobre todo en las islas occidentales; en cambio, no se ha detectado ese mismo efecto en las que tenían su presencia limitada a las islas orientales, como la Sama guachinanga (*Dentex dentex*) o el Berrugato manchado (*Umbrina rhonchus*).

También los cultivos marinos pueden verse afectados, particularmente en las islas occidentales, ya que las especies que se cultivan actualmente se encuentran en su límite de tolerancia térmica.

Los riesgos relacionados con las biotoxinas pueden llegar a ser importantes. Las especies de dinoflagelados de aguas cálidas que producen algunas de las más peligrosas están ya presentes y han causado problemas de salud alimentaria. Lo más probable es que este riesgo tienda a incrementarse y afecte también a la fauna, en especial a los delfínidos de alimentación costera.

La existencia de redes de control sobre el desarrollo de floraciones de organismos tóxicos o urticantes, ya establecidas en algunas Autonomías, parece una necesidad, que debería implementarse de forma inmediata, para establecer una situación de base que permita la toma de decisiones futuras. Esta es una necesidad que ya se aprecia en otros países con casos problemáticos con algunas especies potencialmente peligrosas para nuestros cultivos o para los humanos (por ejemplo *Pfeisteria* en EEUU).

Por último, en cuanto a las políticas de desarrollo pesquero, el incremento de las actividades humanas en zonas costeras puede implicar que muchas de ellas puedan verse influidas por el cambio climático, y particularmente por la subida del nivel del mar.

6. BIODIVERSIDAD VEGETAL TERRESTRE

Situación actual.

Las islas Canarias, por lo que a su originalidad florística se refiere, han sido consideradas como un “mini-hotspot” de biodiversidad (Mittermeier et al. 1999) por su antiguo aislamiento biogeográfico, de la escasa incidencia de las glaciaciones pleistocenas y de un abrupto relieve que da lugar a variados hábitats y climas.

La cartografía de las 171 especies canarias incluidas recientemente en el Libro Rojo muestra que prácticamente no hay cuadrícula canaria sin al menos una especie vegetal en riesgo de extinción (Moreno Saiz et al. 2003a). La variedad de la flora de Canarias representa más de un 20% del conjunto nacional.

Posee porcentajes de endemidad en torno al 30% si se tiene en cuenta sólo la flora autóctona (Santos 2001, Machado 2002) y con la gran mayoría (58%) de sus endemismos restringidos a una sola isla (Humphries 1979, Izquierdo et al. 2001).



Orobanche lavandulacea
(foto: A. Pujadas)

Las islas poseen la mitad de los taxones endémicos de la flora vascular española. De las 1.935 especies conocidas, más de 511 especies y 128 subespecies son endémicas, además de numerosas variedades también exclusivas de nuestras islas.

En cuanto a los helechos, las algas, los líquenes y los briófitos, en el archipiélago hay unas 63 especies de helechos, entre ellas dos endémicas canarias y cuatro macaronésicas y casi una decena introducidas y asilvestradas. De las 468 especies de algas presentes en Canarias, 30 no se han encontrado en otro lugar. En cuanto a los líquenes, tan sólo el 2% (26 especies) de las 1.294 especies catalogadas son endemismos. Respecto a los briófitos, de las 464 especies descritas 10 son endémicas.



Especies vegetales en bosque húmedo
(foto: J. Martínez)

Por último, mencionar que se han observado más de 1.634 especies de hongos en Canarias, de las cuales aproximadamente un centenar se consideran endémicas ya que no se han detectado en otros lugares del mundo.



Líquenes (foto: J. Martínez)

Impactos del cambio climático.

El cambio climático actual afecta a la biodiversidad vegetal tanto mediante impactos directos sobre las especies y comunidades vegetales, como por impactos indirectos, ya sea sobre el medio físico o por la modificación de las interacciones entre las especies.

Los impactos directos del cambio climático actual son consecuencia del calentamiento, que afecta al periodo de actividad vegetal y consecuentemente produce un incremento de la productividad. Pero también hay que tener en cuenta la disminución de las lluvias, que reduce la disponibilidad de agua y limita el proceso anterior.

El aumento de las temperaturas conducirá al acoplamiento del ciclo de

vida de las plantas a la nueva situación. Esto provocará cambios en el periodo de formación de las hojas (foliación), de las flores (floración), de los frutos (fructificación), etc, pero ha de tenerse en cuenta que la plasticidad fenotípica de las especies es variable. Estos cambios afectarán también a las relaciones de competencia. En zonas de montaña las posibles heladas tardías, y el aumento de las temperaturas pueden revestir importancia. Así, temperaturas altas pueden inhibir fases del ciclo de las plantas de montaña inducidas por las bajas temperaturas. A su vez hemos de recordar que los ecosistemas se caracterizan por la existencia de interacciones tanto entre factores bióticos y abióticos como entre las

propias especies vegetales y animales que los componen. Si la información sobre la sensibilidad al cambio climático es deficitaria para muchas especies, aún lo es más si se quieren tener en cuenta estas interacciones. No obstante, estas interacciones son cruciales para interpretar la sensibilidad de los ecosistemas. Por ejemplo, si una determinada especie requiere de la intervención de otra especie para completar su ciclo vital (e.g. un polinizador para una planta), de poco nos sirve el conocimiento de la sensibilidad al clima de la primera si no sabemos la sensibilidad de la segunda. Los cambios en la fenología y la distribución de muchas especies contribuirán a separar en el espacio y/o en el tiempo a especies que hasta ahora coincidían en los mismos hábitats, pero también a poner en contacto a especies que hasta ahora no interactuaban. Es decir, el cambio climático está favoreciendo tanto la ruptura de interacciones como el establecimiento de nuevas interacciones.

La disminución de las disponibilidades de agua provoca una disminución de la productividad potencial; esto supondrá una exclusión de las especies menos tolerantes, por disminución de su tasa de reproducción y reclutamiento, y por el progresivo debilitamiento que las hará más susceptibles frente a predadores y plagas. Provocará también una reducción estructural de la vegetación, que afectará a la altura y al recubrimiento.

Si el cambio climático implica la aparición de eventos extremos como incidencias de tormentas violentas en territorios no sometidos regularmente a ellas, periodos secos en épocas no

habituales u olas de calor, se acelerará la exclusión de especies no tolerantes a los mismos.

La velocidad a la que se está dando el actual cambio en el clima en comparación con cambios climáticos anteriores puede impedir una respuesta de las plantas a través de posibles procesos microevolutivos.

Estos procesos microevolutivos son particularmente importantes en plantas poco longevas (en general hierbas o arbustos) con una gran capacidad de radiación evolutiva. Sin embargo, para las especies longevas, supone la práctica imposibilidad de aclimatación de los individuos adultos.



Paisaje canario (foto: J. Martínez)

Los cambios previsibles harán que una parte importante de la flora vea superados sus límites de capacidad fenotípica, es decir, que no podrá acomodarse a las nuevas circunstancias.

Como consecuencia de los cambios en el clima, particularmente por la variación de la temperatura, los desplazamientos latitudinales y altitudinales de la vegetación serán la respuesta fundamental de los vegetales para acoplarse a la nueva situación y evitar las extinciones. La velocidad con la que tendrán lugar estos desplazamientos es relativa y dependerá de diversos factores que tienen que ver con la capacidad migratoria de las especies.

Entre estos factores se deben destacar el grado de tolerancia al cambio, la longevidad, la producción y tipo de diáspora (esporas, semillas, frutos, etc.) y la competitividad frente a las especies que ocupan el nuevo territorio a colonizar. Verán favorecida su supervivencia las especies que muestren un mayor espectro altitudinal, geográfico y de hábitat, y, por supuesto, una mayor diversidad genética entre sus poblaciones. Los previsibles desplazamientos podrían ser imposibles para muchas especies que verían excedidas sus capacidades migratorias como por ejemplo desplazamientos altitudinales de especies que ya habitan en las cumbres o migraciones latitudinales de especies vegetales endémicas que no posean la capacidad de adaptarse a cambios en el clima significativos.

Como impactos indirectos sobre la vegetación se apuntan los cambios edáficos (relativos al suelo), los cambios en el régimen de los incendios y el previsible aumento del nivel del mar. Así, como consecuencia de una mineralización más rápida, se prevé una reducción del contenido de carbono orgánico de los suelos. Esta rápida mineralización será resultado de

la elevación de la temperatura y de una mayor incidencia de los incendios, que provocarán un aumento de la erosión, de la salinización y de los procesos de desertización. Todo ello irá acompañado de cambios en la composición florística, favoreciendo el desarrollo de plantas y comunidades tolerantes a estos cambios y adaptadas a las nuevas condiciones climáticas. La expansión térmica de los océanos y la fusión de los hielos provocará un ascenso del nivel del mar que afectará a la franja costera y a todos los procesos geomorfológicos y sistemas biológicos asociados.

Las modificaciones de las interacciones entre la especies (competencia, asincronías, herbivoría, plagas, invasiones) suponen una fuente potencial de impactos. La insularidad se contempla como un riesgo añadido frente a las plantas alóctonas. Particularmente grave es el caso de la flora canaria, con 45 casos de especies en peligro o en peligro crítico para las que la competencia con especies alóctonas se ha indicado como un riesgo para la supervivencia de alguna o todas sus poblaciones (Dana *et al.* 2003).

Las tendencias previsibles indican una simplificación estructural de la vegetación y un predominio de las extinciones locales frente a las recolonizaciones, llevadas a cabo por especies tolerantes y de distribución relativamente amplia (Fernández-González *et al.*, 2005).

La gran riqueza florística de las Islas Canarias, como antes hemos indicado, ofrece una posibilidad de impactos negativos superior a la media de otras CC.AA.. El riesgo de modificaciones de

temperatura y régimen de precipitaciones sobre la biodiversidad vegetal es, por tanto, muy grave, especialmente dada la general limitada extensión de los ecosistemas, el grado de presión antrópica al que se encuentran sometidos y la intensa fragmentación del territorio.

Las tendencias previsibles indican una simplificación estructural de la vegetación y un predominio de las extinciones locales frente a las recolonizaciones, llevadas a cabo por

especies tolerantes y de distribución relativamente amplia (Fernández-González *et al.*, 2005).

El espacio temporal señalado para estos cambios climáticos, no parece lo suficientemente amplio como para que pueda ser seguido por un desplazamiento paralelo de la vegetación climatófila de los diferentes pisos o de la otra vegetación potencial insular, o lo que es lo mismo de la flora que las determina, por lo que es previsible una pérdida de biodiversidad.

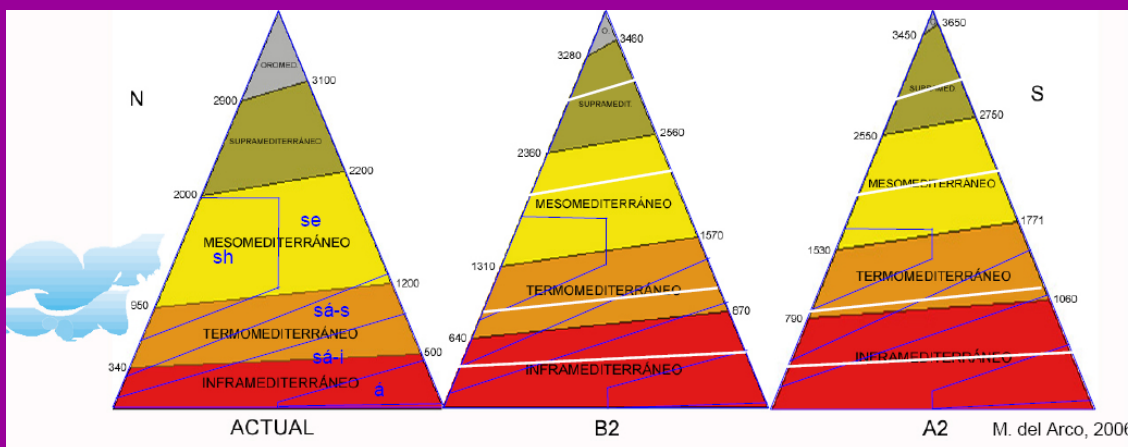


Figura 1: Variación altitudinal de termotipos y ombrotipos (disposición actual y evolución temporal dada por los escenarios B2 y A2) en Tenerife. Ombrotipos (en azul): a: árido; sa-i: semiárido inferior; sa-s: semiárido superior; s: seco; sh: subhúmedo

Debido a las variaciones futuras esperadas en relación a los termotipos y obrotipos de las Islas Canarias se estima un incremento notable de la superficie inframediterránea, a la que habría que detraer en su límite inferior una estrecha banda que se vería

afectada por la previsible elevación del nivel del mar.

También se apunta una ligera variación ombrotípica hacia la aridificación. Ello favorecería algo la expansión potencial de los tabaibales dulces (com. de

Euphorbia balsamifera) del inframediterráneo árido, pero sobre todo la de los cardonales (com. de *Euphorbia canariensis*) típicos del inframediterráneo semiárido inferior, y sus proyecciones edafoquerófilas hacia los pisos superiores.

El cambio, aparte de ser impedido en gran medida por la enorme transformación urbana y rural de estos territorios, no podría ser probablemente seguido por el conjunto de la vegetación, excepto por los elementos más dinámicos de la misma.

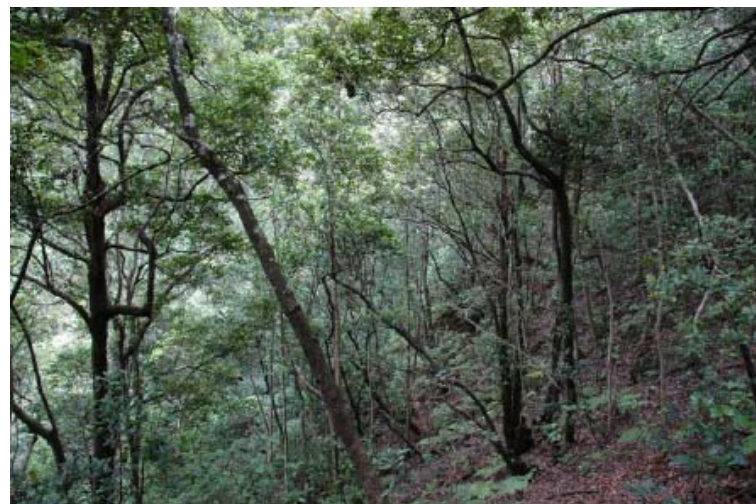
Así, los matorrales de tabaiba amarga (*Euphorbia lamarckii*, *Euphorbia regis-jubae*; *Euphorbiaberthelotii*), ahulaga (*Launaea arborescens*), salado (*Schizogyne sericea*) y vinagrera (*Rumex lunaria*), entre otros, podrían ser los principales protagonistas en la colonización de los nuevos territorios. Así mismo, el herbazal de cerrillo y panasco (*Hyparrhenia sinaica* y *Cenchrus ciliaris*), podría adquirir amplio desarrollo, pero también algunos invasores como el rabogato (*Pennisetum setaceum*) verían potenciada su área.

El territorio inframediterráneo semiárido superior del Norte se incrementa ligeramente; la pérdida en el Sur del termomediterráneo semiárido inferior se compensa con el mantenimiento del semiárido superior y un incremento del termomediterráneo seco. Estos territorios son los potenciales del bosque termoesclerófilo, aunque parte del termoseco es compartido con el pinar. Ello provocaría una ligera disminución del área potencial de este tipo de bosque (sabinar -com. de *Juniperus turbinata subsp. canariensis*-, acebuchal -com. de *Olea cerasiformis*-,

almacigal -com. de *Pistacia atlántica*-, lentiscal -com. de *Pistacia lentiscus*-), con una exigua representación actual y con un potencial de recuperación muy reducido por deforestación y por la utilización de su territorio como urbano y agrícola.

La aridificación provocaría la expansión del matorral de granadillo y espinero (*Hypericum canariense* y *Rhamnus crenulata* respectivamente) de los jarales (com. de *Cistus monspeliensis*) y del herbazal de cerrillo y panasco (*Hyparrhenia sinaica* y *Cenchrus ciliaris*).

El monteverde o laurisilva, típico de las áreas con nubes de las fachadas orientadas a los alisios del Nordeste, vería disminuida su área potencial como consecuencia de la supuesta disminución altitudinal del mar de nubes.



Laurisilva

Su posible desplazamiento a otras áreas se vería muy comprometido pues, aunque resiste cierta sequía,

requiere de la presencia de nubes que, al menos durante la época estival más desfavorable en cuanto a precipitación, compensen el déficit hídrico al limitar la evapotranspiración.

Si la disminución del mar de nubes se relaciona con la evolución térmica prevista, podría pronosticarse una reducción del monteverde o un reajuste del mismo, persistiendo preferentemente la laurisilva termófila (de lugares más cálidos y secos) y reduciéndose los tipos mesófilos (de lugares más frescos y húmedos) o quedando acantonados en las situaciones mesoclimáticas más favorables.

De producirse el descenso del techo superior de las nieblas en verano y debilitamiento de la velocidad del alisio, tal como se pronostica, también se vería afectada la actual laurisilva de cresterías húmedas en verano, que podría reducirse o al menos verse sometida a un proceso de desplazamiento.

El matorral de granadillo y espinero (*Hypericum canariense* y *Rhamnus crenulata* respectivamente), en cotas inferiores y el fayal brezal (matorral de *Myrica faya* y *Erica arbórea* respectivamente), a mayor altitud, cobrarían particular importancia en los territorios de abandono del bosque.

Los territorios mesomediterráneos del Norte, fuera de la influencia de las nubes del alisio, y los correspondientes de la vertiente Sur de las islas, se reducen así mismo, aunque aumentan su cota altitudinal y en la vertiente norte incluso podrían descender por la posible disminución del techo del mar de nubes.



Pinar canario. (foto: J. Martínez)

La comunidad climatófila dominante, el pinar canario (com. de *Pinus canariensis*), tiene gran capacidad de colonización, por lo que podría expandirse con cierta facilidad en los territorios ganados; incluso su persistencia en territorios bajos del Sur sería casi segura ante la falta de competencia con otros árboles de los bosques termoesclerófilos.

El escobonal (com. de *Chamaecytisus proliferus subsp. angustifolius*) podría constituirse en avanzadilla sobre todo en los terrenos pedregosos y solanas de los roquedos.

Por último, los territorios supra y oromediterráneos de posible desarrollo del matorral de leguminosas de montaña (com. de *Spartocytisus*

supranubius en Tenerife), quedarían reducidos, y a pesar de la posibilidad de su expansión altitudinal, la juventud geológica del territorio lo impediría en gran medida.

Por su parte, las comunidades glerícolas de la cima insular, no se verían gravemente afectadas.



Vegetación en altura. (foto: J. Martínez)

La vegetación rupícola, adaptada a la sequía y condiciones de estrés particulares de su hábitat, no parece especialmente afectada por este cambio climático, a excepción de las comunidades rupícolas propias de las áreas de nubes en el ámbito potencial del monteverde.

Los grandes riscos que siguen la dirección de los barrancos radiales insulares, constituyen corredores que permitirán el desplazamiento de este tipo de vegetación, al igual que de otros tipos de vegetación no rupícola.

La vegetación hidrofítica, hoy en día en franco retroceso en las islas por el aprovechamiento del agua,

incrementaría su retroceso como consecuencia de la disminución de los aportes.

Así, los sauzales (com. de *Salix canariensis*) o los palmerales (com. de *Phoenix canariensis*) se verían seriamente afectados.

La vegetación costera de dunas, playas, acantilados y saladares, puede sufrir cambios como consecuencia de la previsible elevación del nivel del mar, en torno a 0,34 m como promedio a nivel mundial⁴, y de cambios en el régimen de vientos que provocaría una remodelación de la configuración de la costa.

⁴ Elevación media considerados todos los intervalos de aumento del nivel del mar para los distintos escenarios del IPCC (B1, A1T, etc.) para el último decenio del siglo XXI con respecto al período 1980-1999 basados en modelos que excluyen cambios rápidos en la dinámica del flujo del hielo (IPCC, 2007).

7. BIODIVERSIDAD VEGETAL MARINA

Situación actual.

Las Islas Canarias posee especies vegetales marinas que están distribuidas exclusivamente en sus islas y en la Macaronesia y/o si constituyen la base estructurante de comunidades esenciales

Entre éstas se encuentran algunas que organizan importantes comunidades costeras, como las algas pardas *Cystoseira abies marina* y *C. mauritanica* o la fanerógama *Cymodocea nodosa*, y otras más localizadas integradas por las gelidiáceas endémicas *Gelidium arbuscula* y *G. canariense*.

Tanto la *Cystoseira abies marina* y *C. mauritanica* crean formaciones, que constituyen un paisaje submarino característico, cuyos cambios son fáciles de observar, aunque su cuantificación precisa no sea conocida. Ambas son de origen templado, la primera se distribuye básicamente por las islas macaronésicas y la segunda por la costa continental próxima.



Sebadal originado por *Cymodocea nodosa* (foto: BIODEMAC)



Comunidad de *Cystoseira abies marina* (foto: T. Cruz)

Impactos del cambio climático.

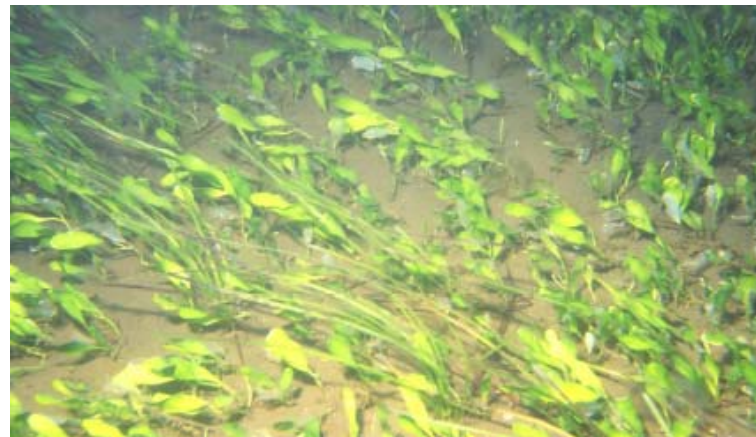
Por que se refiere a la biodiversidad vegetal marina, el aumento de la temperatura del agua del mar está ocasionando cambios en las especies vegetales de nuestro entorno.

En general, las especies más amenazadas o con mayor grado de vulnerabilidad son sin duda las que tienen su límite meridional de distribución en Canarias o algo al sur sobre las costas continentales próximas, incluyendo algunas cuya presencia en las Islas se limita a las orientales, que son con alta probabilidad las más exigentes con temperaturas bajas, y particularmente si se ven afectadas por otros forzamientos locales. Indudablemente, la pérdida será más importante si las especies están distribuidas exclusivamente en Canarias y en la Macaronesia y/o si constituyen la base estructurante de comunidades esenciales.

Cabe pensar que las importantes regresiones observadas en las formaciones de *Cystoseira abies marina* y *C. mauritanica*, al menos en las zonas más someras, se deben al incremento de temperaturas. La falta de seguridad absoluta en las causas del proceso de degradación guarda relación con la sinergia que existe, al menos en parte, con fuerzas transformadoras locales de mucho peso, como la plaga de *Diadema* aff. *antillarum* a nivel general y la contaminación a nivel más local. Por otra parte, actualmente sabemos que el desarrollo de estos herbívoros está relacionado directamente con la sobrepesca de sus depredadores y con

el propio calentamiento del agua (Clemente, 2008; Hernández, 2006).

Así mismo, las praderas de *Cymodocea nodosa* (sebadales) ya están muy afectada en muchas zonas por impactos antrópicos locales y, aunque su distribución se extiende hasta Senegal -lo que parece indicar que puede resistir más temperatura-, tiene muy baja capacidad de recuperación (baja resiliencia), aunque cesen los forzamientos que la degradaron. Las afecciones reducen la capacidad de resistencia frente a factores externos y puede llevar a la desaparición de muchas praderas, particularmente en las islas occidentales, como consecuencia de la sinergia con el cambio climático.



Sebadal degradado, en fase de sustitución por una comunidad de *Caulerpa* (foto: BIOECOMAC)

Entre las especies nativas más favorecidas por el proceso de tropicalización se encuentran algunas algas de características termófilas que

forman la base de comunidades extensas, como las del género *Caulerpa* y *Lobophora variegata*, aunque los datos cuantitativos precisos no son bien conocidos.



Comunidad de *Lobophora variegata*
(foto: BIODEMAC)

En el caso de la *Lobophora variegata*, ésta es la sustitución principal de la *Cystoseira abies marina*. Forma un césped con menos refugio que el que actualmente forma la *C. abies marina* por lo que se pierde la estructura, además de que dicho césped tapiza el sustrato de tal manera que dificulta mucho la posible recolonización. La única ventaja es que *L. variegata* es poco palatable y tolera mejor la acción de los erizos.

Para el caso de las praderas de seba (*Cymodocea nodosa*) no hay un sustituto posible, ya que en las áreas tropicales próximas, por ejemplo en las islas de Cabo Verde o en Mauritania-Senegal, no existen otras especies equivalentes ecológicamente y serán

las algas verdes, particularmente las del género *Caulerpa*, las que tenderán a ocupar el sustrato arenoso en mucha mayor medida que la actual, perdiéndose prácticamente todas las funciones ecológicas. En cualquier caso, los cambios serán más importantes en las islas occidentales, donde los límites de tolerancia de muchas especies de origen templado o subtropical se han alcanzado o se alcanzarán antes.

Uno de los riesgos que conlleva el cambio climático es la situación favorable para el desarrollo de especies exóticas invasoras de origen tropical. Este es el caso de la variedad agresiva (var. *cylindracea*) del alga verde *Caulerpa racemosa*, que ya está presente en los fondos costeros arenosos de Canarias (Verlaque *et al.*, 2004) y en franca expansión. Se trata de una forma de origen australiano, que se ha introducido en varias zonas subtropicales con las aguas de lastre o el "fouling" adherido al casco de los barcos, capaz de experimentar explosiones que pueden llegar a recubrir y asfixiar a las formaciones de fanerógamas, como está ocurriendo en el Mediterráneo. También esta variedad agresiva puede desarrollarse en ambientes intermareales pudiendo desplazar a las comunidades originales de los charcos intermareales. En el caso de Canarias pueden a su vez llegar a ser afectados los sebales de *Cymodocea nodosa* y la comunidad de *Halophila decipiens* y sería preciso mantener un control para prevenirlo.

8. BIODIVERSIDAD ANIMAL TERRESTRE

Situación actual.

España es un país clave para la preservación de la biodiversidad europea en especies de vertebrados. Canarias cuenta además con una situación geográfica particular y posee un accidentado relieve volcánico que ha dado lugar a una profusa variedad de paisajes y hábitats ecológicos. Su condición insular ha favorecido procesos evolutivos que han originado nuevas especies animales, principalmente terrestres, exclusivas de estas islas.

Hay que destacar la elevada endemidad de la fauna vertebrada de Canarias. Se han citado dos especies de anfibios que han sido introducidos, 15 especies de reptiles (lagartos, lisas y perenquenes), 87 especies de aves nidificantes y 19 especies de mamíferos terrestres.

De la fauna terrestre, tanto los reptiles como las aves han recibido la atención especial de herpetólogos y ornitólogos de todo el mundo. La mayoría de los reptiles terrestres son exclusivos del archipiélago canario (14 de las 15 especies) y se pueden considerar fósiles vivientes, pues son una muestra de la fauna del Terciario.

Con relación a las aves, 5 especies y 36 subespecies son endémicas y al menos unas 12 especies han sido introducidas. Por otra parte, se han observado más de 300 especies de aves migratorias.



Bisbita caminero (*Anthus berthelotii berthelotii*) (foto: J. Martínez)

En cuanto a los mamíferos terrestres se refiere, comentar que de las 8 especies de murciélagos una es exclusiva de Canarias y de las tres musarañas dos son también endémicas.

Los invertebrados constituyen, sin duda, la mayor contribución a la diversidad animal, tanto en el medio terrestre como en las aguas del archipiélago. Las Islas Canarias es un territorio con una importante riqueza entomológica. Cuenta con más de 6.000 especies de artrópodos, en concreto 7.939 especies de las cuales 6.843 son terrestres y el resto marinas, y con un índice de endemidad cercano al 45% (Machado 2002).

Los reyes de los artrópodos son los insectos con 5.668 especies. Los siguientes grupos con mayor riqueza de especies son los vertebrados (840 especies) y, por último, los moluscos terrestres (246 especies).



Arácnido (foto: J. Martínez)

Impactos del cambio climático.

En los ecosistemas insulares de Canarias las especies ante un clima más cálido no pueden responder de la misma forma que lo hacen muchas de ellas en el continente, moviéndose hacia el norte, sino que su capacidad de respuesta potencial quedaría restringida a cambios de distribución en altitud, y únicamente en aquellas islas elevadas (por ejemplo, las islas centrales y occidentales de Canarias: Gran Canaria, Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro). Este tipo de movimientos estaría mucho más limitado en el caso de las orientales, Lanzarote y Fuerteventura.

Para los vertebrados, los adelantos o retrasos en procesos naturales

motivados por rápidos cambios climáticos pueden llevar a respuestas en la fenología de las poblaciones de vertebrados. Muchos organismos presa de vertebrados pueden responder más rápidamente que ellos mismos a los cambios, produciéndose una pérdida de sincronización entre consumidores y recursos. Muchas especies de vertebrados responden a variación estacional en ritmos circadianos para iniciar procesos reproductivos, o migratorios, variación que no se ve afectada por cambios climáticos. Sin embargo, los recursos de los que dependen pueden responder a condiciones climáticas, lo que conlleva pérdida de sincronización. Una de las consecuencias más probables de la

perdida de sincronización entre especies en distintos niveles tróficos es el desajuste entre los requerimientos y la disponibilidad de alimento para las de niveles superiores, lo cual puede conllevar fracasos reproductivos o disminución de la supervivencia.

Las especies de ciclo más corto pueden responder a la selección mediante cambios microevolutivos muy rápidos. Para especies de tiempos generacionales prolongados, la respuesta a cambios rápidos en la disponibilidad de recursos solo puede ser mediante plasticidad fenotípica. El grado de plasticidad está modulado por la variabilidad en las condiciones ambientales experimentadas por una especie en el tiempo evolutivo. La variabilidad genética también puede posibilitar la adaptación al cambio en especies de vida corta.

Con respecto a cambios fenológicos en aves, podemos destacar los observados con respecto a la reproducción y migración. En Canarias se han detectado casos esporádicos de reproducción en octubre y noviembre por parte del Herrerillo común (*Parus caeruleus*).

En el archipiélago, especialmente en las islas orientales más áridas, varias especies de aves parecen reaccionar a los años lluviosos adelantando la reproducción. En años secos, ciertas especies (codornices, trigueros) pueden dejar de criar. Las palomas de laurisilva, especialmente la Paloma turquí (*Columba bollii*, “especie sensible a la alteración del hábitat”), dejan prácticamente de criar en algunos años, lo cual podría achacarse a baja producción de frutos. Una serie de años de bajas precipitaciones podría

afectar a los tamaños poblacionales. Los desplazamientos fuera del bosque en busca de alimento podrían determinar una mayor incidencia de daños a cultivos y una mayor vulnerabilidad a cazadores furtivos y venenos. En el caso de la Hubara canaria (*Chlamydotis undulata*, “especie en peligro de extinción”), los niveles distintos de precipitaciones entre islas (Lanzarote, Fuerteventura, La Graciosa) pueden forzar movimientos entre islas, con los consiguientes costes de desplazamiento.

Los incendios forestales también conllevan la pérdida de hábitat forestales. En las Islas Canarias existe un grave problema con la población del Pinzón Azul que habita en Gran Canaria (*Fringilla teydea polatzeki*, “en peligro de extinción”), ya que únicamente está presente en los montes de Pajonales, Ojeda e Inagua, y cuya población se ha estimado en unos 200 ejemplares (Rodríguez y Moreno 1996). Estos pinares constituyen una unidad geográfica de *Pinus canariensis*, de unas 3.700 ha, ubicada en el Oeste de la Isla. Un incendio de grandes dimensiones no acabaría con este pinar, ya que el pino canario resiste bastante bien el fuego, probablemente como resultado de su evolución en terrenos volcánicos, pero sin duda el hábitat se vería fuertemente empobrecido, lo cual redundaría negativamente en la supervivencia de esta rara subespecie endémica.

Otro problema asociado a cambio climático puede ser la expansión de especies introducidas o invasoras debida a condiciones climáticas más favorables. En Canarias este tipo de especies, sobre todo cotorras, se

encuentra en plena expansión ayudado por el comercio de éstas y las prácticas irresponsables de los núcleos zoológicos (“escapes”) para explotación turística, nada controladas por parte de las Instituciones públicas. Ello conlleva que la fauna de los núcleos urbanos haya sufrido una gran transformación en los últimos 20 años. No obstante, hay que considerar que en Canarias existe un bosque de gran interés científico, como es la laurisilva, de carácter subtropical, y que ocupó la cuenca Mediterránea en el Terciario. Este carácter subtropical podría resultar óptimo para ciertas especies de cotorras que se están introduciendo, y no se ha de olvidar que en este bosque relíctico han evolucionado dos especies de palomas endémicas, como son la Turqué y la Rabiche (*Columba junoniae*, “sensible a la alteración del hábitat”) (Martín *et al.* 2000).

En referencia a especies invasoras, la tórtola turca (*Streptopelia decaocto*), natural de Europa y Asia, fue introducida en muchas islas del Caribe y más recientemente en Japón. En Florida es ya una plaga y continúa aumentando. La especie se está expandiendo con rapidez desde su área originariamente centroeuropea y ya no es rara en la Península Ibérica o en las islas Canarias.

Existe también un alto riesgo de extinción para ciertas poblaciones de reptiles endémicos, de gran talla, presentes en áreas restringidas de algunas islas Canarias, como son los casos del Lagarto Gigante de La Gomera (*Gallotia gomerana*), cuya única población sobrevive en los riscos de la Mérica (La Gomera) (Nogales *et al.* 2001), el Lagarto Gigante de El Hierro (*Gallotia simonyi*, “en peligro de

extinción”) en el Risco de Tibataje (Jurado y Mateo 1997) y el Lagarto Canario Moteado (*Gallotia intermedia*, “en peligro de extinción”) en pequeñas poblaciones aisladas entre sí de la isla de Tenerife (Hernández *et al.* 2000). Cualquier alteración de las condiciones ambientales podría empujarlas hacia la extinción.



Pinzón azul. (foto: Daniel Montero)



Lagarto Gigante de La Gomera
(*Gallotia gomerana*)

(foto: P.Geniez/Adesa)

Por lo que respecta a los insectos, conocemos que existen grupos claramente heterotermos, capaces de regular su temperatura interna de vuelo, y que muestran actividad en los periodos menos calurosos del día como es el crepúsculo y primeras horas de la noche (Heinrich 1993). Estos grupos poseen una masa muscular muy desarrollada, elevada carga alar y su capacidad de vuelo depende del equilibrio que se establece entre la generación de calor corporal y su pérdida mediante difusión externa hacia la atmósfera circundante. Estos insectos se comportan como

endotérmicos durante el vuelo, pudiendo tener capacidad de termorregulación, pero fuera de esta actividad de vuelo son poiquilotermos. Un incremento de temperaturas puede afectar gravemente a estas especies entre las que encontramos lepidópteros como los *Sphingidae*, e insectos polinizadores como muchos himenópteros *Apoidea* y coleópteros *Scarabaeidae*. Muchas de estas especies poseen una distribución muy restringida en Europa occidental o bien son endemismos ibéricos, y que además tienen una baja tasa reproductora (Verdú et al. 2004a).

9. BIODIVERSIDAD ANIMAL MARINA

Situación actual.

Las islas Canarias se encuentran en la zona de transición entre las aguas frías del afloramiento costero sahariano y las oceánicas más cálidas situadas al oeste, lo cual, junto a su disposición alineada en sentido este-oeste, permite la existencia de un marcado gradiente térmico entre las islas orientales y las occidentales. La otra característica de la temperatura de las aguas es el limitado rango de variación invierno-verano, en comparación con otras zonas templadas y subtropicales próximas, oscilando normalmente sus valores extremos actuales entre los 17,5 °C y 25 °C. En las últimas décadas se ha constatado un progresivo aumento de la temperatura del mar con una media de 21,11 °C.

Las aguas que circundan las Islas Canarias son oligotróficas, pobres en nutrientes, una condición común de las aguas oceánicas, contrastando con aquellas continentales de la cercana costa africana, cuya elevada productividad primaria y secundaria propicia la existencia del rico banco pesquero "canario-sahariano". No obstante, debido a una serie de procesos hidrodinámicos y oceanográficos, la productividad se incrementa notablemente en algunos puntos del archipiélago. Las peculiaridades biológicas del mar de Canarias se deben a su posición geográfica, a fenómenos oceanográficos y a parámetros físico-químicos del agua. Estos factores le confieren una notable diversidad ambiental, que se traduce en una biocenosis rica en especies de fauna vertebrada e invertebrada marina, bentónica y pelágica.

Por lo que respecta a las especies que habitan en el medio marino, éste es bastante uniforme ya que, al contrario del medio terrestre en las Islas Canarias, permite un intercambio genético entre diferentes poblaciones. Por estos motivos el número de especies endémicas, o que no aparecen en otros lugares del mundo, es notablemente menor que en el medio terrestre. No obstante, este medio se caracteriza por albergar una mayor diversidad de grupos taxonómicos superiores – filos- que en el medio terrestre. Esta variabilidad de grandes grupos constituye un buen indicador de la diversidad genética.

Respecto a la fauna vertebrada marina se han citado 686 especies de peces, 4 especies de reptiles (4 tortugas marinas), y 26 especies de mamíferos marinos.

En los últimos años los cetáceos (ballenas y delfines) han suscitado un gran interés debido a que las aguas canarias constituyen un lugar privilegiado para su observación.



Delfines mulares en las aguas del archipiélago canario (foto: SEGAC)

Los invertebrados constituyen, sin duda, la mayor contribución a la diversidad animal, tanto en el medio terrestre como en las aguas del archipiélago. Las Islas Canarias es un territorio con una importante riqueza entomológica. Cuenta con unas 1.000 especies de artrópodos marinos. Los moluscos poseen una mayor representación de especies marinas que terrestres con unas 1.170 especies frente a las 246 terrestres.



Patella candei, lapa con una distribución actual muy restringida a Fuerteventura e Islas Salvajes. (foto: BIOECOMAC)

Impactos del cambio climático.

La biodiversidad marina canaria se ha visto sin duda afectada por el cambio climático, aunque sin llegar a los niveles observados en latitudes más altas. El incremento de la temperatura ha tenido una clara influencia sobre la biota, principalmente con la aparición de nuevas especies termófilas, el incremento poblacional de las especies nativas de origen tropical y el enrarecimiento en las islas occidentales de las especies nativas de origen templado más exigentes.

La fauna marina, tal como ha sucedido también con la flora, ha sufrido un proceso de tropicalización.. La gran mayoría de las especies nuevas

parecen haber llegado por medios propios, en relación con el calentamiento de las aguas, dado que presentan poblaciones en áreas tropicales próximas y tienen capacidad de desplazamiento (especies muy nadadoras o con larvas pelágicas grandes comedoras de plancton) (Brito et al., 2005).

Los peces óseos ha sido el grupo que más aportaciones nuevas ha tenido, pues desde 1991 hasta la actualidad han aparecido una treintena de especies litorales nuevas (Brito et al., 2005; Brito & Falcón, 2006) (Fig. 1), todas termófilas.

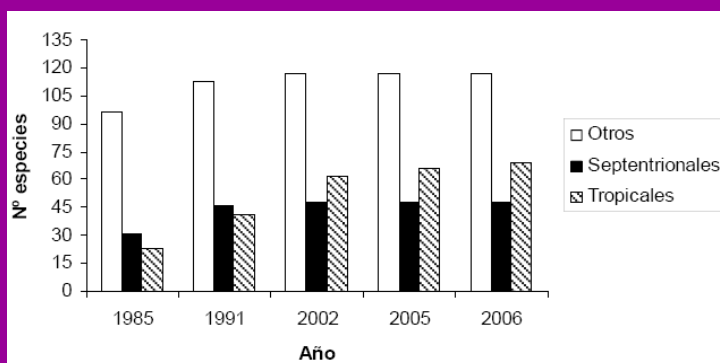
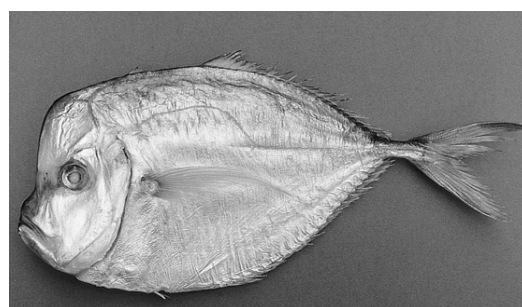


Figura 1: Incremento del número de especies de peces óseos litorales de Canarias, organizados por amplios grupos de distribución, en los diferentes catálogos publicados; se observa como a partir de 1991 –cuando se considera que este componente de la ictiofauna es ya bien conocido– sólo crece el grupo de las de origen tropical. Fuente: Brito A, 2008, Estudio previo Plan Canario de Adaptación al Cambio Climático: Biodiversidad Marina.

La gran mayoría sólo se conocen por el registro de uno o algunos ejemplares esporádicos, pero varias han conseguido crear poblaciones estables importantes, destacando el gallo aplomado (*Canthidermis sufflamen*) y el caboso tropical (*Gnatholepis thomsoni*). El gallo se registró por primera vez en El Hierro en 1994 (Brito et al., 1995) y al año siguiente ya se reproducía con éxito, constituyendo actualmente un importante recurso en las islas occidentales; una función adicional de esta especie es que depreda sobre el erizo *Diadema aff. antillarum*, como ha demostrado recientemente Clemente (2008), cuya población constituye en la actualidad una verdadera plaga.

En septiembre del año 2000 se capturó una especie llamada *Selene dorsalis* en las Islas Canarias que pertenece costas de las islas de Cabo Verde y

Senegal. Es la primera cita de esta especie para la ictiofauna de las Islas Canarias.



Selene dorsalis

La presencia de este y otras especies raras de peces de origen tropical (Castro-Hernández y Martín-Gutiérrez, 2000) en las aguas de las Islas Canarias podrían estar relacionados con eventos climáticos que producen episodios de calentamiento local, probablemente relacionados con las

fluctuaciones en las zonas frontales entre Cabo Blanco y Cabo Verde (Wauthy, 1983) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO).

De continuar las tendencias actuales, cabe suponer que se acentuarán los fenómenos descritos, seguirá incrementándose el número de especies de origen tropical, también el contingente poblacional de las nativas que tienen dicha afinidad. La existencia de un importante gradiente térmico este-oeste y la heterogeneidad norte-sur en cada isla ayudarán a paliar el proceso de pérdida, así las zonas más frías de las islas orientales servirán de refugio para muchas especies dentro de unos límites razonables de cambio, aunque es muy posible que las que tienen distribución actual limitada a dichas islas desaparezcan. Hasta ahora se ha visto que en los años fríos que ocurren entre los más cálidos se produce un efecto de colonización horizontal hacia el oeste, un intento de restablecer las especies de origen templado enrarecidas o desaparecidas de las islas occidentales (Brito et al., 2005), pero cada vez será más difícil lograrlo si la temperatura media sigue subiendo.

Además, muchas especies nativas de origen tropical también han experimentado un crecimiento poblacional bajo las nuevas circunstancias climáticas, caso por ejemplo de la vieja (*Sparisoma cretense*), la catalufa (*Heteropriacanthus cruentatus*), el gallo azul (*Aluterus scriptus*) o el pejetrompeta (*Aulostomus strigosus*), e incluso algunas de las más exigentes

con la temperatura han expandido su distribución hacia las islas más frías,

Por las observaciones efectuadas, los invertebrados se han visto igualmente afectados por los mismos procesos y con los mismos patrones, algunos han aparecido de nuevo y otros han visto acrecentadas o disminuidas sus poblaciones. Se ha de destacar la presencia del molusco opistobranquio de distribución circumtropical *Micromelo undata*, una especie desconocida viva en Canarias antes de la década de los noventa. Fue fotografiada por primera vez en la isla de El Hierro en el año 2000; desde 2001 se observa con frecuencia en los charcos intermareales de la isla de Tenerife y es en el año 2003 cuando se detecta su presencia en la isla de Gran Canaria. Su expansión en el archipiélago se está produciendo de oeste a este, siguiendo así el comportamiento típico de un colonizador termófilo.



Micromelo undata (foto: BIOECOMAC)

10. RECURSOS HÍDRICOS

Situación actual.

El Archipiélago de Canarias está en la región árida sahariana, aunque con áreas de pluviosidad relativamente elevada en sus vertientes septentrionales afectadas por la circulación de los vientos alisios y masas atlánticas de aire húmedo.

El hecho de la ubicación del archipiélago en el área sahariana de altas presiones dominantes, hace que la pluviometría a nivel del mar sea muy escasa, en especial en las islas orientales. El valor medio a nivel del mar es del orden de 50 a 100 mm/año, y aumenta ligeramente con la altitud. Pero en las islas altas (todas menos las

dos más orientales, Lanzarote y Fuerteventura) se produce un notable efecto orográfico sobre los vientos alisios húmedos del NE, que produce lluvias abundantes en las laderas orientadas al noreste, donde se puede llegar a rebasar un promedio de 900 mm/año en los lugares más propicios, dejando en 'sombra' a las laderas a sotavento, que así se mantienen áridas. Efectos similares suceden para los vientos ocasionales tormentosos del O y SO, que en algunos años pueden dejar precipitaciones importantes en estas zonas, que normalmente reciben escasas precipitaciones.

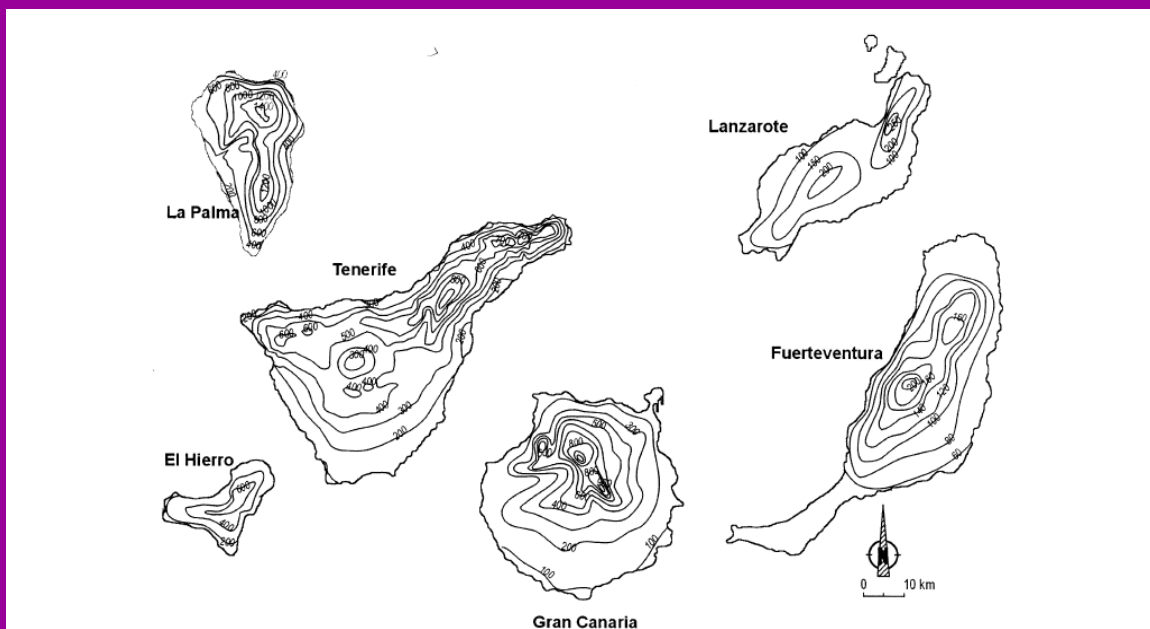


Figura 1. Precipitaciones medias anuales en las islas mayores, en mm/año. Los datos de Tenerife, Gran Canaria, Fuerteventura, La Palma y El Hierro proceden de los respectivos Planes Hidrológicos Insulares, mientras que los de Lanzarote proceden de Marzol (1988). La posición relativa de las islas ha sido modificada para reagruparlas. Fuente: Custodio, E. y Cabrera, M. C. 2002.

En la isla de Tenerife, el Consejo Insular de Aguas de Tenerife ha estudiado recientemente en las series completas de datos hidrometeorológicos de los últimos 60 años su evolución en el tiempo. Ésta refleja un aumento progresivo de las temperaturas (a razón de 0,02 °C/año en los últimos 20 años) y un descenso de la precipitación total media (- 4 mm/año).

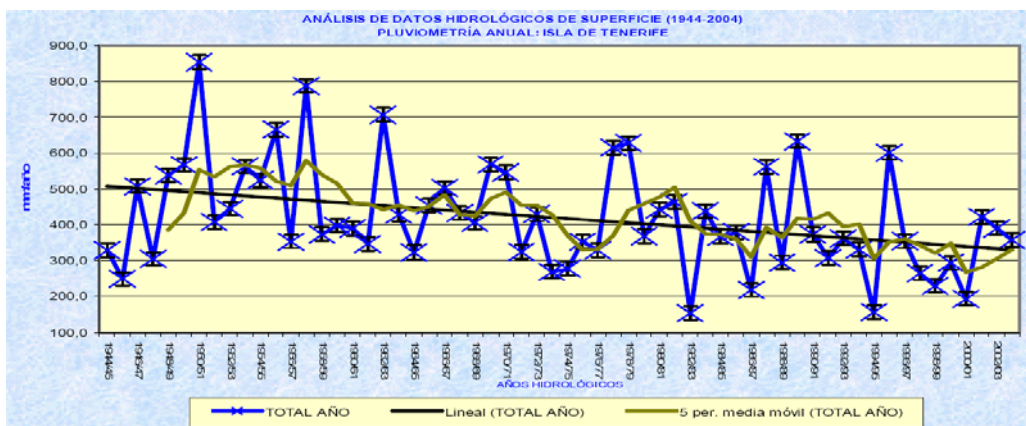


Tabla 1: Tendencia de la pluviosidad insular de Tenerife (1944-2003). Fuente: Brajos, JJ et al. 2006.

La consecuencia de lo expuesto es que en las limitadas zonas lluviosas se generan importantes recursos de agua dulce, pero que sólo ocasional y localmente dan lugar a escorrentía superficial a causa de la general alta permeabilidad de los suelos.

Buena parte de la lluvia no evaporada se transforma en recarga a los acuíferos volcánicos (Custodio, 1997a), por los que el agua subterránea fluye hacia la costa, si bien puede aflorar antes cuando hay cambios litológicos o cambios topográficos (Custodio, 1989). El detalle del flujo del agua subterránea es notablemente complejo y varía de una isla a otra, y de un lugar a otro. Así, Gran Canaria, antes de la intensiva explotación actual de las aguas subterráneas disponía de numerosos manantiales (nacientes) en el interior de la isla y cursos de agua permanentes alimentados por los mismos, como también sucede aún en menor escala y más localmente en La Palma y Gomera. Pero en otros casos en que existen recubrimientos volcánicos recientes y continuos, como en buena parte de Tenerife, La Palma y El Hierro, y también en la mitad norte de Gran Canaria, no aparecen nacientes importantes en el interior de la isla, sino que la descarga del agua subterránea se produce al mar a lo largo de la costa.

En las islas orientales de Lanzarote y Fuerteventura, donde las lluvias orográficas casi no existen, así como en alguna ladera en 'sombra' pluviométrica de Gran Canaria y el

Sur de Tenerife, no existen aguas en superficie, salvo nacientes locales de caudales ínfimos o que descargan acuíferos recargados en el interior de la isla, si ésta es alta.

Ámbito de planificación	Superficie permeable aflorante (km ²)	Recarga por lluvia y cauces (hm ³ /año)	Recarga por riegos (hm ³ /año)
Canarias	7.384	681	0
Total España	176.561	20.881	1.369

Tabla 2. Estimaciones de las aportaciones subterráneas. Fuente: Planes de cuenca y Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (MOPTMA-MINER 1994).

Así se tienen grandes extensiones de territorio en que no existen aguas dulces en superficie. Esto unas veces coincide con la presencia de una buena cubierta de vegetación y otras con el aspecto semidesértico que produce un suelo semidesnudo, con plantas dispersas (tabaibas, cardones, ...), en función del régimen pluviométrico, la existencia y tipo de suelo, y la salinidad ambiental.

La recarga local a los acuíferos es agua salobre a causa de la intensa evaporación que sufre una precipitación escasa y que incorpora una importante aportación salina transportada por el viento desde la costa (Custodio, 1990). La salinidad del suelo limita las especies vegetales presentes y aumenta el aspecto árido, incluso en las zonas bajas costeras, donde hay descarga de agua subterránea y niveles freáticos someros, y suelen abundar los tarajes (tarayses), una planta de la familia del tamarix, que se agrupa en bosquetes o tarajales.

En profundidad pueden existir aguas subterráneas más salinas, bien sea por intrusión marina cuando se trata de materiales costeros permeables, o incluso por la existencia de agua marina relictas (de épocas pasadas) en un medio de baja permeabilidad y muy heterogéneo, como sucede en el macizo de Betancuria, en el centro de Fuerteventura (Herrera y Custodio, 2002).

En numerosas zonas altas, y también de forma más moderada en otras de menor elevación, la presencia del rocío nocturno (relente o relentada) puede tener cierta importancia para la vegetación, sobre todo la niebla condensante que se produce con frecuencia en ciertas zonas altas, de forma que la vegetación que favorece la interceptación de la niebla se mantiene gracias a la misma, como sucede en parte con los pinares y con el bosque de laurisilva, que es una asociación particular de especies vegetales relictas propias de Canarias. La generación de recursos de agua dulce superficiales o subterráneos atribuible a esta condensación no parece significativo, pero el efecto en la vegetación sí es importante.

Año	RECURSOS DE AGUA UTILIZADOS (hm ³ · año ⁻¹)			Total
	Subterráneos	Superficiales	No convencionales	
1973	459	25	7	491
1978	450	19	16	485
1986	411	20	21	452
1991	393	21	34	448
1993	386	21	37	444

Tabla 3: Distribución de los recursos hídricos aprovechados en el Archipiélago Canario. Fuente: Roque, 1997.

El incremento en la población y de la actividad económica llevada a cabo en Canarias en los últimos 150 años ha dado lugar a actuaciones de repercusiones profundas y cuyo efecto se prolongará en el tiempo. La demanda actual total de agua es del orden de 450 hm³/año (Roque, 1997) frente a una producción natural intrainsular de recursos de agua en épocas precedentes al cambio social que se estima groseramente que era del orden de 90 hm³/año, en su mayor parte concentrada en Gran Canaria, Tenerife y La Palma. Esta diferencia es la que permite decir que la economía canaria es en buena parte una economía con una notable base hídrica en condiciones de escasez. Comparando con la España peninsular, donde se puede disponer de 1100 m³/hab/año, Canarias sólo dispone de 300 m³/hab/año (Fernández Bethencourt, 2001).

Ámbito de Planificación	1967 (a)	1980 (b)	1993 (c)	1998 (d)	1998 (e)
Canarias	-	965	965	826	409
Total España	-	111.955	114.298	113.812	111.186

(a) PG (1967). Recursos Hidráulicos. II Plan de Desarrollo Económico y Social. Presidencia de Gobierno.

(b) MOPU (1980). El agua en España.. CEH. DGOH. También en Heras (1977).

(c) MOPTMA (1993b) Memoria del anteproyecto de Ley del PHN.

(d) 1998 Datos de los Planes Hidrológicos de cuenca.

(e) 1998 Datos de la evaluación realizada en el Libro Blanco del Agua.

Tabla 4: Estimación de aportaciones totales en régimen natural. Fuente: ECCE, 2005.

Tomando como referencia los cuadros del Libro Blanco del Agua, MMA 1998, pueden verse las extraordinarias diferencias entre las escorrentías de una y otra cuenca y la variabilidad de la aportación en el tiempo, con Canarias situada muy por debajo de la media de la España seca.

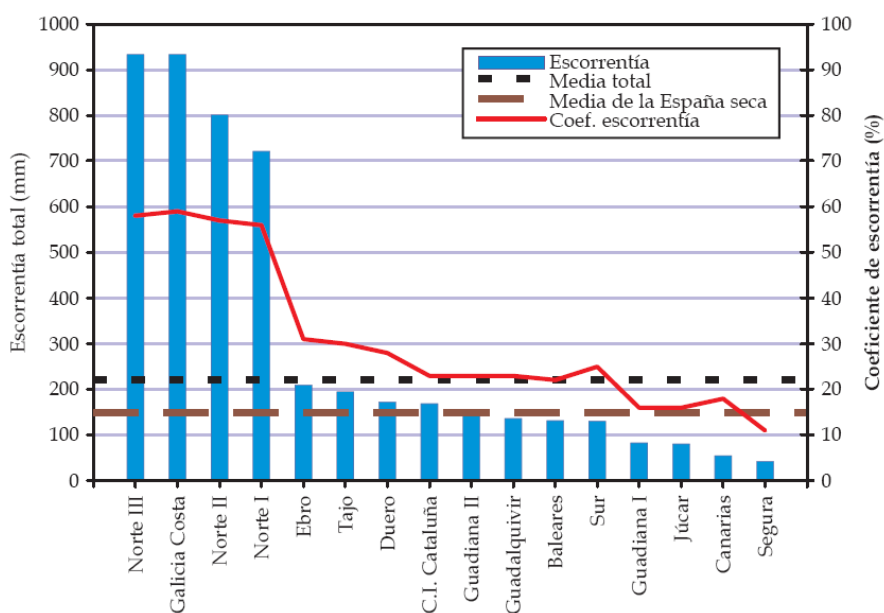


Figura 1: Escorrentías medias totales anuales (mm) y coeficientes de escorrentía en régimen natural en los diferentes ámbitos territoriales de los Planes Hidrológicos. Fuente: Libro Blanco del Agua. MMA 1998.

El consumo del 20% de los recursos hidráulicos renovables totales se considera como el límite de la sobreexplotación de un sistema (Falkenmark y Lindh 1976). Según este criterio, y tomando los aportes medios anuales como recursos totales, las cuencas de Canarias sobrepasan el límite de la sobreexplotación ya que los consumos suponen aproximadamente un 62 % de los aportes totales en el ámbito canario.

ámbito	aportes hm ³	consumo hm ³	relación %
Canarias	394	244	62
España	113.998	20.613	18

Tabla 5: Aportes y consumos anuales. Fuente: Libro Blanco del Agua en España, MMA (1998).

Efectos del cambio climático

Los recursos hídricos, propiamente dichos, entendidos como los volúmenes de agua capaces de dejar satisfechas las necesidades hídricas en cantidad y calidad en tiempo y en espacio, están a su vez condicionados por la explotación, la estructura temporal de la demanda, el sistema de recursos hidráulicos disponible (superficial y subterráneo) y las reglas operativas definidas para el sistema o reglas de gestión del sistema.

El cambio climático con aumento de temperatura y, en Canarias, disminución de la precipitación, causará una disminución de las aportaciones hídricas y un aumento de la demanda de los sistemas de regadío.

Diferentes instituciones y organismos han elaborado proyecciones de futuro relativas a la disponibilidad y variación de los recursos hídricos en las Islas Canarias.

Junto con una laboriosa y ordenada puesta al día de toda la información hidrometeorológica de la isla, el Consejo Insular de Aguas de Tenerife (C.I.A.Tfe.) ha venido desarrollando un modelo distribuido de simulación de hidrología de superficie (MHS) que a su vez es la entrada de un modelo de flujo subterráneo (MFS), como herramientas básicas para la evaluación y planificación de los recursos hídricos en la isla tinerfeña. Téngase en cuenta que aún hoy el 90 % de los mismos en Tenerife son de procedencia subterránea.

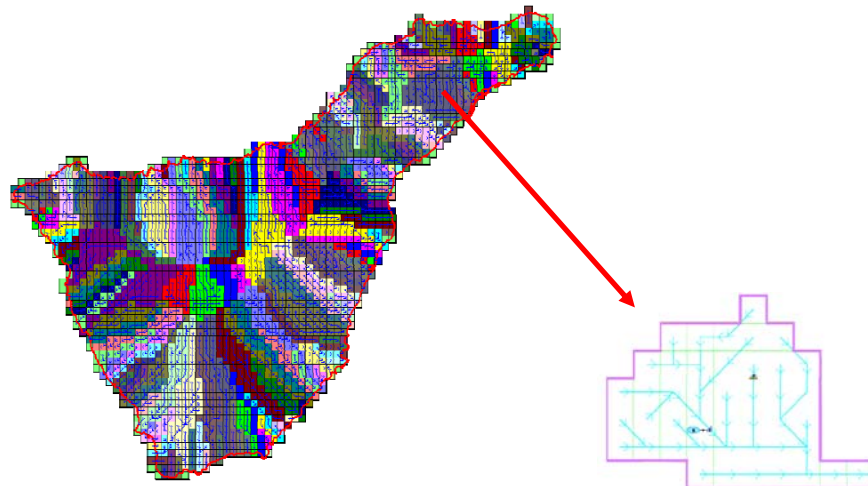


Figura 2: Discretización de la red hidrológica insular de Tenerife y detalle cuenca del barranco de Santos. Fuente: Braojos, JJ et al. 2006.

La modelización (MHS) sobre celdas de 1 km² lleva a la conclusión que la precipitación eficaz insular media, que mayoritariamente se traduce en la recarga natural del sistema subterráneo, ha descendido del orden de un 20% en los últimos 20 años.

Por otro lado, el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino en el año 2000 elaboró el denominado índice de consumo, que relaciona la demanda consuntiva con los recursos potenciales. Este índice da lugar al mapa de riesgo de escasez, que se muestra a continuación, y que podría entenderse como un buen indicador del grado de vulnerabilidad de los distintos

sistemas de explotación de recursos hídricos en España frente a las variaciones en los recursos hídricos. Los más vulnerables son aquellos clasificados como de escasez estructural, siguiéndoles en un menor grado los clasificados como de escasez coyuntural. Canarias aun presentando superávit, corre el riesgo de sufrir una escasez de carácter coyuntural, debido a que sus niveles de consumo se hallan relativamente próximos al recurso potencial. En tales condiciones, secuencias hidrológicas adversas podrían dar lugar a problemas de suministro por insuficiencia de recursos.

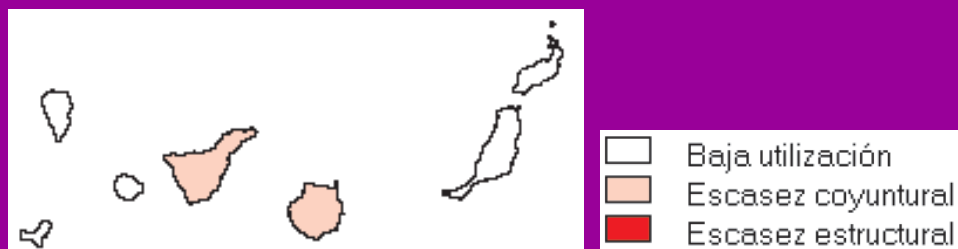


Figura 3: Mapa de riesgo de escasez en los sistemas de explotación en Canarias Fuente: MMA, 2000.

Según los resultados de los modelos distribuidos regionales⁵ elaborados por el antiguo Ministerio de Medio Ambiente (2000), la evolución más probable del clima español se sintetizó en los siguientes escenarios de precipitación y temperatura, considerados representativos bajo la hipótesis de duplicación de CO₂, prevista para el 2030:

- Escenario 1. Aumento de 1 °C en la temperatura media anual.
- Escenario 2. Disminución de un 5% en la precipitación media anual y aumento de 1 °C en la temperatura.
- Escenario 3. (escenario extremo poco probable) suponiendo una disminución del 15% de la precipitación media anual y un aumento extremo de 4 °C de la temperatura.

De este análisis realizado por el Ministerio en el año 2000 se puede concluir que las cuencas de Canarias son aquellas donde el impacto sobre los recursos hídricos se manifestará más severamente. Los escenarios climáticos 1 y 2 implican una disminución media de aportaciones hídricas en España, en régimen natural, entre un 5 % y un 14 %.

A su vez, según los resultados de los modelos distribuidos de simulación del ciclo hidrológico⁶, en los trabajos desarrollados por el CEDEX en su “Estudio sobre el impacto potencial del cambio climático en los recursos hídricos y demandas de riego en determinadas regiones de España” para el Ministerio de Medio Ambiente (MMA 1998), se utilizaron tres grupos de escenarios climáticos para las simulaciones hidrológicas:

- Análisis de sensibilidad a variaciones climáticas:
 - Escenario 1. Aumento de 1 °C en la temperatura media anual.
 - Escenario 2. Disminución de un 5% en la precipitación media anual y aumento de 1 °C en la temperatura.
- Escenarios climáticos generales. Provenientes de modelos de circulación general, modelo UKMO.

⁵ El impacto sobre la escorrentía media anual derivado de distintos escenarios climáticos se estimó en MMA (2000) mediante la aplicación de forma distribuida (celdas de 1 km x 1 km) de la ley regional de Budyko (1961), que relaciona la escorrentía (A) con la precipitación (P) y la evapotranspiración potencial (ETP). Esta ley ya había sido utilizada en un análisis experimental realizado en cuencas españolas de distintas características climáticas e hidrológicas (Estrela y otros 1995). Previamente a su aplicación, en MMA (2000) se contrastó la adecuación de esta ley a los datos observados en 130 puntos de control distribuidos por toda España.

⁶ Los modelos distribuidos de simulación del ciclo hidrológico, como el modelo SIMPA (Sistema Integrado para la Modelización de la Precipitación-Aportación) empleado en el Libro Blanco del Agua en España para la evaluación de recursos hídricos, establecen balances hídricos para los distintos procesos que tienen lugar desde el momento en que llueve hasta que el agua escurre superficial o subterráneamente, y estiman las aportaciones a partir de datos meteorológicos (precipitación, evapotranspiración potencial, etc.) y de las características físicas del territorio (vegetación, hidrogeología, edafología, etc.).

- Escenarios climáticos regionales. Resultados del modelo de clima regional PROMES, considerando aumentos en la temperatura y manteniendo la precipitación igual que la actual.

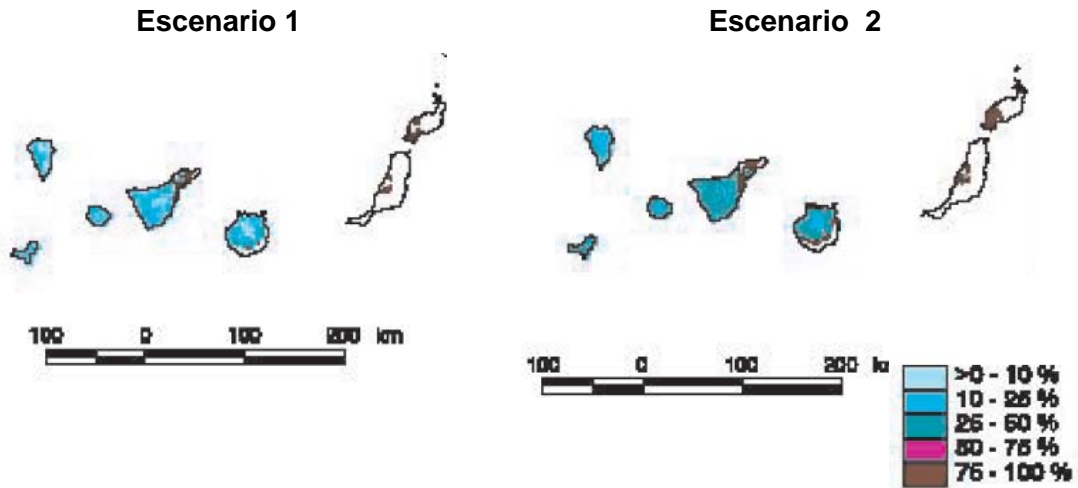


Figura 4: Mapa de disminución porcentual de la escorrentía para el escenario 1 y en el escenario 2. Fuente: ECCE.

Del análisis realizado se extrajeron, entre otras, las siguientes conclusiones:

- La España insular son las áreas donde el impacto sobre los recursos hídricos se manifestará más severamente.
- La disminución de la aportación total en el escenario 2 llegan hasta algo más de un 25 % para Canarias.

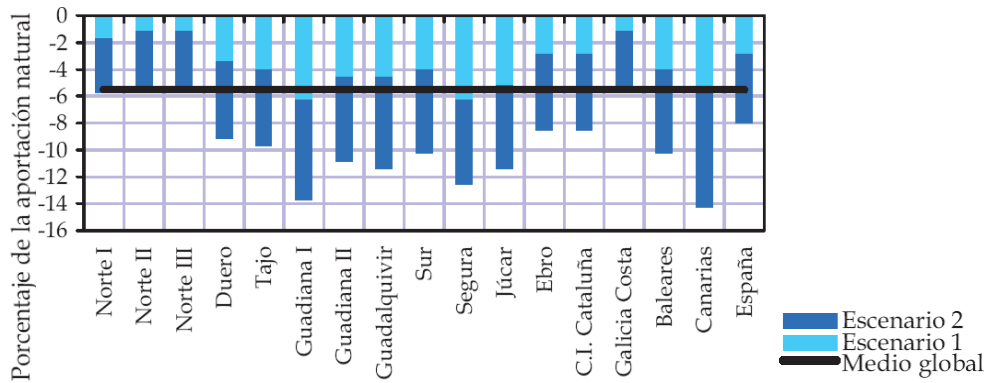


Figura 5: Porcentajes de disminución de la aportación total, para los escenarios climáticos considerados, en el largo plazo de la planificación hidrológica. Fuente: ECCE

Por último, según el documento técnico elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) en el año 2008 sobre cambio climático y agua, los resultados para los cambios proyectados en relación con el agua a finales del siglo XXI para un escenario intermedio como es el A1B se presentan en la Figura 6.

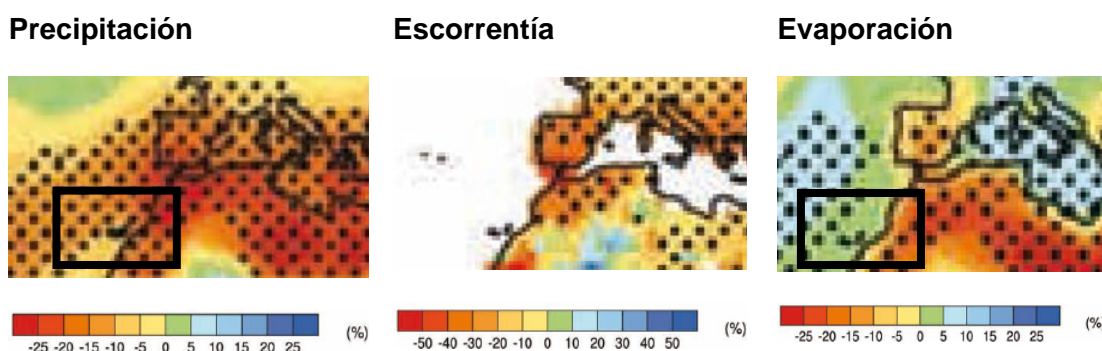


Figura 6: Variación del valor medio respecto de cambios en precipitación, escorrentía y evaporación para el período 2080-2099 en comparación con el período 1980-1999⁷ para el escenario A1B. Fuente: IPCC, 2008.

Se aprecia una reducción en la precipitación en Canarias de entre un 10 y un 15 % respecto al período de referencia 1980-1999 y aproximadamente de entre un 10 y un 20 % en la escorrentía. La evaporación aumenta en Canarias debido muy probablemente al incremento de la temperatura del mar.

Muchos de los sistemas de la Tierra que sostienen a las sociedades humanas son sensibles al clima y a los recursos hídricos y sufrirán los impactos debidos a cambios en ellos. Se puede esperar en el archipiélago canario impactos en la circulación de los océanos, el nivel del mar, el ciclo del agua, los ciclos del carbono y los nutrientes, la

⁷ Valor medio de un agregado de 15 modelos respecto de los cambios de (a) precipitación (%), (b) contenido de humedad del suelo (%), (c) escorrentía (%) y (d) evaporación. Para denotar la coherencia en cuanto al signo del cambio, se han indicado en trama sombreada aquel las regiones en que como mínimo un 80% de modelos concuerdan en el signo del cambio medio. Los cambios son valores medios anuales basados en el escenario A1B del IE-EE para el periodo 2080-2099, en comparación con 1980-1999. Los cambios de humedad del suelo y de escorrentía se indican mediante puntos terrestres con datos válidos obtenidos de 10 modelos como mínimo. Los puntos indican áreas en que la magnitud del valor medio del agregado multimodelos excede de la desviación típica entre modelos.

productividad de los ecosistemas naturales, la productividad de la agricultura, los bosques, el comportamiento, la abundancia y la supervivencia de especies de plantas y animales, etc.

Los cambios en estos sistemas en respuesta a la variación en los recursos hídricos afectarán al bienestar humano, tanto positiva como negativamente. Los impactos sobre el bienestar humano se sentirán a través de cambios en la oferta y en la demanda de agua, cambios en las oportunidades para utilizar el medio ambiente con fines de recreación y turismo distintos del consumo, cambios en el valor de la “no utilización” del medio ambiente hídrico como valor cultural y valor de preservación, cambios en la pérdida de bienes y vidas a causa de fenómenos hidrológicos extremos, y cambios en la salud humana. Los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos influirán en las perspectivas del desarrollo sostenible ya que como regla general las zonas más áridas se verán más afectadas por estos cambios.

11. RECURSOS EDÁFICOS

Situación actual.

Los territorios insulares se caracterizan por la presencia de ecosistemas y agrosistemas frágiles y singulares, en los que el suelo constituye un recurso estratégico tanto por las importantes funciones ambientales que realiza como—económicas, sociales y culturales. La Comisión de las Comunidades Europeas incorpora entre ellas *la producción de alimentos y demás biomasa; almacenaje, filtración y transformación de sustancias incluidas el agua, los nutrientes y el carbono; hábitat y reserva genética; fuente de materia prima, además de ser la base de las actividades humanas y elemento del paisaje y del patrimonio cultural*. Se trata de un recurso natural no renovable a escala humana, por lo que su conservación es un factor crítico para garantizar las funciones antes citadas.

En el Archipiélago Canario, dada la gran variedad de factores formadores de suelo, clima, vegetación, topografía, edad y naturaleza de los materiales, existe una gran diversidad edáfica. De hecho están representados nueve de los doce órdenes de suelos que se han definido en el mundo según la Soil Taxonomy (Tejedor *et al.*, 2007), Andisoles, Vertisoles, Aridisoles, Ultisoles, Mollisoles, Alfisoles, Inceptisoles, Entisoles, y algún Oxisol. Es suficiente con cambiar de altitud o de orientación para encontrar un suelo distinto, mientras en una zona continental sería necesario recorrer cientos de kilómetros.



Inagua (foto: J. Martínez)

Son variados los procesos de degradación y amenazas a que se ven sometidos los suelos. Los más frecuentes en Canarias son: erosión hídrica y eólica, salinización y sodificación, pérdida de materia orgánica, deterioro de las características físicas, sellado, compactación, etc. (Rodríguez *et al.*, 1998). En las zonas áridas y semiáridas de las islas la desertificación, que conduce a la reducción o pérdida de la productividad biológica, es uno de los problemas medioambientales y socioeconómicos más graves. Si bien muchos de estos procesos tienen un origen natural su intensidad se puede incrementar por la actividad humana.

Los principales factores naturales son:

- **Clima.** Lluvias escasas y erosivas junto a valores elevados de evapotranspiración y vientos constantes y de elevada velocidad que favorecen los procesos de erosión hídrica y eólica además de la salinización progresiva de los suelos
- **Topografía.** Las elevadas pendientes existentes en algunas islas favorecen los procesos erosivos
- **Edáficos.** Las características del horizonte superficial del suelo condiciona la susceptibilidad a la erosión, es decir su erosionabilidad, factor que va a depender entre otros del contenido en materia orgánica, distribución de agregados, textura, estabilidad estructural, etc.

Entre los factores antrópicos en las islas se pueden destacar:

- **Crisis de la agricultura tradicional** (arenados, jabales, gavias, terrazas) con el consiguiente abandono de tierras y deterioro del suelo.
- **Uso abusivo e indiscriminado de agroquímicos**, principalmente de fertilizantes inorgánicos y fitosanitarios, favoreciendo la degradación del suelo y la contaminación de las aguas.
- **Manejo inadecuado del riego**, generalmente con aguas de baja calidad, y sistemas de riego localizado que favorecen los procesos de salinización-sodificación del suelo
- **Cambios de uso del suelo**, las modificaciones de la cubierta vegetal e incluso de las características de la superficie del

suelo (despedregado, arado, etc.) pueden inducir a variaciones sustanciales del comportamiento hidrológico de los suelos, con una disminución drástica de la velocidad de infiltración, con el consiguiente aumento de la escorrentía y erosión.

- **Explotación insostenible de los recursos hídricos.** Los planes hidrológicos de las islas reflejan que existe en general una sobreexplotación de los acuíferos. El uso de recursos no convencionales está contribuyendo a disminuir esta sobreexplotación, si bien es necesario su control para evitar otros problemas de degradación que ya están surgiendo en algunas islas.
- **Pérdida de masa forestal por talas indiscriminadas o incendios forestales.** Suponen modificaciones importantes de las características de la capa superficial del suelo y de su comportamiento hídrico, favoreciéndose los procesos erosivos.
- **Sobrepastoreo**, el pisoteo continuo del ganado provoca una destrucción de la estructura superficial del suelo y facilita la exposición de las partículas a los agentes erosivos.
- **Utilización inapropiada del suelo.** Es frecuente el uso de suelos con alta capacidad agrícola, y fertilidad natural elevada, para la construcción de infraestructuras públicas, viarias, recreativas, etc.

Impactos del cambio climático.

Los suelos son buenos indicadores del cambio climático teniendo en cuenta el largo periodo de tiempo que tardan en formarse, a través del cual pueden haberse producido cambios ambientales.

Buenos ejemplos de ello existen en Canarias. En Fuerteventura y en Lanzarote, en las condiciones climáticas actuales de gran aridez, los procesos de formación de suelos o no existen, o son extremadamente lentos, sin embargo en zonas protegidas de la erosión se encuentran suelos muy evolucionados. Suelos con horizontes formados a partir del lavado de capas superiores, con elevado contenido de fracción arcilla, que evidentemente se han formado en unas condiciones climáticas de mayor humedad que las actuales. Corresponden a paleosuelos testigos de las fluctuaciones ambientales a lo largo del Cuaternario. En estas islas se pueden observar en un mismo corte superposiciones de suelos correspondientes a periodos distintos, cuyo estudio permite emitir hipótesis sobre la evolución climática en las islas (Fernández et al., 1987; Tejedor et al., 1985).

El suelo juega un papel no despreciable en el cambio climático ya que puede actuar emitiendo o secuestrando carbono. No hay que olvidar que el suelo constituye uno de los reservorios de carbono más importantes del planeta acumulando a nivel global 2,3 billones de toneladas métricas frente a, por ejemplo, los 38 billones de toneladas métricas que acumulan los océanos (LAL, 2001). En este sentido se están llevando

actualmente a cabo en Canarias estudios⁸ sobre la dinámica del carbono en diferentes tipos de suelo de cara a estimar la capacidad de almacenamiento de los mismos.

En general el balance del suelo suele ser positivo, si está bien conservado. La emisión de gases se produce a través de la respiración de los microorganismos y las raíces y, en menor medida, de la descomposición y biodegradación de la biomasa.

El suelo almacena carbono, tanto bajo forma orgánica como inorgánica. El carbono orgánico se encuentra en la materia orgánica del suelo. La mayor parte del carbono inorgánico se localiza bajo forma de carbonato cálcico, calcita, que puede tener orígenes distintos. Los suelos de Fuerteventura, Lanzarote, y de las zonas áridas del resto de las islas, tienen una amplísima representación de carbonatos en formas variables y han sido sumideros de carbono. La liberación a la atmósfera del carbono acumulado bajo esta forma no es previsible que se produzca a corto plazo, pues tendrían previamente que disolverse los

⁸ Por ejemplo:

Arbelo, C et al. "Caracterización en entorno SIG de los suelos del P. Nacional del Teide"; Proyectos de investigación en parques nacionales 2005-2008; Organismo Autónomo de Parques Nacionales, 2009

Arbelo, C et al "Influencia de factores bióticos y abióticos en las emisiones de CO₂ en Andosoles forestales de las Islas Canarias (España)"; Tendencias Actuales de la Ciencia del Suelo, 2007

carbonatos, para lo que es necesario agua. Se trata por tanto de un carbono muy estable en el tiempo.

Los impactos del cambio climático, mayor aridez y desertificación, afectarán en consecuencia más a la forma orgánica de carbono que a la inorgánica. El aumento de temperatura al actuar sobre los microorganismos y las reacciones químicas incidirá en una mayor tasa de descomposición, si bien la aridificación climática no favorece este proceso.

La materia orgánica juega un papel muy importante en la estabilidad del suelo, en su conservación, fertilidad y productividad. Así actúa como:

- como fuente de macronutrientes, especialmente N y P.
- substrato de la actividad microbiana del suelo.
- el carbono orgánico humificado contribuye en gran medida a la capacidad de retención de nutrientes y sustancias contaminantes (capacidad de intercambio catiónico y aniónico).
- las sustancias húmicas de menor peso molecular (ácidos fúlvicos) mejoran la solubilidad de algunos micronutrientes esenciales así como de metales tóxicos.
- es un factor crítico en la estructuración del suelo y su estabilidad y, en consecuencia, de las propiedades físicas que se derivan: capacidad de infiltración de agua, capacidad de retención de agua útil para las plantas, aireación, compactación, erosionabilidad.



Suelo bosque húmedo

(foto: J. Martínez)

Otro proceso que se verá probablemente afectado por el cambio climático es la salinización y sodificación del suelo. Las proyecciones de aumento de la evapotranspiración y de la sequía comportarán una mayor acumulación de sales en la solución, y sodio en el complejo de cambio, que puede afectar a la zona de enraizamiento del suelo en las zonas áridas y semiáridas aumentando su fragilidad.

Los usos de las tierras probablemente van a cambiar como consecuencia del cambio climático, abriendo oportunidades a nuevos cultivos y variedades adaptados a las nuevas condiciones, incluyendo también los correspondientes cambios en las prácticas agronómicas.

Canarias, es una de las regiones de la Unión Europea con mayor riesgo de desertificación (Convenio de las

Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación, Anexo IV). Una de las primeras estimaciones de la incidencia de la erosión hídrica en las islas llevada a cabo por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial del Gobierno de Canarias, indicaba que aproximadamente un 43,4 % de la superficie insular (329.000 hectáreas)

estaba afectada por procesos severos de erosión, con pérdidas superiores a las 12 toneladas por hectárea y año (1,2 mm de suelo fértil). Los cambios predichos sobre un aumento de los eventos climáticos extremos en España (Millán et al 2004, en prensa) redundarían en un agravamiento del riesgo de erosión.

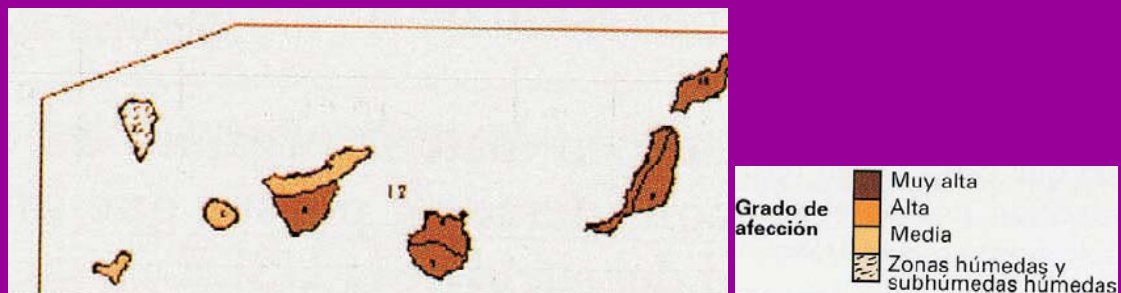


Figura 1: Mapa de subcuencas afectadas por la desertificación en Canarias. Borrador del trabajo del PAND, marzo 2001. Fuente: ICONA-MAPA, modificada ECCE.

Concretamente, perturbaciones accidentales como son los incendios forestales, que con alta probabilidad se deberían incrementar como consecuencia del cambio climático (Piñol *et al.* 1998), pueden llegar a producir pérdidas en el contenido en carbono orgánico del suelo que pueden oscilar, según la intensidad del incendio, de valores inferiores al 5% cuando las temperaturas son menores de 170 °C, a superiores al 90% cuando estas son superiores a los 450 °C (Soto *et al.* 1991) en los cm más superficiales del suelo.

Durante los incendios se producen modificaciones en la dinámica de los materiales orgánicos que conducen a la creación de formas más resistentes a la degradación y por ello a procesos de

secuestro de carbono en la geosfera (González-Vila y Almendros 2003; González-Pérez *et al.* 2004). Este efecto puede ser de especial relevancia en regiones donde los incendios forestales y de vegetación son un fenómeno recurrente. Como consecuencia de las altas temperaturas generadas por el incendio, en ocasiones se crea en las capas superficial o subsuperficial del suelo zonas de hidrofobia que dificultan la infiltración de agua con los consiguientes efectos negativos sobre la escorrentía superficial (que se ve incrementada de forma sustancial hasta valores superiores al 20% de la precipitación, Soto y Díaz-Fierros 1998) y el contenido en agua del suelo.

En relación con los incendios se están llevando a cabo en Canarias diferentes estudios. Entre los principales resultados del proyecto “Impacto de los incendios en las propiedades hídricas de los suelos” (Dpto. Edafología y Geología), donde se comparan suelos afectados por el incendio de 2007 en la isla de Tenerife con suelos cercanos sin dañar, destacan:

- Las propiedades físicas y químicas del suelo, tras el incendio, sufrieron modificaciones que afectaron muy directamente a sus características hidrológicas favoreciendo procesos generadores de erosión hídrica.
- La combustión de la materia orgánica llevó a su mineralización y a la formación de una capa de cenizas, con repercusiones importantes. La reducción de la materia orgánica llevó aparejada una disminución del porcentaje de agregados y, en consecuencia, una pérdida de la estabilidad de los horizontes superiores del suelo, y aumento de la escorrentía.
- La capacidad de retención de agua del suelo se vio también afectada, consecuencia por una parte de la disminución de la materia orgánica, y por otra por el carácter irreversible de las alofanos (constituyentes minerales característicos de los andisoles) frente a la desecación.
- .
- Respecto a las características de las cenizas que se formaron cabe destacar su alta capacidad de retención de agua, muy superior a la del suelo, hidrofobicidad de la fracción superior a 5 mm, a diferencia de la inferior a este tamaño que fue hidrófila en todos los casos. Los ensayos de desorción pusieron de manifiesto: la liberación de cationes básicos, especialmente calcio y magnesio, si bien en algunos casos fue el sodio el que predominó, situación que se vio acompañada por valores más altos de pH. Se formaron óxidos y carbonatos. La liberación de nutrientes puede significar un aumento inicial de la fertilidad del suelo después del incendio. Si bien esto puede ser positivo, hay que analizar con más detalle los datos elevados de nitratos que se formaron, que pueden ser preocupantes, encontrados tanto bajo vegetación natural como en zonas de cultivo. Los nitratos son aniones muy solubles, que pueden fácilmente mobilizarse a través del suelo, al igual que otras sales sódicas que se formaron. Estos niveles pueden plantear un cierto riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, circunstancia que se ve favorecida por la alta permeabilidad de los suelos predominantes en la zona



Figura 2: Mapa de estados erosivos de Canarias con las estimaciones de pérdida de suelos. Borrador del trabajo del PAND, marzo 2001. Fuente: ICONA-MAPA, modificada ECCE.

Otras perturbaciones que pueden afectar a los suelos son los eventos climáticos extremos. Bajo el cambio climático es previsible una disminución de la precipitación media, así como un aumento de la frecuencia de los eventos extremos. Ello puede provocar un incremento peligroso de la erosión del suelo en amplias zonas del país y ser crítico en áreas donde la acumulación de procesos históricos de erosión ha derivado en suelos muy poco profundos.

A modo de ejemplo de cómo pueden verse los suelos afectados por los fenómenos climáticos extremos podemos abordar el caso del pinar de Cuadras de San Benito y los daños que produjo en el mismo la tormenta tropical Delta. El pinar de las Cuadras de Don Benito, con una superficie aproximada de 83,5 ha, representa la mayor plantación de *Pinus radiata* existente en el macizo de Anaga. Los daños causados por los vientos de la tormenta Delta en Las Cuadras de Don Benito trascienden de los padecidos estrictamente por la cubierta vegetal.

Los más evidentes fueron los causados por los embates directos del viento sobre la cubierta vegetal. Los destrozos de esta clase sobre los árboles, materializados por desarraigos, roturas de troncos o simples abatimientos, se dieron allí donde los vientos incidieron con mayor virulencia, donde la energía eólica liberada sobre los aparatos subaéreos de las plantas fue máxima.

Las clareas ocasionadas por los vientos han acrecentado la susceptibilidad de los suelos a la erosión. Este aumento tiene que ver tanto con la disminución de la tasa de interceptación pluviométrica y el consiguiente incremento de la erosión pluvial, como con la pérdida de consistencia del suelo por la inestabilidad del entramado mecánico que le proporcionaban las raíces. El desencadenamiento de estos procesos en unas vertientes pronunciadas ha potenciado la eficacia de los mecanismos de la dinámica morfogenéticas que se ha puesto de manifiesto por el desarrollo de fenómenos de deslizamiento y acaravamiento.

12. SECTOR FORESTAL

Situación actual.

La producción de madera en el archipiélago, según los datos más actualizados que facilita el Instituto Canario de Estadística, se estima en 20.980 m³ (2002). Teniendo en cuenta que la superficie arbolada tiene una extensión de 134.090,81 ha, resulta una productividad de 0,16 m³/ha arbolada.

A parte de una serie de bienes y servicios que los montes proporcionan a la sociedad como son los productos de interés comercial (frutos, resina, corcho, caza, etc) y la producción maderera, los bosques proporcionan otra serie de beneficios que no resultan tan evidentes.

Los terrenos forestales, especialmente los arbolados, actúan como elementos fijadores del CO₂, principal gas que contribuye al efecto invernadero y al calentamiento global del planeta. La fijación de CO₂ en los bosques y en los productos forestales derivados constituye un elemento fundamental del ciclo del carbono. Por otra parte es conocido que la erosión hídrica es el principal agente de desertificación en España. La erosión hídrica provoca la pérdida de suelos fértiles en zonas donde son necesarios para el mantenimiento del potencial biológico del territorio, y la posterior acumulación de estos materiales en otras áreas, con consecuencias muchas veces catastróficas (inundaciones, avenidas...). De entre las posibles cubiertas del territorio, las formaciones arboladas forestales son las que ejercen la función protectora con mayor eficacia, favoreciendo la regulación y calidad del agua, la prevención de

inundaciones y alargando la vida de los embalses.

También los bosques constituyen un elemento del territorio esencial en la conservación de la biodiversidad. Por último Los terrenos forestales constituyen un elemento básico del paisaje, así como una zona de esparcimiento y expansión de la población. La gestión de los montes españoles incluye entre sus objetivos el disfrute controlado y racional de los mismos, compatible con los aprovechamientos tradicionales. Una de las herramientas básicas en el cumplimiento de estos objetivos ha sido la creación y mantenimiento de zonas de concentración (áreas recreativas, áreas de acampada y refugios) y de centros de interpretación y aulas de la naturaleza, instalaciones que facilitan el acercamiento, comprensión e integración del ciudadano en el medio forestal.

Con un total de 563.644 ha, la superficie forestal en Canarias ocupa el 75,69% de la superficie total regional.

Es Tenerife la isla que más superficie arbolada posee con 48.700 ha incluyendo las repoblaciones, aunque en proporción a la superficie insular, resulta ser La Palma, con 34.200 ha arboladas, la isla que mayor porcentaje presenta, seguida por la isla de La Gomera con 11.900 ha arboladas.

El Hierro, con 6.800 ha arboladas, es la isla con menor superficie forestal arbolada, aunque en proporción a la superficie insular, resulta ser Fuerteventura la isla con mayor grado de deforestación. Si tenemos en cuenta

la variedad de ecosistemas aparece Gran Canaria, con 16.500 ha arboladas como la isla peor representada en su conjunto.

En relación a las especies arbóreas más abundantes en el archipiélago, el pino canario (*Pinus canariensis*) es la más abundante de Canarias. Más de la mitad de todos los árboles que actualmente crecen en las islas, tanto nativos como introducidos, pertenecen a esta especie endémica de Canarias. Hay grandes bosques de pino canario en las cumbres de Tenerife, La Palma, El Hierro y Gran Canaria. En el caso de La Palma hay 23.600 hectáreas de pino. En la Gomera su presencia es puntual, y los ejemplares que crecen en Lanzarote y Fuerteventura son todos cultivados. Los pinares, incluyendo los de repoblación, cubren actualmente unas 70.000 hectáreas, casi el 60 % de toda la superficie forestal de Canarias (120.000 hectáreas)⁹.

Tenerife mantiene un alto porcentaje de pinar canario, con casi un 60% (27.100 ha) de su superficie potencial, si bien algo menos de la mitad es de repoblación pura (10.000 ha) y un 25% más resulta recuperable.

El Hierro mantiene un 57 % (2.600 ha) de la superficie potencial de pinar canario, si bien con un bajo grado de repoblación pura (500 ha), y un 30% más resulta recuperable.

⁹ PLAN Forestal de Canarias [publicación en línea]. Islas Canarias: Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, 2002 [redactado en 1999]. www.gobcan.es/medioambiente/biodiversidad/planforestal/index.html.



Zona boscosa (foto: J. Martínez)

Gran Canaria mantiene un 30% (12.500 ha) sobre la superficie potencial del pinar canario, si bien una tercera parte es de repoblación pura (3.500 ha), y un 50% más es susceptible de recuperación.

En la actualidad muchas plantaciones de pino canario de los montes de nuestras islas (pero también de pino insigne allí donde se dan), poseen una estructura claramente artificial, extremadamente homogénea, con individuos coetáneos del mismo tamaño, perfectamente alineados, carentes de una estructura adecuada de edades, en donde prácticamente no existe sotobosque, y cuando lo hay es muy pobre en especies. Sin embargo, tal vez su característica más importante sea que son manchas que carecen de regeneración funcional, es decir, o bien no hay plántulas, o cuando las hay mueren antes de alcanzar tamaños que les permitan ser consideradas como

futuros integrantes de la bóveda del bosque.

El monteverde conforma la segunda especie arbórea más abundante. El monteverde tinerfeño conserva actualmente un 33% de su potencial, teniendo en cuenta sus transiciones con el pinar, mientras que un 20% más puede ser recuperable. Gran Canaria no conserva siquiera un 1 % de su superficie original de monteverde, aunque teniendo en cuenta superficies de transición llega al 3%, mientras que la superficie susceptible de recuperación es del orden del 45%. El monteverde de La Gomera y La Palma ocupan una extensión de 6.500 hectáreas y 10.200 hectáreas respectivamente.

El ecosistema silvico peor representado en Canarias es el bosque termófilo, sobre todo al tener en cuenta las dos islas centrales, donde la superficie actual bien conservada no

llega al 1% en ninguna de las dos. A la par son los ecosistemas silvicos con mayor ocupación humana, resultando el porcentaje susceptible de recuperación en Tenerife del orden del 40% y en Gran Canaria del orden del 50%. Las mejores formaciones de bosque termófilo son las de La Gomera (3.800 ha) y El Hierro (1.100 ha).

Las islas de Lanzarote y Fuerteventura cuentan con una amplia superficie infrasilvica con alto grado de erosión.

Las Islas Canarias están llevando a cabo una política de reforestación eficiente. Todas las CCAA españolas en general han incrementado su superficie forestal, destacando entre todas ellas la Comunidad Autónoma de Canarias con un aumento del 16% en el Tercer Inventario Forestal Nacional con respecto al Segundo Inventario.

Impactos previsibles.

El impacto previsible del cambio climático tiene una especial incidencia en los ecosistemas forestales, tanto directamente como a través de los diversos elementos que forman este universo, y entre ellos las plagas y enfermedades pueden llegar a jugar un papel relevante en la fragmentación de áreas forestales, la disminución del número de especies y la simplificación de la biodiversidad inherente a estos espacios, coadyuvando en casos extremos a la desaparición de la vegetación. Cambio, simplificación y riesgo de desaparición son

consecuencias previsibles a corto y medio plazo por lo que las reforestaciones, repoblaciones e introducción de nuevas especies deberán tener en cuenta los elementos antes citados.

La presencia de plagas y enfermedades forestales está indisolublemente asociada a los ecosistemas forestales. Como un elemento más de la red trófica contribuye, actuando de forma endémica o epidémica, al

rejuvenecimiento y a la dinámica de la vegetación existente.

Puntualmente, son elementos clave en la sucesión de formaciones vegetales y pueden ser utilizadas como un indicador de la variabilidad climática: la poiquilothermia inherente a la mayoría de los artrópodos los convierte en bioindicadores del clima y sus variaciones.

El incremento de las temperaturas, y el consiguiente alargamiento de condiciones óptimas para el desarrollo de plagas y enfermedades, tienen como consecuencia un mayor y más duradero impacto sobre la vegetación de la que se alimentan ya que el mayor estrés hídrico o térmico al que se ven sometidos afecta a las capacidades de los bosques en cuanto a la resistencia ante un ataque.

Otro de los grandes peligros lo constituyen las plagas y enfermedades exógenas al medio, los denominados *alien species* u organismos de cuarentena. La combinación de la introducción de estas especies, fruto indeseado del comercio internacional, frente a unos hospedantes desprovistos de mecanismos de atenuación del impacto o adaptación, y una climatología óptima para el desarrollo del nuevo patógeno, tiene como consecuencia el desarrollo exponencial de daños ante los cuales la vegetación no tiene apenas defensa.

También puede verse afectada la renovación foliar, que se puede representar por la vida media de las hojas, está muy ligada a la temperatura (Aussenac y Vallette 1982, Mohren y Kramer 1997). Se ha observado, en el caso de árboles de hoja perenne, como

es el caso de los pinos, cómo un aumento de la temperatura puede acelerar su dinámica foliar disminuyendo la duración de las hojas en las copas, lo que se incrementa aún más en el caso de condiciones de sequía.

Un elemento que también puede verse modificado por el aumento de la sequía en los ambientes de tipo mediterráneo, predicho por los modelos de cambio climático, es el aumento del consumo de carbohidratos de reserva lo cual incrementaría a su vez la vulnerabilidad de muchas especies forestales a los episodios adversos (Aussenac y Granier 1988, Ball *et al.* 1987, Brix y Mitchell 1986, Jarvis 1998).

Las poblaciones con su límite meridional en las partes altas de los sistemas montañosos serán las más afectadas. En particular si coexisten con especies más termófilas, o si son poseedoras de una variabilidad genética reducida. En general las denominadas procedencias de área restringida, recogidas por Martín *et al.* (1998), tanto por situarse fuera del área principal de distribución, como por los problemas derivados de la deriva genética, o de su susceptibilidad a perturbaciones naturales o debidos a la intervención humana, son más vulnerables. Las amenazas serán determinantes si van ligadas a cambios del régimen de precipitaciones.

La formación orográfica de nubes durante la estación seca es de vital importancia para la distribución altitudinal de la laurisilva ya que mantiene unas condiciones ambientales semi húmedas que permiten su permanencia. Estas condiciones medioambientales

particulares en conjunción con la localización de las Islas Canarias en el límite más al norte de la Circulación de Hadley hace que estos ecosistemas sean altamente sensibles a cambios regionales en las condiciones climáticas.

Se ha constatado en los últimos 30 años durante la estación seca un incremento significativo en la humedad relativa y una reducción en el rango de temperaturas diurnas en Tenerife a altitudes por debajo de la inversión de los alisios, lo cual sugiere un incremento de la ocurrencia de nubes a baja altura. También hay una evidencia parcial de una tendencia de reducción de humedad a lo largo de la inversión de los alisios, lo cual puede estar unido a un incremento en la subsidencia. Los modelos sugieren un cambio hacia cotas más bajas del área climática adecuada para los bosques de laurisilva, los cuales podrían ser debidos a futuros cambios en las temperaturas y la aportación de humedad en la región así como por cambios a gran escala en la circulación atmosférica.

Otra de las amenazas a las masas forestales son los incendios. El previsible aumento de las temperaturas y disminución de las precipitaciones favorecerán las condiciones necesarias para su creación y su posterior desarrollo.

En función de la extensión de las islas y de su superficie forestal, se puede hablar, en el caso de Canarias, de gran incendio aquellos que estén por encima de las 50 hectáreas de superficie total calcinada. Mensualmente los incendios se concentran entre junio y septiembre, con un máximo claro en agosto con 10

días de media anual. Sin embargo, el número de días se reduce, puesto que en algunas fechas se concentran varios siniestros, en especial en el mes de agosto. En éste, el promedio de días con uno o más incendios es de 7.



Pino canario quemado

(foto: J. Martínez)

Los incendios muestran una estrecha relación con la situación atmosférica y son las invasiones de aire sahariano las principales responsables del desarrollo del fuego en Canarias, provocando un incremento tanto en el número de fuegos como, sobre todo, en sus velocidades de propagación. El dato más significativo al respecto es que las fechas con este tipo de tiempo, que suponen un 14% de los días del año, arde casi el 94% de la superficie total quemada.

Los elementos del clima que determinan la propagación del fuego son la temperatura, la humedad relativa y el viento. Los dos primeros señalan el grado de humedad de la vegetación, de manera que los altos valores termométricos, superiores a los 30 °C y los bajos niveles higrométricos, por debajo del 20 %, favorecen el rápido desarrollo de las llamas (Panareda y Arola, 1999:24). Estos registros termohigrométricos extremos a altitudes en las que se encuentra el bosque de *Pinus canariensis* sólo son alcanzados durante las invasiones de aire sahariano. El viento, tiene varios efectos; en primer lugar, renueva el oxígeno necesario para la combustión; velocidades de más de 20 km/h son suficientes para garantizar la renovación del aire y del oxígeno que reactiva permanentemente el fuego (Panareda y Arola, 1999, 12); en segundo lugar condiciona la velocidad y dirección de avance del incendio y puede llegar a crear focos secundarios; en tercer lugar, también habría que considerar las corrientes de aire que crea el propio incendio, de manera que las diferencias térmicas como consecuencia del calor provocado por la combustión pueden producir vientos superiores a los 100 km/h, y afectar de manera importante a la dinámica del incendio aumentando la energía interna y la propagación al

facilitar el origen de nuevos focos secundarios debido a las corrientes de convección (Panareda y Arola 1999:25); en cuarto lugar, el viento también contribuye a la desecación de la vegetación y, por último, su velocidad favorece que el fuego salve obstáculos que sería imposible de superar con calmas.



Torre de vigilancia contra incendios

(J. Martínez)

Un posible incremento futuro en los días en que se dan invasiones de aire sahariano supondría un incremento sustancial en el riesgo de grandes incendios.

13. SECTOR AGRARIO

Situación actual.

El 68% del territorio regional canario se encuentra por debajo de los 600 m de altitud, no obstante, es importante señalar que el 21% se sitúa por encima de los 1.000m encontrando importantes limitaciones en términos de duración de los ciclos productivos y posibilidades de diversificación de la producción.

Aunque la aportación del sector agrario al conjunto de la economía canaria, en términos de Valor Añadido Bruto (VAB) es relativamente baja cabe destacar que el sector agrario juega un papel fundamental, tanto en términos de conservación del medio y del entorno natural, como en el ámbito económico y sociocultural, en el medio rural canario, que ocupa gran parte del territorio regional. Se destaca la importancia del empleo agrario en el ámbito rural, donde en muchos casos, la agricultura y ganadería son las principales actividades económicas existentes.

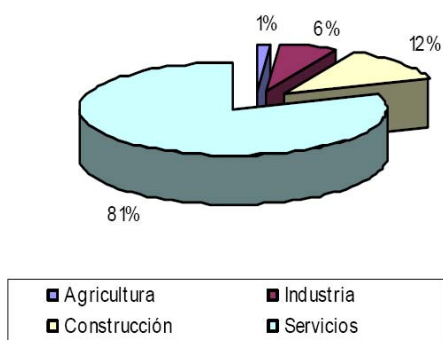


Figura1 : Valor Añadido Bruto en Canarias año 2005. Fuente: Contabilidad Regional. Instituto Nacional de Estadística.

Canarias está clasificada como una Región Intermedia o Significativamente Rural, según el Plan Estratégico Nacional de Desarrollo Rural (PENDR), ya que el 16,44% de su población vive en municipios rurales (menos de 150 habitantes/km²) que ocupan el 67,07 % del territorio total de la región.

La agricultura canaria presenta un marcado carácter dual, destacando su orientación hacia el mercado interior dominante en las zonas de medianías, sin olvidar la producción especializada dedicada a la exportación, exigente en mano de obra, que le confieren al sector un marcado carácter social.

La actividad agrícola se concentra en pequeñas explotaciones de menos de 5 hectáreas que suponen prácticamente el 85% del número total existente. No obstante, la Superficie Agrícola Utilizada (SAU) se concentra en grandes explotaciones de más de 50 hectáreas que supusieron el 46,30 % de la SAU total en el 2003, y el 32,11 % en el 2005.

Las particulares características climáticas de las islas han favorecido la especialización de la agricultura hacia la producción de frutas tropicales y hortalizas fuera de estación. Así, las producciones de plátano y tomate constituyen los dos productos básicos de la agricultura canaria. El plátano es la principal producción agraria de Canarias, constituyendo en el año 2005 casi el 25% del valor bruto de la producción agraria, a precios de mercado.

Producciones agrarias de Canarias. Año 2005		
	Valor (Millones de €)	Porcentaje sobre el total
Subsector Agrícola	596,8	76,64
Plátano	192,0	24,65
Tomate	112,5	14,44
Papas	30,4	3,91
Ornamentales y flores	65,0	8,34
Frutas	49,6	6,37
Viñedo(*)	32,1	4,12
Otros	115,2	14,79
Subsector Ganadero	181,9	23,36

Tabla 1: Producciones agrarias de Canarias (2005) Fuente: Programa de Desarrollo Rural de Canarias. Feader 2007-2013.

Por otra parte, dada su climatología y la topología de sus cultivos, Canarias es una de las Comunidades Autónomas de España con mayor dependencia del regadío. El 53% de la superficie cultivada se riega y en islas como Tenerife, Gran Canaria y La Palma, este porcentaje supera el 65%. Debido a las características geológicas y accidentada topografía, hace que el aprovechamiento de recursos hídricos superficiales regulados apenas suponga el 4% del total del consumo de agua. Esta circunstancia determina que el suministro de agua proceda fundamentalmente de la explotación de los acuíferos subterráneos mediante pozos y galerías.

La parte más importante de la demanda de recursos hídricos sigue siendo la agricultura de regadío, por lo que las zonas en las que se centra la producción hortofrutícola son zonas de riesgo ya que puede haber disminuido la calidad del agua de riego por intrusión de agua marina en los

acuíferos y por contaminación por nitratos.



Viticultura canaria. (foto: J. Martínez)

También hay que considerar los diferentes organismos nocivos que han provocado sucesivos impactos negativos en la ya de por sí frágil economía agraria Canaria. Plagas como el Picudo de la Platanera (*Cosmopolites sordidus*), la Polilla Guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*), La Podredumbre Parda de la papa (*Ralstonia solanacearum*), el Chancro Bacteriano del tomate (*Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*). Virus de diferentes cultivos hortícolas como el del Bronceado del Tomate (TSWV), el de la Cuchara en tomate (TYLCV) y más recientemente el del Mosaico del Pepino Dulce en tomate (PepMV), entre otros organismos, de mayor o menor importancia, se han instalado en nuestros cultivos provocando graves pérdidas económicas en los subsectores afectados.

Más recientemente, con la introducción del Picudo Rojo de las palmeras,

(*Rhynchophorus ferrugineus*), se ha puesto de manifiesto un nuevo peligro, no sólo para la plantaciones y viveros de palmeras, sino para nuestros palmerales naturales de palmera canaria, constituyendo una seria y grave amenaza para los mismos.

Al igual que ocurre con las producciones agrícolas, existen determinadas circunstancias adversas que limitan la actividad y producción ganadera en las islas, entre las que se encuentran la escasez de suelo útil para el desarrollo de la actividad ganadera y la escasez de recursos hídricos y forrajeros.



Macho cabra cimarrona.

(foto: J. Martínez)

En el censo ganadero, en comparación con el resto de especies, destaca el sector caprino, con importante producción. A pesar de tratarse de animales de gran rusticidad y adaptación a condiciones adversas, poseen un alto rendimiento lechero, transformándose la practica totalidad de su producción en un excelente queso de calidad reconocida a nivel internacional.

Destacar también el subsector avícola, tanto en producción de huevos como en carne, por la elevada modernización que ha introducido en sus explotaciones con el fin de obtener una elevada rentabilidad.

Por ultimo, en cuanto a otros productos se refiere, mencionar la producción de miel en canarias. Este sector ha evolucionado positivamente en los últimos años, aumentando el número de colmenas de Abeja Negra Canaria en las islas, caracterizada por su alta producción y baja agresividad, lo que facilita su manejo. La explotación apícola supone un elemento dinamizador del mundo rural, ya que por lo general aporta una renta extra que aumenta la calidad de vida de agricultores y ganaderos.

Impactos previsible.

El paulatino abandono del medio rural, la incorporación de nuevas gestiones de los recursos naturales no tan eficientes como las que venían llevándose a cabo, mediante las prácticas agrícolas tradicionales en las Islas Canarias, junto con el consiguiente aumento de las emisiones de GEI dedicado al transporte agroalimentario dificultarán en el futuro las acciones que en materia de adaptación y mitigación al cambio climático se realicen en el sector.

El incremento de CO₂ puede llevar consigo el incremento de las tasas fotosintéticas de los cultivos (por ej. Amthor y Loomis 1996) y una disminución de las tasas de transpiración si las conductancias estomáticas responden a este incremento (Rodríguez *et al.* 2001). Estas dos respuestas implicarían, en principio, un incremento en la productividad y en la eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, el incremento de temperaturas puede contrarrestar lo anterior al incrementarse la demanda evapotranspirativa en los cultivos, y, en las zonas más calurosas afectarían negativamente a las tasas fotosintéticas.

Las variaciones en las precipitaciones totales anuales y estacionales es uno de los aspectos más importantes a estudiar en los sistemas de secano (sin riego) y en el diseño de los regadíos y planificación de riegos. La demanda de agua tendrá que ajustarse a la disponibilidad o al suministro de agua. Cuando la disponibilidad del agua sea

insuficiente, harán falta diferentes variedades (cultivares) o cultivos en secano y riegos estratégicos para estabilizar la producción hortofrutícola de diferentes zonas.

La productividad y el uso del agua se incrementarán o disminuirán en función de los factores que interaccionan. Esto implica la necesidad abordar estudios y análisis individuales sobre los cultivos hortícolas, plantaciones frutales, olivares y viñedos para identificar las estrategias de adaptación de menor coste, así como para establecer el manejo y secuencias de los cultivos.

Un aumento paulatino de las temperaturas en las zonas costeras incrementaría la demanda de agua de los cultivos de forma paulatina incrementado la presión sobre las fuentes de abastecimiento de aguas, que en el caso de regadío que utilizan aguas subterráneas aumentaría el riesgo de producir intrusiones de agua de mar salina en los acuíferos costeros. Los sistemas áridos y semiáridos generan menor cantidad de residuos de cosecha, por lo que la cobertura del suelo es baja (Díaz-Ambrona y Mínguez 2001) y existe un menor retorno de residuos de cosecha que afecta al mantenimiento de la calidad del suelo.

El incremento de la frecuencia de años extremos, en nuestro caso años más secos, o con más fenómenos tormentosos, o con olas de calor más largas, complicará el manejo de cultivos y requerirán un mayor análisis del impacto sobre la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Estudios llevados a cabo en Estados Unidos¹⁰ indican que los herbicidas pierden su efectividad con altas concentraciones de dióxido de carbono (CO₂).

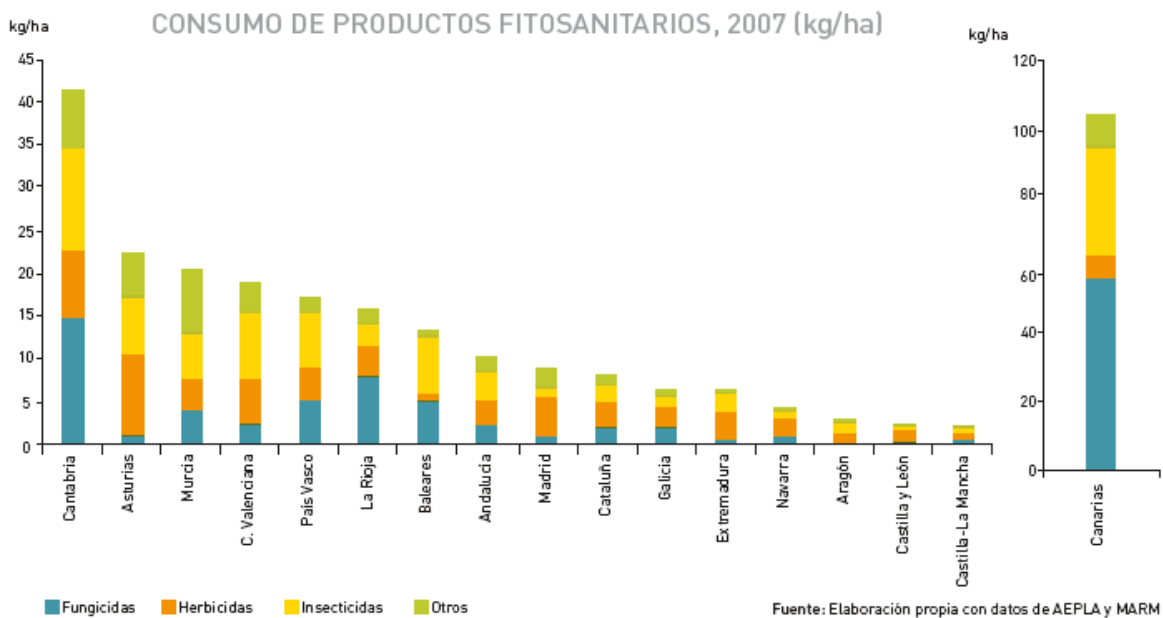


Foto: Niveles actuales CO₂ (380 ppm), imagen izda. Potenciales niveles de CO₂ (680 ppm), imagen drcha. Ambas plantaciones fueron tratadas con la misma cantidad de herbicidas.

A este respecto conviene recordar que Canarias se encuentra entre las CCAA con mayor empleo de productos fitosanitarios por hectárea en el año 2007 con 102,98 kg/ha por lo que una falta de efectividad podría suponer un aumento en el consumo con el consiguiente perjuicio para la salud humana y medio ambiental.”

La implicación del cambio climático sobre la ganadería es compleja por la diversidad de sistemas ganaderos. La variación en temperatura y precipitaciones que implica el cambio climático puede afectar a la ganadería de múltiples formas (reproducción, metabolismo, sanidad, etc.), si bien pueden resumirse estos efectos en dos parámetros (ingestión y bienestar animal) que pueden ser utilizados como indicadores del cambio climático en los distintos sistemas de explotación animal y por su influencia directa en la rentabilidad de las ganaderías.

¹⁰ Wolfe, W., L. Ziska, C. Petzoldt, A. Seaman, L. Chase, and K. Hayhoe, 2007: Projected change in climate thresholds in the northeastern U.S.: implications for crops, pests, livestock, and farmers. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **13(5-6)**, 555-575.



Consumo de productos fitosanitarios 2007.
Fuente: Perfil Ambiental de España 2008.

En sistemas intensivos, las herramientas a utilizar podrían ser los parámetros indicativos del grado de estrés de los animales (niveles de cortisol, adrenalina, equilibrio iónico, etc.) y su efecto sobre los parámetros productivos de las explotaciones.

Cabe esperar que los efectos del cambio climático se observen en todas aquellos procesos parasitarios e infecciosos cuyos agentes etiológicos o sus vectores, tengan una estrecha relación con el clima. Las enfermedades parasitarias producidas por artrópodos o por helmintos pueden tener drásticas variaciones en su distribución, abundancia poblacional e intensidad, de pronóstico diferente según la región de España que sea considerada. La regulación epidemiológica y la gravedad y extensión del proceso transmitido dependen exclusivamente de las relaciones hospedador-vector-ambiente, por lo que caben esperar evidentes efectos sobre sus delicados ajustes biológicos. Los inviernos más suaves y húmedos provocan un marcado incremento de la supervivencia de los parásitos. Estos inviernos más suaves también provocan un adelanto en el momento del año en que comienzan su actividad. Los veranos secos y cálidos incrementarán la mortalidad de los artrópodos por la pérdida de agua.

14. SECTOR COSTERO

Situación actual.

El sistema insular costero canario, de origen volcánico, tiene una gran complejidad debido a la fragmentación del territorio, la variedad y el valor de sus ecosistemas y las presiones que se ejercen sobre el mismo.

El litoral es abrupto y rocoso, siendo en general la plataforma litoral muy reducida. Los acantilados son las formas más extendidas, aunque en diversos tramos costeros de las islas existe una plataforma más amplia que favorece los procesos de acumulación, donde las playas alcanzan desarrollos importantes. En Canarias es escasa la

longitud de playas (muchas de ellas de cantos), las cuales solamente alcanzan un desarrollo amplio en Fuerteventura y en el sur de Gran Canaria.

Según los resultados de la Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), 2008) –en adelante, ESC- la costa de las islas Canarias está compuesto por acantilados (78%), playas (16%) y costa artificial (6%).

Tipo de costa en las islas Canarias
(longitud de costa y porcentaje)

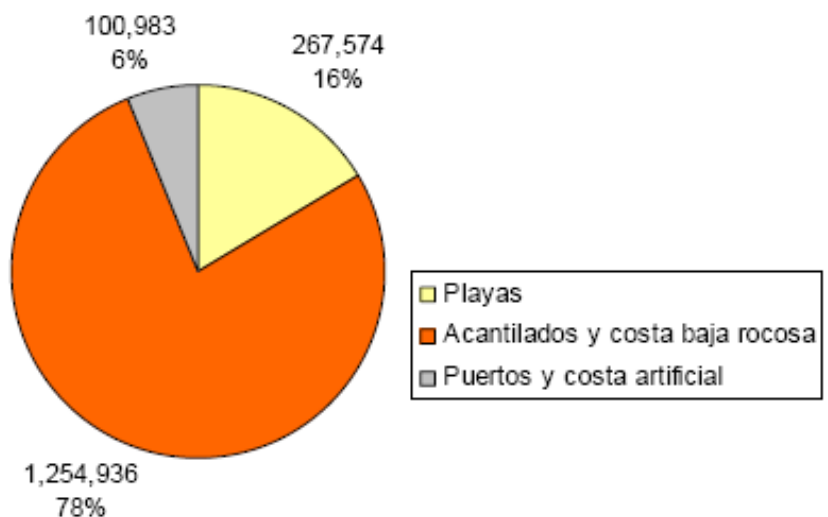


Figura 1: Longitud de la costa y porcentajes de costa de la ESC.

Fuente: Trama Ingenieros, S.L 2008.

Según la ESC, en las Islas Canarias podemos distinguir los siguientes elementos del litoral: playas, sistemas dunares, acantilados y costa baja rocosa y puertos y costa artificial.

ISLA	PLAYAS		SISTEMAS DUNARES		ACANTILADOS Y COSTA BAJA ROCOSA		PUERTOS Y COSTA ARTIFICIAL (m)
	En buen estado (m)	En regresión, deteriorado (m)	En buen estado (m ²)	En regresión, deteriorado (m ²)	En buen estado (m)	En regresión, deteriorado (m)	
GRAN CANARIA	38.370	17.550	0	4.039.115	183.657	4.708	15455
FUERTEVENTURA	57.930	8.260	4.627.397	4.181.200	273.651	927	13.445
LANZAROTE	41.541	13.685	5.917.474	0	191.238	5.179	24.179
TENERIFE	27.673	28.080	365.183	0	204.298	0	34.772
LAPALMA	8.069	915	0	0	172.638	0	5.483
LAGOMERA	16.757	1.007	0	0	96.497	453	4.280
EL HIERRO	7.739	0	0	0	121.690	0	3.369

Tabla 1: Estado de la costa en función de su tipología e isla según ESC. Fuente: Trama Ingenieros, S.L ,2008.

En el entorno litoral, los vientos generales se ven fuertemente afectados por la orografía y por las brisas generadas por el gradiente térmico tierra-mar. Los vientos alisios tienen gran incidencia en la costa este de las islas, sobre todo entre abril y septiembre.

Los oleajes predominantes son los procedentes del sector NO-NE, siendo el procedente de la dirección NE, generado por los vientos alisios, el de mayor energía conjunta. La frecuencia

e intensidad de los oleajes disminuye mucho entre las direcciones E y S, debido a la cercanía de la costa africana, volviendo a aumentar paulatinamente en el sector SO.

Las mareas tienen un marcado carácter semidiurno, con rangos de marea máximos de 2,83 m, y mínimos de 0,70 m. Los periodos de mareas mínimas tienen lugar durante los meses de junio y diciembre, mientras que las mareas máximas se producen en marzo y

septiembre, durante los periodos equinocciales.

La dirección predominante de las corrientes cerca de la plataforma costera es, aproximadamente, paralela a la costa, siendo esta componente longitudinal la más energética. Estas corrientes casi nunca alcanzan intensidades superiores a los 30 cm/s.

Entre los ecosistemas que presentan las costas, y debido a que no se ha mencionado en capítulos anteriores, cabe destacar el ecosistema litoral. Periódicamente por aguas saladas o salobres y localizadas tanto en el litoral como en el interior. La vegetación es halófila vivaz, leñosa y en general pobre de especies. Constituyen un lugar de descanso de numerosas aves migratorias y lugar de alimentación de aves limícolas que encuentran en estas áreas gran cantidad de invertebrados. En la actualidad se encuentran muy mermadas y antropizados. Tienen un mayor protagonismo en Lanzarote y Fuerteventura.

Los sustratos arenosos de playas y jables en los que podemos encontrar tres tipos de comunidades en función de la ecología y composición florística: comunidades fruticasas, comunidades vivaces y comunidades halo-nitrófilas y psamófilas.

En estas zonas arenosas, sobretodo en Lanzarote y Fuerteventura, encontramos un conjunto de aves de gran interés científico, la mayoría de las cuales son especies de filiación africana. El medio hipogeo acuático lo constituye el conjunto de cuevas, huecos y grietas inundadas por agua, incluyendo cualquier capa freática e intersticial. En las zonas muy próximas

a la costa, el agua que invade la zona intersticial y los tubos volcánicos es marina. Este medio anquialino tiene una fauna, generalmente de origen marino, rica y singular, como las que habitan en el Jameo del agua y Túnel de la Atlántida en Lanzarote.



Marismas y saladar de la Santa, Lanzarote

Por lo que respecta a la planificación del territorio en el ámbito del litoral, actualmente las principales aglomeraciones urbanas se encuentran en el frente costero. La creciente demanda de suelo para satisfacer las necesidades ligadas a los servicios, principalmente el turismo, genera un importante aumento de la presión antrópica sobre el litoral.

De acuerdo con la Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa, las islas de Fuerteventura, Tenerife, La Gomera y El Hierro tienen aprobado sus Planes Insulares de Ordenación Territorial, mientras que el resto de las islas están en proceso de tramitación de estos

planes, por lo que se rigen mediante el planeamiento municipal. El Plan Territorial Especial de Ordenación de la

Actividad Turística ha sido aprobado en La Palma en el año 2007.

El grado de urbanización de la costa en las distintas islas, según la Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa, es el siguiente:

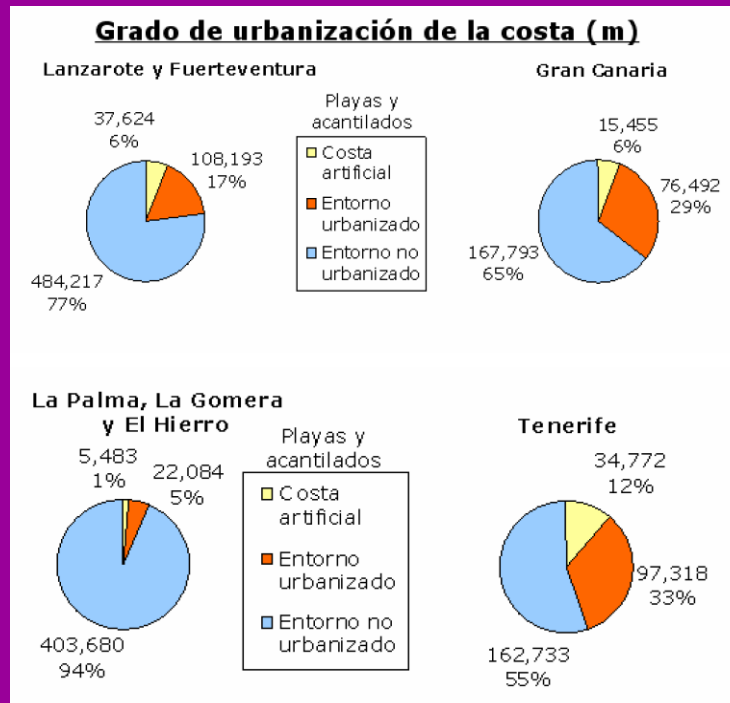


Figura 2: Grado de urbanización de la costa canaria según ESC. Fuente: Trama Ingenieros, S.L ,2008.

El crecimiento descontrolado producido por la falta de una planificación integrada es la causa de muchas de las afecciones de la costa: ocupaciones del dominio público marino terrestre (DPMT) y de la zona de servidumbre de protección (ZSP) (infraestructuras turísticas, asentamientos de población, edificaciones aisladas), vertidos incontrolados de residuos sólidos, aguas residuales y salmueras, etc. El flujo natural del transporte sedimentario que alimenta las playas tiene un componente eólico importante, que se ve interrumpido por las barreras físicas que constituyen las edificaciones. Un ejemplo de esta situación es el retroceso de la línea de costa en las Playas de Jandía (Fuerteventura) y Maspalomas (Gran Canaria).

Impactos del cambio climático.

Las principales presiones e impactos posibles del cambio climático en el medio costero que actúan directamente en el medio físico son:

Nivel del mar

Un aumento del nivel del mar puede producir inundación y erosión costera, aumento de la intrusión salina (penetración de agua marina en los acuíferos costeros), un aumento del nivel freático que conduce a la pérdida de la capacidad de escorrentía así como una pérdida o variabilidad de los humedales.

Temperatura del agua

El aumento de la temperatura del agua del mar puede conducir a un aumento de la estratificación marina y consecuentemente a cambios en el sistema circulatorio; también puede dar lugar a la migración de algunas especies o al aumento de las proliferaciones de algas, con incidencias importantes para el sector de la acuicultura o turístico.

Escorrentía

Las variaciones en la escorrentía pueden dar lugar a la alteración de los riesgos de inundación en zonas bajas de la costa. Así mismo, pueden conducir a la alteración de la calidad y salinidad del agua o a cambios importantes en el transporte de sedimentos en cauces fluviales o barrancos. Este último factor es muy relevante pues puede afectar de manera sustancial

a la zona litoral. A su vez, variaciones en la escorrentía pueden conducir a importantes cambios en la circulación y aporte de nutrientes.

Borrascas

Las borrascas pueden verse alteradas en su intensidad, frecuencia y trayectoria. Un aumento en la intensidad de las borrascas trae consigo un aumento de los niveles del mar extremos, esencialmente debido a mareas meteorológicas (variación del nivel del mar inducido por el viento y la presión atmosférica), así como de las alturas de ola. Esto puede producir un aumento en los episodios de erosión costera; daños producidos por inundaciones, especialmente en zonas bajas y puede aumentar los episodios de rebase y fallo de obras de defensa de la costa, paseos marítimos y otras infraestructuras localizadas en la zona costera.

El aumento de la frecuencia de las borrascas conduciría al consiguiente aumento del riesgo de inundación y daños asociados. Finalmente, el cambio en la trayectoria de las borrascas puede conducir a variaciones importantes en las direcciones de abordaje del oleaje y en su intensidad.

También puede dar lugar a la aparición de problemas de erosión costera e inundación en zonas actualmente no afectadas por los mismos. El cambio en la dirección

de las borrascas puede también conducir a una importante variabilidad de los patrones de transporte eólico, mecanismo fundamental para el mantenimiento de los sistemas dunares especialmente importantes en la Comunidad Canaria.

Oleaje

Las variaciones en el oleaje (intensidad, dirección, duración y persistencia) pueden dar lugar a importantes cambios en los procesos de erosión costera, cambios en la orientación de la forma en planta de las playas o pérdida de la funcionalidad y estabilidad de obras marítimas.

Según el estudio de la Universidad de Cantabria sobre la evaluación de los impactos del cambio climático en las costas (MMA, 2005), los efectos más importantes que el cambio climático puede suponer en las playas españolas, en el horizonte temporal del año 2050, son una variación en la cota de inundación y un posible retroceso, o en su caso avance, de la línea de costa.

De entre los resultados de este estudio, en las islas Canarias se pronostica un incremento en la altura de ola extrema en el norte y una variación relevante en la dirección de oleaje (incremento de los temporales en el norte y una tendencia a la disminución energética y giro horario de las direcciones del oleaje en el sur).

En cuanto a las cotas de inundación hay un aumento globalizado de la cota

de inundación¹¹ a lo largo del litoral, generado principalmente por el aumento del nivel medio del mar, siendo el incremento esperado en la costa canaria mayor de 35 cm.

¹¹ Parámetro determinado por la probabilidad conjunta de la marea astronómica, de la marea meteorológica, del "run up" en la playa y del posible aumento del nivel medio del mar.



Figura 3: Variación total de la cota de inundación (m). Fuente: MMA, UC, 2005.

También se espera un retroceso en las playas producido por un aumento del nivel medio del mar. El aumento del nivel del mar hace que el perfil activo de la playa tenga que ascender para llegar al equilibrio dinámico con esta

nueva condición de nivel medio. Los datos obtenidos oscilan entre los 15 metros en las costas norte de la Comunidad Canaria hasta los 7 metros aproximadamente en las playas del sur de la isla de Tenerife y Gran Canaria.

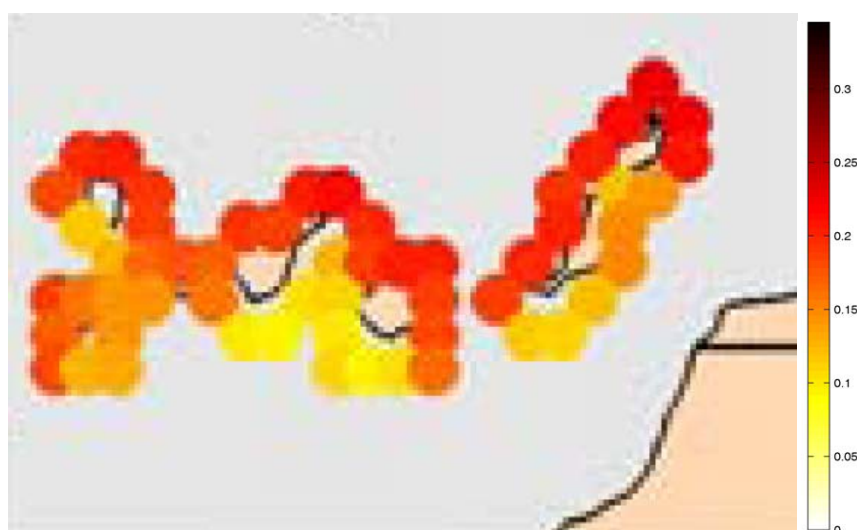


Figura 4: Retroceso de las playas por aumento del nivel medio en el litoral (m). Fuente: MMA, UC, 2005.

Otro parámetro que puede contribuir a un retroceso adicional de las playas es la variación en la dirección del flujo medio de energía. El retroceso que pueda darse es altamente dependiente del tipo de playa que se considere, así como de la propagación que el oleaje sufra desde profundidades indefinidas hasta la playa considerada.

El análisis de tendencias del flujo medio de energía muestra que las variaciones más reseñables son el importante giro hacia la derecha en la zona sur de Canarias con el consiguiente posible retroceso en la costa sur.

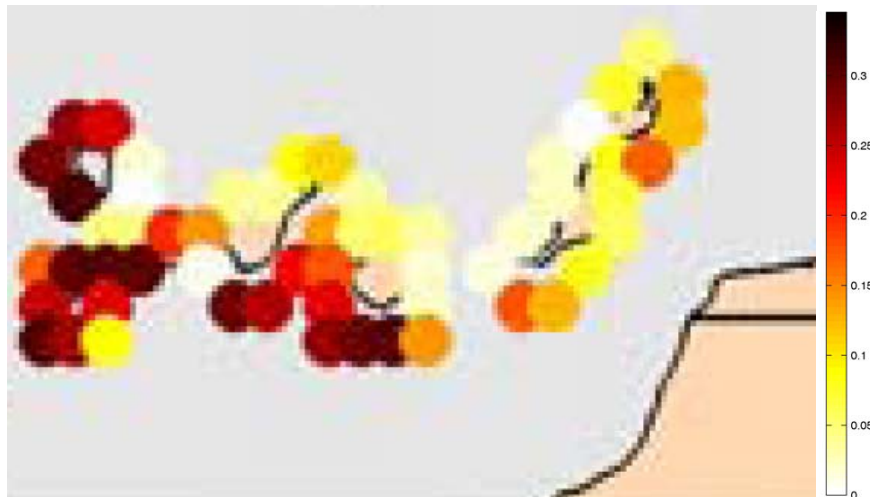


Figura 5: Retroceso de las playas por variación de la dirección del flujo medio de energía. Fuente: MMA, UC, 2005.

Hay un retroceso generalizado en toda la zona costera, producido por una variación por giro de oleaje; en Canarias se proyectan retrocesos máximos de hasta 50 m (inducidos por una variación en la dirección de 8°).

Otro efecto significativo es el posible cambio en el transporte potencial a lo largo de playas abiertas en equilibrio dinámico o en desequilibrio. El cambio en la tasa de transporte puede ser consecuencia de variaciones en la altura y en la dirección del oleaje en rotura.

Teniendo en cuenta, la altura de ola significativa media anual y la dirección del flujo medio de energía y su variación media calculada, se ha calculado en cada zona de la costa del litoral, la dirección del flujo medio de energía actual y su correspondiente variación para el año 2050, en el punto de rotura correspondiente a la altura de ola significativa media anual. Con esto ha sido posible la elaboración de un mapa orientativo del porcentaje de cambio en el transporte potencial a lo largo del litoral

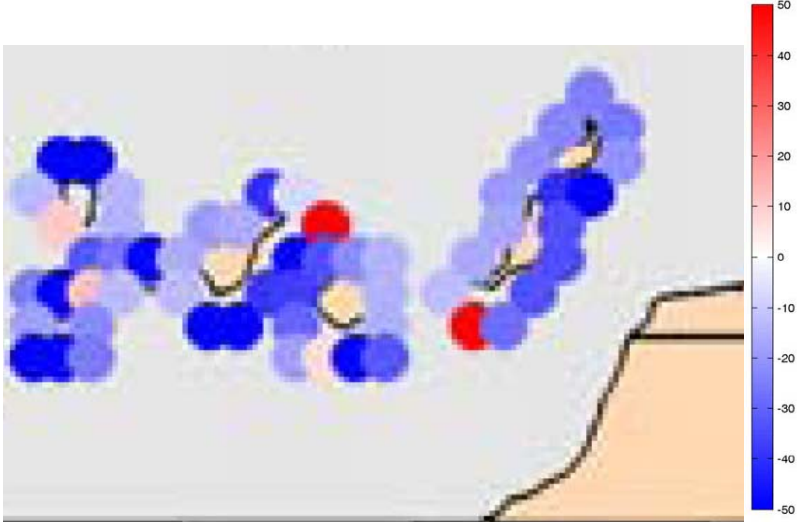


Figura 6: Retroceso de las playas por aumento del nivel medio. Fuente: MMA, UC, 2005.

En las playas canarias sometidas a erosiones progresivas, la tasa de erosión será más lenta, ya que la capacidad de transporte se reducirá.

Con respecto a los posibles efectos en obras marítimas, el cambio climático puede suponer importantes cambios en el rebase de las obras, tanto en estructuras en talud así como en estructuras verticales.

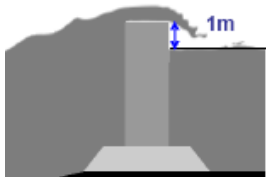


Figura 7: Porcentaje de variación adimensional del rebase.

Altura de ola de cálculo limitada por fondo. Fuente: MMA, UC, 2005.

El estudio realizado también ha puesto de manifiesto que el cambio climático puede acarrear importantes consecuencias en cuanto a la estabilidad de los diques se refiere, de forma que si se produce un aumento del nivel medio del mar, en aquellas estructuras en las que la altura de ola de cálculo esté delimitada por fondo se producirá un desestabilización de las mismas, de forma que si se desea que la estructura mantenga el mismo criterio de estabilidad el tamaño de las

piezas que componen una obra deberá aumentar.

Considerando como año objetivo el año 2050, y en base a los valores medios obtenidos para las tendencias de los valores extremos de la altura de ola significativa de periodo de retorno de 50 años, se ha construido la Figura 8, en la que se muestra el porcentaje de la variación adimensional del peso de las piezas de una estructura en talud a lo largo de la costa canaria.

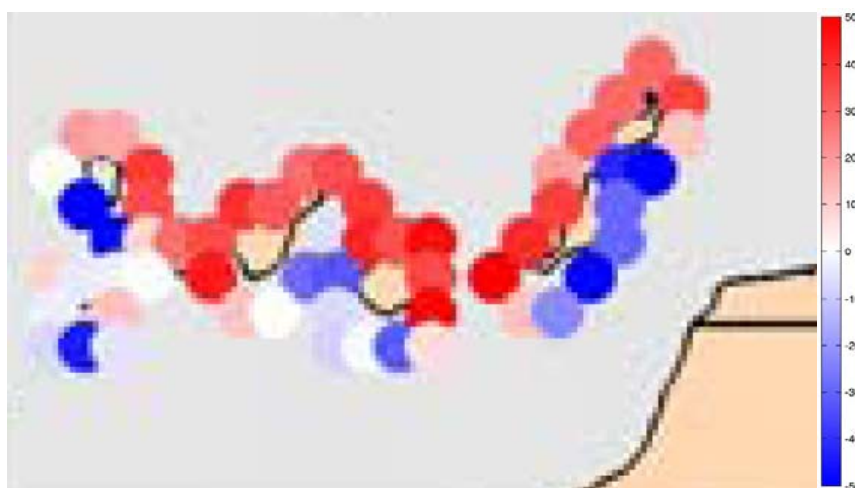


Figura 8: Porcentaje de variación adimensional del peso. Fuente: MMA, UC, 2005.

Obsérvese que en general, en la costa norte se necesitará aumentar el tamaño de las de este tipo de estructuras en talud aproximadamente un 50 %. Este posible aumento de la pieza de las obras se traduce inmediatamente en un aumento del área total de la obra, es decir, de las dimensiones de las obras, cuyos patrones tipo serán similares a los presentados para el aumento del peso de las piezas del manto exterior.

Por último, hay que señalar en relación con las obras marítimas que éstas

posiblemente no sólo se verán afectadas en cuanto a la estabilidad de los diques y el tamaño de las piezas que los constituyen, sino que probablemente se verán afectadas en su totalidad, es decir, tanto su disposición (orientación frente a los temporales) como su funcionalidad (estabilidad), incluyendo su configuración en planta (disposición de la infraestructura para evitar los oleajes, aterramientos, etc.) y el alzado (cotas y "run-up").

15. RIESGOS NATURALES

Situación actual.

En un principio pudiera parecer que Canarias se trata de un territorio “poco conflictivo” desde una óptica climática. Sin embargo, si a pesar de la falta generalizada de lluvias y su suavidad térmica analizamos los datos meteorológicos en profundidad y nos alejamos de los valores medios resulta evidente que no sólo se dan fenómenos meteorológicos adversos, sino que además presentan una gran virulencia. En los últimos años se han repetido una serie de fenómenos meteorológicos extremos que han causado cuantiosas pérdidas económicas, más de 300 millones de euros entre 1999 y 2005, y alrededor de treinta víctimas mortales.

Determinados rasgos geográficos contribuyen a aumentar los efectos de las amenazas de origen climático:

- Un territorio montañoso, muy compartimentado, con algunos de los desniveles mayores del país.
- Una orografía compleja formada por pequeñas cuencas hidrográficas.
- La precipitación muestra una tendencia muy acusada a la concentración temporal y espacial.
- El carácter impermeable del roquedo y el general escaso recubrimiento vegetal acrecienta los procesos de escorrentía y facilita el arrastre de materiales sólidos.
- La cercanía del mayor desierto del planeta y por tanto al más importante manantial de aire cálido y de aerosol mineral (Gelado et al, 2003).

En cuanto a las características del archipiélago cabe destacar que Canarias posee:

- Una de las mayores densidades de población de España, con una población muy concentrada en las dos islas capitalinas: Tenerife y Gran Canaria.
- Numerosos núcleos de población enclavados en pendientes acusadas en fondos de valle o en desembocadura de barrancos.
- Una población muy dispersa con una amplia red de transporte e infraestructuras de todo tipo.

Entre los riesgos naturales relacionados con el clima en Canarias de manera directa o indirecta podemos destacar los siguientes:

1. Lluvias intensas.
2. Desprendimiento de terrenos.
3. Olas de calor.
4. Vendavales.
5. Incendios forestales.
6. Plagas.

1. Lluvias intensas.

En relación a las lluvias intensas se pueden señalar a las perturbaciones atlánticas, en sus dos variantes esenciales: las borrascas del frente polar y, sobre todo, las gotas de aire frío en altura (MARTÍN RUIZ, J.F., 1989). Este fenómeno meteorológico se convierte en peligro natural, al superar los umbrales situados entre: 15 -30 l/m²/h (lluvias fuertes); 31-60 l/m²/h (lluvias muy fuertes) y superiores a 60 l/m²/h (lluvias torrenciales).

Los sectores de altitud media orientados al norte rondan los 1000 mm anuales, mientras que las costas meridionales apenas llegan a los 100 mm.

Además, la irregularidad es, sin duda, la característica más sobresaliente de la lluvia. Los estadísticos más empleados para medirla muestran las cifras más altas del país. Por ejemplo, el coeficiente de variación en las estaciones principales registra valores medios de un 43 % (Martín Vide, 1996), no obstante supera el 50 % en algunos sectores de cumbre de las islas de mayor altitud, rebasa el 60 % en las vertientes meridionales y el 75 % en las costas sur, lo que da idea de la enorme diferencia interanual en las precipitaciones.

Cuadro 1. Muestra de precipitaciones máximas diarias en Canarias.

<i>Estación</i>	<i>Pmm</i>	<i>Fecha</i>	<i>Estación</i>	<i>Pmm</i>	<i>Fecha</i>
Santiago del Teide-Taimmo* (TF)	391.4	19/02/1952	Cuevas Blancas* (GC)	334,7	15/02/1956
Izaña (TF)	360.0	11/11/1950	Lomo Aljoradero* (GC)	302.1	23/10/1955
Vilaflor* (TF)	358.9	11/04/1977	Tenteniguada* (GC)	268,2	23/10/1955
Esperanza C.F.* (TF)	290.0	10/04/1977	La Retamilla* (GC)	248.6	17/11/1962
Las Cañadas-Parador* (TF)	275.0	4/12/1991	Tamaraceite (GC)	244.2	23/11/1955
Las Cañadas-Boca Tauce A* (TF)	270.0	4/12/1991	Presa de Hornos (GC)	242.6	17/11/1962
Anaga-Mercedes* (TF)	270.0	10/04/1977	San Bartolomé	242.5	6/12/1991
La Laguna (Instituto)* (TF)	269.0	30/11/1922	Aeropuerto Gran Canaria (GC)	85.0	28/09/1987
Aeropuerto Los Rodeos (TF)	260.3	10/04/1977	Guisgüey* (FU)	158.0	19/09/1984
Santa Cruz de Tenerife (TF)	232,6	31/03/2002	Puerto del Rosario-Aeropuerto (FU)	76.5	5/12/1991
Aeropuerto Tenerife Sur (TF)	136.0	19/11/1983	Puerto del Rosario-Los Estancos (FU)	90.0	4/12/1991
Sauces-Espigón Atravesado* (LP)	450.0	27/02/1988	La Vegueta* (LZ)	166,5	17/12/1972
Caldera de Taburiente					
Taburiente* (LP)	399,3	10/02/1978	Lanzarote-Aeropuerto (LZ)	79,3	25/01/1980
Mazo-Tigalate* (LP)	350.0	17/12/1991	San Andrés* (EH)	590.0	24/02/1988
Sauces-Marcos y Cordero* (LP)	330.8	4/12/1991	San Andrés-A* (EH)	400.0	26/02/1988
Barlovento-C.F.* (LP)	286.7	29/03/1990	San Andrés-B* (EH)	370.0	27/02/1988
S/C de La Palma-Velhoco* (LP)	258.0	4/12/1991	Frontera-Llanía* (EH)	337.9	12/03/2001
Breña Alta-Botazo* (LP)	261.6	4/12/1991	Erese* (EH)	280.2	10/03/1957
Mazo-Rosas* (LP)	250.0	28/02/1988	Aeropuerto Los Cangrejos (EH)	280.0	27/02/1988
Sauces-San Andrés* (LP)	250.0	15/01/1957	S. Sebastián Faro de S. Cristóbal* (LG)	320.0	1/11/1960
Mazo-Aeropuerto (LP)	183,6	19/02/2004			

Fuente: INM, Elizaga Rodríguez, F., 2003 y Servicio Hidráulico de Las Palmas de Gran Canaria. *Estaciones secundarias. LP: La Palma; EH: El Hierro; LG: La Gomera; TF: Tenerife; GC: Gran Canaria; FU: Fuerteventura; LZ: Lanzarote.

Tabla 1: Muestra de precipitaciones máximas diarias en Canarias. Fuente: INM

Según los registros históricos, ha habido episodios extremos muy graves en el pasado. Destacan el aluvión de 1645 que, aunque con información escasa, parece ser que tuvo efectos devastadores con cientos de víctimas (Romero y Yanes, 1995) y, de manera especial, el temporal de noviembre de 1826 en todo el archipiélago -sobre todo en Tenerife-, cuyas precipitaciones originaron la muerte de centenares de personas, estimadas sólo en el Valle de la Orotava, en más de 200 (Quirantes et al., 1993) por lo que la variabilidad climática natural en Canarias ya es de por sí considerable.

En los últimos años se han registrado más temporales, y éstos han sido más fuertes. Así, (Fuente: R.Sanz - INM), en el periodo 1972 - 2005, en la isla de La Gomera, se incrementó su frecuencia en más de un 60%. Existe una tendencia al cambio del régimen de precipitaciones, hacia lluvias de intensidad muy fuerte y de forma torrencial.

Entre todos los fenómenos de lluvias intensas por su importancia se ha de mencionar los ocasionados por las tormentas tropicales en las transiciones extratropicales que han afectado a Canarias. El desplazamiento singular de Delta en el año 2005 hacia las Islas Canarias se debió a una concatenación de acontecimientos, ciertamente raros, pero posibles. La situación de 13-15 de diciembre de 1975 es un buen ejemplo de otra depresión no tropical en su origen que se desplazó, se transformó a ciclón tropical y, posteriormente, experimentó una transición extratropical en las cercanías de Canarias, a la vez que interactuó con una vaguada polar en altura, en un proceso típico de desarrollo de latitudes medias.

Entre otros daños ocasionados por episodios de lluvias intensas en las Islas Canarias se encuentran:

- Víctimas mortales.
- Rescate y evacuación de turistas (ej. Barranco de las Angustias en La Palma, año 2001).
- Evacuación de población local (ej. Macizo de Anaga en Tenerife, año 2002).
- Anegamiento de centros urbanos (ej. Santa Cruz de Tenerife, año 2002).
- Bloqueo de acceso a núcleos urbanos (ej. Santa Cruz de Tenerife, año 2002).
- Cortes de carretera (ej. TF-1 en Tenerife y LP-107, 113 y 1032 en La Palma, año 2005).
- Incomunicación de barrios.
- Cortes en suministro eléctrico (ej. La Palma y Gomera, año 2005).
- Cortes en líneas telefónicas.
- Destrucción y daños estructurales en edificios.
- Peligro de desbordamiento de presas (ej. Presa Fumero en Barranco de La Leña, Tenerife, año 2002).

- Cancelación de vuelos (ej. Aeropuerto Reina Sofía en Tenerife, año 2005).

2. Desprendimiento de terrenos.

Los asociados al clima se originan principalmente por episodios de lluvias fuertes caídas en poco tiempo o bien lluvias menos intensas pero con larga duración, las cuales ablandan el terreno con el consiguiente incremento de riesgo de desplazamiento o hundimiento del mismo durante o en fechas posteriores a la presencia de dichas lluvias.

Los daños que los desprendimientos de terrenos han generado en el archipiélago quedan también englobados en los anteriormente descritos para los episodios de lluvias intensas. A modo de ejemplo citar el ocurrido en Rosiana en Gran Canaria en 1956 donde un puente y varias casas fueron destruidos y hubo que evacuar a 250 personas.

3. Olas de calor.

El régimen de vientos continentales saharianos, también llamado Tiempo Sur, se manifiesta cuando se instala una alta presión en superficie al NE de las Islas Canarias. Esta situación sinóptica sustituye el régimen de alisios por una corriente procedente del E que trae consigo vientos tropicales continentales muy secos con abundante polvo en suspensión.

Las olas de calor, hacen acto de presencia durante los meses de verano, manifestando temperaturas máximas, por encima de 30 °C. y temperaturas mínimas por encima de 22 °C., las cuales unidas a una humedad relativa superior al 30%, presentan las condiciones necesarias para afectar a la salud pública, llegando incluso a generar víctimas mortales.

El incremento constatado de las temperaturas, tiene como una de sus consecuencias la aparición de más olas de calor. Existen estudios¹² que calculan que los aumentos de la temperatura media en 1, 2 ó 3 grados centígrados implicarían un aumento del 7%, 19% y 36% respectivamente de días calurosos. Se han constatado un incremento de la frecuencia de las olas de calor y episodios cálidos (mediciones en el periodo 1974 - 2006) en Canarias occidental (Fuente: R. Sanz - INM).

Así, teniendo en cuenta determinados parámetros (superación de un percentil mínimo, acción del evento y zona media afectada), se ha constatado que: en el periodo 1974 - 1982, no se han registrado un incremento de las olas de calor; en 1983, se registraron dos, y a partir de 1994, el número de olas de calor se dispara en Canarias. A su vez,

¹² Cardos, Cristina; Barrera, Ernesto; Sanz, Ricardo; Centro Meteorológico Territorial en Canarias Occidental-AEMET; "Un estudio sobre episodios de temperaturas extremas en Canarias"; Calendario Meteorológico 2007; pg 239-248

estas olas de calor son más persistentes. Se han medido en el periodo 1947 - 2007 un total de 41 olas de calor. De estas 41 olas de calor, 12 de ellas han tenido lugar en los últimos 5 años, y 4 de ellas en el año 2007, siendo la última de ellas en noviembre de ese año. Estos datos recogidos son coherentes con la mayor probabilidad de entrada en el archipiélago canario de aire procedente de África por motivo del desplazamiento hacia el Este del Anticiclón de las Azores. Estos episodios no sólo afectan a la salud, sino también proporcionan las condiciones óptimas para la producción de incendios forestales como por ejemplo las que tuvieron lugar en los incendios registrados en Gran Canaria y Tenerife en julio y agosto de 2007.

Desde el verano de 2003 hasta el de 2005, en las islas Canarias se registraron víctimas mortales por ola de calor sólo durante el periodo comprendido entre el 26 de julio y 1 de agosto de 2004; siendo las únicas que se ocasionaron por este riesgo en 2004 en toda España. La distribución espacial de dichas víctimas mortales en las Islas fue: dos en el municipio de Tazacorte, (en La Palma); tres en la isla de Tenerife y las ocho restantes en la isla de Gran Canaria, de las cuales tres residían en el municipio de Bartolomé de Tirajana. El intervalo de edad de los fallecidos oscilaba entre los 55 años de edad hasta los 96 años.

<i>Episodio</i>	<i>Valores destacados °C</i>	<i>Observatorio</i>
Jul 1952	44,2/42,6	Aeropuerto Gran Canaria/Santa Cruz de Tenerife
Jul 1953	48,0/45,0	Arrecife*/Inagua*
Ago-sep 1953	46,0/41,0	Los llanos de Aridane/Inagua
Jul 1957	40,0	Aeropuerto Los Rodeos
Jul-ago 1958	40,6	Aeropuerto Los Rodeos
Jul 1961	40,4	Santa Cruz de Tenerife
Ago 62	43,0	Puerto del Rosario-Los Estancos
Ago 66	47,0/41,2	Guargacho*/Aeropuerto Los Rodeos
Jul-1967	44,0/39,6	Puerto del Rosario-Los Estancos/Aeropuerto Gran Canaria
Ago 1974	41,5	Valleseco*
Jul 1975	43,0, 40,5	Aeropuerto Fuerteventura/Valleseco*
Ago 1976	46,0/44,0	Tacoronte*/Agaete*
Jul 1978	42,0/40,0	Garimba*/Inagua
Jul 1979	40,6	Santa Cruz de Tenerife
Ago 1980	43,6/40,5	Lanzarote Aeropuerto/Aeropuerto Tenerife Sur
Jul 1982	42,6/40,4	Aeropuerto Tenerife Sur/Aeropuerto Los Rodeos
Sep 1983	40,0	Varias
Ago 1985	41,5	Las Tricias*
Sep 1986	41,8/40,5	Aeropuerto Tenerife Sur/ Lanzarote Aeropuerto
Sep 1987	43,0/39,0	El Carrizal*/ Aeropuerto Gran Canaria
Jul 1988	44,0	Añavingo*
Ago 1988	44,3/41,0	Aeropuerto Tenerife Sur/Aeropuerto Fuerteventura
Ago 1990	41,3	Añavingo*
Jul 1994	41,1/41,5	Aeropuerto Los Rodeos/Lanzarote Aeropuerto
Jul 2004	42,9	Aeropuerto Lanzarote

Fuente: INM.

Tabla 2: Principales olas de calor en Canarias (1950-2004). Fuente: INM.

4. Vendavales.

También las borrascas atlánticas son los responsables de los fuertes temporales del SO determinantes de los vientos fuertes, que denominaremos así cuando este fenómeno meteorológico se convierte en peligro natural, al superar los umbrales situados entre: 41-70 km/h; (vientos fuertes) 71-120 km/h (vientos muy fuertes) y superiores a 120 km/h (vientos huracanados). Estos vientos suelen estar acompañados de un fuerte oleaje en el mar, con olas que superan los 4 m de altura.

Estación Km/h.	El Hierro*	Izaña	La Palma*	Tenerife S.*	Tenerife N.*	Lanzarote*	Fuertev.*	S/C Tener	G. Canaria*
	136**	248**	152**	134**	147**	132**	120**	162+	113**

*Aeropuertos. **Noviembre de 2005. +Diciembre de 1975. Fuente: INM.

Tabla 3: Velocidades máximas de viento alcanzado en la red de observatorios principal de Canarias (km/h). Fuente: INM.

Lo más significativo de los episodios de vientos fuertes (superiores a 41 km/h), que se han originado en la Comunidad Canaria, en el periodo 1995-2005, es que se han presentado, generalmente, unidos a otros riesgos (como el de lluvias intensas, calimas o incluso nevadas), desarrollándose durante los meses de noviembre, diciembre, enero y manifestando, como consecuencias negativas más comunes las siguientes:

- Víctimas mortales: caída de árboles, inmigración ilegal y en zonas costeras al pasear o bañarse.
- Desprendimientos árboles, ramas, muros y objetos voladizos de diversa envergadura.
- Inundaciones y avalanchas de piedras (cuando vienen unidas a lluvias intensas).
- Cortes de carreteras como consecuencias de desprendimientos de terrenos u diferentes objetos que interrumpen el tráfico fluido en las mismas.
- Interrupción de transporte de viajeros por vía marítima Jet-Foil, entre las principales islas: Tenerife y Gran Canaria.
- Cierre de los aeropuertos de las islas y suspensión de los vuelos Binter, como principal medio de transporte aéreo entre las mismas. (ej. Suspensión de aeropuertos en Tenerife, El Hierro y La Palma, año 1997).
- Intenso oleaje en el mar, en donde las olas pueden alcanzar una altura superior a 4m.
- Amarre de las flotas pesqueras en los puertos, al no poder salir a faenar.
- Daños en la flota amarrada (ej. Puerto de la Estaca de El Hierro, año 2005).
- Cortes en suministro eléctrico (ej. Tenerife, año 1999).



Caída de una torre del tendido eléctrico en Santa Cruz de Tenerife en 2005 . (foto: Reuters)

Uno de los dos episodios de peores consecuencias para las islas en los últimos años han sido el temporal de enero de 1999 con vientos del segundo cuadrante de hasta 90 km/h y daños estimados en 156 millones de euros (Criado y Dorta, 2003).

5. Incendios forestales.

Aunque la incidencia de los incendios forestales en Canarias está lejos de la que sufre la península, sí que configuran una presión y un riesgo a considerar dada la fragilidad de los ecosistemas canarios. Afortunadamente, la respuesta de los ecosistemas forestales canarios, sobre todo del pinar, es rápida si se compara con los sistemas mediterráneos. Sin embargo, los incendios afectan de manera drástica a los procesos ecológicos y a los equilibrios fundamentales; inciden de forma negativa sobre la erosión del suelo, sobre las especies e, incluso, sobre el microclima. No sólo los incendios forestales ocurridos en Canarias en fechas recientes han afectado al medio ambiente sino que también han causado víctimas mortales como el incendio que tuvo lugar en Agando (La Gomera) en septiembre de 1984 en donde, a parte de las 300 ha. abrasadas, 20 personas perdieron la vida, entre ellas el Gobernador Civil de la Provincia Occidental, y resultaron heridas 14 personas.



Figura 1: Distribución de los incendios forestales en Canarias iguales o mayores de 1 ha entre 1991-2002. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

La superficie forestal de la Comunidad Autónoma de Canarias, que aproximadamente ocupa el 76 % de su territorio, se ve amenazada año tras año por los incendios forestales. Dada la reducida superficie del territorio insular, su discontinuidad y la fragilidad y singularidad de los ecosistemas canarios, el problema de los incendios forestales en Canarias incide de forma mucho más drástica e irreversible que en los ecosistemas continentales. La mayor parte de las superficies quemadas en Canarias se encuentran integradas dentro de la Red Natura 2000, habiendo quedado seriamente dañados diferentes Lugares de Importancia Comunitaria (LICs) y diversas Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs). Además, parte de las superficies afectadas se localizan en las aéreas de distribución de especies amenazadas incluidas en el Catalogo de Especies Amenazadas de Canarias, en peligro de extinción o como sensibles a la alteración de su hábitat.

Las variables meteorológicas que mayor papel juegan sobre el desarrollo de un incendio son la temperatura, la velocidad del viento, la humedad relativa y la estabilidad de la atmósfera (Mérida 2000). En los ambientes estables y secos del verano la energía que se recibe del sol aumenta la temperatura lo que hace que disminuya la humedad relativa del aire. Ambas variables (temperatura y humedad relativa del aire) controlan el estado de hidratación de los combustibles muertos. El viento es otro elemento crítico: la velocidad de propagación del frente de llamas es directamente proporcional a la velocidad del viento. Las situaciones de mayor peligro son aquellas que vienen acompañadas de vientos fuertes y secos. Son particularmente críticos los vientos de tipo *föhn*, esto es, aquellos que se dan a sotavento de las montañas como consecuencia de la compresión adiabática del aire al descender por sus laderas (Millán *et al.* 1998), siendo los causantes de algunos de los grandes incendios de España (Gómez- Tejedor *et al.* 2000).

Los incendios en Canarias muestran una estrecha relación con la situación atmosférica y son las invasiones de aire sahariano las principales responsables del desarrollo de fuego en Canarias, provocando un incremento tanto en el número de fuegos, como sobre todo, en sus velocidades de propagación. El dato más significativo es que en las fechas con este tipo de tiempo, que suponen actualmente un 14 % de los días del año, arde casi el 94 % de la superficie total.

Entre 2000 y 2006, según los datos que facilita el Instituto Canario de Estadística, se han producido 736 incendios y 9.299,13 has. quemadas; la causa más frecuente ha sido de carácter intencionado (38,31% de los incendios) seguida de negligencias y causas accidentales (34,37%).

ISLA	MUNICIPIO	FECHA INICIO/FIN	CONSECUENCIAS
TENERIFE	EL ROSARIO	21/07/1995 25/07/1995	1.700 Has. quemadas; 4 heridos, evacuación 100 Hbts. Cortes en 2 de carreteras C-824 y TF-4113. Cortes de agua en Tacoronte; Área afectada: Santa Cruz de Tenerife, Arafo, Candelaria, Matanza de Acentejo, La Rosario, El Sauzal, Tacoronte, Victoria de Acentejo.
TENERIFE	LOS REALEJOS	06/08/1995 08/08/1995	170 Has. quemadas; área afectada: Santa Cruz de Tenerife; Los Realejos.
LA PALMA	EL PASO	26/04/1998 28/04/1998	200 Has. quemadas en el municipio del paso; No llegó a afectar al Parque Nacional de la Caldera de Taburiente.
TENERIFE	VILAFLOR	23/08/1998 25/08/1998	Nivel de gravedad 2; 700 Has. quemadas entre Adeje y Vilaflor.
LA PALMA	VILLA DE MAZO	03/07/1999 05/07/1999	Iniciado por negligencia de unos niños. Desconocida la superficie quemada de monte bajo y frutales, Nivel de gravedad 1.
LA GOMERA	HERMIGUA	25/03/2000 26/03/2000	Nivel de gravedad 0; sfcie. destruida 300 m ² ; 1 edificio destruido. Se quemaron varios postes de luz y tfno. Evacuación preventiva de 12 viviendas. Sin graves consecuencias
LA PALMA	GARAFIA PUNTAGORDA TIJARAFE	29/07/2000 04/08/2000	Provocado, abierto en 3 frentes; Nivel de gravedad 2; 5.500 Has. de sfcie. quemada; afectados el 30% de Garafia; 50% de Puntagorda; 40% de Tijarafe; cortes de dos ctas: LP-1 y LP-22. Desalojo del Observatorio del R. de los Muchachos. Intervención de aviones de las Fuerzas Armadas. Activado con vientos fuertes.
TENERIFE	LA GUANCHA	05/03/2001 09/03/2001	Abiertos 3 frentes: Icod de los V., S. Juan de la Rambla, La Guancha. 270 Has. de sfcie. quemada; vientos >70 km/h.; evacuación preventiva de 260 hbts.; 1 vivienda destruida.
GRAN CANARIA	ARTENARA	31/07/2004 01/08/2004	Evacuación preventiva de 600 Hbts.
GRAN CANARIA	VEGA DE SAN MATEO	27/10/2004 28/10/2004	Evacuación de 263 Hbts; 100 Has. quemadas; 2 cortes de ctas.
LA PALMA	EL PASO	30/05/2005	No registro peligro. No llegó a afectar al Parque Nacional de la Caldera de Taburiente
LA PALMA	CALDERA DE TABURIENTE	09/06/2005	No registró peligro.
GRAN CANARIA	VALLESECO	21/07/2005 23/07/2005	Sfcie. destruida 60 Has. de pino canario; 4 frentes desde Valleseco a Tejeda. Desalojo de la barriada de Taidia en Santa Lucía; corte de 1 Ctra.; fuertes ráfagas de viento.
GRAN CANARIA	TELDE	21/07/2005 23/07/2005	Superficie destruida sin determinar, afectando a monte bajo. Evacuación preventiva de 60 personas. Sin peligro.

GRAN CANARIA	SANTA LUCIA DE TIRAJANA	22/07/2005 23/07/2005	Sfície. destruida de 3 Has. de monte bajo; afectó a los barrios de Taidia en Santa Lucía, que se evacuó preventivamente y Saucillo.
TENERIFE	LOS REALEJOS	03/08/2005	Superficie destruida de monte bajo desconocida. Sin peligro
GRAN CANARIA	VEGA DE SAN MATEO	04/09/2005 05/09/2005	Superficie destruida de 25 Has. Evacuación preventiva de 35 viviendas.
LA PALMA	GARAFIA	06/09/2005 16/09/2005	Frente activo Barlovento-Roque Faro; Nivel de gravedad 0; 2.500 Has. quemadas de pastos y pinar de la reserva natural del Pinar de Garafia. Evacuación de viviendas aisladas y del observatorio astrofísico; cortes en 5 ctras. (LP-1; LP-111 LP-113 LP-114 LP-1032). Dificultad en apagarlo por las altas temperaturas, vientos superiores a 40 km/h. y falta de visibilidad por brumas y nieblas.

Tabla 4: Principales incendios forestales en Canarias (1995-2005)
Fuente: Ministerio Interior/M. Arranz.



Incendios en Canarias. 30 de julio 2007 (foto: NASA)

Finalmente cabe destacar por su importancia, el incendio que tuvo lugar a finales del mes de julio de 2007 en las Islas Canarias. Se produjo una invasión de aire cálido que elevó las temperaturas hasta alcanzar los valores más altos de los últimos 30 años y provocó fuertes vientos.



Santiago del Teide (Tenerife), 1 de agosto 2007 (foto: P. Armestre)

El 27 de julio se iniciaron incendios intencionados en La Gomera y Gran Canaria y el día 30 en Tenerife. Sólo el primero pudo ser controlado a las pocas horas dejando tan solo 200 hectáreas afectadas. El día 30 las temperaturas eran superiores a los 40 °C y la velocidad del viento llegaba a los 60 kilómetros por hora, con una humedad ambiental en la capital de Gran Canaria del 20%.

Una meteorología adversa, unida a las condiciones orográficas del terreno canario, hicieron muy difícil los trabajos de extinción.

El 1 de agosto, y una vez que las condiciones meteorológicas cambiaron, el incendio de Tejeda en Gran Canaria pudo ser controlado y un día después el que comenzó en Los Realejos, en Tenerife. El fuego calcinó más de 31.000 hectáreas entre ambas islas; la mayor superficie quemada en Canarias desde que existe la base de datos de incendios forestales, creada en 1968. Más de 12.000 personas tuvieron que ser evacuadas de las zonas afectadas

6. Plagas.

Estrechamente relacionadas con las situaciones meteorológicas de Tiempo Sur, pueden aparecer en las Islas Canarias concentraciones de langostas, procedentes del Norte de África. He aquí un ejemplo más de la asociación de varios elementos naturales, que se aúnan para provocar un riesgo medioambiental. En este caso la presencia del viento interviene para, por un lado, favorecer la presencia de la plaga de langosta y por otro lado, para ayudar a eliminarla.

En el período comprendido entre los años 2000 y 2005, se han detectado dos importantes sucesos provocados por la presencia de la llamada «langosta del desierto» (*Schistocerca gregaria*). El primero de ellos se localizó el día 23 de febrero de 2004, en el municipio de Haría, en la isla de Lanzarote, que no tuvo grandes consecuencias, manifestándose más como un suceso muy puntual. Pero el 26 de noviembre de ese mismo año y hasta el día 1 de diciembre, tuvo lugar otro episodio de mayor intensidad, que se extendió, en el tiempo, más allá de una semana. Este episodio de concentración de langosta, se originó favorecida por una situación de vientos continentales de E-SE, procedentes del Norte de África, formándose, en principio, pequeños grupos de langosta (entre tres y cuatro ejemplares por m²) que, entrando a través de Playa Blanca y Playa Quemada, en Lanzarote, fueron subiendo por el interior, en dirección norte de la isla, alcanzando los cultivos de , entre otros, los municipios de Yaiza, Guatiza, Haría, Orzola, San Bartolomé, Teguiise y Tías y al mismo tiempo, en Fuerteventura, los enjambres de langosta iban entrando por Corralejo, al norte de la isla, en dirección al sur de la misma isla.

En el municipio de la Oliva se llegaron a detectar hasta doscientos millones de langostas que formaban una extensión de 1 km² de superficie, concentrándose doscientos individuos por metro cuadrado.

Esta plaga de langosta no causó víctimas mortales, pero sí pérdidas económicas derivadas de los daños sufridos por los cultivos agrarios.

Impactos en el futuro.

Las precipitaciones torrenciales, las olas de calor, los fuertes vientos, las entradas masivas de polvo en suspensión no son algo nuevo ya que se han venido dando desde los registros que se tienen de las Islas Canarias en el siglo XVI.

El relieve es un elemento decisivo en la distribución de los elementos climáticos y, de cara a los riesgos, sobre todo en la concentración temporal y espacial de la precipitación y en la aceleración de los flujos de aire. La configuración topográfica de las islas en la que predominan las pequeñas cuencas facilita las denominadas inundaciones relámpago.

Los escenarios que se dibujan cara a la ocurrencia de incendios forestales están caracterizados por un incremento generalizado de los índices de peligro¹³, una mayor duración de la temporada de incendios y una mayor frecuencia de situaciones extremas y de más larga duración. A esto se une la tendencia hacia un cambio en la vegetación, con mayor abundancia de especies arbustivas, más sensibles al estrés hídrico y un abandono paulatino del manejo tradicional del medio rural canario, el cual propicia una menor acumulación de materia vegetal que favorece la producción o propagación de los incendios forestales.

¹³ El peligro de incendio es una medida de la probabilidad de que ocurra un incendio forestal y se basa en la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento y dirección y la sequedad de los combustibles (Vélez 2000c, Viegas *et al.* 2000).

Consecuentemente, cabe esperar que los incendios sean más frecuentes, extensos e intensos. Estas tendencias generales variarán de un punto a otro de la geografía, pero acentuarán las tendencias actuales.

La orografía, junto con el incremento de la población y de los asentamientos en zonas de riesgo, desde el punto de vista climático, hace de Canarias un lugar donde los impactos fruto de la variabilidad natural del clima tienen graves consecuencias. Si a estos impactos debidos a la variabilidad natural le añadimos los debidos al cambio del clima actual y los proyectados por los modelos climáticos, es previsible un incremento sustancial tanto en intensidad como en número de los eventos potencialmente catastróficos sobre las Islas Canarias.

Sector seguros

Las coberturas aseguradoras específicas para lluvia, inundación, viento y variaciones de temperatura son las más susceptibles de variar su comportamiento (intensidad y/o frecuencia) por el cambio climático.

El Consorcio de Compensación de Seguros (CCS) es una Sociedad Estatal cuyo objetivo es indemnizar en régimen de compensación los siniestros producidos por acontecimientos extraordinarios, incluyendo eventos de la naturaleza y entre ellos, los riesgos climáticos.

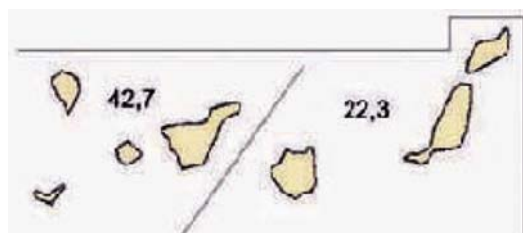


Figura 2: Indemnizaciones del CCS. Riesgos climáticos. Daños en bienes (1971-2003) en millones €. Fuente: ECCE.

En la serie 1971-2002, las indemnizaciones por inundaciones tienen una tendencia ascendente con repuntes que son eventos significativamente mayores cada cierto número de años. Se atribuye esta evolución al aumento del índice de penetración del seguro, al incremento de las exposiciones aseguradas y al mayor volumen de capitales asegurados, lo cual es reflejo claro del desarrollo socioeconómico de cada

época, sin descartar por ello alguna incidencia, difícilmente determinable, del efecto del cambio climático

NÚMERO DE ORDEN	MES Y AÑO DE OCURRENCIA	LUGAR DE OCURRENCIA	Nº DE EXPEDIENTES	INDEMNIZACIONES Importes Nominales	INDEMNIZACIONES Importes Actualizados
31º	MARZO 2002	Canarias	1.920	34.694.884	35.730.611

Tabla 5: Grandes eventos. Daños en bienes. Riesgos extraordinarios.F uente: CCS, 2003.

El reaseguro internacional destaca que en el posible escenario de aumento en el nivel de pérdidas por cambio climático, los ramos del seguro que se verán más afectados son daños (patrimoniales, industria, ingeniería e incendios), representativo del aumento del valor de los bienes en zonas con una elevada exposición al impacto climático, y salud, vida y responsabilidad civil pueden verse afectados, aunque en principio en menor medida. En referencia a la distribución por tipo de evento España sigue la tendencia mundial; son las tormentas y las inundaciones los eventos más numerosos y de mayor factura.

Año	Evento	Zona	Daños económicos (mill. USD)	Daños asegurados (mill. USD)
1999	Tormenta Invierno	Canarias	415	Descon.

Tabla 6: Daños económicos y asegurados en España (1980-2003). Fuente: Munich Reinsurance Company, 2003.

16. SECTOR ENERGÉTICO

Situación actual.

La política energética debe tener como objetivo fundamental garantizar un abastecimiento seguro y regular de energía al conjunto de los ciudadanos y a las diversas actividades productivas en las mejores condiciones económicas posibles e integrando la dimensión medioambiental en todas las orientaciones y decisiones en materia energética.

Los impactos ambientales actuales del sector energético son cada vez mayores y más complejos, teniendo además plazos de impacto sensiblemente diferenciados en el tiempo atendiendo a las diferentes energías y pueden resumirse en los siguientes apartados:

- Impactos atmosféricos:** El consumo específico de las centrales térmicas canarias está en torno a 0,25 kg de fuel por kWh y asociado a la combustión de este combustible tenemos una producción de 0,93 kg de CO₂. Entre otros, el impacto atmosférico más conocido y difícil de reducir es el calentamiento global del planeta producido por los llamados gases de efecto de invernadero (GEI).
- Impactos sobre las aguas:** Los más conocidos son los derrames por hidrocarburos, ya sea en el mar o en tierra con afectación, en este último caso, de los recursos freáticos. Asimismo habría que contar con la gran disponibilidad de agua que exigen los procesos de generación y transformación de energías fósiles.
- Impactos sobre los suelos:** Además de la afectación derivada de las actividades de exploración o explotación terrestre (inexistentes en Canarias), un efecto complementario de la contaminación de acuíferos es la contaminación de suelos por derrames, que exige posteriormente costosas operaciones de recuperación y regeneración de los mismos.
- Impactos en materia de residuos:** Determinadas energías, en especial el carbón, la energía nuclear y en menor medida el petróleo, (aunque el carbón y la energía nuclear no son de aplicación en Canarias), generan unas cantidades considerables de residuos tras su utilización final. Parte de estos residuos son reutilizables tras su reciclado, como es el caso de los lubricantes, pero otras fracciones no son técnica ni económicamente aprovechables, por lo que es necesario verificar la llamada “disposición controlada” de los mismos. Pero también los sistemas energéticos, incluso las energías renovables, producen residuos en forma de equipos antiguos o determinados residuos de alta intensidad (por su contenido en metales pesados) como son las baterías o los componentes de silicio de las pilas fotovoltaicas o los SF₆, gas de efecto invernadero, de los aislantes eléctricos de alta tensión.

- **Otros impactos se producen, por ejemplo, en materia de ruido, en impacto visual, emisión de ondas electromagnéticas o de afectación de la biodiversidad:** Muchos de estos impactos son, en general, menos conocidos y valorados que los anteriores pero están adquiriendo un protagonismo creciente y una sensibilidad más acusada por parte de la sociedad y, singularmente, la directiva comunitaria "Habitat" ha adquirido una importancia relevante en conexión con determinadas infraestructuras energéticas. La trascendencia social de estos impactos viene también muy ligada al desarrollo de las energías renovables que, por su mayor dispersión, presentan con frecuencia afecciones sobre el territorio más visibles que las energías convencionales.
- **Impactos en materia de la seguridad de las personas o los bienes:** Los centros de producción y almacenamiento de energía o las propias infraestructuras de transporte, tanto móviles como fijas, tienen condicionantes muy especiales en materia de seguridad ya que se opera con grandes cantidades de productos inflamables, en condiciones de tensión eléctrica muy elevada o con equipos de gran tamaño que pueden propiciar determinados accidentes.

La situación del Archipiélago Canario y sus propias condiciones geográficas y climáticas establecen algunos elementos específicos que matizan estos impactos e incluso su condición de Región Ultraperiférica (RUP), recogida en el Tratado de la Unión, permite solicitar determinadas excepciones y derogaciones. Así, por ejemplo, la situación atlántica y el régimen de vientos facilitan los fenómenos de dispersión de la contaminación atmosférica en el territorio.

El consumo de energía primaria en Canarias ha aumentado de forma continuada en los últimos veinte años. El crecimiento medio anual registrado en el periodo 2001-2004 ha sido del 2,9%, frente al 3,2% registrado en el período 1985-2001, lo que señala una cierta tendencia a la moderación en el crecimiento del consumo de energía.

Los suministros a navegación marítima internacional están relativamente estabilizados desde el año 1998, con variaciones anuales que recogen la situación específica tan volátil de este mercado.

La producción interior representa una fracción muy pequeña de la energía primaria, siendo dicha cifra la aportación conjunta de todas las energías renovables en el Archipiélago. En función de las condiciones meteorológicas de viento, que fueron comentadas anteriormente, su participación total esta prácticamente estabilizada desde el año 2001 y su aportación al conjunto de la energía primaria apenas alcanza el 0,6 % en el último año (2004).

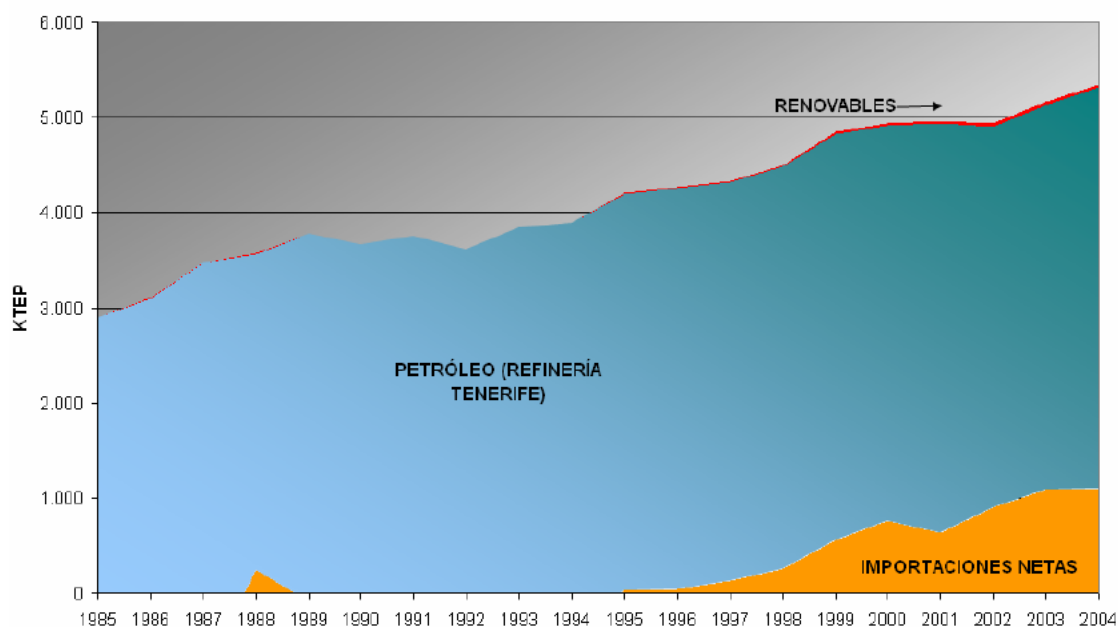


Figura 1: Evolución del consumo de energía primaria por fuentes. Fuente: Plan Energético de Canarias. (PECAN).

La diferencia con las cifras del conjunto de España está justificada por la ausencia casi total de recursos hidroeléctricos en Canarias, lo que impide una participación considerable de las energías renovables en el abastecimiento energético del archipiélago. La creciente presencia de la energía eólica y de la solar trata de compensar esta carencia, pero aún así, las islas se mantienen muy alejadas de los niveles de participación de las renovables que se registran en otros sistemas energéticos de la Unión Europea.

Debido a su situación climática, geográfica y poblacional, el sector de agua se ha convertido en uno de los principales consumidores de energía de Canarias. La gestión del agua en

nuestra islas requiere cada vez más recursos energéticos para acciones como la captación de aguas de pozos y la realización de sondeos, el transporte y la distribución hasta los puntos de consumo, así como para su tratamiento en los sistemas de depuración intensivos.

Las islas de Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria destacan por su elevada dependencia energética para la gestión del agua. La isla de Lanzarote, por ejemplo, emplea el 27% de la energía que se consume en el ciclo del agua, y de este porcentaje, el 75% se destina a desalar agua de mar. En el caso de Gran Canaria, tan sólo la capacidad de desalación de agua de mar registrada por el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria puede llegar a suponer el

uso de más de 300 toneladas de combustible fósil al día para posibilitar su funcionamiento. La desalación de aguas salobres es creciente tanto por la práctica de seguir utilizando las aguas procedentes de acuíferos costeros contaminados por intrusión marina, como por la necesidad de aplicar tratamientos terciarios por membranas a las aguas depuradas biológicamente, de cara a su reutilización.

A su vez, especialmente en la isla de Tenerife, los fenómenos asociados a la actividad volcánica provocan procesos de contaminación natural de las aguas subterráneas que precisan en muchos casos, tratamientos de desalación por membranas para eliminar iones y adaptar el agua a las exigencias de calidad de agua potable.

A todas estas demandas energéticas habría que añadir los importantes recursos acuíferos que todavía son bombeados desde los múltiples pozos y sondeos, así como las crecientes demandas de bombeo de agua potable desde la costa hacia cotas del interior que pueden llegar hasta los 600 ó 900 metros de altitud.

Por otro lado, la electricidad es una fuente secundaria de energía y como primera aproximación a la relación entre variables energéticas y climáticas se toma la electricidad como variable energética representativa. La pauta más clara de influencia de la climatología en el consumo aparece en el caso de la temperatura. La temperatura de 18 °C suele ser conocida como temperatura de confort (o intervalo de confort, si se consideran un entorno de temperatura respecto al valor mínimo) y a esta temperatura se

da el consumo mínimo de energía eléctrica, incrementándose para temperaturas mayores y menores por la activación de aparatos de acondicionamiento de aire (en verano) y de calefacción (en invierno).

La combinación entre otras variables climáticas también pueden tener alguna relevancia en el consumo eléctrico, por ejemplo, la temperatura y la velocidad del viento –*windchill*-, o la temperatura y la humedad relativa –*discomfort index*-.

A nivel nacional hay clara tendencia creciente de los grados día de refrigeración, ambas consecuencia de una elevación de la temperatura media de los últimos treinta y tres años lo que lleva consigo un incremento en la demanda estival de potencia.

Pero no sólo es la demanda eléctrica quien se ve afectada por las variaciones térmicas. La generación de electricidad es así mismo sensible, en mayor o menor medida, a las oscilaciones climatológicas. Es conocido el efecto que la temperatura tiene en la diferencia de rendimiento en las centrales térmicas, así como en las de cogeneración, solar térmica de alta temperatura y en la biomasa. El ciclo Rankine reduce su rendimiento termodinámico cuando el foco frío lo es en menor medida.

La energía eólica se ve perjudicada con situaciones de estabilidad térmica (anticiclones en invierno o en verano) y con episodios de extrema inestabilidad (vientos muy fuertes).

En el caso de la fotovoltaica y de la solar térmica, los vientos fuertes producen arrastre de polvo (ensuciamiento de paneles y

helióstatos), llegando a tener que dejar de operar. El problema más importante que afrontan actualmente estas instalaciones es la disipación de calor. El rendimiento de la célula disminuye con la temperatura. En el caso de las de silicio monocristalino esta disminución es de 4,41 % cada 10 °C, por encima de los 25 °C. Por otra parte estas células tienen unas temperaturas máximas de funcionamiento en el rango de los 70 °C, que no pueden sobrepasarse. Sin embargo, es muy positivo en estas tecnologías el efecto de las horas de insolación.

Los biocombustibles no sólo reducen las emisiones de GEI procedentes de combustibles fósiles sino que también facilitan la gestión adecuada de la biomasa residual procedente de actividades tales como la agricultura, ganadería, silvicultura, etc. Su producción está íntimamente relacionada con las variaciones en el clima y los impactos adversos que estas variaciones y los fenómenos extremos puedan ocasionar. Si bien actualmente en Canarias no hay suficiente biomasa para producir biocarburantes o energía a un coste razonable, debido a la limitación de las producciones, dificultad de la mecanización, la fragmentación parcelaria, etc., sí que habrá de tenerse en cuenta los impactos del cambio climático en el futuro si se aumenta suficientemente la producción de biomasa (ej, a través de la combinación de la biomasa producida en tierra con la que se produzca en el

medio marino) de cara a la producción de energía.

El transporte y la distribución de energía eléctrica son también sensibles a la climatología. La temperatura del aire influye en la capacidad de transporte de las líneas de alta tensión. El viento y la lluvia torrencial tienen también un claro efecto sobre el potencial destrucción de las estructuras de transporte.

Sensible a las variaciones climatológicas lo es asimismo la industria del petróleo. La calidad de los productos del refino, por ejemplo, ha de variar necesariamente con la temperatura del aire. La distribución y comercialización dependen también de las condiciones climatológicas, fundamentalmente cuando se efectúa en petroleros y en camiones.



Depósitos de hidrocarburos.

(foto: J. Martínez).

Impactos del cambio climático.

Aunque las previsiones de los planes energéticos en Canarias estiman un aumento considerable de las fuentes renovables, con la consiguiente disminución de la dependencia energética del petróleo y otros combustibles fósiles, las aportaciones principales en un horizonte cercano seguirán dependiendo en gran medida de estos elementos.

Unas condiciones climáticas de aumento de temperatura y de fenómenos extremos harán variar en menor o mayor medida las actividades de refino, transporte y distribución del petróleo en las islas tanto por el incremento tanto en la demanda eléctrica en aparatos de aire acondicionado como para la producción de agua desalada.

Este aumento en la demanda conllevaría un incremento en infraestructuras necesarias para aumentar la producción eléctrica necesaria para satisfacer la demanda. Las sinergias entre la adaptación y la mitigación al cambio climático han de tenerse siempre en cuenta ya que actividades necesarias para la adaptación al cambio climático pueden menoscabar los esfuerzos en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, al estar compuesto el sistema de generación y distribución de energía eléctrica de las Islas Canarias por 6 sistemas aislados (Fuerteventura y Lanzarote están unidos mediante un tendido eléctrico) hace que el transporte, la distribución y la gestión entre la oferta y demanda sea ya de por sí complicada.

Variaciones climáticas con aumentos de temperatura sostenidas (olas de calor) podrían llevar consigo puntas de demanda en las épocas de más calor que serían más difíciles de gestionar.

Así mismo, fenómenos extremos podrían causar graves daños en la red de distribución, tal como se pudo comprobar con la tormenta Delta en el año 2005.



Tendido eléctrico. (foto: J. Martínez)

Los emplazamientos de las centrales productoras de energía o refinerías situadas en zonas costeras o susceptibles de inundación también se podrán ver afectadas físicamente por el previsible incremento de los fenómenos extremos y del aumento del nivel del mar.

El cambio climático afectaría por otro lado a la producción de las centrales térmicas, tanto de carbón, de fuel, de gas, como de ciclo combinado, ya que

todas ellas reducen su eficiencia al elevarse las temperaturas.

En la siguiente tabla se recogen los impactos que el cambio climático

puede tener en el sector energético. Se plantea una valoración cualitativa de los mismos y para ello se ha distinguido tres niveles: positivos, negativos y neutros

		Precipitaciones		Temperatura		Viento		Otros
		Incremento	Disminución	Incremento	Disminución	Incremento	Disminución	
Electricidad	Generación	Positivo (hidraelectricidad)	Negativo	Negativo*	Positivo*	Positivo en eólica	Negativo en eólica	Solar: insolación positiva
	Transporte y Distribución	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo si es muy elevado	Neutro	
	Comercialización/demanda	Neutro	Neutro	Negativo **	Negativo **	Neutro	Neutro	Combinación Temperatura/Humedad y Temperatura/Viento: incremento conjunto provoca efecto negativo
Gas natural	Aprovisionamiento	Negativo	Positivo	Neutro	Neutro	Negativo (barco)	Neutro	
	Regasificación	Neutro	Neutro	Positivo	Negativo	Neutro	Neutro	
	Transporte y distribución	Negativo	Positivo	Positivo (gasoductos descubiertos)	Negativo (gasoductos descubiertos)	Neutro	Neutro	
	Almacenamiento	Neutro	Neutro	Negativo (almacenes descubiertos)	Neutro	Neutro	Neutro	
	Comercialización/Demanda	Neutro	Neutro	Negativo **	Negativo **	Neutro	Neutro	Combinación Temperatura/Humedad y Temperatura/Viento: incremento conjunto provoca efecto negativo
Petróleo	Refino	Neutro	Neutro	Negativo	Positivo	Neutro	Neutro	
	Transporte y distribución	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Neutro	Neutro	
	Demanda	Neutro	Neutro	Negativo **	Negativo **	Neutro	Neutro	
Carbón	Extracción	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Neutro	Neutro	
	Almacenamiento	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Neutro	
	Demanda	Negativo	Positivo	Negativo **	Negativo **	Neutro	Neutro	
Renovables uso no eléctrico	Producción	Positivo en biomasa	Negativo en biomasa	Negativo en biomasa	Negativo en biomasa	Neutro	Neutro	Solar de baja intensidad: insolación positiva

* Afecta a rendimiento de las centrales termoeléctricas, nucleares, cogeneración, biomasa, solar térmica, etc. Asimismo, la solar fotovoltaica disipa el calor con mayor dificultad. ** Se considera negativo al suponer una mayor demanda del recurso
 Nota: incrementos o disminuciones en el parámetro climático considerado deben ser considerados como significativos.

Tabla 1: Principales impactos del cambio climático. Fuente: ECCE.

17. SECTOR TURISMO

Situación actual.

El turismo es uno de los principales motores económicos de la economía del archipiélago. Canarias recibe al año más de 10 millones de turistas y es el cuarto destino del turismo internacional en España. En términos de Producto Interior Bruto (PIB) supone más del 30% del total canario y en cuanto a la aportación del turismo al empleo también genera más del 30% del mismo según los datos procedentes del Instituto Canario de Estadística (ISTAC).

Las Islas Canarias también cuentan con una amplia oferta hotelera con 186.623 plazas hoteleras distribuidas

en 573 establecimientos y con 235.086 plazas extrahoteleras en 1.803 establecimientos. En relación a la oferta de alojamiento turístico en Canarias, de acuerdo con los datos del ISTAC, ha crecido en un 14,8% entre los años 2001 y 2006, y mientras que el sector hotelero lo hacía en un 32,6% en sector extrahotelero crecía tan sólo en un 4,9%.

Aunque no hay constancia de estudios detallados a nivel de Canarias, la experiencia de otras regiones es que la demanda de energía vinculada a una plaza hotelera es mayor que la de una plaza extrahotelera

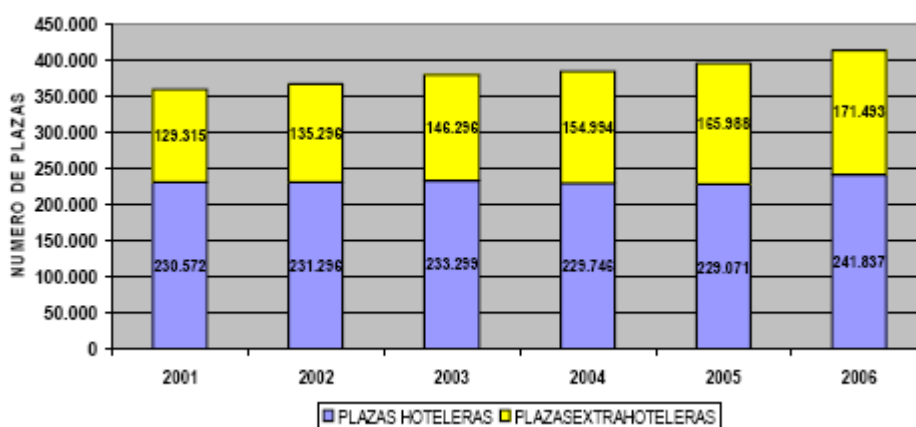


Tabla 1: Evolución capacidad de alojamiento de Canarias. Fuente: ISTAC.

Un segundo elemento a tomar en consideración es la evolución de la estancia media, obtenida según el ISTAC por registro de pernoctaciones en hoteles y por encuesta para las plazas extrahoteleras. En este caso a nivel de Canarias existe una gran estabilidad moviéndose en todo el período 2001-2006 entre los 8,1 y 7,9 días.

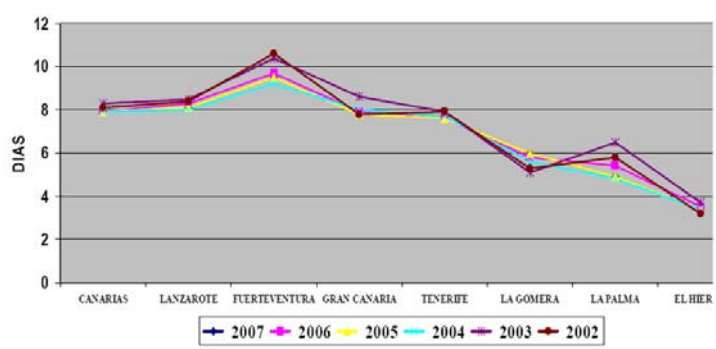


Tabla 2: Estancia media en hoteles de Canarias, por islas. Fuente: ISTAC.

La posible explicación de la mayor estancia promedio en las islas de Lanzarote y Fuerteventura que en Tenerife y Gran Canaria, podría venir explicada por la baja estancia promedio en las tres islas occidentales (y consideradas turísticamente diferenciadas) y en que una parte muy importante de sus visitantes por uno a tres días vendrían de las islas capitalinas. Esta matización es relevante ya que ello introduce un factor de transporte adicional (y por tanto también de emisiones de gases de efecto de invernadero) correspondiente al transporte interinsular.

Pero si descendemos a una serie más larga en el tiempo que además contemple junto a la oferta hotelera la oferta extrahotelera, podemos observar que en los últimos 10 años se ha producido una caída del 11% de la estancia promedio, tanto en hoteles como en el conjunto de la oferta de alojamientos (en este caso el descenso entre los años 2000 y 2006 ha sido del 12%). Este es un dato muy relevante ya que dada la importante emisión de GEI que supone el transporte aéreo hasta/desde Canarias, este dato es potencialmente muy desfavorable.

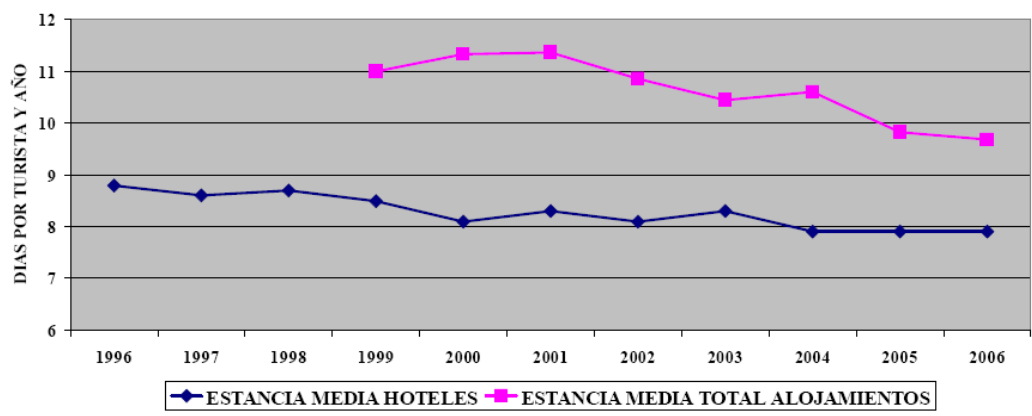


Tabla 3: Evolución estancia media turismo en Canarias. Fuente: ISTAC.

Otro dato a tomar en cuenta, para valorar posteriormente los impactos del cambio climático y las posibilidades de adaptación al mismo, es la nacionalidad de los turistas.

Con la salvedad de los errores en la identificación de la procedencia del turista en Canarias, España, Alemania y el Reino Unido constituyen el 80% del total y que estos dos últimos países representan asimismo el 70% del total del turismo extranjero.

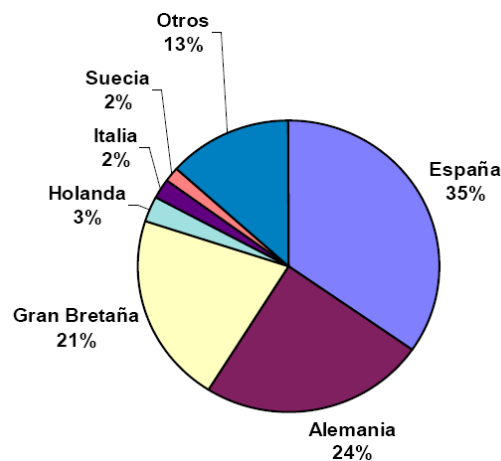


Tabla 4: Nacionalidad turistas en Canarias (2006). Fuente: ISTAC.

En cuanto a los tramos de edades de los turistas que visitan Canarias, se aprecia en los últimos años una reducción en el segmento que va de 16 a 60 años y un aumento en los segmentos que van de 0 a 16 y de 60 en adelante con un incremento total del 10%. De seguir esta tendencia o estabilizarse los tramos de edad actuales se habrá de tener en cuenta estas variaciones en la pirámide de población del turismo ya que son los menores y las personas mayores los tramos de edad más vulnerables frente a determinados riesgos climáticos como por ejemplo las olas de calor.

Otro factor relevante para analizar los posibles impactos del cambio climático son las razones de la elección de Canarias como destino turístico. Canarias es por excelencia un destino vacacional donde los elementos buen clima y sol, tranquilidad y buenas playas definen los polos de atracción de nuestra región.

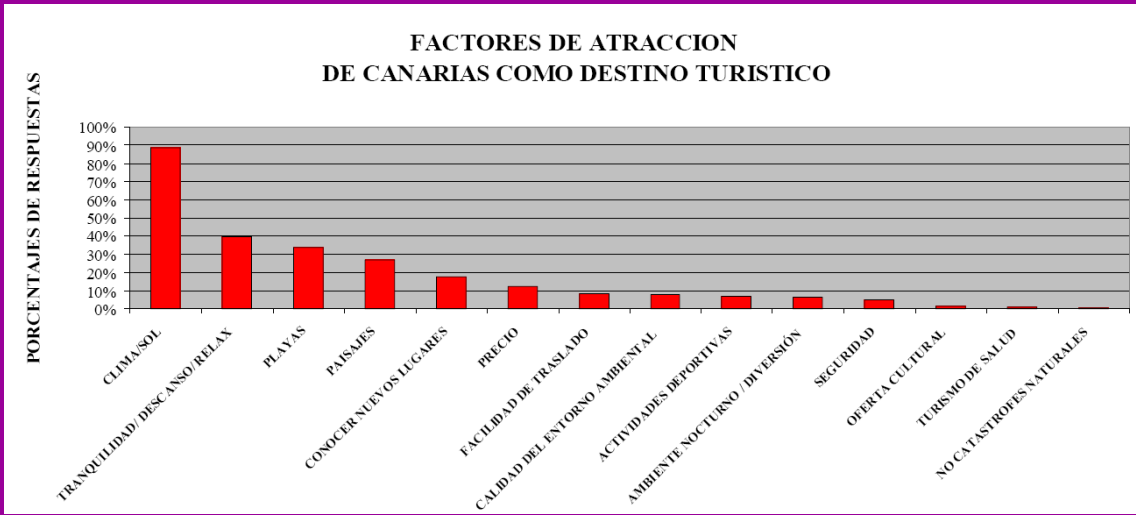


Tabla 5: Factores atracción Canarias como destino turístico. Fuente: ISTAC, 2006.

Canarias ha conseguido un hecho excepcional en casi cualquier otra zona turística del mundo, el cual es la amortiguación de la estacionalidad de la temporada turística (con una compensación mutua del turismo peninsular e internacional), lo que permite una utilización óptima de las infraestructuras. Ello se apoya, como es natural, en unas diferencias climáticas excepcionalmente moderadas entre invierno y verano en cuanto se refiere a temperatura media, horas de insolación y precipitación.

Sin embargo, al mismo tiempo, ello nos hace más vulnerables a posibles acentuaciones de estas diferencias en el futuro por efecto del cambio climático.



Puesta de sol en Gran Canaria (foto: J. Martínez)

Impactos sector turismo.

En los decenios venideros el cambio climático pasará a ser un factor cada vez más decisivo que afectará al desarrollo y la gestión del turismo.

Dada la íntima relación que guarda el turismo con el medio ambiente y con el propio clima, se considera que, al igual que la agricultura, los seguros, la energía y el transporte, se trata de un sector económico muy ligado a factores climáticos. Las manifestaciones regionales del cambio climático repercutirán decisivamente en los destinos turísticos y los turistas, lo cual obligará a todos los interesados principales del sector a adaptarse. De hecho, el cambio climático, lejos de acechar al turismo como futura amenaza remota, empieza ya a dejar huella de distintas maneras en destinos de todo el mundo e influye en las decisiones que actualmente se adoptan en el sector turístico.

El clima determina la duración y la calidad de las temporadas turísticas e influye decisivamente en la elección de los destinos y el gasto turístico. También afecta a diversos recursos ambientales que son destacados atractivos turísticos, como la presencia de nieve, el comportamiento y la diversidad biológica de la fauna y la flora silvestre y el nivel y la calidad del agua.

El clima también ejerce una importante influencia en las condiciones ambientales que pueden ahuyentar a los turistas, como enfermedades contagiosas, incendios forestales, plagas de insectos o transmitidas por el agua (por ejemplo, de medusas o floraciones de algas) y fenómenos

extremos, como por ejemplo ciclones tropicales.

A modo de ejemplo, muchas playas de gran atractivo turístico del Atlántico se ven afectadas por frecuentes floraciones de algas, que los turistas confunden con suciedad. La diatomea céntrica *Atteya armatus* produce una coloración verde-parduzca en algunas playas turísticas de Canarias describiéndose un incremento de su recurrencia e intensidad desde hace 4 años (Ojeda 2004).

El cambio climático afectará a los destinos turísticos, su competitividad y su sostenibilidad en cuatro ámbitos generales:

1. Repercusión climática directa.

El clima es un recurso fundamental del turismo en la medida en que constituye uno de los factores que determinan si un determinado lugar es adecuado para distintas actividades turísticas, es un motor destacado de la estacionalidad mundial de la demanda turística e influye notablemente en los gastos de explotación, como ocurre con los sistemas de enfriamiento, el riego, el abastecimiento de alimentos y agua y los gastos relacionados con los seguros.

Así pues, las modificaciones en la duración y la calidad de las estaciones turísticas determinadas por el clima (en el caso, por ejemplo, del turismo de sol y playa) podrían incidir decisivamente en las relaciones de competencia entre destinos y, por consiguiente, en la

rentabilidad de las empresas turísticas. Varios estudios consideran muy probable que se desplacen hacia latitudes y altitudes superiores las condiciones climatológicas que atraen el turismo. De ese modo, está previsto que pierdan posición competitiva algunas zonas turísticas populares (por ejemplo, el Mediterráneo en verano), mientras que se cree que otras experimentarán mejoras, como el sur de

Inglaterra o el sur del Canadá. Para prever las consecuencias de la redistribución geográfica y estacional de las corrientes de visitantes debe prestarse atención a la incertidumbre observada en la preferencia de climas y en la lealtad a los destinos por parte de los turistas.

Por citar varios estudios al respecto, Maddison (2001), Lise y Tol (2002) y Hamilton (2004) concluyen que los turistas británicos, holandeses y alemanes disminuirán sus visitas hacia países cálidos cuando éstos excedan los óptimos de temperatura calculados en sus mismos estudios. Maddison (2001) infiere así que los turistas británicos se ven atraídos a visitar países con un máximo promedio diario de 30,7 °C. Lise y Tol (2002) concluyen que una temperatura promedio de 21 °C en verano es la ideal para la mayoría de turistas internacionales de los países pertenecientes a la OCDE. Mientras tanto, Bigano *et al.* (2005a) calculan que el destino de vacaciones óptimo tiene una temperatura promedio anual de 16,2 °C. Por su parte, Hamilton (2004) evidencia que para los turistas alemanes la temperatura óptima veraniega resulta ser de 24 °C. En cuanto a la temperatura del mar, Perry

(2000) estima que una temperatura del agua de alrededor de 20 y 21 °C es la óptima para la realización de actividades acuáticas.

Los efectos del calentamiento global en el turismo se espera que afecten no sólo al número de turistas en términos absolutos sino también a su distribución a lo largo del año (Amelung *et al.*, 2007). De esta manera, la distribución temporal de los flujos de turistas puede cambiar debido a condiciones climáticas más cálidas en el sentido que la estación de verano se vea extendida, existiendo un número mayor de meses con condiciones más adecuadas para las actividades al aire libre.

Junto con la mejora de las condiciones climáticas durante primavera y verano, en los países mediterráneos el envejecimiento de la población europea (la mayor región generadora de turistas del mundo) podría jugar a favor del alargamiento de la temporada alta (Amelung y Viner, 2006).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha llegado a la conclusión de que es probable que se modifiquen varios fenómenos meteorológicos extremos como consecuencia de los cambios climáticos previstos, en particular un aumento de las temperaturas máximas y temperaturas diurnas más calurosas en casi todas las extensiones de tierra (muy probable), mayor intensidad de las tormentas tropicales y mayor velocidad máxima de los vientos (probable), más precipitaciones intensas en muchas extensiones de tierra (muy probable) y sequías más prolongadas y más graves en muchas zonas del interior

continental de latitud media (probable). Esos cambios afectarán al sector turístico dañando la infraestructura en mayor medida, exigiendo medidas suplementarias de preparación para situaciones de emergencia, elevando los gastos de explotación (en concepto de seguros, sistemas de reserva para suministrar agua y electricidad y evacuaciones) e interrumpiendo la actividad comercial.

2. Repercusión indirecta de los cambios ambientales.

Como las condiciones ambientales son un recurso esencial del turismo, una amplia gama de cambios ambientales provocados por el clima tendrán efectos de gran calado en el turismo, tanto en los destinos como a escala regional. Las variaciones en la disponibilidad de agua, la pérdida de biodiversidad (desaparición de especies endémicas, variaciones en las rutas de cetáceos, degradación de fondos marinos, etc), la reducción en calidad tanto de la estética paisajística como de la atmósfera para observaciones celestes, el aumento de los peligros naturales, la erosión e inundación de las zonas costeras, los daños de infraestructura y la mayor incidencia de las enfermedades transmitidas por vectores serán en distintos grados factores determinantes del turismo. A diferencia de las diversas repercusiones de las modificaciones climáticas en el turismo, lo más probable es que los efectos indirectos de los cambios ambientales provocados por el clima sean en general negativos. Se considera que los destinos insulares, costeros y de montaña son

especialmente sensibles a los cambios ambientales provocados por el clima, pues se trata de sectores del mercado turístico que giran en torno a la naturaleza.

3. Repercusión de las políticas de mitigación en la movilidad turística.

Es probable que las políticas nacionales o internacionales de mitigación, es decir, las que tienen por objeto reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, repercutan en las corrientes turísticas en la medida en que provoquen un aumento de los costos del transporte e incluso susciten actitudes ambientales que induzcan a los turistas a modificar sus pautas de viaje (eligiendo otro medio de transporte u otro destino, por ejemplo). En época reciente los medios de comunicación se han ocupado profusamente de este tema, sobre todo en lo que respecta a los viajes por avión.

La elección de medios de transporte con emisiones más bajas de carbono como el ferrocarril y el autobús, o que supongan desplazamientos más cortos en avión podrían favorecer los destinos ubicados más cerca de los principales mercados. Un aumento de la estancia media de los visitantes podría compensar una menor rotación de los mismos y la posible reducción de la demanda global de transporte aéreo.

4. Repercusión indirecta de los cambios sociales.

Se considera que el cambio climático amenaza al futuro crecimiento económico y a la estabilidad política de algunas naciones. En el informe Stern sobre la economía del cambio climático se llegaba a la conclusión de que, aunque un calentamiento del planeta de apenas un 1 °C podría beneficiar al PIB mundial, un cambio climático de mayores proporciones terminaría perjudicando el crecimiento económico en todo el mundo, hasta el punto de que un cambio climático no mitigado

podría reducir el consumo per cápita en un 20% a finales del siglo XXI o principios del siglo XXII. Toda reducción del PIB mundial ocasionada por el cambio climático provocaría una disminución de los ingresos discrecionales de que disponen los consumidores de turismo, lo cual tendría repercusiones negativas en las previsiones del futuro crecimiento turístico; no obstante, el informe Stern no se ha interpretado exhaustivamente en relación con el sector turístico.

18. SALUD HUMANA

Situación actual.

En conjunto, el territorio canario se caracteriza por la elevada densidad de población (264,3 hab/km²), presentando valores muy superiores a la media española. El 86% de la población canaria se concentra en municipios mayores de 10.000 habitantes. Gran Canaria y Tenerife, son las islas que mayor densidad de población presentan, concentrando entre ambas el 83% de la población total del archipiélago.

La distribución de la población en el territorio no es uniforme, existiendo importantes diferencias entre algunas zonas superpobladas y el resto. Así, la densidad demográfica municipal presenta una enorme dispersión, variando entre los 18,68 hab/km² del municipio de Garafía, en la Isla de La Palma, y los 3.506,64 hab/km² del Puerto de la Cruz

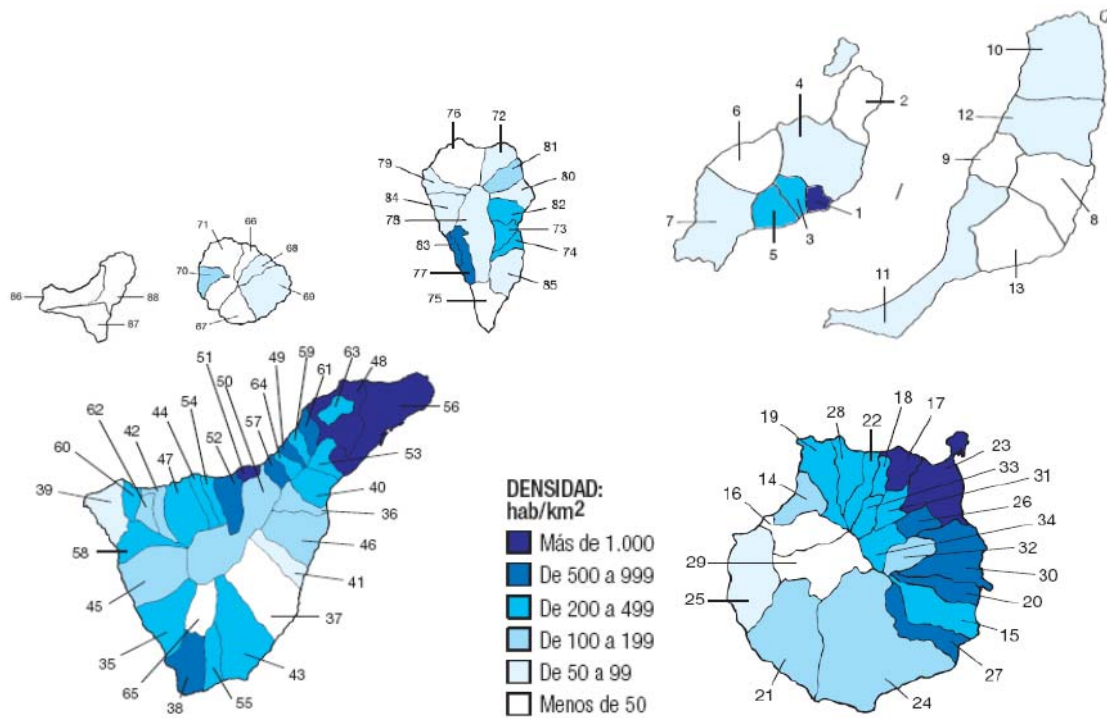


Figura 1: Densidades de población por municipios.

Fuente: Instituto Canario de Estadística. Canarias en cifras 2008.

Respecto a la evolución de la población, destaca el positivo incremento de la misma, especialmente si se compara con la evolución experimentada en el resto de España. Esta situación responde principalmente a la llegada de trabajadores y nuevos residentes procedentes, tanto de otras regiones españolas, como de países miembros de la Unión Europea.

DENSIDAD DE POBLACIÓN (hab/km ²)			
	31/12/1960	1/3/1981	1/1/2008
CANARIAS	130	184	279
Lanzarote	43	60	165
Fuerteventura	11	16	61
Gran Canaria	259	404	532
Tenerife	194	274	436
La Gomera	83	51	61
La Palma	102	108	122
El Hierro	35	24	40

Tabla 1. Evolución distribución densidad de población por isla (Año 2008). Fuente: Instituto Canario de Estadística. Canarias en cifras 2008.

Según las proyecciones de población para el año 2019 del Instituto Nacional de Estadística (INE) y del Instituto Canario de Estadística (ISTAC) se espera una población entre 2.220.000 y 2.420.000 habitantes en las Islas Canarias. Un mayor incremento en la población, que ya de por sí se concentra en una extensión relativamente pequeña de terreno, con una orografía muy escarpada y con un gran porcentaje de la misma situada bajo alguna figura de protección natural que no permite su edificación, hace todavía a la población canaria más susceptible de sufrir algún tipo de riesgo natural relacionado con el clima.



Santa Cruz de Tenerife (foto: j. Martínez)

De todos riesgos señalados en el capítulo relativo a riesgos naturales, el que más víctimas mortales ha ocasionado ha sido el de vientos fuertes (veinte) que ha supuesto el 38,46% del total de fallecidos; seguido de las inundaciones (trece) que si le sumamos las víctimas generadas por los deslizamientos de terreno (seis) —ya que ambos riesgos casi siempre se presentan de manera asociada—, el número total de fallecidos causados, de manera conjunta, por los dos riesgos, asciende a diecinueve personas, lo que constituye el 36,54% del total. Quedarían, en tercer lugar las trece víctimas mortales ocasionadas por las olas de calor, que han supuesto el 25% del total de fallecidos.

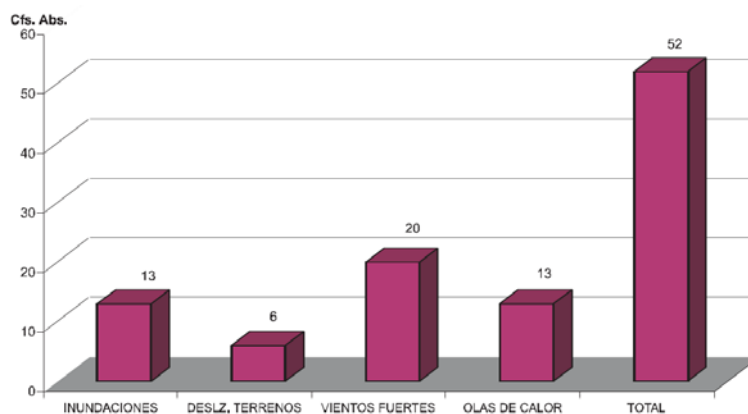


Tabla 2: Número de víctimas mortales por riesgos naturales en las Islas Canarias (1995-2005). Fuente: Ministerio del Interior/M. Arranz.

En las Islas Canarias, a diferencia del resto del ámbito nacional, no se han registrado víctimas mortales ocasionadas por incendios forestales, ni por rayos en este período que va del 1995 al 2005; si bien hay que indicar que en años anteriores se han producido víctimas mortales y heridos, como por ejemplo sucedió en el incendio de La Gomera en 1984 en el que hubo 20 fallecidos y 14 heridos. De igual manera tampoco se han presentado fallecidos por aludes de nieve y episodios de nieve y frío. Lógicamente, estos dos últimos riesgos apenas tienen incidencia en las Islas debido a su localización en latitud.

El número de víctimas mortales por riesgos naturales han sido, por provincias, de veintisiete fallecidos en Las Palmas (veintisiete) por veinticinco fallecidos en Santa Cruz de Tenerife (veinticinco).

En Las Palmas, el mayor número de víctimas lo han ocasionado los vientos fuertes, que ocasionaron dieciséis víctimas, que constituye el sesenta por ciento del total de las generadas en dicha provincia; seguido del número de

víctimas causadas por olas de calor que generaron ocho, lo que representan el treinta por ciento.

Sin embargo, en la provincia de Santa Cruz de Tenerife, el mayor número de víctimas lo han causado las lluvias intensas que junto con desprendimientos de terrenos originaron dieciséis víctimas, lo que suponen el sesenta y cuatro por ciento del total, en esta provincia. A los fallecidos que dejaron la unión de estos dos riesgos, le siguieron el que originaron las olas de calor y vientos fuertes que provocaron un número semejante de víctimas (cinco y cuatro), que representan el veinte y el dieciséis por ciento respectivamente.

Estableciendo una clasificación por islas, se aprecia que en ambas provincias que el mayor número de fallecidos se ha registrado en las dos islas principales: Gran Canaria y Tenerife. Ello obedece, como se señaló al principio, al mayor número de población existente en cada una de ellas, determinado por situarse las capitales de provincia en cada una de ellas

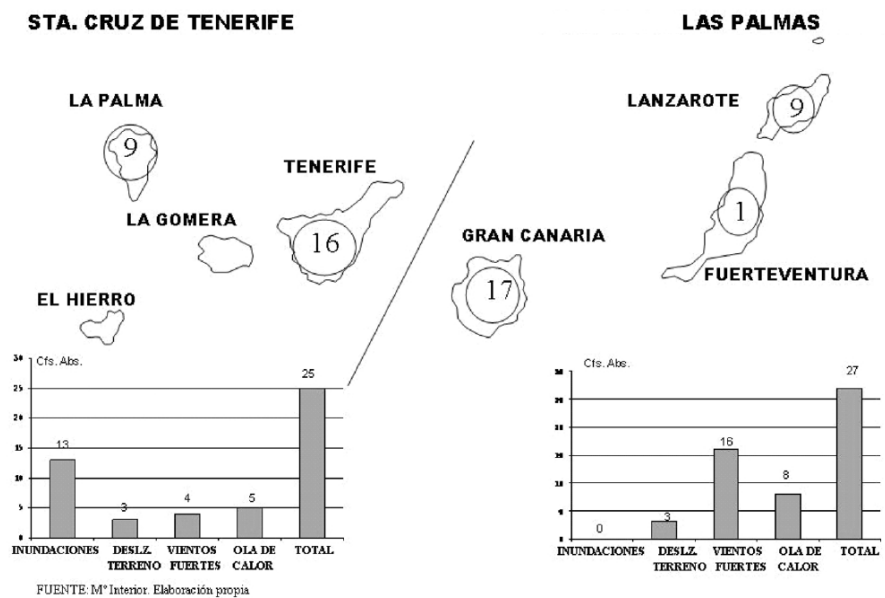


Tabla 3: Número de fallecidos por riesgos naturales en las Islas Canarias (1995-2005) Fuente: Ministerio del Interior/M. Arranz.

En la isla de Gran Canaria, la mayor parte de los fallecidos, ocurrió por la ola de calor que se presentó del 26 de julio al 1 de agosto del año 2004 que dejó ocho víctimas mortales. La isla de Lanzarote la tormenta Delta dejó en diciembre de 2005 siete fallecidos.

En la isla de Tenerife registró la mayor parte de las víctimas mortales por lluvias intensas (diez) mientras que la isla de La Palma registró el mayor número de víctimas también por esta misma causa (tres).

Impactos del cambio climático.

Las interacciones entre el cambio climático y la salud humana son múltiples y complejas (Patz *et al.* 2000). No obstante con un ánimo sintetizador podrían resumirse en:

- 1) Cambios en la morbi-mortalidad en relación con la temperatura.
- 2) Efectos en salud relacionados con eventos meteorológicos extremos (tornados, tormentas, huracanes y precipitaciones extremas).
- 3) Contaminación atmosférica y aumento de los efectos en salud asociados.
- 4) Enfermedades transmitidas por alimentos y el agua.
- 5) Enfermedades transmitidas por vectores infecciosos y por roedores.

1) Cambios en la morbi-mortalidad en relación con la temperatura.

La exposición humana a temperaturas ambientales elevadas puede provocar una respuesta insuficiente del sistema termorregulador originando problemas de salud tales como calambres, deshidratación, insolación, agravamiento de enfermedades crónicas y golpe de calor (con problemas multiorgánicos que pueden incluir síntomas tales como inestabilidad en la marcha, convulsiones e incluso coma).

De cara a actuar contra los efectos negativos que tienen las olas de calor en la población y ante las previsiones de futuro que se nos presenta, actualmente está en marcha el Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud (2009) cuyo objetivo principal es la prevención de daños a la salud provocados por el exceso de calor.

Este plan establece cuatro niveles de temperatura excesiva en base a las temperaturas máximas y mínimas establecidas y a su predicción a cinco días:

- Ausencia de riesgo (nivel 0). 0 días se rebasa simultáneamente los valores umbrales de referencia.
- Bajo riesgo (nivel 1). 1 ó 2 días se rebasan los valores de referencia.
- Riesgo medio (nivel 2). 3 ó 4 días se rebasan los valores de referencia.
- Alto riesgo (nivel 3). 5 días se rebasan los valores de referencia.

Todos estos niveles llevan aparejados una serie de actuaciones preventivas en función del grado de riesgo.

Para la asignación de umbrales de referencia de temperaturas máximas y mínimas, como norma general, se considera el percentil 95% de las

series históricas de las máximas y mínimas diarias de las capitales en verano, pero como excepciones, para las estaciones de clima suave con baja oscilación térmica diaria el percentil 95% de la serie histórica de temperaturas máximas absolutas veraniegas

Para el caso de las Islas Canarias se han establecido para las dos provincias las siguientes temperaturas umbrales:

Provincia	Temperaturas umbrales	
	Máxima	Mínima
Las Palmas	33	23
Santa Cruz de Tenerife	33	23

Tabla 4: Temperaturas umbrales en Canarias. Fuente: Ministerio de Sanidad y Política Social.

A modo de balance del año 2009, no se alcanzó en ninguna ocasión el nivel 3 o de alto riesgo, si bien se activó hasta en cuatro ocasiones el nivel 2 (riesgo medio) en la provincia de Santa Cruz de Tenerife.

Como ya hemos visto en capítulos anteriores, las olas de calor están ya aumentando tanto en número como en días de duración. Además, las proyecciones de futuro indican un posible incremento en estos eventos extremos con lo que es previsible un aumento en la morbi-mortalidad en Canarias. Serán aquellas personas de edad avanzada (mayores de 80 años), lactantes y menores de 4 años, personas con enfermedades crónicas o agudas en el momento de la ola de calor, personas con poca autonomía en la vida diaria, o personas sobre

expuestas al calor, entre otras, los grupos de riesgo que más se verán impactados en el futuro por estos eventos.

2) Efectos en salud relacionados con eventos meteorológicos extremos (tornados, tormentas, huracanes, y precipitaciones extremas).

Como ya hemos visto al principio de este capítulo, en Canarias ha venido sufriendo pérdidas en vidas humanas y daños en las mismas a lo largo de su historia. Tal y como se ha puesto de relieve en el capítulo de Riesgos Naturales, la previsión indica un aumento de los mismos con lo la morbi-mortalidad es altamente probable que también se vea incrementada por este hecho.

3) Contaminación atmosférica y aumento de los efectos en salud asociados.

Por *contaminación atmosférica* se entiende la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de modo que implique riesgos, daño o molestia grave para las personas y bienes de

cualquier naturaleza. La Organización Mundial de la Salud considera la contaminación atmosférica como una de las más importantes prioridades mundiales en salud (OMS 2003). En un reciente informe se ha estimado que la contaminación atmosférica es responsable de 1,4% de todas las muertes en el mundo (Cohen et al. 2003).

Contaminante	Formación	Estado físico	Fuentes
Partículas en suspensión (PM): PM ₁₀ , Humos negros.	Primaria y secundaria	Sólido, líquido	Vehículos Procesos industriales Humo del tabaco
Dióxido de azufre (SO ₂)	Primaria	Gas	Procesos industriales Vehículos
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Primaria y secundaria	Gas	Vehículos Estufas y cocinas de gas
Monóxido de carbono (CO)	Primaria	Gas	Vehículos Humo de tabaco
Compuestos orgánicos volátiles (VOCs)	Primaria, secundaria	Gas	Combustiones en interiores Vehículos, industria, humo del tabaco
Plomo (Pb)	Primaria	Sólido (partículas finas)	Combustiones en interiores Vehículos, industria
Ozono (O ₃)	Secundaria	Gas	Vehículos (secundario a foto-oxidación de NO _x y compuestos orgánicos volátiles)

PM10: partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 µm; NO_x: óxidos de nitrógeno

Tabla 4: Principales contaminantes atmosféricos químicos. Fuente: ECCE.

Existen multitud de estudios sobre los efectos en la salud ocasionados por la contaminación atmosférica. En España el proyecto EMECAS llevó a cabo un estudio sobre el impacto de la contaminación atmosférica que incluyó a 16 ciudades entre las que se encontraban la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria y Santa Cruz de Tenerife y posteriormente se desarrolló el Proyecto CAS (Canarias Atmósfera y Salud) circunscrito también únicamente a las dos capitales canarias¹⁴. Actualmente se encuentra

en desarrollo una segunda fase de este proyecto: el CAS_2.

El previsible aumento de temperatura se correlaciona muy directamente con un incremento en las concentraciones de ozono debido a la naturaleza de contaminante secundario del mismo.

Las enfermedades alérgicas aparecen cuando el organismo reacciona de forma exagerada frente a una sustancia (el alérgeno) a la que

¹⁴ Algunas publicaciones del Proyecto CAS: López Villarrubia E et al., Air Pollution and mortality in the Canary Islands: a time-series analysis. *Environ Health*, 2010, 9:8; López

Villarrubia et al Patrones de exposición a la contaminación atmosférica de origen natural y antropogénico en Las Palmas de Gran Canaria y Santa Cruz de Tenerife. *Ecosostenible*. 2009, 51: 26-36;

normalmente los individuos no alérgicos no reaccionan. Esta respuesta anómala del organismo puede manifestarse en la piel (urticaria, dermatitis, eccemas, sarpullidos, picores...), en el aparato respiratorio (rinitis, obstrucciones respiratorias, asma,...), en el aparato digestivo (diarreas y procesos gastrointestinales) y también puede provocar conjuntivitis, mareos, y cefalea, entre otras reacciones. Los alergenios más frecuentes en Canarias son los ácaros del polvo doméstico, los epitelios de animales, fundamentalmente perro y gato, y por último, el polen de plantas y flores. En verano (desde finales de mayo y junio) es frecuente la alergia provocada por el polen en el césped. En zonas húmedas se produce alergia al moho, presente en el entorno (troncos de madera deteriorados, heno, tierra para uso en jardinería, basura), y en las casas (en las cortinas de baño y en general en las zonas húmedas y cerradas como sótanos). Es muy rara la alergia a hongos en Canarias, detectándose pocos pacientes a la Alternaria, Aspergillus, Cladosporium y Candida.

A diferencia de la Península, los afectados canarios son más alérgicos a los ácaros del polvo doméstico, que no se ven sino al microscopio y se encuentran en el colchón, alfombras, moquetas, muñecos de peluche, libros y en epitelios de animales como perros y gatos. Necesitan para sobrevivir y reproducirse una humedad relativa alta (60-80%) y una temperatura estable 15-25 grados Celsius, parámetros

climatológicos que se cumplen todo el año en Canarias. De ahí que la concentración de la aspiración de un metro de colchón canario debe ser 10 veces mayor que en la Península.

El cambio climático podría adelantar o alargar el periodo polínico para algunas especies con capacidad alérgica. Además el incremento en los niveles de CO₂ podría afectar a la producción de polen. Por tanto, variaciones de temperatura, humedad o producción polínica en Canarias harán mejorar o empeorar las condiciones de vida de los alérgicos de Canarias y sus visitantes.

Uno de los contaminantes atmosféricos más importantes en Canarias son las partículas en suspensión que tienen su mayor virulencia durante las intrusiones de polvo procedentes del Sahara. Las concentraciones de los contaminantes atmosféricos dependen de su producción y también, de manera determinante, de su dispersión. El cambio climático puede afectar a cualquiera de los dos procesos anteriores. Por un lado, relacionado con la meteorología, la posible mayor frecuencia de fenómenos anticiclónicos puede hacer disminuir la dispersión de los contaminantes. Las partículas gruesas, de diámetro >2,5 µm, como es el caso de la mayor parte de la carga de partículas minerales de origen desértico, pueden tener una influencia decisiva en el desarrollo de enfermedades de las vías respiratorias superiores, como puede ser el asm.

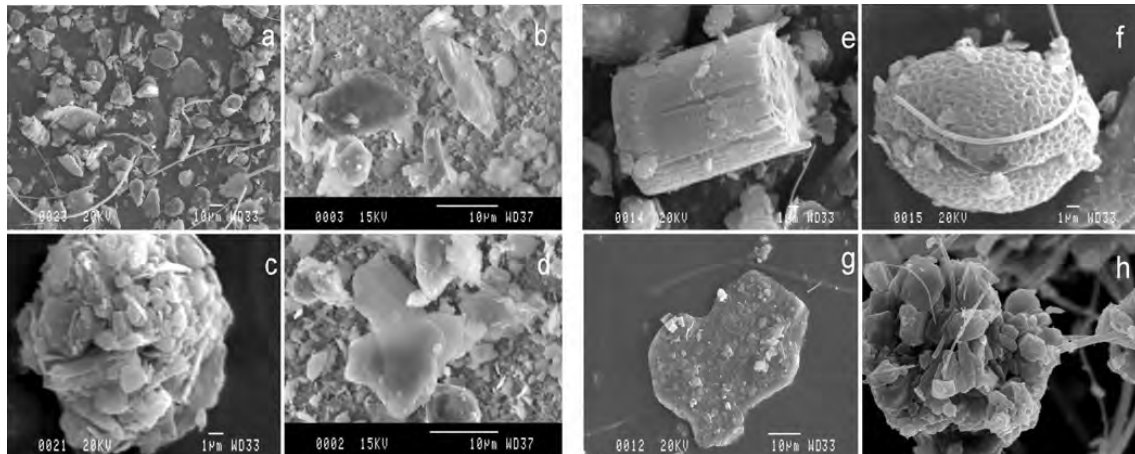


Figura 2: Microfotografías obtenidas con microscopía electrónica de barrido de material particulado en suspensión de origen sahariano recogido en Izaña (a-f) y Sta. Cruz (g-h) el 29 de julio de 2002. Fuente: Querol, X. et al, 2008.

A este respecto, se ha de mencionar que la segunda fase del proyecto CAS (CAS_2) tiene entre sus objetivos principales la evaluación de los episodios de intrusión sahariana en la morbi/mortalidad.

También, un incremento en número e intensidad de los incendios forestales podría hacer que el humo producido aumente los procesos respiratorios en la población afectada tal y como ya se ha visto actualmente.

Por último, de manera indirecta, un aumento de la temperatura puede asociarse con un incremento de las emisiones de contaminantes por el consumo mayor de energía debido a los sistemas de acondicionamiento de aire, refrigeración y conservación de alimentos y otros productos.

4) Enfermedades transmitidas por alimentos y el agua.

En el verano de 2004 (julio-agosto) las aguas marinas canarias se calentaron hasta extremos nunca vistos, alcanzándose e incluso superándose los 27 °C en muchas zonas, en el curso de un evento climático muy particular que conllevó la retirada de los vientos alisios y la entrada de aire africano cálido cargado de polvo (calima). La coincidencia de las aguas calientes y la entrada de oligoelementos limitantes para la producción fitoplanctónica aportados por la calima, como es el hierro, produjo la aparición de grandes manchas a modo de suciedad en la superficie del agua, nunca vistas anteriormente, que resultaron estar formadas por una cianobacteria que utiliza el nitrógeno del aire (Ramos *et al.*, 2005).

Es preciso tener en cuenta que algunos organismos de este tipo, así como otros componentes del plancton (dinoflagelados) cuya presencia parece actualmente posible por las temperaturas –al parecer algunos ya se han detectado–, son productores de toxinas bioacumulativas que se concentran a lo largo de las cadenas tróficas. En este sentido, conviene señalar que recientemente se han producido varios casos de ciguatera en Canarias, dos de los cuales están bien documentados (Pérez-Arellano *et al.*, 2005 y Boada, L.D. *et al.*, 2010¹⁵), enfermedad frecuente en los trópicos por consumo de pescado, en concreto de peces grandes que han concentrado las toxinas durante mucho tiempo.

Por tanto, condiciones climáticas futuras en Canarias que favorezcan el crecimiento de estos organismos harán más frecuentes las enfermedades transmitidas por vía digestiva.

5) Enfermedades transmitidas por vectores infecciosos.

La presencia de enfermedades virásicas transmitidas por mosquitos no es nueva en las Islas Canarias. Durante el siglo XIX hubo epidemias de dengue en las islas asociadas a casos importados por el mar.

Dentro de las enfermedades infecciosas, el potencial malariogénico de España es muy bajo y el

restablecimiento de la enfermedad es muy improbable a no ser que las condiciones sociales y económicas se deterioraran drásticamente y rápidamente. La posible transmisión local quedaría circunscrita a un número muy reducido de personas y tendría un carácter esporádico. Las predicciones más cuidadosas para el año 2050 no reflejan a la Península Ibérica como escenario de transmisión palúdica, pero sí a lo largo de toda la costa marroquí (Rodgers y Randolph 2000). No obstante, cabría la posibilidad de que vectores africanos susceptibles a cepas de *Plasmodium* tropicales pudieran invadir la parte sur la península Ibérica (López-Vélez y García 1998), aunque también se reduciría la exposición al aumentar la vida bajo el aire acondicionado (Reiter 2001).

Por la proximidad con el continente africano, siendo lugar de tránsito y estancia de personas, y por las condiciones climáticas, cercanas a las de zonas donde hay transmisión de enfermedades vectoriales, España es un país en el que estas enfermedades podrían verse potenciadas por el cambio climático. Pero para el establecimiento de auténticas áreas de endemia se necesitaría la conjunción de otros factores, tales como el aflujo masivo y simultáneo de reservorios animales o humanos y el deterioro de las condiciones socio sanitarias y de los servicios de Salud Pública; si bien hay que tener presentes los acontecimientos ocurridos en los últimos años en Europa relativos a la aparición de brotes epidémicos de enfermedades víricas transmitidas por mosquitos como, entre otros, el brote de Chikungunya en el norte de Italia con 334 casos entre agosto y septiembre de 2007, los casos de

¹⁵ Boada, L.D., *et al.*, Ciguatera fish poisoning on the West Africa Coast: An emerging risk in the Canary Islands (Spain), *Toxicon* (2010), doi:10.1016/j.toxicon.2010.07.021.

Fiebre del Nilo Occidental en diferentes países europeos y concretamente en Grecia donde se han confirmado 108 casos con 9 defunciones y el primer

caso de dengue autóctono en Europa en Francia notificado el 13 de septiembre de 2010.

Hipotéticamente, las enfermedades vectoriales susceptibles de ser influidas por el cambio climático y aparecer o emerger de nuevo son la que se muestran en la siguiente tabla:

Enfermedad	Agente	Vector	Clínica
Dengue	<i>Flavivirus</i>	Mosquito	Fiebre viral hemorrágica
Nilo Occidental (West Nile)	<i>Flavivirus</i>	Mosquito	Encefalitis
Fiebre de Congo Crimea	<i>Nairovirus</i>	Garrapata	Fiebre viral hemorrágica
Encefalitis por garrapata	<i>Flavivirus</i>	Garrapata	Encefalitis
Fiebre botonosa	<i>Rickettsia conorii</i>	Garrapata	Fiebre maculada
Tifus murino	<i>Rickettsia typhi</i>	Pulga	Fiebre tífica
Fiebre recurrente endémica	<i>Borrelia hispanica</i>	Garrapata	Fiebre recurrente
Malaria	<i>Plasmodium sp.</i>	Mosquito	Fiebres palúdicas
Chikungunya	<i>Alfavirus</i>	Mosquito	Artritis
Leishmaniosis	<i>Leishmania sp.</i>	Fiebotomo	Kala-azar

Tabla 5: Enfermedades vectoriales susceptibles de ser influidas por el cambio climático. Fuente: ECCE.

El posible riesgo vendría por la importación e instalación de vectores tropicales y subtropicales adaptados a sobrevivir en climas parecidos a los que se proyectan en el futuro para Canarias.

Actualmente se está ultimando un estudio entomológico en Canarias, coordinado por el Instituto Canario de Enfermedades Tropicales y Salud Pública, cuyos resultados nos darán una valoración más precisa del riesgo de transmisión de estas enfermedades en las Islas Canarias.

19. INFRAESTRUCTURAS, URBANISMO Y TRANSPORTE

Situación actual.

En las Islas Canarias, hasta principios del pasado siglo, la actividad económica se basaba principalmente en la agricultura y la ganadería. El singular ecosistema que caracteriza a las islas fue ya entonces muy valorado por la comunidad científica y también su clima y su paisaje por el incipiente turismo de la época.

La explosión turística que evoluciona primero en las islas más pobladas

(Tenerife y Gran Canaria) desde la década de los años 60 del pasado siglo (y posteriormente en las islas más orientales Fuerteventura y Lanzarote), transforma completamente las zonas, hasta entonces deshabitadas, de las costas más soleadas. En el caso de las islas más pobladas, la costa del sur adquiere rápidamente una desmesurada plusvalía en comparación con las de los suelos agrícolas de la vertiente norte.

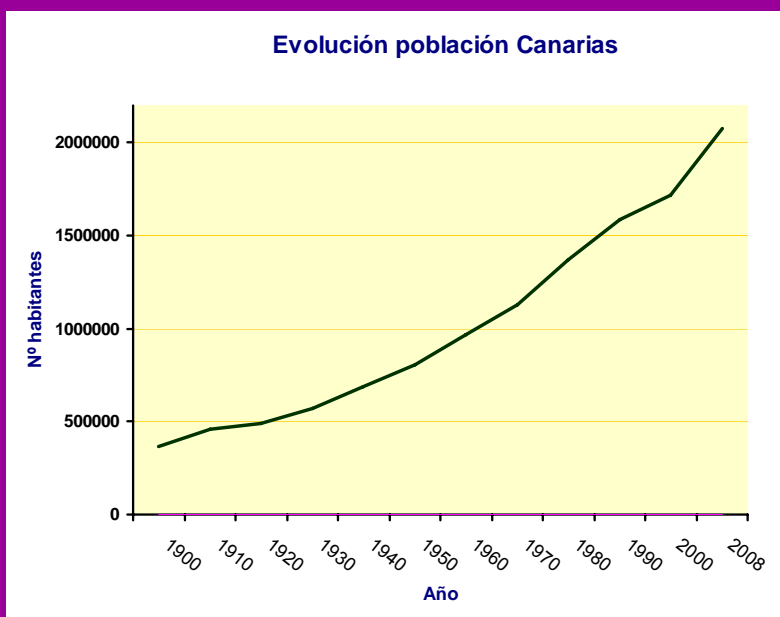


Figura 1: Evolución población Canarias desde 1900. Fuente: ISTAC, elaboración propia.

Como estos terrenos de costa soleada estaban muy poco poblados y la red de carreteras de la época implicaba unos difíciles desplazamientos desde los lugares de residencia habitual hasta los nuevos núcleos turísticos, se empezaron a desarrollar núcleos urbanos paralelos (la mayor parte de las veces sin planeamiento previo), próximos a las nuevas áreas turísticas, al tiempo que se ampliaban las carreteras de conexión entre la capital y dichos nuevos núcleos para facilitar el acceso laboral desde los núcleos de residencia antiguos.

A su vez, se ha de señalar como causa del desarrollo urbanístico el considerable incremento de población de las Islas Canarias en los últimos 50 años, pasando de 966.177 habitantes en el año 1960 a 2.075.968 habitantes en el año 2008; crecimiento, en gran medida, por motivo del aumento de la inmigración.

Así mismo, debido al auge de los nuevos mercados turístico e

inmobiliario, los suelos cultivables de las zonas más húmedas se fueron fragmentando y convirtiendo en suelos urbanos donde se proyectaban nuevos planes parciales, urbanizaciones dispersas, naves industriales,... mientras aumentaba la demanda *in crescendo*, de un viario que fomentaba el uso masivo del vehículo privado, fraccionaba aún más el territorio agrícola, transformaba los barrancos y segregaba los ecosistemas.

Paralelamente, múltiples actividades comerciales y de ocio también se alejaron del centro, ubicándose a lo largo de las autopistas en centros comerciales, recintos sobre los que gravita buena parte de la vida urbana. Así, en ambas capitales canarias, la ciudad desbordó sus antiguas periferias, extendiéndose por un territorio de límites imprecisos organizado conforme a la segregación y la especialización funcional de los usos del suelo, lo que terminó multiplicando las necesidades de transporte.

Isla	Lugar de trabajo - Año 2001				Lugar de trabajo - Año 1991			
	Municipio residencia	%	Otro municipio	%	Municipio residencia	%	Otro municipio	%
Gran Canaria	181.913	66,8	90.530	33,2	132.356	72,7	49.770	27,3
Tenerife	156.569	60,3	103.190	39,7	112.893	63,1	66.151	36,9
Lanzarote	26.278	60,9	16.877	39,1	13.617	62,8	8.060	37,2
La Palma	15.847	62,4	9.552	37,6	13.140	72,9	4.893	27,1
Fuerteventura	24.478	83,3	4.898	16,7	10.354	81,5	2.350	18,5
La Gomera	5.559	84,8	994	15,2	3.203	86,7	491	13,3
El Hierro	2.536	90,2	276	9,8	1.626	93,4	115	6,6
CANARIAS	413.180	64,6	226.317	35,4	287.189	68,5	131.830	31,5

Tabla 1: Relación entre lugar de residencia y lugar de trabajo de la población ocupada. Fuente: ISTAC, Encuesta Población Canarias 1996. INE, Censo Población 2001.

Algunos ensanches de las ciudades se desarrollaron en barrios periféricos donde parte de la clase social menos favorecida se asentó de forma espontánea, sin planeamiento previo y sin las dotaciones básicas.

Otra porción de esta clase social se ubicó en el suelo rural, construyendo viviendas ilegales que iban colonizando parte del territorio de forma dispersa, desorganizada y sin dotaciones ni infraestructuras, al tiempo que las clases sociales altas prefirieron vivir igualmente fuera de las ciudades, en urbanizaciones separadas de los núcleos urbanos consolidados.



Las Palmas de Gran Canaria (foto: J. Martínez)

Por lo que respecta al transporte el marco geográfico de Canarias, como territorio fragmentado, determina que en la actualidad existan desequilibrios socio-económicos entre islas. Se une a ello un alto índice demográfico medio (257 hab/km²) y una importante dispersión poblacional. Situación que provoca una gran demanda de movilidad y accesibilidad y propicia la existencia de un numeroso parque móvil (1.300.000 vehículos), con un intensivo uso del vehículo privado (1.120.000 vehículos, con 3.500.000 desplazamientos diarios), y una consecuente desmotivación sobre otros medios de transporte.

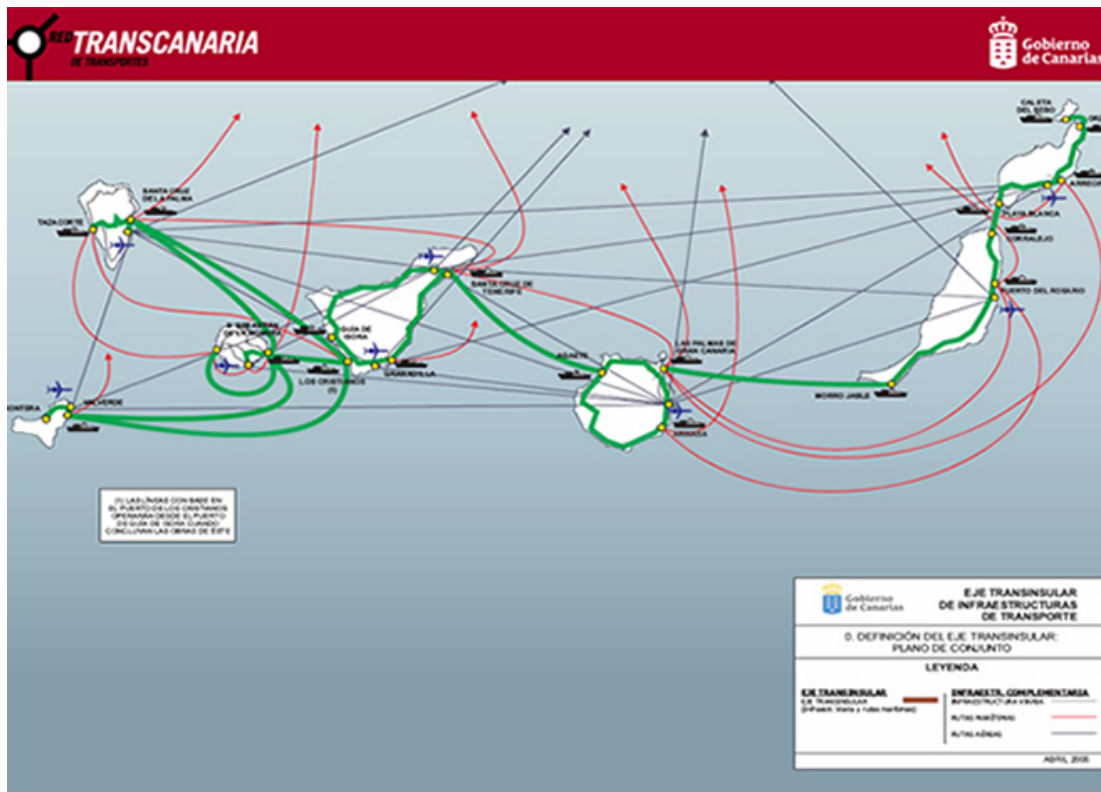


Figura 2: Red Transcanaria de transportes. Líneas rojas rutas marítimas, grises rutas aéreas, verdes vehículos terrestres (carreteras y conexión marítima entre islas). Fuente: Gobierno de Canarias.

Urbanismo e Infraestructuras.

Actualmente las principales aglomeraciones urbanas se encuentran en el frente costero. El aumento significativo de las construcciones entre 1994 y 2008 (Vinuesa, J., 2009; García Márquez, F., 2009) y la creciente demanda de suelo para satisfacer las necesidades ligadas a los servicios, principalmente el turismo, genera un importante aumento de la presión antrópica sobre el litoral. Las islas con menor grado de urbanización (con respecto al total de la costa) son La Palma, La Gomera y

El Hierro en donde el porcentaje de entorno urbanizado es del 5%, seguidas por Lanzarote y Fuerteventura con un porcentaje del 17%. Por último, las dos islas capitalinas son las que tienen un mayor grado de urbanización de la costa con un 29% para Gran Canaria y un 33% para Tenerife.

Además de estos asentamientos costeros localizados en áreas susceptibles de ser afectadas en gran medida por eventos meteorológicos extremos, también existen emplazamientos urbanos situados en

zonas de gran pendiente o cerca de barrancos que pueden inundarse en situaciones de lluvias intensas.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) aprobado el 17 de Marzo de 2006, es el marco normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, que permiten el cumplimiento de los 'requisitos básicos de la edificación' establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, LOE con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente. Esta normativa ha entrado en vigor por etapas y uno de los primeros documentos en hacerlo, debido a su prioridad (porque la normativa vigente era del año 79) es el que se refiere a eficiencia energética, que está directamente relacionado con las emisiones de gases de efecto invernadero y por tanto con el cambio climático.

Si bien este documento supone un importante avance, por sus exigencias en la envolvente de la edificación (hasta ahora prácticamente nulas en la Comunidad Canaria) y el rendimiento de las instalaciones de los edificios, tanto térmicas como de iluminación, también hay que decir que este documento necesita ser adaptado a las condiciones del clima canario, ya que sus exigencias son más propias de climas fríos que cálidos. En ese sentido, el documento básico de ahorro de energía DB-HE1 del CTE no trata en toda su complejidad las exigencias de protección solar de las fachadas y esto redundará en un mal comportamiento térmico de los edificios canarios, ya que la principal

severidad climática a la que deben enfrentarse es a la del verano.

Transporte.

El Gobierno de Canarias tiene entre sus principales objetivos la consecución de una Canarias única donde las comunicaciones hagan posible la integración económica, social y cultural de las islas. La Red Transcanaria de Transportes es la suma de aquellas infraestructuras de transportes que hace posible esta cohesión e integración interinsular (puertos, aeropuertos, carreteras e infraestructuras de transporte terrestre-intercambiadores, etc) así como todos aquellos elementos tecnológicos que permitan mejorar la información y la comunicación.

1) Transporte por carretera

El transporte por carretera Canarias en su conjunto ha experimentado un crecimiento exponencial en el número de vehículos. Así, ya en el año 2000, existían 681 vehículos por cada 1.000 habitantes, casi siete veces más que la media mundial, y una de las medias de vehículos por habitante mayores del planeta (Fuente: Gobierno de Canarias). Este crecimiento ha traído consigo un ensanchamiento de las vías y la creación de nuevas autovías y carreteras para gestionar el tráfico originado por el parque de vehículos.

2) Transporte marítimo

Los oleajes predominantes en Canarias son los procedentes del

sector NO-NE, siendo el procedente de la dirección NE, generado por los vientos alisios, el de mayor energía conjunta. La frecuencia e intensidad de los oleajes disminuye mucho entre las direcciones E y S, debido a la cercanía de la costa africana, volviendo a aumentar paulatinamente en el sector SO.

Las mareas tienen un marcado carácter semidiurno, con rangos de marea máximos de 2,83 m, y mínimos de 0,70 m. Los periodos de mareas mínimas tienen lugar durante los meses de junio y diciembre, mientras que las mareas máximas se producen en

marzo y septiembre, durante los periodos equinocciales.

La dirección predominante de las corrientes cerca de la plataforma costera es, aproximadamente, paralela a la costa, siendo esta componente longitudinal la más energética. Estas corrientes casi nunca alcanzan intensidades superiores a los 30 cm/s.

Por otro lado, la longitud de costa artificial, incluyendo los puertos, presente en el archipiélago canario, se muestra en la siguiente figura, donde destaca la isla de Tenerife con cerca de 35 km entre puertos y costa artificial.

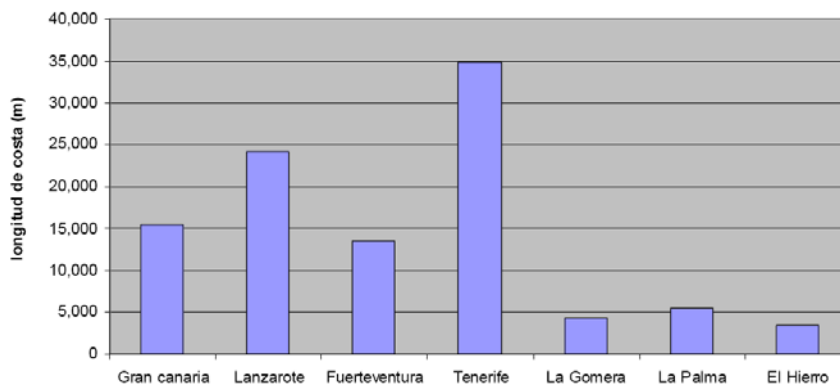


Figura 3: Longitud de la costa artificial en las Islas Canarias (puertos y costa artificial) según la Estrategia de Sostenibilidad de la Costa. Fuente: Trama Ingenieros, S.L, 2008.

En la actualidad las Islas Canarias cuentan con unos 43 puertos comerciales, pesqueros y deportivos a lo largo de toda su costa con un número variable en cuanto amarres.



Las Palmas de Gran Canaria. Puerto. (foto: J. Martínez)

Con base en la información de Puertos del Estado y los datos de proporcionados por el Instituto Canario de Estadística, se muestra en la siguiente figura el tráfico de mercancías en los puertos canarios durante el año 2007.

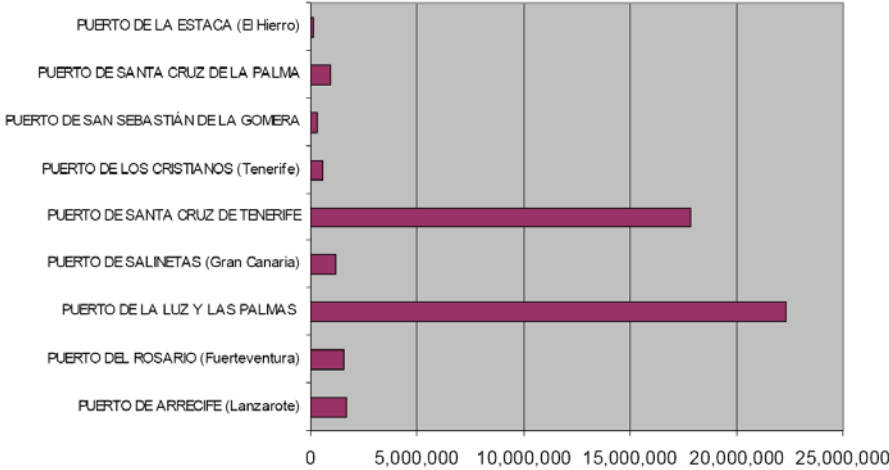


Figura 4: Tráfico de mercancías durante el año 2007. Fuente: Instituto Canario de Estadística/Trama Ingenieros S.L, 2008.

3) Transporte aéreo

La condición de archipiélago de las Islas Canarias y su emplazamiento, alejado del continente europeo, hace que casi todo el tráfico de pasajeros llegue a las Islas Canarias en avión y entre a través de los seis aeropuertos que reciben vuelos de fuera de las islas. Los aeropuertos de La Gomera y de El Hierro en estos momentos sólo reciben vuelos interinsulares.

Las estadísticas de los ocho aeropuertos canarios indican que durante el año 2008 se registraron

371.035 operaciones de aviones que representan un 15% del total en España. Estas operaciones aéreas transportaron 34.019.580 pasajeros que supone un 17% del total de pasajeros de todos los aeropuertos de España.

La situación de la conectividad aérea se encuentre en el enfoque del interés tanto político como privado, los canarios dependen de la conectividad aérea para moverse entre las islas, para salir del archipiélago y para recibir turistas.

CATEGORIA OPERADOR	OPERADOR	Año 2008	Año 2007
REGIONAL	Binter Canarias + Naysa	5.385.740	5.704.271
REGIONAL	Islas Airways	1.265.683	1.150.941
NACIONAL	Spanair	2.548.933	2.745.911
NACIONAL	Air Europa	2.783.664	2.614.522
NACIONAL	Iberia	1.761.221	2.223.564
INTERNAC. (UK)	Thomas Cook Airlines	1.720.839	1.093.714
INTERNAC. (UK)	Monarch Airlines	857.870	681.548
INTERNAC. (UK)	Thomson + First Choice	1.750.160	1.692.095
INTERNAC. (Alemania)	Condor	1.627.236	1.698.914
INTERNAC. (Alemania)	Air Berlin	1.680.270	1.286.401
INTERNAC. (Alemania)	Hapag Lloyd Expr. (TUifly)	1.704.086	1.157.752
LOW COST	Ryanair	501.066	173.485
LOW COST	Vueling Airlines	220.904	0
LOW COST	easyJet	333.335	15.796
LOW COST	Clickair	273.378	30.050

Tabla 2: Pasajeros por operadores más relevantes en Canarias. Fuente: AENA

Actualmente se está constatando en los estudios y observaciones relativos al transporte aéreo una mayor componente de la componente este del viento en el Aeropuerto de Tenerife Norte, detectando que los aviones en sus maniobras de aterrizaje tienen que hacerlo de forma cada vez más frecuente desde el norte.

Impactos del cambio climático.

Como ya vimos en el capítulo relativo al sector energético, unas condiciones climáticas de aumento de temperatura y de fenómenos extremos por un lado harán variar la producción, demanda y distribución de la energía; por otro afectarán con diferentes grados de intensidad las infraestructuras necesarias para satisfacer la demanda eléctrica o de otros servicios a la población.

Por tanto, cambios en las componentes del clima afectarán de igual manera en mayor o menor medida a las infraestructuras, al urbanismo y al transporte en general.

Urbanismo e Infraestructuras

El diseño y emplazamiento de los actuales trazados urbanos podrán verse modificados por estas variaciones en las condiciones climáticas futuras para adecuarse principalmente a los eventos que puedan tener lugar de forma que también se optimicen los recursos de suelo urbano disponibles en el archipiélago.

Tanto los edificios destinados a viviendas como los destinados a ocio o servicios públicos se podrán ver afectados de diversas formas, bien por impactos directos, como por ejemplo en edificaciones cercanas a la costa por aumento del nivel del mar, como por impactos indirectos del clima (ej. las nuevas condiciones climática pueden no satisfacer el confort para el cual fueron los edificios diseñados originalmente).

Un aumento en intensidad y número de eventos extremos afectará al estado de conservación del edificio, provocando también una disminución en la durabilidad del mismo. Así mismo, se ha de indicar que las áreas costeras generalmente están sujetas a mayores impactos por eventos extremos de viento que las áreas del interior y el cambio climático podría incrementar la intensidad de las rachas de viento. Esto podría llevar a un aumento significativo en el daño de los edificios donde un incremento de un 25% en los máximos de la velocidad de las ráfagas de viento pueden incrementar en un 650% de los daños en los edificios (Fuente: Insurance Australia Group 2003, The impact of climate change on insurance against catastrophes, viewed on 18 October 2009).

Transporte

1) Transporte por carretera

El transporte por carretera se ve ya afectado principalmente por los deslizamientos de terreno e inundaciones que puedan ralentizar el tráfico rodado o cortar carreteras como ya se citó en el capítulo de riesgos naturales. También los vendavales provocan cortes de carreteras por caída de árboles u otros objetos a las vías urbanas e interurbanas. El aumento en fenómenos extremos hará que estos episodios aumenten tanto en número como en intensidad.

2) Transporte marítimo

Eventos extremos también pueden afectar al transporte marítimo. No sólo por los barcos en tránsito por aguas canarias si no también por los que se hallen situados en los puertos. Las infraestructuras portuarias, como ya se indicó en el capítulo de costas, previsiblemente se verán afectadas directamente por el cambio climático en su totalidad, es decir, su disposición (orientación frente a los temporales) y funcionalidad (estabilidad), incluyendo tanto su configuración en planta (disposición de la infraestructura para evitar los oleajes, aterramientos, etc.) como en alzado (cotas y “run-up”).

3) Transporte aéreo

También son los fenómenos extremos los que pueden modificar este medio de transporte. Las lluvias intensas pueden provocar escorrentías que excedan la capacidad de encauzamiento y de los sistemas de drenaje aeroportuarios.

Los vientos pueden ocasionar daños en las terminales, equipos de navegación y señales. También puede haber cambios en los patrones de vientos dominantes de cada aeropuerto, como está sucediendo ya en Tenerife Norte.

Cambios en la temperatura del aire supone también variaciones en la capacidad de elevación de las aeronaves.



Transporte aéreo.

(foto: J. Martínez)

Alguno de los aeropuertos canarios tiene sus pistas de aterrizaje y despegue cerca de la línea de costa por lo que variaciones en la costa por efecto del cambio climático podrían afectarlas de algún modo.

Por último, los fenómenos extremos pueden interrumpir los servicios de suministro en los aeropuertos (electricidad y agua) o interrumpir los accesos por tierra al mismo.

GLOSARIO

Término	Definición
Acidificación del océano	Aumento de la concentración de CO ₂ en el agua del mar, que conlleva un aumento medible de la acidez (es decir, una disminución del pH del océano). Puede acarrear una disminución de la tasa de calcificación en los organismos que experimentan ese proceso (corales, moluscos, algas o crustáceos).
Aclimatación	Adaptación fisiológica a las variaciones climáticas.
Acuicultura	Cultivo controlado de plantas o animales acuáticos mantenidos en cautividad, como las lubinas y doradas, con fines productivos.
Acuífero	Estrato de roca permeable que contiene agua. Los acuíferos no confinados se recargan directamente mediante la lluvia, los ríos y los lagos de ámbito local, y la tasa de recarga dependerá de la permeabilidad de las rocas y suelos que los cubren.
Adaptación	Ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas.
Aerosol	Conjunto de partículas sólidas o líquidas con un tamaño típico entre 0,01 y 10 µm que pueden mantenerse en suspensión en el aire varias horas o días. Estas partículas pueden tener origen natural o antropogénico. Pueden influir sobre el clima directamente, dispersando y absorbiendo radiación, o indirectamente, actuando como núcleos de condensación sobre los que se forman las nubes o modificando las propiedades ópticas y la persistencia de las nubes.
Agente etiológico	Organismo causante de una enfermedad.
Alergeno	Sustancia capaz de provocar una reacción alérgica.
Aportación	Volumen total de agua que fluye durante un año, usualmente referido a las salidas de un área de drenaje o cuenca fluvial.
Arrecifes de coral	Estructuras de caliza (carbonato de calcio) de apariencia rocosa creadas por corales a lo largo de las costas oceánicas (arrecifes litorales) o sobre riberas o plataformas sumergidas a escasa profundidad (barreras coralinas, atolones) y especialmente profusas en los océanos tropicales y subtropicales.
Atmósfera	Envoltura gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está compuesta casi enteramente por nitrógeno (coeficiente de mezclado volumétrico: 78,1%) y oxígeno (coeficiente de mezclado volumétrico: 20,9%), más cierto número de gases, como el argón (coeficiente de mezclado volumétrico: 0,93%), el helio, y ciertos gases de efecto invernadero radiativamente activos, como el dióxido de carbono (coeficiente de mezclado volumétrico: 0,035%) o el ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua, que es también un gas efecto invernadero, en cantidades muy variables aunque, por lo general, con un coeficiente de mezclado volumétrico de 1%. La atmósfera contiene también nubes y aerosoles.
Artrópodo	Ser vivo con apéndices articulados como los insectos.
Aumento de nivel del mar	Aumento del nivel medio del océano. El aumento eustático del nivel del mar es una variación del nivel del mar promediado a escala mundial, causado por un aumento de volumen de los océanos. Se habla de aumento relativo de nivel del mar para referirse a un aumento local del nivel del océano respecto de la tierra, posiblemente por efecto de la elevación de los océanos y/o del hundimiento del nivel de la tierra. En áreas que experimentan una elevación rápida del nivel de la tierra, el nivel relativo del mar puede disminuir.
Avenida	Elevación, generalmente, rápida en el nivel de las aguas de un curso, hasta un

	máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor.
Bentónico	Se aplica al organismo que vive en los fondos o próximos al fondo de una masa de agua, por ejemplo los fondos marinos.
Biodiversidad	Término que hace referencia a la variabilidad de organismos (comúnmente especies, pero también variedades dentro de las especies) que habitan un territorio.
Biomasa	Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, que se puede emplear como fuente directa o indirecta de energía
Biota	Conjunto de organismos vivos de determinada área; la flora y la fauna considerada como un todo.
Bosque	Tipo de vegetación en la que predominan los árboles. Las definiciones de 'bosque' en distintos lugares del mundo son muy diversas, en consonancia con la diversidad de condiciones biogeofísicas y de estructuras sociales y económicas. En relación con el término <i>bosque</i> y otros de índole similar, como <i>forestación</i> , <i>reforestación</i> y <i>desforestación</i> , puede consultarse el Informe Especial del IPCC sobre Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (Land Use, Land Use Change and Forestry, IPCC, 2000). Véase también el informe Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types, (IPCC, 2003).
Cambio climático	Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra. La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, o UNFCCC en sus siglas en inglés) de las Naciones Unidas, en su Artículo 1, define el cambio climático como "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La UNFCCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.
Ciclo biogeoquímico	Serie secuencial de fases por las que atraviesa la materia en un ecosistema. Se aplica con más frecuencia a los ciclos del agua, de los nutrientes y de elementos clave como el C, N, P, O, etc.
Ciclo del carbono	Término empleado para describir el flujo del carbono (en diversas formas, por ejemplo, como dióxido de carbono) en la <i>atmósfera</i> , los océanos, la <i>biosfera</i> terrena y la <i>litosfera</i> .
Ciclo Rankine	Ciclo termodinámico cerrado en el que una bomba inyecta agua a presión en una caldera donde se produce vapor, a presión constante, que se expansiona en una turbina de vapor, realiza trabajo, se condensa en un condensador y vuelve a bombear nuevamente a la caldera, con lo que se cierra el ciclo. Ciclo típico de las centrales térmicas.
Circulación general	Movimientos del océano y de la atmósfera a gran escala como consecuencia del diferente grado de calentamiento ocasionado por la rotación de la Tierra, que tienden a restablecer el balance de energía del sistema mediante el transporte de calor y de cantidad de movimiento.
Clima	El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del

tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado del *sistema climático* en términos tanto clásicos como estadísticos. El período de promedio habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Cogeneración	Empleo del calor residual resultante de la generación eléctrica en plantas termoeléctricas. Por ejemplo, el calor resultante de la condensación de las turbinas de vapor o los gases de escape de las turbinas de gas, ya sea con fines industriales o para la calefacción local.
Combustibles fósiles	Combustibles basados en carbono procedentes de depósitos de hidrocarburos fósiles, incluidos el carbón, la turba, el petróleo y el gas natural.
Conductancia estomática	Capacidad de los estomas de las hojas de dejar pasar gases (principalmente agua y dióxido de carbono) y líquidos. Inversa de la resistencia estomática.
Contaminación atmosférica	Presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de modo que implique riesgos, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza.
Corredor (ecológico)	Franja estrecha de vegetación utilizada por la flora y fauna silvestre, que permiten el movimiento de factores bióticos entre dos extensiones.
Cuenca hidrográfica	Área que tiene una salida única para su escorrentía superficial.
Deforestación	Conversión de una extensión boscosa en no boscosa.
Demanda (recursos hídricos)	Cantidad real de agua necesaria para diversos usos durante un período dado, condicionada por diversos factores como son factores económicos, sociales, etc.
Dengue	Enfermedad infecciosa viral transmitida por mosquitos, llamada con frecuencia fiebre quebrantahuesos, porque se caracteriza por intenso dolor en las articulaciones y la espalda. Las sucesivas infecciones del virus pueden provocar la fiebre hemorrágica del dengue (FHD) y el síndrome de choque por dengue (SCD), que pueden ser fatales.
Demersal	Organismos que habitan próximos al fondo del mar y utilizan la fauna bentónica como recurso.
Deriva genética	Proceso genético por el cual tiene lugar la variación casual de determinadas frecuencias de genes. Esta variación, en ocasiones, puede causar la extinción de una especie, lo cual es un simple producto del azar.
Desalación	Proceso de tratamiento de aguas de alta salinidad hasta hacerlas servibles para un uso concreto.
Desarrollo sostenible	Desarrollo que responde a las necesidades culturales, sociales, políticas y económicas de la generación actual sin poner en peligro las posibilidades de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. El concepto de desarrollo sostenible se introdujo en la Estrategia Mundial de Conservación (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus Recursos UICN, celebrada en 1980) y tiene su origen en el concepto de una sociedad sostenible y en la gestión de los recursos renovables. Adoptado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) en 1987 y por la Conferencia de Río en 1992 como un proceso de cambio en el que la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional están todos en armonía y fortalecen el potencial actual y futuro

	con vistas a satisfacer las necesidades y aspiraciones de los seres humanos.
Desertificación	Degradación de las tierras en extensiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas por efecto de diversos factores, en particular las variaciones climáticas y las actividades humanas. La Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación define degradación de la tierra como la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los <i>bosques</i> y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de <i>usos del suelo</i> o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como: (i) la erosión del suelo causada por el viento o el agua, (ii) el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de las propiedades económicas del suelo, y (iii) la pérdida duradera de vegetación natural
Desierto	Región de muy bajos niveles de precipitación, entendiéndose generalmente por ello un valor inferior a 100 mm de precipitación anual.
Deslizamiento de terreno	Masa de material que se desliza pendiente abajo por efecto de la gravedad, frecuentemente con ayuda del agua cuando el material está saturado; movimiento rápido de una masa de suelo, rocas o material suelto por una pendiente.
Desprendimiento	Tipo de movimiento de ladera que se refiere a la caída libre de fragmentos sueltos de cualquier tamaño.
Diatomea	Algas unicelulares del tamaño de sedimentos que viven en las aguas de la superficie de lagos, ríos y océanos y forman caparazones de ópalo.
Dióxido de carbono (CO₂)	Gas de origen natural, subproducto también de la combustión de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, y de los cambios de uso de la tierra y otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es el gas utilizado como referencia para medir otros gases de efecto invernadero, por lo que su Potencial de Calentamiento Mundial (PCM) es igual a 1.
Dique	Muro artificial de contención a lo largo de una costa construido para evitar la inundación de tierras bajas.
Ecosistema	Sistema de organismos vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico. Los límites de lo que podría denominarse un ecosistema son algo arbitrarios y dependen del objetivo de interés o estudio. En consecuencia, la magnitud de un ecosistema puede oscilar desde escalas espaciales muy pequeñas hasta, por último, toda la Tierra.
Energía renovable	Cantidad de trabajo o calor emitido obtenida de las corrientes continuas o repetitivas de energía que se produce en el entorno natural e incluye tecnologías no basadas en el carbono como la solar, la hidrológica, la eólica, la mareomotriz y la geotérmica, así como las tecnologías neutras en carbono como la biomasa.
Endotérmicos	Organismos que requieren de factores ambientales para modificar su temperatura corporal o que sólo requieren de procesos endógenos.
Efecto invernadero	Los gases de efecto invernadero absorben eficazmente la radiación infrarroja térmica emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera a causa de los propios gases, y por las nubes. La radiación atmosférica se emite en todas direcciones, incluida hacia la superficie de la Tierra. Por ello, los gases de efecto invernadero atrapan calor en el sistema superficie-troposfera. Este efecto se denomina efecto invernadero. La radiación infrarroja térmica de la troposfera está

estrechamente relacionada con la temperatura de la atmósfera a la altitud en que se emite la radiación. En la troposfera, la temperatura disminuye generalmente con la altura. En realidad, la radiación infrarroja emitida hacia el espacio se origina a una altitud con un promedio de temperatura de $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$, en equilibrio con la radiación solar entrante neta, mientras que la superficie de la Tierra se mantiene a una temperatura mucho más alta, de $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$ de media. Un aumento de la concentración de gases de efecto invernadero comporta una mayor opacidad infrarroja de la atmósfera y, por consiguiente, la radiación hacia el espacio se origina a una altitud que en realidad es mayor y donde la temperatura es más baja. Ello ocasiona un forzamiento radiativo que potencia el efecto invernadero (efecto invernadero potenciado).

Eficiencia en el uso del agua	Cociente entre la cantidad de dióxido de carbono asimilado y la cantidad de agua transpirada por las plantas.
Eficiencia energética	Relación entre el producto de energía aprovechable de un sistema, un proceso o actividad de conversión y su aportación energética.
El Niño	Originalmente se definía como una corriente de agua cálida que periódicamente fluye a lo largo de la costa del Ecuador y el Perú, capaz de perturbar la producción en los bancos de pesca locales. En la actualidad se considera el evento que origina una elevación de la temperatura superficial en la parte oriental del océano Pacífico ecuatorial del hemisferio sur, debida a que las aguas cálidas del área de Indonesia fluyen hacia el este, superponiéndose a las más frías de la corriente del Perú. Este fenómeno oceánico está acoplado a una anomalía en la distribución de presiones atmosféricas que debilita los vientos predominantes del oeste a lo largo del Pacífico ecuatorial y tropical, que se conoce por el nombre de Oscilación del Sur. Al fenómeno opuesto a El Niño se llama La Niña.
Endémico	Propio y exclusivo de una zona o región concreta. Se aplica con más frecuencia a las especies biológicas.
Endemismo	Especie de distribución geográfica restringida o poco extensa, con frecuencia confinada a un país o a un accidente geográfico concreto, como una isla o archipiélago, una península, una montaña o cordillera, etc.
Energía eólica	Energía eléctrica producida por el viento.
Energía primaria	Energía que no se ha sometido a ningún proceso de conversión.
Erosión	Proceso de detración y transporte de suelo y rocas por desgaste externo o desmoronamiento, o por efecto de corrientes de agua, glaciares, olas, vientos o aguas subterráneas.
Erosionabilidad	Susceptibilidad del suelo a la erosión.
Escenario	Conjunto de factores que condicionan un posible estado futuro de un sistema determinado.
Escenario climático	Una representación aceptable, y a menudo simplificada, del clima futuro basada en un conjunto consistente de relaciones climatológicas, que se construye para utilizarla explícitamente en la investigación de las consecuencias potenciales derivadas del cambio climático antropogénico. Un escenario de cambio climático es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual.
Escenario de emisiones	Una representación admisible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que afectan al efecto invernadero atmosférico, basada en una serie coherente y consistente de suposiciones sobre el potencial desarrollo socio-económico o tecnológico futuro. Los escenarios de concentraciones se derivan de los de emisiones y se utilizan en los modelos climáticos para realizar proyecciones de cambio climático.

En IPCC (1992) se expone un conjunto de escenarios de emisiones utilizados para las proyecciones climáticas publicadas en IPCC (1996). Este conjunto de escenarios se denomina IS92. En el Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (Nakicenovic y Swart, 2000) se publicaron los nuevos escenarios IE-EE, algunos de los cuales se utilizaron, en particular, para las proyecciones del clima expuestas en los capítulos del 9 al 11 de IPCC (2001) y en los capítulos 10 y 11 de IPCC (2007).

El significado de ciertos términos relacionados con estos escenarios puede consultarse en los Escenarios IE-EE.

Esclerófilo	Dícese de las plantas cuyas hojas son duras y coriáceas.
Escorrentía	Movimiento del agua sobre la superficie del suelo por efecto de la gravedad. Parte de la precipitación que no se evapora ni es transpirada.
Especie invasora	Especie cuyo ámbito y densidad de población se extiende agresivamente a una región en la cual no es autóctona, gracias a alguna ventaja competitiva o prevaleciendo por otros medios sobre las especies autóctonas.
Estratificación	Situación en la que la columna de agua presenta diferencias de densidad que provoca que sean inmiscibles para un nivel natural de agitación. Se produce por cambios de salinidad y temperatura, sobre todo en las capas superiores de los océanos. Impide el flujo de nutrientes entre las capas inferiores y las superiores limitando la producción de fitoplacton.
Estrés hídrico	Estado de los organismos sometidos a insuficiente suministro de agua.
Evapotranspiración	Cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración vegetal.
Evapotranspiración potencial	Cantidad total de vapor de agua que potencialmente se transferiría a la atmósfera por evapotranspiración si hubiera disponibilidad ilimitada de agua.
Exposición (salud)	Proximidad, contacto o ambos, con una fuente de un agente causante de enfermedad, de tal manera que pueda tener lugar la transmisión efectiva de dicho agente o de sus consecuencias perjudiciales.
Fenología	Ciencia que estudia los ciclos biológicos de las especies y ecosistemas en relación con los ciclos climáticos y estacionales. Los principales eventos fenológicos que se registran son el momento de la producción de flores, hojas y frutos por las plantas, la aparición de aves migratorias y la aparición de adultos de insectos como mariposas o escarabajos.
Fertilización por contaminación atmosférica	Intensificación del crecimiento vegetal como resultado de una mayor concentración de algún componente químico presente en la contaminación de la atmósfera.
Fitoplancton	Formas vegetales de plancton. Son los organismos vegetales predominantes en el mar, y constituyen la base de toda la trama alimentaria marina. Estos organismos unicelulares son los principales agentes de la fijación fotosintética de carbono en el océano.
Flora	Conjunto de los taxones vegetales de un territorio cualquiera o de un hábitat o ecosistema determinado.
Flora vascular	Conjunto de especies de plantas de un territorio dotadas de vasos conductores.
Gas de efecto invernadero	Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropogénico, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, por la atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H ₂ O), el dióxido de carbono (CO ₂), el óxido nitroso (N ₂ O), el metano (CH ₄) y el ozono (O ₃) son los gases de efecto invernadero principales de la atmósfera terrestre. Además del

	CO ₂ , del N ₂ O y del CH ₄ , el Protocolo de Kioto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF ₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).
Gestión del sistema	Utilización controlada de un sistema de recursos de acuerdo con objetivos predeterminados.
Hábitat	Es el ambiente físico o conjunto de factores mesológicos (luz, clima, suelo, etc.) en los que vive una especie o una comunidad biótica.
Helminto	Gusano, normalmente de vida libre y tamaño generalmente microscópico. Algunas especies son parásitos internos de los animales domésticos, algunos de ellos de varios centímetros de longitud.
Hospedador	Organismo en el que habita un parásito.
Humedal	Área de transición que se encharca regularmente, con suelos de drenaje deficiente, que suele estar situada entre un ecosistema acuático y uno terrestre, y que se recarga mediante lluvia, aguas superficiales o aguas subterráneas. Los humedales se caracterizan por la prevalencia en ellos de una vegetación adaptada para vivir en suelos saturados.
IE-EE	Líneas argumentales y sus correspondientes escenarios de población, de PIB y de emisiones del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE) (Nakićenović et al., 2000), más los correspondientes escenarios de cambio climático y de aumento de nivel del mar. Cuatro familias de escenarios socioeconómicos (A1, A2, B1 y B2) representan diferentes futuros mundiales en dos dimensiones claramente diferenciadas: contrastando los intereses económicos con los medioambientales, y contrastando las pautas de desarrollo mundiales con las regionales.
Impacto (cambio climático)	Efectos de un cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos.
Infiltración	Flujo de agua que penetra en un medio poroso a través de la superficie del suelo.
Infraestructura	Equipo, sistemas de suministro, empresas productivas, instalaciones y servicios básicos indispensables para el desarrollo, funcionamiento y crecimiento de una organización, ciudad o nación.
Inframediterráneo	Subtipo térmico de clima mediterráneo correspondiente a una temperatura media anual superior a 19 °C.
Insolación	Cantidad de radiación solar que llega a la Tierra en función de la latitud y de la estación. Generalmente hace referencia a la radiación que llega a la parte superior de la atmósfera aunque también puede referirse a la radiación que llega a la superficie terrestre.
Intrusión	Desplazamiento de agua dulce superficial o subterránea debido a la irrupción de agua salada, que tiene mayor densidad. Suele producirse en áreas costeras y estuarios, como consecuencia de una menor influencia de los procesos terrestres (por ejemplo, una disminución de la escorrentía y de la correspondiente recarga de agua subterránea, o una detracción excesiva de agua de los acuíferos), o a una mayor influencia de los procesos marinos (por ejemplo, el aumento del nivel del mar relativo).
Leguminosa	Planta que fija el nitrógeno del aire mediante una relación simbiótica con ciertas bacterias del suelo y de las raíces (por ejemplo, soja, guisantes, habichuelas, alfalfa, etc.).
Marea astronómica	Movimiento periódico de ascenso y descenso de las grandes masas de agua como resultado de la atracción gravitatoria que el Sol y la Luna ejercen sobre la Tierra. Es más aparente en la costa donde sus efectos aparecen normalmente

	amplificados
Marea meteorológica	Diferencia (positiva) entre el nivel de una marea y el correspondiente a la marea astronómica en ese mismo momento. Este ascenso se produce por efecto de las condiciones meteorológicas, principalmente el viento y las bajas presiones atmosféricas
Mareógrafo	Dispositivo situado en un punto de la costa (y, en ciertos casos, de aguas profundas) que mide de manera continua el nivel del mar con respecto a la tierra firme adyacente. Los valores así obtenidos, promediados en el tiempo, describen las variaciones cronológicas observadas del nivel del mar relativo.
Mesoescala	Escala que comprende los fenómenos meteorológicos con una dimensión horizontal del orden de unos pocos kilómetros a decenas de kilómetros, con una duración típica entre 1 hora y 1 día.
Microclima	Clima local en la superficie de la Tierra o en sus inmediaciones. Véase también <i>clima</i> .
Mineralización	Transformación de la materia orgánica en inorgánica por acción bacteriana.
Mitigación	Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero.
Modelo climático (global)	<p>Representación numérica del sistema climático basada en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, en sus interacciones y en sus procesos de retroefecto, y que recoge todas o algunas de sus propiedades conocidas.</p> <p>El sistema climático se puede representar mediante modelos de diverso grado de complejidad; en otras palabras, para cada componente o conjunto de componentes es posible identificar un espectro o jerarquía de modelos que difieren en aspectos tales como el número de dimensiones espaciales, el grado en que aparecen representados los procesos físicos, químicos o biológicos, o el grado de utilización de parametrizaciones empíricas. Los modelos de circulación general acoplados atmósfera-océano (MCGAAO) proporcionan la más completa representación del sistema climático actualmente disponible. Se está evolucionando hacia modelos más complejos que incorporan química y biología interactiva. Los modelos climáticos se utilizan como herramienta de investigación para estudiar y simular el clima y para fines operacionales, en particular predicciones climáticas mensuales, estacionales e interanuales.</p>
Modelo de circulación general	Véase <i>Modelo climático</i> .
Morbilidad	Tasa de casos de enfermedad u otros trastornos de la salud relativa a una población, considerando las tasas de morbilidad específicas por edades. Son indicadores de morbilidad la incidencia/prevalencia de enfermedades crónicas, las tasas de hospitalización, las consultas de atención primaria, los días de baja por incapacidad (es decir, los días de ausencia del trabajo), o la prevalencia de síntomas.
Morfología	Forma y estructura de un organismo o formación terrestre, o de cualquiera de sus partes.
Mortalidad	Tasa de casos de defunción relativa a una población; la mortalidad se calcula considerando las tasas de defunción específicas por edades y permite, por consiguiente, cifrar la esperanza de vida y la cantidad de muertes prematuras.
Nivel del mar relativo	Nivel del mar medido mediante un mareógrafo respecto de la tierra sobre el que se sitúa. El nivel del mar promediado suele definirse como el nivel del mar relativo promediado a lo largo de un período (por ejemplo, un mes o un año) lo suficientemente prolongado como para poder promediar los procesos transitorios,

	como olas o las mareas.
Nutriente	Compuesto químico imprescindible para el crecimiento vegetal. Los principales son el carbono, el nitrógeno y el fósforo.
Ola de calor	Conjunto de varios días extremadamente cálidos sucesivos
Ombrotipo	Valor que expresa el cociente entre la precipitación media en milímetros y el sumatorio en grados centígrados de aquellos meses cuya temperatura media es superior a cero grados centígrados. Los ombrotipos que se reconocen son: ultrahiperárido, hiperárido, árido, semiárido, seco, subhúmedo, húmedo, hiperhúmedo y ultrahiperhúmedo.
Oscilación del Atlántico Norte (NOA)	Oscilación consistente en variaciones de signo opuesto de la presión barométrica en las proximidades de Islandia y de las Azores. Se corresponde con fluctuaciones de la intensidad de los principales vientos atlánticos del oeste hacia Europa y, por consiguiente, con fluctuaciones de los ciclones subsumidos junto con los frentes asociados a éstos. El acrónimo en inglés es NIOA.
Oscilación del Sur el Niño (ENSO)	El término El Niño hacía referencia en un principio a una corriente de aguas cálidas que discurre periódicamente a lo largo de la costa de Ecuador y Perú, alterando la pesquería local. En la actualidad, designa un calentamiento del agua en toda la cuenca del Océano Pacífico tropical al este de la línea horaria. Este fenómeno está asociado a cierta fluctuación de una pauta mundial de presiones en la superficie tropical y subtropical que se denomina 'oscilación austral'. Este fenómeno atmósfera-oceano acoplado, cuya escala de tiempo más habitual abarca aproximadamente entre dos y siete años, es conocido como El Niño-Oscilación Austral (ENSO en inglés). Su presencia suele determinarse en función de la anomalía de presión en superficie entre Darwin y Tahití y de las temperaturas de la superficie del mar en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial. Durante un episodio de ENSO, los vientos alisios habituales se debilitan, reduciendo el flujo ascendente y alterando las corrientes oceánicas, con lo que aumenta la temperatura superficial del mar, lo cual debilita a su vez los vientos alisios. Este fenómeno afecta considerablemente a las pautas de viento, de temperatura superficial del mar y de precipitaciones en el Pacífico tropical. Sus efectos influyen en el clima de toda la región del Pacífico y de muchas otras partes del mundo mediante teleconexiones en toda la extensión del planeta. La fase fría de ENSO se denomina La Niña.
Ozono	Molécula constituida por tres átomos de oxígeno (O ₃), que es uno de los componentes gaseosos de la atmósfera. En la troposfera, se forma espontáneamente y mediante reacciones fotoquímicas con gases resultantes de las actividades humanas (smog fotoquímico). En altas concentraciones, el ozono troposférico puede ser nocivo para muchos organismos vivos. A su vez, el ozono troposférico actúa como un gas de efecto invernadero. En la estratosfera, se forma por efecto de la interacción entre la radiación ultravioleta del Sol y las moléculas de oxígeno (O ₂). El ozono estratosférico desempeña una función preponderante en el equilibrio radiativo de la estratosfera. Su concentración alcanza un valor máximo en la capa de ozono. El agotamiento del ozono estratosférico, causado por reacciones químicas que un cambio climático podría potenciar, aumenta el flujo de radiación ultravioleta B (UV-B) en la superficie terrestre.
Paludismo	Enfermedad parasitaria endémica o epidémica causada por una especie del género Plasmodium (protozoos) y transmitida por mosquitos del género Anopheles; produce accesos de fiebre alta y trastornos sistémicos, afecta a unos 300 millones de personas en todo el mundo, de las que fallecen unos 2 millones cada año.
Pelágico	Comunidades de organismos que viven en la columna de agua, bien suspendidos

	(plancton) o mediante natación activa (necton).
Percentil	Si se ordena un conjunto de datos por su magnitud y se divide en cien partes iguales, a cada una de ellas se llama percentil. Así el percentil 10 corresponde un valor de una determinada población de datos tal que hay un 10% de ellos que tiene una magnitud menor o que hay un 90% de datos con una magnitud mayor que la de dicho percentil.
pH	Medida sin unidades indicadora del grado de acidez del agua (o de una solución), manifestado en la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en ella. El pH se mide con arreglo a una escala logarítmica en virtud de la cual $pH = -\log 10(H^+)$. Así, cuando el pH disminuye en uno, la concentración de H^+ , es decir, la acidez, se multiplica por 10.
Plancton	Conjunto de organismos microscópicos (tamaño inferior a 1 cm) que viven en suspensión en el agua. Cabe diferenciar entre el fitoplancton, que depende de la fotosíntesis para abastecerse de energía, y el zooplancton, que se alimenta de fitoplancton.
Plasticidad fenotípica	Capacidad de un genotipo determinado de dar lugar a distintos fenotipos en función del ambiente.
Probabilidad	La posibilidad de que acaezca determinado evento o resultado, siempre que sea posible estimarlo por métodos probabilísticos,
Producción primaria (ecosistemas)	Cantidad de energía electromagnética solar (luz) o energía química asimilada por los organismos foto y quimi-autótrofos, que permite la reducción de compuestos inorgánicos y su transformación en materia orgánica. Se expresa como biomasa producida por unidad de tiempo y superficie o volumen.
Productividad (ecosistemas)	Capacidad o grado de producción de un sistema. Se suele aplicar al incremento neto de biomasa por fotosíntesis.
Producto Interior Bruto (PIB)	Suma del valor añadido bruto, a precios de consumidor, de todos los productores residentes y no residentes en la economía, más los impuestos, y menos las subvenciones no incluidos en el valor de los productos en un país o zona geográfica durante un período determinado, normalmente de un año. Se calcula sin deducir de ello la depreciación de los activos fabricados y la degradación y eliminación de recursos naturales.
Reanálisis	Análisis atmosféricos y oceánicos de la temperatura, del viento, de las corrientes y de otras magnitudes meteorológicas y oceanográficas basados en el procesamiento de datos meteorológicos y oceanográficos referentes a períodos anteriores mediante determinados modelos avanzados de predicción del tiempo y técnicas de asimilación de datos. La utilización de técnicas fijas evita los efectos de los cambios de método de análisis que se introducen en los análisis operacionales.
Reaseguro	Transferencia de una parte de los riesgos de aseguramiento primarios a un sector secundario de aseguradoras (reaseguradoras); esencialmente, un “seguro para aseguradores”.
Recarga	Proceso por el cual se aporta agua del exterior a la zona de saturación de un acuífero, bien directamente a la misma formación o indirectamente a través de otra formación.
Reclutamiento	Incorporación de nuevos individuos a una población explotada. Se diferencia de la natalidad en que los individuos ya tienen una edad cuando se reclutan, y por tanto ya han sufrido mortalidad. Es decir, no se reclutan todos los individuos nacidos.
Red trófica	Red de transferencia de energía entre las especies de un ecosistema que se produce por consumo o alimentación de unas especies sobre otras.

Reducción de escala (regionalización)	Método consistente en extraer información de escalas local a regional (de 10 a 100 km) de modelos o análisis de datos a mayor escala. Existen básicamente dos métodos: dinámico, y empírico/estadístico. El método dinámico está basado en los resultados de modelos climáticos regionales, de modelos mundiales con resolución espacial variable, o de modelos mundiales de alta resolución. El método empírico/estadístico está basado en el desarrollo de relaciones estadísticas que vinculen las variables atmosféricas de gran escala con las variables climáticas de escala local/regional. En todos los casos, la calidad del producto obtenido dependerá de la calidad del modelo utilizado.
Reforestación	Plantación de árboles y arbustos en un lugar en el que existía este tipo de vegetación en tiempos pasados pero desapareció o se encuentra en mal estado.
Régimen	Estados preferentes del sistema climático, que suelen representar una fase de las pautas o modos de variabilidad climática predominantes.
Región árida	Región con bajos niveles de precipitación, entendiéndose generalmente por ello un valor inferior a 250 mm de precipitación anual.
Regresión (mar)	Cambio en el nivel relativo de la tierra y el mar que ocasiona el descenso neto del nivel real del mar y consecuentemente la emersión de tierras antes emergidas. Puede deberse a un descenso eustático del nivel del mar o a una elevación del continente.
Relicto	Se aplica a especies o sistemas propios de otras épocas geológicas que llegan hasta nuestros días como reliquias, siendo con frecuencia escasas y sensibles a cambios y perturbaciones.
Resiliencia	Capacidad de un sistema social o ecológico de absorber una alteración sin perder ni su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de autoorganización, ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio.
Retención de nutrientes	Almacenamiento de nutrientes en los sedimentos de un ecosistema determinado, de modo que se impida su exportación a otros ecosistemas cercanos. En ocasiones, se denomina también "retención" a su eliminación del ecosistema por paso hacia la atmósfera.
Reutilización (agua)	Utilización de un recurso hídrico en un proceso distinto del que lo generó.
Riesgo (peligro)	Factor o exposición que puede influir sobre la salud de forma adversa
Riesgo (probabilidad)	Probabilidad de que ocurra un hecho, por ejemplo, que un individuo enferme o fallezca, dentro de un periodo de tiempo o edad determinados.
Run-up	Movimiento de ascenso de la lámina de agua sobre el talud de playa debido a rotura del oleaje en la costa.
Salinización	Acumulación de sales más solubles que el yeso (cloruros y sulfatos de sodio y de magnesio) en el suelo o las lagunas continentales.
Salud	Estado de completo bienestar físico, mental y social, y no sólo la mera ausencia de enfermedad o dolencia.
Salud pública	Conjunto de actividades organizadas de la comunidad dirigidas a la promoción y restauración de la salud de los individuos, grupos y colectividades.
Secuestro de carbono	Almacenamiento del carbono en reservorios terrestres o marinos. El secuestro biológico incluye la absorción directa de CO ₂ de la atmósfera mediante un cambio en los usos del suelo, forestación, reforestación, el almacenamiento de carbono en los vertederos y otras prácticas que mejoran el carbono en los suelos agrícolas.

Sensibilidad	Grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climáticos. Los efectos pueden ser directos (por ejemplo, una variación del rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperatura o de la variabilidad de la temperatura) o indirectos (por ejemplo, los daños causados por un aumento de la frecuencia de las inundaciones costeras como consecuencia de un aumento del nivel del mar).
Sequía	En términos generales, la sequía es una “ausencia prolongada o insuficiencia acentuada de precipitación”, o bien una “insuficiencia que origina escasez de agua para alguna actividad o grupo de personas”, o también “un período de condiciones meteorológicas anormalmente secas suficientemente prolongado para que la ausencia de precipitación ocasione un importante desequilibrio hidrológico” (Heim, 2002). La sequía se ha definido en términos diversos. La sequía agrícola se evidencia en el déficit de humedad existente en el metro más externo de espesor del suelo (la zona radicular), que afecta los cultivos; la sequía meteorológica se manifiesta principalmente en un déficit prolongado de precipitación; y la sequía hidrológica se caracteriza por un caudal fluvial o por un nivel de lagos y aguas subterráneas inferiores a los valores normales. Las megasequías son sequías prolongadas y extensas que duran mucho más de lo normal, generalmente un decenio o más.
Sistema climático	Es un sistema complejo formado por cinco componentes: la atmósfera, la hidrosfera, la criosfera, la biosfera y la litosfera, y las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona bajo la influencia de su propia dinámica interna y también a causa de forzamientos externos, como pueden ser las variaciones solares, las erupciones volcánicas o las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera o los usos del suelo.
Subsidencia	Movimiento lento de descenso de una parte de la superficie terrestre.
Taxón	Unidad taxonómica de cualquier rango. La taxonomía es la disciplina que se ocupa de los métodos de clasificación de los organismos; crea las categorías de los diferentes rangos y se ocupa de darles nombre de acuerdo con los códigos existentes al efecto.
Temperatura superficial del mar	Temperatura másica de los primeros metros de espesor de la superficie del océano medida mediante buques, boyas o embarcaciones. A partir de los años 40, las mediciones dejaron de efectuarse mediante cubos de agua, que fueron sustituidos por muestras de la toma de agua del motor. Se efectúan también mediciones satelitales de la temperatura epidérmica (es decir, de una fracción de milímetro de espesor superficial) en el espectro infrarrojo, o de un centímetro de espesor superficial en microondas, aunque hay que ajustarlas para que sean compatibles con la temperatura másica.
Temperatura umbral	Temperatura máxima (en el calor) o mínima (en el frío) diaria a partir de la cual se produce un aumento significativo de la mortalidad diaria.
Termófilo	Dícese del organismo que requiere de temperaturas cálidas para vivir.
Termomediterráneo	Subtipo térmico de clima mediterráneo correspondiente a una temperatura media anual entre 17 y 19 °C.
Textura (suelo)	Proporción de partículas de diferentes diámetros (arena, limo, arcilla) en el suelo.
Tiempo Sur	Situación sinóptica que da origen a la entrada en las Islas Canarias de vientos continentales muy secos y con abundante polvo en suspensión procedentes de la zona sahariana del continente africano que sustituyen a los vientos alisios como consecuencia de la presencia de altas presiones en superficie al NE de las Islas Canarias.

Transpiración	Evaporación del vapor de agua de las superficies de las hojas a través del estoma.
Tropicalización (biodiversidad)	Proceso de incremento de la biodiversidad de origen tropical sin pérdida, hasta ahora, de especies de origen templado
Turista	Visitante que permanece por lo menos una noche en un medio de alojamiento colectivo o privado en el país visitado.
Urbanización	Conversión en ciudades de tierras que se encontraban en estado natural o en un estado natural gestionado (por ejemplo, las tierras agrícolas); proceso originado por una migración neta del medio rural al urbano, que lleva a un porcentaje creciente de la población de una nación o región a vivir en asentamientos definidos como "centros urbanos".
Variabilidad climática	Referente a variaciones en el estado promedio y otros estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de extremos, etc.) del clima en escalas espaciales y temporales superiores a las de los eventos meteorológicos individuales. Puede deberse a procesos internos naturales en el sistema climático o a variaciones en forzamientos radiativos externos de origen natural o antropogénico.
Vector (salud)	Ser vivo que puede transmitir o propagar un agente patógeno productor de una enfermedad.
Vegetación	Conjunto de plantas o de comunidades que pueblan un área determinada.
Zona intermareal	Área de la costa que se sitúa entre los niveles más altos y los más bajos de las mareas. Los organismos que viven en ella están sometidos a dos ambientes muy diferentes, el acuático y el atmosférico de una forma cíclica.

BIBLIOGRAFÍA

AEMET, 2007. Estudio de la tormenta tropical "Delta" y su transición extratropical: Efectos meteorológicos en Canarias.

Arranz Lozano M, 2006. Riesgos Catastróficos en las Islas Canarias. Una visión Geográfica. *Anales de Geografía* 2006, 26, 167-194.

Ballester, F. 2005. Contaminación atmosférica, cambio climático y Salud. Unidad de Epidemiología Estadística. Escuela Valenciana de Estudios para la Salud.

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds., 2008: El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs.

Braojos, JJ et. al. 2006. Los recursos hídricos en Tenerife frente al cambio climático. Consejo Insular de Aguas de Tenerife.

Brito A, 2008, Estudio previo Plan Canario de Adaptación al Cambio Climático: Biodiversidad Marina. Agencia Canaria de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático.

Brito A., 2008. Influencia del calentamiento global sobre la biodiversidad marina de las Islas Canarias. Naturaleza amenazada por los cambios en el clima Actas III Semana Científica Telesforo Bravo Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias.

Caldentey P., Barrera A. and Hernández León S.. Annual cycle of pelagic fish off Gran Canaria Island.

Cárdenas Hernández, V. y Roselló Nadal, J. 2008. Análisis económico de los impactos del cambio climático en el turismo. *Ekonomiaz*, nº 67.

Castro Hernández, J.J., 2001, First record of *Selene dorsalis* (Gill, 1862) (Osteichthyes: Carangidae) in the Canary Islands (Central-east Atlantic). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 17 (3 y 4). 2001: 333-335.

Cuevas E, Notas de la Conferencia "El cambio climático, causas y problemática en Canarias", Coordinador del Área Meteorológica de Canarias y Director del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña, en Tenerife (AEMET - Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino).

Custodio, E. y Cabrera, M. C. 2002. ¿Cómo convivir con la escasez de agua? El caso de las Islas Canarias. *Boletín Geológico y Minero*, 113 (3): 243-258.

Danyluk, D.J.. 2008. Adapting infrastructure to the impacts of climate change. Canadá. Presentación en los Órganos Subsidiarios de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Del Arco Aguilar, M., 2006. Consecuencias del cambio climático sobre la flora y la vegetación canaria. Ciclo de conferencias de la Academia Canaria de Ciencias.

Del Arco Aguilar M, 2008. La flora y la vegetación canaria ante el cambio climático actual. Naturaleza amenazada por los cambios en el clima Actas III Semana Científica Telesforo Bravo Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias.

De Ory Ajamil, El Clima en las Islas Canarias. Pasado y Presente. Instituto Nacional de Meteorología (presentación power point).

Dorta, P, 2001. Aproximación a la influencia de las advecciones de aire sahariano en la propagación de los incendios forestales en la provincia de Santa Cruz de Tenerife. Actas del XVII Congreso de Geógrafos Españoles.

Dorta, P 2007. Catálogo de riesgos climáticos en Canarias. Geographicalia (2007), 51, 133-160.

Fernández Palacios et. al. 2007. Incendios forestales y humanos en Canarias. Universidad de La Laguna.

Gafo Fernández, I., 2008. Repercusiones del cambio climático sobre el sector del turismo en Canarias. Agencia Canaria de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático.

Global Climate Change Impacts in the United States, Thomas R. Karl, Jerry M. Melillo, and Thomas C. Peterson, (eds.). Cambridge University Press, 2009.

Gobierno de Australia; Departamento de Cambio Climático; Climate Change Risks to Australia's Coast, A First Pass National Assessment, Australian Government, 2010

Gobierno de Canarias. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Página Web. <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/4/Medusa/GCMWeb/DocsUp/Recursos/43646960K/Ecosistemas/EcosistemasTerrestres/index.html>

Gobierno de Canarias. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Página Web. <http://www.gobiernodecanarias.org/cmavot/medioambiente/medionatural/biodiversidad/vidasilvestre/especies/index.html>

Gobierno de Canarias, 2008. Comunicación Consejería Sanidad: "Las alergias relacionadas con la piel y los alimentos aumentan en casi un 5 % durante el verano en Canarias."

Gobierno de Canarias. Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino-Gobierno de Canarias, 2009 .Programa de Desarrollo Rural de Canarias, FEADER (2007-2013).

González et. al 2008. Pesquerías Artesanales Canarias: Generalidades.. Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico Canarias. Presentación en Consejo Consultivo Regional para las aguas occidentales australes.

González M.L., Fernández Pello, L., Quirantes, F 2006 Efectos y repercusiones de la tormenta tropical Delta en los bosques de Anaga (Tenerife). Ería, 71 pg 253-268.

Gran Enciclopedia Virtual de las Islas Canarias; <http://www.gevic.net/index.php>

Greenpeace, 2009. El futuro en llamas. Cambio climático y evolución de los incendios forestales en España.

Hernández-Moreno, J.M.; Tejedor, M.; Jiménez, C. 2007. Effects of Land Use on Soil Degradation and Restoration in the Canary Islands. 565-580. *In* O. Arnalds, F. Bartoli, P. Buurman, H. Óskarsson, G. Stoops and E. García-Rodeja (ed.) Soils of Volcanic Regions of Europe. Springer Verlag, Germany.

Inocencio Font Tullot 1959. El Clima de las Islas Canarias. Anuario de Estudios Atlánticos 57-103.

Instituto Canario de Estadística. Gobierno de Canarias. Página Web. <http://www2.gobiernodecanarias.org/istac/estadisticas.html>

Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, 2006. Programa Coordinado para Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático

Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, 2007. Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático para España. Primera Fase.

Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, 2007. Informe de Progreso. Primera Fase del Proyecto de Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático.

IPCC, 2007. Resumen Técnico. Grupo de Trabajo I. Cambio Climático 2007: Base de ciencia física.

Luque Escalona, A, 2004. Protección ambiental del medio marino litoral en Canarias. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canarias. Documento en la Web. (http://www.asesmar.org/conferencias/documentos/doc_semana22/Proteccion_ambiental.doc)

Marcelo J, Hernández-Guerra A et al. Climate change effects over the Northwest African Upwelling Ecosystem. Comunicación.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009. Perfil Ambiental de España 2008. Informe basado en indicadores.

Ministerio de Sanidad y Política Social, 2009. Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud.

Moreno et al. 2005. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por efecto del Cambio Climático (ECCE). Ministerio de Medio Ambiente.

Oceanográfico de Canarias. Instituto Español de Oceanografía. 38005 Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias (España). (**)Instituto Canario de Ciencias Marinas. Taliarte, Telde, Gran Canaria. Islas Canarias (España).

Oficina Española de Cambio Climático (OECC). Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Universidad de Cantabria, 2005 Impactos en la costa española por efecto del cambio climático.

Oficina Española de Cambio Climático (OECC). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM). 2008. Primer Informe de Seguimiento 2008. Primer Programa de Trabajo. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

Organización Mundial del Turismo (OMT), 2008. Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenges.

Plan Energético de Canarias (PECAN) 2006-2015. Consejería de Industria Comercio y Nuevas Tecnologías.

Plan Estratégico de Conectividad Aérea de las Islas Canarias. Resumen del plan. 2009. Gobierno de Canarias. Consejería de Turismo.

PLAN Forestal de Canarias [publicación en línea]. Islas Canarias 2002: Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, [redactado en 1999]. www.gobcan.es/medioambiente/biodiversidad/planforestal/index.html.

Petit J. & Prudent G. 2008. Climate Change and Biodiversity in the European Union Overseas Entities. UICN, Brussels. 178 pp.

Querol, X. et al, 2008. Impacto de las emisiones desérticas de polvo africano sobre la calidad del aire en España. Macia 8 (2008). Revista de la Sociedad Española de Mineralogía. Pg. 22-27.

Ramos Pérez, D. 2005. Modelo Territorial, movilidad insular y sostenibilidad en Canarias: Una reflexión crítica. Boletín de la AG.E. nº 40 – 2005 pg. 245-268.

Red Transcanaria de Transportes. Gobierno de Canarias. (<http://www.gobiernodecanarias.org/redtransinsular/index.html>).

Reymundo Izard, Araceli et al. 2008. Estudio previo al Plan Canario de Adaptación al Cambio Climático. Edificación, ordenación territorial y urbanismo. Agencia Canaria de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático.

Rodríguez, A.; Jiménez, C.C.; Tejedor, M. 1998. Soil degradation and desertification in the Canary Islands. The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures. Geoforma Ediciones, p. 13-22.

Sánchez-Pinto L., El pino canario, Rincones del Atlántico. Página Web. http://www.rinconesdelatlantico.com/num4/18_pinocanario.html.

Santamaría M.T.G., González J.F., Barrera A. , L.J. López Abellán, M.E. Quintero and E. Balguerías. 2007. Substitution of Sardine (*Sardina pilchardus*) for Round Sardinella (*Sardinella aurita*) in the Canary Islands waters.

Sperling, F.N., R. Wasingthon & R.J. Wittaker. 2004. Future climate change of the subtropical north Atlantic: Implications for the cloud forests of Tenerife. *Climatic Change*, 65(1-2): 103-123.

Tejedor, M.; Jiménez, C; Díaz, F. 2009. The effectiveness of traditional farming systems in combating desertification and guaranteeing food security. In Rubio, J.L. & Andreu, V.: Human and Socioeconomic Consequences of Desertification. Servicio de Publicaciones de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria y Campus de Excelencia 2007. 55-68 p.

Tel, E. y García, M.J (2002). "Nivel del mar en las costas españolas y su relación con el clima". Asociación Española de Climatología (AEC), serie A, nº 3, pp. 101-110.

TRAMA Ingenieros S.L., 2008. Estudio previo Plan Canario de Adaptación al Cambio Climático: Infraestructuras Costeras y Litoral. Agencia Canaria de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático.

Turismo de Canarias. Información de la Web: <http://www.turismodecanarias.com>

Sherman, K. and Hempel, G. (Editors) 2008. The UNEP Large Marine Ecosystem Report: A perspective on changing conditions in LMEs of the world's Regional Seas. UNEP Regional Seas Report and Studies No. 182. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.

Las Palmas de Gran Canaria
21 de noviembre de 2010