

# el campo

SUPLEMENTO  
EXTRAORDINARIO  
AL N° 76  
Abril 1980

BOLETIN DE  
INFORMACION AGRARIA  
DEL BANCO DE BILBAO



**CANARIAS**

# el campo

	Pag
A modo de presentación .....	3
Suelos de las Islas Canarias .....	6
– Secuencia de suelos en la ver- tiente Norte .....	6
– Secuencia de suelos en la ver- tiente Sur .....	7
– Suelos de Lanzarote y Fuerte- ventura .....	9
Factores de formación de los ando- suelos de las Islas Canarias .....	10
Vertisoles canarios .....	13
El tiempo como factor de diferen- ciación y evolución de los sue- los fersialíticos de las Islas Cana- rias .....	16
– Introducción .....	16
– Cronología y evolución .....	16
Investigación de los productos natu- rales orgánicos .....	19
– Esteroides .....	20
– Productos marinos .....	21
– Diterpenos .....	22
Sustancias biodinámicas del Mar. Su investigación en el Instituto de Productos Naturales Orgánicos de La Laguna .....	24
– Origen, evolución y destino de las sustancias biodinámicas en el mar .....	24
– Plan de investigación que se realiza en el I. P. N. O. de La Laguna .....	27

## SUMARIO

Panorama actual de las investigacio- nes faunísticas en Canarias .....	29
Planificación de reservas y espacios naturales de la región canaria .....	31
Clasificación agronómica de las aguas subterráneas de la isla de Tenerife .....	33
– Introducción .....	33
– Características químicas de las aguas de la isla de Tenerife .....	34
– Aguas de fuentes .....	34
– Aguas de galerías .....	34
– Aguas basales o de pozos .....	35
– Clasificación agronómica de las aguas de la isla de Tenerife .....	35
– Aguas de fuentes y galerías .....	35
– Aguas de pozos .....	36
Utilización agronómica de aguas bi- carbonatadas de galerías en cul- tivos de plátanos .....	37
– Introducción .....	37
– Características de las aguas .....	38
– Experimental .....	38
– Características de los suelos .....	39
El problema del potasio en los sue- los canarios .....	41
– Potasio en suelos de plátanos de distintos países .....	42
– Potasio en los suelos canarios .....	42
Los suelos de cultivo y sus necesi- dades de fertilización en Canarias. – Fertilización nitrogenada .....	44
– Fertilización fosfatada .....	45
– Fertilización potásica .....	46
– Micronutrientes .....	46
– Macromagnitudes .....	47
– Comercio exterior de produc- tos alimenticios .....	48

# el campo

**BOLETIN  
DE INFORMACION AGRARIA  
DEL BANCO DE BILBAO**

**SUPLEMENTO EXTRAORDINARIO AL N.º 76/ABRIL, 1980**

Editado por el Servicio de Estudios del Banco de Bilbao

**PRESENTA ESTE NUMERO**

**Enrique Fernández Caldas**

Catedrático de Edafología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Uni-  
versidad de La Laguna y Director del Centro de Edafología del C. S. I. C.  
de Santa Cruz de Tenerife y del Cabildo Insular de Tenerife

**DOCUMENTAN**

**Juan José Bacallado Aránega**

Profesor Adjunto de Zoología

**Andrés Borges Pérez**

Colaborador Científico del Centro de Edafología y Biología Aplicada del  
C. S. I. C. de Santa Cruz de Tenerife y del Cabildo Insular de Tenerife

**Julio Delgado Martín**

Profesor Agregado de Química Orgánica

**Enrique Fernández Caldas**

Catedrático de Edafología

**Valerio García García**

Investigador del Centro de Edafología y Biología Aplicada del C. S. I. C. de  
Santa Cruz de Tenerife y del Cabildo Insular de Tenerife

**Antonio González González**

Catedrático de Química Orgánica

**Víctor Pérez García**

Colaborador Científico del Centro de Edafología y Biología Aplicada del  
C. S. I. C. de Santa Cruz de Tenerife y del Cabildo Insular de Tenerife

**Carmen María Rodríguez Hernández**

Profesor Adjunto de Edafología

**Antonio Rodríguez Rodríguez**

Profesor Adjunto de Edafología

**María Luisa Tejedor Salguero**

Profesor Adjunto de Edafología de la Universidad de La Laguna y Colabo-  
rador del Centro de Edafología y Biología Aplicada del C. S. I. C. de Tene-  
rife y del Cabildo Insular de Tenerife

**Wolfredo Wildpret de la Torre**

Catedrático de Botánica

**DIRIGE**

**Sabino Larrea Ereño**

**DIBUJAN**

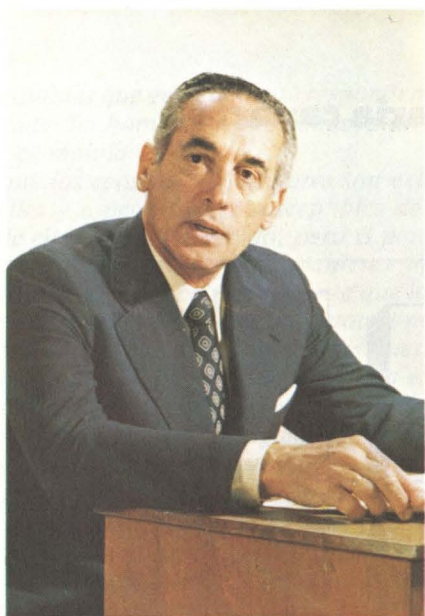
**Gorka Dorronsoro Arabiourrutia**

**Francisco Javier Melgar Barona**

Imprime: Editorial Eléxpuru

Depósito legal: BI-274-1967

Portada: Parque Nacional de las Cañadas del Teide (F. W. Wildpret)



## A MODO DE PRESENTACION

Con motivo de la I Jornada de Estudios Económicos Canarios, organizada por el Instituto Universitario de Desarrollo Regional de la Universidad de la Laguna, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales y Banco de Bilbao, esta entidad bancaria ha querido aprovechar la oportunidad de estas Jornadas Canarias para editar un número especial de su revista El Campo, dedicada en esta ocasión a la agricultura y al medio natural de nuestras Islas.

Agradecemos profundamente esta iniciativa del Banco de Bilbao por la oportunidad que nos ofrece para destacar y dar a conocer los complejos y difíciles problemas de nuestra agricultura y la labor que nuestros técnicos y científicos vienen realizando en los diferentes Centros de Investigación existentes en la región.

En este número se incluyen diferentes trabajos que constituyen además una recopilación actualizada de nuestros problemas, típicamente interdisciplinarios, y que exigen la participación de especialistas en muy diversas materias.

La región canaria tiene unas características muy peculiares que dan lugar al planteamiento de problemas propios, y especialmente los problemas del sector agrario, se manifiestan de una manera singular.

Tradicionalmente, la agricultura canaria se ha desarrollado en dos vertientes muy diferenciadas. Una actividad agrícola exportadora, que se practica en las zonas próximas a las costas y una agricultura de autoconsumo y consumo interior, característica de las zonas de medianías y zonas altas.

Hasta el año 1960, la agricultura canaria de exportación representó el sector de mayor productividad con una agricultura basada tradicionalmente en el monocultivo de productos de alto precio y gran demanda en los mercados europeos.

Pero esta situación se ha venido deteriorando progresivamente a lo largo de los últimos años.

De una parte por una competencia creciente de productos nacionales y extranjeros que concurren a los mismos mercados exteriores, y que se benefician de la proximidad a

los centros de consumo, ventajas fiscales, trato preferencial, etc., etc. Y de otra, por dificultades de la producción local misma, que se ve agravada cada día por un aumento considerable de los costes de producción, competencia de nuevas actividades económicas más rentables y limitaciones en la disponibilidad de aguas de riego.

Este conjunto de circunstancias ha contribuido a crear en nuestra agricultura de exportación una situación de crisis que demanda transformaciones importantes y profundas.

Por otra parte, la agricultura de autoconsumo y consumo interior, eminentemente minifundista y tradicionalmente menos favorecida, se encuentra en estos momentos en una fase regresiva, con un abandono progresivo de las exportaciones que la lleva a una situación de quiebra.

Estudios recientes sobre la distribución y el aprovechamiento del suelo en Canarias nos permiten comprender mejor la gravedad de esta situación.

Un 30% de la superficie total del archipiélago es improductiva, y corresponde generalmente a zonas de un volcanismo reciente y regiones profundamente erosionadas. Un 20% del suelo está cultivado y aproximadamente un 50% de suelos fértiles y cultivables se encuentran abandonados.

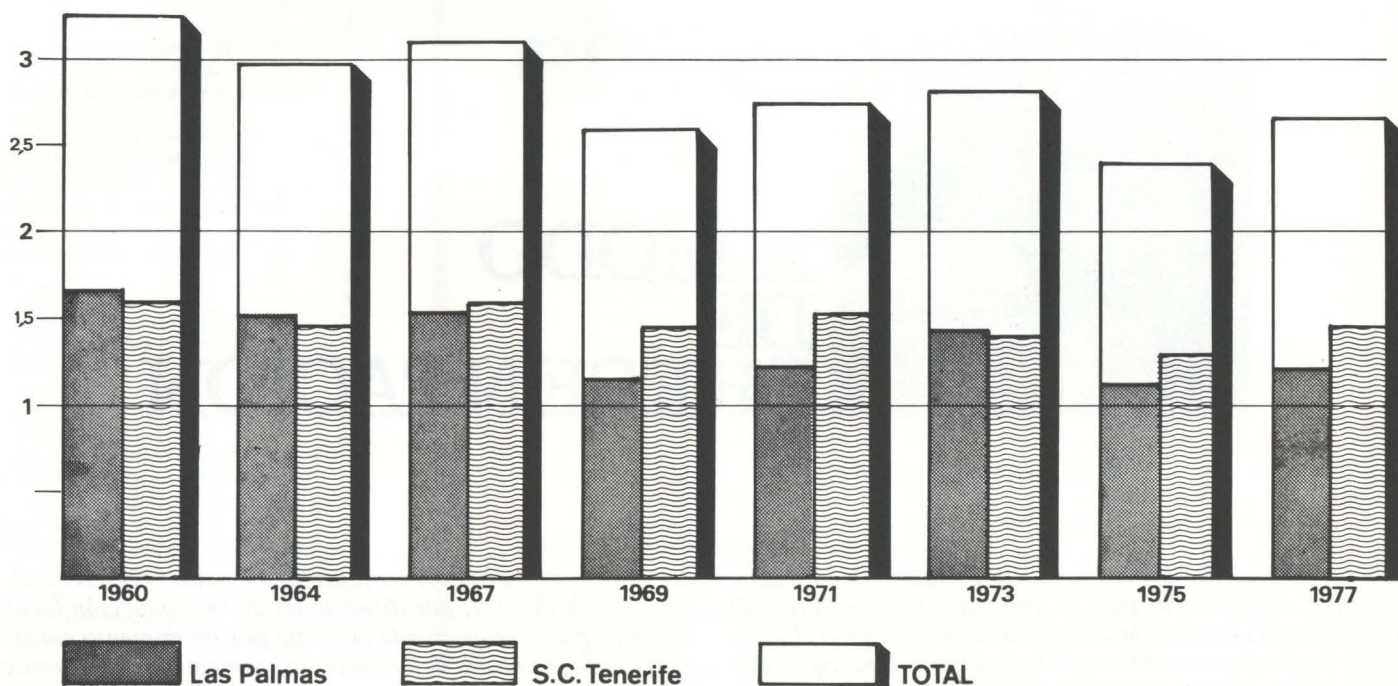
Una situación difícilmente justificable y absolutamente incongruente si pensamos en la total dependencia exterior de estas islas en productos alimenticios.

Pero no podemos culpar a los canarios de esta infrautilización del suelo. No podemos atribuir a nuestros agricultores una actitud de indiferencia o pereza en el aprovechamiento de estos recursos.

Porque, precisamente ese 20% de suelo cultivado representa en su mayor parte un acto de «creación» del campesino canario, el fruto del esfuerzo secular y tenaz de un pueblo que ha contribuido con su trabajo diario a modificar el paisaje de nuestras islas.

La situación actual de esta agricultura de medianías, de consumo interior, tiene unas raíces más profundas que hemos de buscar en condicionamientos socioeconómicos y tecnológicos, especialmente en el carácter minifundista de estas

## Participación de la producción final agraria canaria en el total nacional (%)



explotaciones, bajísimo nivel de rentas reales de trabajo y una falta absoluta de asistencia técnica y económica.

También en este caso es necesario plantearse la necesidad de una transformación de las estructuras del sector y establecer las bases de una agricultura moderna, extensiva a todas las zonas, que garantice el bienestar de la población y contribuya a un mayor dinamismo de la economía.

La agricultura canaria de exportación, que es la de más alta rentabilidad, necesita una profunda y amplia transformación estructural. Con la ayuda de una tecnología aplicada, se habría de ir también en estas zonas a un policultivo que no existe y al que habrá de precederle una necesaria prospección de los mercados europeos, y tal vez también, africano. Ante una posible inseguridad de que permanezca inalterable la reserva exclusiva del mercado nacional para el plátano canario, es indispensable responder a un reto que puede ser histórico para todo el fundamento de la economía de las islas. Y, aunque este mercado peninsular tuviera todas las seguridades para Canarias, también sería de primera necesidad la ampliación de cultivos, dadas las facilidades que estas zonas prestan a una agricultura intensiva.

Existe otro factor que, siendo eminentemente positivo para otros sectores de la productividad económica, no lo es tanto para nuestra agricultura. Nos referimos a los puertos francos y su aspecto negativo en la existencia de una ganadería fuerte que apoyara la endeble agricultura de medianías, perseguida por los fantasmas reales a que antes nos hemos referido.

Hay, en el transfondo de todos los males que padece la agricultura canaria, uno que prevalece, creemos, por encima de todos. Es el feroz individualismo que prohíbe la existencia múltiple de cooperativas agrarias. Canarias necesita, con urgencia, de un cooperativismo esencial e integrador.

Una cooperativa, que agrupando a los agricultores canarios ensanche el sentido de la producción y la productividad y colabore con el agricultor en la búsqueda de unos canales comerciales fijos y seguros, estables y rentables.

No existe para nuestra agricultura unas medidas políticas y económicas establecidas, al margen del aspecto estrictamente coyuntural. El aspecto socioeconómico del campo canario precisa de la existencia de unas normas socioeconómicas que contemplen, en su integridad, todas y cada una de las circunstancias vinculadas a nuestra agricultura.

Pero las medidas de carácter socioeconómico y políticas por sí solas no serían suficientes para resolver una situación tan compleja, y se hace imperativa una política de ordenación de cultivos e investigación tecnológica extensiva a todas las zonas cultivables, así como una mayor racionalización en la captación, distribución y aplicación de las aguas de riego, un factor esencial en la planificación agrícola canaria.

Y, paralelamente a estas medidas de carácter interno, planificar una comercialización conjunta y unitaria de nuestros productos y realizar un estudio de mercados que nos permita conocer qué hemos de cultivar preferentemente y cuándo y hacia dónde hemos de enviar nuestra producción agrícola.

Pero, además, y con independencia de consideraciones puramente económicas o de productividad, hemos de tener muy en cuenta que los recursos agrícolas, que en definitiva representan sistemas biológicos productivos, han de ser también valorados con criterios ecológicos, si hemos de garantizar su aprovechamiento hoy y en el futuro.

La desertización de las zonas forestales y agrícolas, erosión de los suelos, etc., muy frecuentes a escala mundial y que ya se aprecian en algunas de nuestras islas, son ejemplos

*de desastres naturales que generalmente responden a una acción incontrolada del hombre, y que conlleva un deterioro paralelo de la economía.*

*Sabemos que los ecosistemas insulares son extraordinariamente frágiles y especialmente susceptibles de degradación se hace de ellos un uso indebido, pero el planteamiento ecológico no exige necesariamente mantener inalterados los equilibrios naturales, busca simplemente que las innovaciones estén en armonía con el proceso natural mismo.*

*Hemos de evitar, consecuentemente, que nuestros sistemas biológicos sean sometidos a una demanda excesiva, a una explotación irracional que no sólo destruirían irreversiblemente los recursos, sino que igualmente ocasionarían serios desequilibrios naturales.*

*Vemos así, que a los problemas propiamente agronómicos se suman por su importancia práctica los problemas ecológicos que exigen una utilización racional del medio, ponderando la interacción de los procesos naturales con la actividad humana.*

*Los problemas que plantea una explotación racional y económica de los recursos agrícolas son tan complejos, que las medidas políticas, económicas y tecnológicas tomadas separadamente y con criterios coyunturales, como ha venido ocurriendo, son ineficaces para la resolución de estos problemas que se deterioran progresivamente.*

*Se hace necesario el establecimiento de una política agronómica de carácter amplio, donde todos estos aspectos se estudien desde una perspectiva científica de conjunto, con una planificación a medio y largo plazo. Las medidas coyunturales son a veces contradictorias entre sí por su carácter temporal y por su sentido de improvisación. Nada como la producción agrícola permanente en su producción y fija en sus ciclos requiere tanto una política inteligente que empiece en las propias raíces del fenómeno agrario y termine en la última cadena del ciclo comercial.*

*Ya Canarias dispone de una infraestructura científica adecuada para realizar un estudio coherente y profundo de la problemática agronómica.*

*Las facultades de Ciencias Biológicas y Ciencias Económicas y Empresariales, el Centro Regional de Canarias del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, el Instituto de Productos Naturales, el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en las islas de Tenerife y La Palma, el Centro de Investigaciones Agrícolas de la Caja de Ahorros de Las Palmas de Gran Canaria, cuentan con un personal científico altamente cualificado y que la sociedad canaria ha de buscar caminos para su coordinación. Que se trabaje con objetivos claros. Que no se duplique el esfuerzo.*

*En las islas está todo el instrumental humano y científico capaz de encauzar la agricultura de Canarias por unos derroteros que nos lleven a positivos hallazgos, al encuentro de una perfecta estabilidad agraria y al descubrimiento de unas metas distintas a las que hoy tiene trazada la agricultura isleña. Lo que hace falta es la conjunción perfecta de todos estos medios, la unión de todos los elementos bajo la señalización de unos objetivos marcados con absoluta claridad. La innecesaria duplicidad de esfuerzos, siempre abocada a la ineficacia, viene cuando hay disparidad en los funcionamientos comunes y falta de inteligencia común en las directrices señaladas. Hay que llevar a la conciencia de nuestros agricultores la convicción de que en un asesoramiento científico serio está la salvación del campo isleño.*

*Con la Autonomía y las transferencias, los Cabildos y la Junta de Canarias tienen la oportunidad de iniciar sin interferencias ajenas, el camino que conduzca a los grandes planteamientos y soluciones de nuestra agricultura desarrollando una política agraria coherente y sin retóricas, que lleven por primera vez a nuestra agricultura al nivel que el medio natural canario exige y que nunca se supo aprovechar integralmente.*

*Nadie mejor que nuestros agricultores, debidamente asesorados por la propia tecnología canaria, podrán llevar al campo isleño al lugar que merece y que ahora no tiene. En este sentido, la autonomía debe prestar a la agricultura de las islas una perfecta coherencia política en el desarrollo y en las directrices de ese mismo desarrollo. En el terreno agrario las competencias han de ser transferidas con un sentido amplio y generoso, reservándose el Estado únicamente aquello que exclusivamente haya de quedar enmarcado en la alta política del Estado y del Gobierno.*

*Las tierras de las islas han de ser mejor aprovechadas cuantitativa y cualitativamente. Necesitamos de más tierra cultivable, de un mejoramiento en los cultivos actuales y de la existencia de cultivos nuevos que la tierra isleña está en perfectas condiciones de ofrecer si se aplica una tecnología inteligente y eficaz.*

*Y todo ello sin pérdida de tiempo, porque es mucho ya el tiempo que hemos perdido. Pero tenemos la esperanza de que este tiempo puede ser total y plenamente recuperado para bien de Canarias y de España.*

E. FERNÁNDEZ CALDAS,  
Director del Instituto Universitario  
de Desarrollo Regional

# Suelos de las islas Canarias

Con objeto de simplificar la descripción y estudio de los suelos de las Islas Canarias, podemos dividir el archipiélago en dos grandes grupos. Las islas montañosas (Tenerife, Las Palmas, La Palma, Gomera, Hierro), y las de Lanzarote y Fuerteventura con una topografía llana.

Los suelos, lo mismo que las plantas o los animales, se distribuyen en la superficie de la tierra en función de las características del medio ecológico.

Consecuentemente, diferencias climáticas o de vegetación dan lugar a la formación de tipos de suelos diferentes.

Pero también influye en su desarrollo el tiempo en que los factores bioclimáticos actúen sobre los materiales de origen, dando lugar a suelos con diferentes grados de evolución.

Es natural entonces que en las Islas Canarias, donde existe una gran variedad de microclimas y materiales geológicos de diferentes épocas, se encuentre una gran variedad de tipos de suelos en diferentes estados de evolución.

Las mayores diferencias entre los suelos canarios se encuentran, como veremos a continuación, al comparar las islas orientales más áridas con las occidentales más húmedas, y dentro de estas últimas se observan también grandes diferencias entre los suelos de las vertientes Norte y Sur.

Para sistematizar la distribución geográfica de los suelos de las islas montañosas estudiaremos a continuación tres secuencias, dos corresponden a la vertiente Norte y una a la vertiente Sur, y donde están representados la totalidad de los suelos de estas islas.

## SECUENCIA DE SUELOS EN LA VERTIENTE NORTE

En la región norte de estas islas debemos distinguir entre suelos de evolución reciente, andosoles y suelos pardos, y los suelos formados sobre materiales más antiguos constituidos por suelos ferralíticos, suelos fersialíticos y vertisoles.

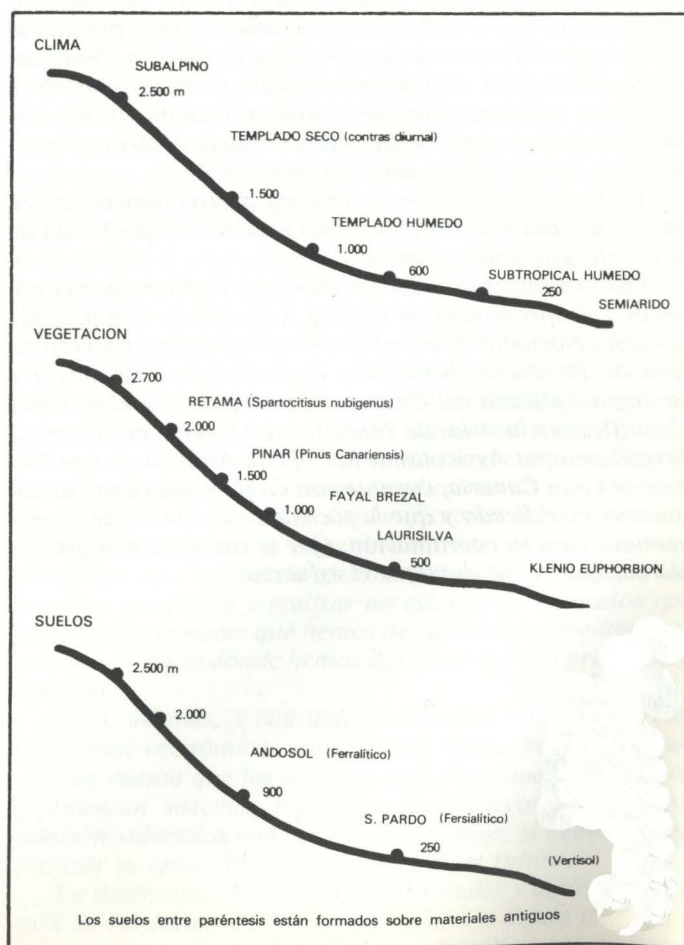
En la región de los andosoles entre 700-1.000 m y 2.000 m de altitud en Tenerife y La Palma, se observan sobre los materiales más antiguos alteraciones de tipo ferralítico que pueden estar rejuvenecidas por materiales más recientes con alteración ándica, formando andosoles desaturados. Cuando este rejuvenecimiento es más antiguo, los andosoles superficiales pueden haber evolucionado a suelos pardos.

En la región inferior a los andosoles, entre 300-400 m y 700-1.000 m, que corresponde a los suelos pardos actualmente transformados por el hombre, se observan alteraciones de tipo fersialítico muy desarrolladas.

Por debajo de los 300-400 m de altitud, en un clima de tipo semiárido y en situación topográfica de pie de vertiente, se forman los vertisoles, que dominan esta región.

En la figura 1 se indican las secuencias edafológicas conjuntamente con las secuencias climáticas y de vegetación asociadas a cada uno de los suelos.

En la secuencia reciente: andosol, suelo pardo constituido por suelos formados sobre materiales recientes, se observa una correlación muy estrecha entre el tipo de suelo y las condiciones climáticas actuales. Las características climáticas constituyen, por tanto, el factor determinante que diferencia los andosoles de los suelos pardos eutróficos. Se distingue igualmente una región intermedia donde predominan los suelos integrados entre estos, los dos tipos principales y que hemos clasificado como suelos pardos ándicos.





Paisaje de suelo fersialítico.

Los andosoles se asocian a la región de nubes con humedad elevada y permanente a lo largo del año, y en un piso inferior, fuera de la influencia de las nubes con veranos secos e inviernos húmedos, se sitúan los suelos pardos eutróficos.

La secuencia de suelos: ferralíticos, fersialíticos, vertisoles, formada sobre materiales antiguos, obedece igual que la secuencia anterior a la variabilidad climática en las diferentes zonas altitudinales de la isla.

Se observa una evolución desde los suelos ferralíticos en las regiones más húmedas hacia los vertisoles en las más áridas, pasando por una climatología intermedia más contrastada en la zona de los suelos fersialíticos.

Los suelos de esta secuencia son los más evolucionados geoquímicamente de los observados en Canarias, y su génesis es típicamente tropical.

Alteraciones tan desarrolladas como aparecen en los suelos ferralíticos y fersialíticos y acumulaciones tan diferenciadas de carbonato cálcico en los vertisoles, nos hacen pensar que quizá estos suelos se han formado en unas condiciones climáticas más húmedas que las actuales.

Sin embargo, se observa una cierta continuidad en la génesis de los minerales secundarios, al menos en las regiones relativamente más húmedas, entre los suelos formados sobre materiales recientes y los suelos sobre materiales antiguos de la misma zona climática, concretamente entre los andosoles y los suelos ferralíticos y entre los suelos pardos eutróficos y los suelos fersialíticos.

Es, por tanto, probable que en la actualidad esta evolución se siga produciendo aunque mucho más lentamente que en ciertas épocas anteriores, probablemente de clima más tropical.

Se puede por tanto hablar, en función del tiempo, de una tendencia a la ferralitización de los andosoles y a la fersialitización de los suelos pardos eutróficos.

Podemos, pues, imaginarnos las cronosecuencias siguientes:

Andosol vítrico — Andosol desaturado — Suelo ferralítico en la zona perhúmeda

Suelo pardo ándico — Suelo pardo eutrófico o mesotrófico — Suelo fersialítico, en clima húmedo y contrastado

Vemos, por tanto, que las dos climatosecuencias estudiadas en la región Norte de las islas sobre materiales recientes y sobre materiales antiguos forman entre sí una cronosecuencia.

El mismo proceso que lleva a la transformación de los andosoles en suelos ferralíticos conduciría a la evolución de los suelos fersialíticos a los ferralíticos, hecho confirmado por la existencia de suelos de características próximas a los ferralíticos al mismo nivel altitudinal de los suelos fersialíticos.

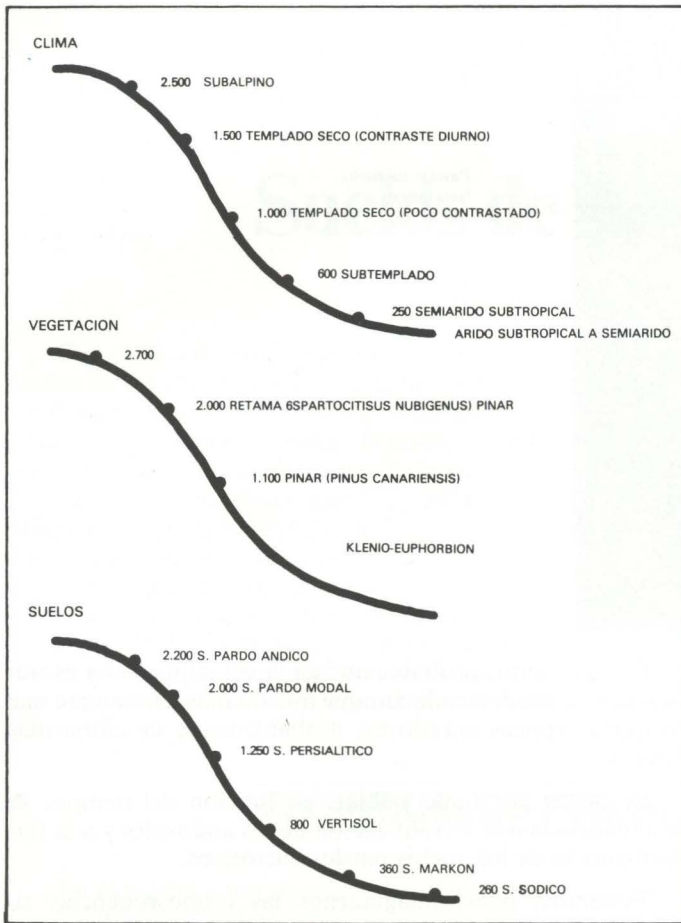
## **SECUENCIA DE SUELOS EN LA VERTIENTE SUR**

La secuencia de suelos en la región Sur de las islas situada fuera de la acción de los vientos alisios y por tanto bajo unas condiciones climáticas mucho más secas que la región Norte, está formada fundamentalmente sobre materiales volcánicos de tipo fonolítico. En la figura 2 se repre-

sentan las secuencias de suelos, de vegetación y de clima de esta región.

La secuencia climática estudiada comprende los siguientes tipos de suelos: suelos pardos ándicos, suelos pardos mo-





Perfil de suelo pardo andico.

dales, suelos fersialíticos, vertisoles, suelos marrones y suelos sódicos.

También en esta secuencia el clima es responsable de la diferenciación altitudinal.

Se observan en esta secuencia dos zonas perfectamente diferenciadas en cuanto a los productos de alteración: una zona superior de reacción ácida que comprende los suelos pardos andicos, los suelos pardos modales y los suelos fersialíticos, constituidos esencialmente por arcillas de neoformación haloisítica y de transformación derivadas de las ilitas. Y una segunda zona más baja que comprende los vertisoles, los suelos marrones y los suelos sódicos, constituidos por montmorillonitas de neoformación y un poco de haloisita e ilita.

Respecto a la evolución geoquímica en la secuencia, el valor de la relación sílice-alúmina de la fracción inferior a 2 $\mu$ , manifiesta también una evolución muy característica. Es próxima a 2,5 en el horizonte (B) del suelo pardo en lo alto de la secuencia, y llega a 4-4,5 en el suelo marrón en la zona baja.

Esto significa que la alteración encadena una desilicificación bastante acusada del material de origen en las condiciones más húmedas, que son las de los suelos pardos, y al contrario este fenómeno disminuye y es ya muy débil en los suelos marrones de clima subárido.

Correlativamente, los contenidos en óxidos de hierro, aluminio y titanio son relativamente dos veces mayores en los suelos pardos que en los suelos marrones.

Conviene destacar que la formación de los suelos fersialíticos, vertisoles y suelos marrones, exige condiciones climáticas que no corresponden a las actuales y por tanto han debido formarse en épocas de mayor contraste climático y sobre todo de mayor pluviometría.

En el caso de los suelos sódicos, la aridez actual del clima, con una intensa evaporación y su situación en la zona inferior de la secuencia, ha contribuido a una evolución de los suelos marrones hacia suelos sódicos.

Es interesante la similitud de los suelos de esta climatosecuencia sobre rocas volcánicas con los suelos formados en condiciones climáticas análogas, pero sobre rocas sedimentarias en África del Norte y en la cuenca mediterránea.

El resultado del estudio de estas tres climatosecuencias muestra aparentemente una buena correspondencia entre las diferentes zonas bioclimáticas y la distribución de los suelos en las Islas Canarias.

En ellas se resalta la evolución de las características de los suelos desde las zonas más húmedas a las más áridas. Sin embargo, la comparación de los suelos recientes con los más antiguos pone en evidencia un cierto desfase entre los procesos actuales y los antiguos.

En la zona inferior de las secuencias septentrional y meridional es preciso emitir la hipótesis de un período climático anterior más húmedo que haya permitido la alteración de los materiales y la síntesis de arcilla. Posteriormente, el clima se ha hecho más árido y ha permitido las acumulaciones

de carbonato cálcico, de yeso y la alcalinización y salinización de los suelos.

La comparación de las climatosecuencias estudiadas puede llevar a consecuencias importantes, ya que al ser la secuencia climática Norte relativamente húmeda, análoga a

las secuencias tropicales, y la secuencia Sur más árida, similar a las observadas en las zonas del Norte de África y mediterráneas, nos permite establecer un puente de unión entre los conocimientos actuales sobre la génesis de los suelos tropicales y la de los suelos mediterráneos.

## SUELOS DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA

En estas islas, como en las restantes del archipiélago canario, las formaciones de suelos se encuentran tanto sobre materiales volcánicos antiguos como recientes.

La isla de Lanzarote se caracteriza por un volcanismo muy espectacular y reciente, formado por basaltos muy influidos y piroclastos, casi inalterados, que recubren aproximadamente un tercio de la isla.

El clima de las islas de Lanzarote y Fuerteventura es actualmente muy árido. Topográficamente carecen de un sistema orográfico importante y en consecuencia el clima es muy homogéneo en todas las regiones con independencia de su orientación.

La escasa humedad de estas islas procede preferentemente de la condensación nocturna (rocíos) de la humedad atmosférica.

La vegetación natural es muy xerofítica y está compuesta principalmente de plantas resinosas muy próximas en sus características morfológicas a las encontradas en el desierto del Sahara.

No obstante, se observan en estas islas suelos muy bien diferenciados e incluso suelos rojos muy profundos sobre formaciones basálticas antiguas.

En realidad se trata de paleosuelos, que testimonian un pasado climático más húmedo de tipo tropical y un régimen pluviométrico contrastado.

Estos suelos han estado sometidos en el pasado a procesos de erosión muy intensos que les ha truncado, dejando frecuentemente sólo restos de antiguos perfiles.

Y estos mismos suelos han sido fosilizados posteriormente por erupciones volcánicas más recientes o por depósitos coluviales en las zonas de pie de vertiente.

Los perfiles actuales se encuentran casi totalmente recarbonatados, lo que nos indica que la edafogénesis actual tiene lugar en un clima muy favorable a una redistribución de los carbonatos.

Sin embargo, las condiciones climáticas actuales, de extrema aridez, ralentiza la edafogénesis. Las lavas deposi-

tadas en el siglo XVIII, y en episodios volcánicos posteriores, están sólo colonizadas por líquenes.

Las arenas calcáreas y las dunas calcáreas de antiguas playas marinas sólo han evolucionado al estado de suelos grises subdesérticos sin una redistribución importante de los carbonatos.

Igualmente se observan andosoles vítricos, con sólo trazas de carbonatos en la base del perfil.

En las islas de Lanzarote y Fuerteventura se observa la siguiente distribución de suelos naturales:

### 1. *Sobre materiales volcánicos recientes*

En lavas y piroclastos recientes: suelos minerales brutos de aporte volcánico.

En piroclastos menos recientes: andosoles vítricos y andosoles saturados, con una pequeña diferenciación caliza en la base del perfil.

### 2. *Sobre calizas marinas y dunas*

Suelos grises subdesérticos carbonatados poco diferenciados.

### 3. *Sobre rocas volcánicas antiguas*

Suelos marrones de costras por evolución reciente de suelos fersialíticos recarbonatados.

Vertisoles fosilizados de costra caliza e individualización de nódulos de óxido de manganeso (en llanuras antiguas y pie de vertiente).

Suelos pardos calizos sobre coluvios recientes. Generalmente fosilizan a los suelos marrones y vertisoles.

E. FERNÁNDEZ CALDAS

*Departamento de Edafología  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Universidad de La Laguna*

## Factores de formación de los andosoles de las islas Canarias

Hacemos un estudio comparativo de los andosoles canarios teniendo en cuenta no sólo las diferencias climáticas, sino la cronología de las zonas de estudio, vegetación y material de origen.

Con esta finalidad hemos elegido tres de las Islas Canarias occidentales, Tenerife, Gomera y Hierro, donde nos encontramos con materiales volcánicos de diferentes edades y características que nos permiten estudiar suelos formados en condiciones ecológicas y cronológicas comparables.

De acuerdo con la cronología y clima, es posible comparar la región de las Mercedes de la era terciaria en Tenerife, con el monte del Cedro en la Gomera, y los andosoles formados sobre materiales de proyección reciente en Tenerife con los desarrollados en estas mismas condiciones en la isla del Hierro.

Estas islas se han formado a través de un volcanismo muy complejo, cuyos orígenes se pueden situar probablemente en el período paleozoico para los zócalos basales de la isla de La Gomera, aunque existe una gran diferencia en el tiempo, entre los complejos basales y las coberteras. No se registran erupciones volcánicas en esta isla durante todo el Cuaternario, no existen malpaíses y las cenizas volcánicas se encuentran profundamente alteradas. La isla de Hierro, por el contrario, se ha formado en gran parte durante este último período geológico. La isla de Tenerife, sin embargo, con dos regiones terciarias, que corresponden a la península de Anaga y de Teno, tiene una zona central formada en un período geológico relativamente más reciente.

La composición de estos materiales volcánicos es variada. En la isla de Tenerife dominan los basaltos, aunque



Suelo pardo ándico.



Dystrandeps.



Vitrandepts.

existen formaciones importantes de traquitas y fonolitas. Las corrientes de lavas son muy frecuentes, así como materiales piroclásticos del tipo lapilli o cenizas volcánicas ácidas y básicas.

En la isla de La Gomera se observan diferentes estructuras litológicas formadas por complejos de rocas basales, aglomerados volcánicos, basaltos antiguos, basaltos horizontales y basaltos subrecientes.

Sobre los basaltos horizontales y subrecientes se encuentran los andosoles más característicos y mejor representados. Los integrados andosol-tierra parda oligotrófica se han formado sobre basaltos horizontales, y de grano fino hipocristalino, plagioclásico, en los que rara vez domina el olivino, que en ocasiones está sustituido por la augita. Los minerales se encuentran en un grado muy avanzado de alteración.

La isla de Hierro ha registrado una intensa actividad volcánica durante el Cuaternario, y en épocas relativamente recientes, que la han cubierto prácticamente en su totalidad, y las cenizas volcánicas han sido abundantes en los últimos episodios efusivos.

Los materiales que forman la superficie actual de esta isla están constituidos principalmente por basaltos, de tipo olivínico-alcálico de ambiente oceánico. Se observan, igualmente, rocas ácidas, traquitas, fonolitas, aunque con un carácter subordinado.

El carácter reciente de los materiales volcánicos que cubren la superficie actual de la isla hace que se encuentren poco alterados y los suelos son, en general, de escaso desarrollo.

El clima de estas islas es de tipo subtropical oceánico e insular. La influencia de las corrientes marinas frías procedentes del norte refrescan y regulan la temperatura y son responsables de la formación abundante de nubes a una altitud media de 600 a 1.800 metros y de la regularidad de la higrómetros elevada del aire.

La orientación dominante de los alisios influye muy directamente en la distribución geográfica de las nubes y lluvias. Los valores máximos pluviométricos se producen generalmente en los meses de octubre, noviembre y diciembre, mientras que el mínimo corresponde a los meses de julio y agosto.

La distribución climática de la isla de Tenerife, tomada como representativa del conjunto que estudiamos, puede esquematizarse como sigue: Las vertientes expuestas al norte son más frías y más regularmente húmedas y lluviosas, mientras que la vertiente sur es mucho más cálida y seca.

En la vertiente norte, por encima de 600-700 metros de altitud, y hasta aproximadamente 2.000 metros, se encuentra una franja donde la nubosidad es muy intensa y casi permanente; el aire está saturado de humedad y se producen precipitaciones ocultas de relativa importancia. Este tipo de clima puede ser calificado de perhúmedo.

Para altitudes superiores a 2.000 metros, el clima frío y más árido es de tipo subalpino, donde la nieve es frecuente durante dos o tres meses en invierno.

Por debajo de la cota de 600 metros en la vertiente norte, el clima es de tipo subtropical contrastado, haciéndose



Andosol.

progresivamente menos lluvioso y menos contrastado a medida que nos acercamos al litoral.

En la vertiente sur y para altitudes inferiores a 1.600 metros, el clima se caracteriza por un régimen pluviométrico de tipo subárido, pero con un grado higrométrico del aire relativamente elevado por la influencia oceánica.

Considerando la naturaleza de los suelos y su distribución, puede proponerse la hipótesis de que el clima general de las islas ha podido variar durante el Cuaternario, con períodos alternantes más secos y más húmedos que en la época actual y que han favorecido la formación de suelos de tipo tropical, profundos y bien diferenciados, así como fenómenos de gelifluxión y erosión de los suelos de las regiones altas superiores a 2.000 metros.

La hipótesis de Fernández Caldas en relación con el efecto sobre la génesis del suelo, producido por las condensaciones ocultas provocadas por la elevada humedad del aire, y favorecida por la porosidad de las cenizas volcánicas, ha de ser tenida muy en cuenta en la interpretación de los fenómenos edáficos en Canarias, pero puede ser complementada por nociones paleoclimáticas en períodos más cálidos y húmedos para comprender mejor la existencia en estas islas de suelos tropicales.

En las zonas de altitud media, comprendidas entre 600 y 2.000 metros, el clima perhúmedo actual justifica la presencia de andosoles.

Estas consideraciones anteriores referidas a la isla de Tenerife pueden hacerse extensivas a las islas de Gomera y Hierro para las mismas coordenadas de orientación y altitud.

Las características de la vegetación también se corresponden con la variabilidad climática en las diferentes islas, y está formada principalmente por: Klenio Euphorbion en zonas bajas; Laurisilva, Fayal-Brezal y Pinar, en alturas medias, y Leguminosas de alta montaña en las cotas altas.

La variabilidad climática y litológica a que nos hemos referido, está muy condicionada por los factores topográficos

y tiempo de alteración, que juegan un papel muy importante en la formación y evolución de los suelos de estas islas.

El tipo de alteración de los materiales volcánicos, en el medio ecológico de alta humedad que conduce a la formación de andosoles, se caracteriza por la presencia en el perfil de materiales predominantemente alofánicos y amorfos formados por hidróxidos de hierro y aluminio que evolucionan a formas más o menos cristalinas de arcillas caoliniticas y gibsitica.

Las particularidades de estas islas, con un volcanismo muy prolongado que da lugar a la existencia de superficies, con una cronología muy amplia, bajo una climatología muy diversa, ofrecen ejemplos de suelos recientes y de formaciones más antiguas que han evolucionado bajo condiciones diversas.

La variedad de estos suelos existentes en Canarias, con numerosas posibilidades de confrontación entre los factores y procesos de formación, muestra la dificultad de generalizar explicaciones que pueden ser localmente válidas.

De acuerdo con las observaciones realizadas en función de las características del medio ecológico, y teniendo en cuenta las propiedades físicas, químicas y mineralógicas de los perfiles estudiados, los andosoles canarios pueden subdividirse en las siguientes categorías:

- 1.<sup>a</sup> Intergrados Andosol-Tierra parda oligotrófica.
- 2.<sup>a</sup> Dystrandeps.
- 3.<sup>a</sup> Vitrandeps Evolucionados.
- 4.<sup>a</sup> Vitrandeps.

M. L. TEJEDOR SALGUERO  
*Departamento de Edafología  
 de la Universidad de La Laguna  
 y Centro de Edafología y Biología  
 Aplicada de Tenerife del C.S.I.C.  
 y Cabildo Insular de Tenerife*

# Vertisoles Canarios

Los vertisoles se caracterizan esencialmente por su color oscuro, textura fina y elevado contenido en la fracción arcilla de minerales expansibles de tipo montmorillonita.

Varios autores han señalado el importante papel que desempeñan los contrastes estacionales del clima, especialmente las alternancias estacionales de humedad y desecación intensa de los perfiles. Por otra parte, los cationes alcalinotérreos juegan un papel importante en la formación de arcillas de tipo montmorillonítico, y el ión férrico en la formación de los complejos arcillo-húmicos.

El nombre vertisol deriva del vocablo «vertere» (dar vueltas). Se le denomina con diferentes nombres locales en distintos países: regur y black cotton soils (India), black earths (Australia), tropical chernozems (Africa), badobe soils (Sudán), vleí soils (Sudáfrica), barros (Portugal), smolnitza (Balcanes).

En América se les denomina grumosoles y actualmente el nombre aceptado de manera general es el de vertisoles.

En las Islas Canarias se encuentran extensas formaciones de vertisoles en zonas de climatología árida o semiárida en regiones de altitud variable y en condiciones geomorfológicas diversas.

En las islas occidentales, estos suelos se encuentran en las zonas próximas a los macizos montañosos y ocupan, en la región Norte, un piso inferior a los suelos fersialíticos, mientras que en la región Sur se sitúan a cotas superiores a los aridisoles, extendiéndose a lo largo de las vertientes hasta alturas variables que oscilan entre 1.000 y 1.200 metros. En esta última región la cota más baja de estos suelos corresponde a 600 metros aproximadamente.

Las variaciones observadas en el límite altitudinal de estos suelos se deben principalmente a diferencias climáticas en estas dos vertientes, donde la orientación y la altitud juegan un papel importante. Las cotas correspondientes al límite superior e inferior de las dos vertientes corresponden a una climatología equivalente.

En ambas regiones la temperatura, y principalmente la humedad, experimentan contrastes estacionales muy variados que favorecen una alteración discontinua.

La pluviometría es insuficiente para lixiviar los productos solubles de la alteración, y la temperatura favorece una intensa desecación del suelo en el período estival.

En estos perfiles, las sales cálcicas y magnésicas son muy abundantes, y su origen, a nuestro juicio, se explica teniendo en cuenta la aridez del medio, baja permeabilidad de los perfiles, alteración «in situ» de materiales básicos (olivino y feldespato) y el proceso de infiltración lateral, que aporta gran cantidad de bases procedentes de las regiones próximas de mayor altitud.

Estas condiciones anteriores, dan lugar a que en estas regiones más bajas se produzca un medio fuertemente saturado, con pH elevado; condiciones que son favorables a la síntesis de minerales de tipo 2:1, especialmente montmorillonita, la cual experimenta dilataciones y contracciones por efecto de las variaciones de humedad existentes en el suelo. Estos procesos característicos de este tipo de suelos contribuyen de manera decisiva a la diferenciación del perfil.

Como hemos indicado, la génesis de los vertisoles está condicionada por los factores que permiten la formación de arcillas de tipo montmorillonítico y por las alternancias estacionales de humedad y sequedad.

En la génesis de este tipo de suelos el calcio y el magnesio desempeñan un papel importante, pues el magnesio interviene directamente en la síntesis de la montmorillonita, mientras que el calcio mantiene un nivel de pH igual o superior a 7, que es el óptimo para su formación.



Vertisol.

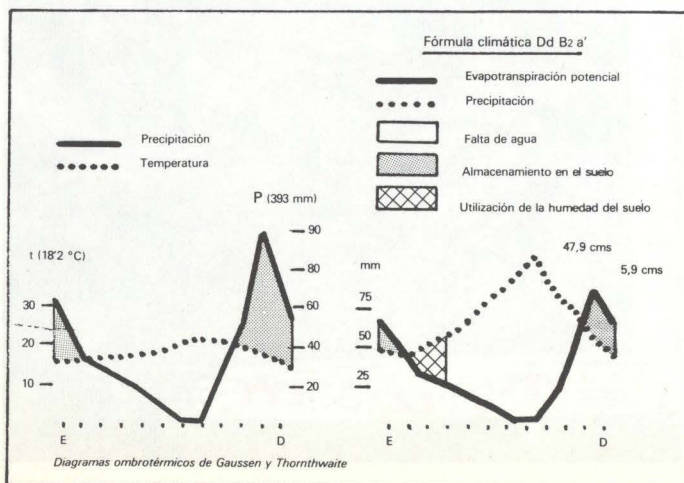


**Klenio-Euphorbion**  
(Paisaje de la zona baja, vertiente sur.)

Si importante es el papel que juegan el calcio y el magnesio en la formación y evolución de los vertisoles, no menos importante es el del hierro en combinación con la materia orgánica. Como señala Duchaufour, la génesis de los vertisoles no está condicionada por dos cationes: calcio y magnesio, sino por tres, ya que el hierro va a desempeñar un papel muy importante en la formación de los complejos arcillo-húmicos, tan característicos de estos suelos.

La escasez de datos termo-pluviométricos en las islas nos impide conocer con absoluta precisión las características climáticas de las diferentes regiones donde se forma este tipo de suelos.

No obstante, hemos podido recopilar algunos datos de temperatura y pluviometría en la isla de Tenerife, en una zona donde los vertisoles se encuentran bien representados.



En la gráfica número 1 se indican, a la izquierda, el diagrama Umbrotérmico de Gausson y, a la derecha, el de Thornthwaite; en este último se observa falta de agua desde abril a octubre y almacenamiento en los meses de noviembre, diciembre y enero. De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite, el clima es de tipo semiárido.

Por otra parte, la uniformidad observada en las diferentes facies de vegetación que se desarrolla en estos suelos, nos hace pensar que la variabilidad climática de las diferentes zonas se encuentra dentro de unos límites de poca amplitud.

La vegetación de este piso basal es de tipo subtropical, con carácter más o menos árido, y está constituida, en su mayor parte, por una formación de arbustos y matorrales xerofíticos de influencia norteafricana, denominados tabaibales y cardonales, por pertenecer al género Euphorbia las especies predominantes. Su límite altitudinal llega hasta los 500-600 metros en la región Norte y aproximadamente alcanza los 1.000 metros en la vertiente Sur.

La influencia humana ha alterado parcialmente esta zona, transformando los suelos en campos de cultivos y la vegetación ha quedado, en muchos casos, reducida a las laderas de los barrancos, que no han podido ser transformados en parcelas cultivables.

Las características geomorfológicas de las diferentes regiones mundiales donde se forman los vertisoles corresponden a zonas endorreicas, representadas por llanuras aluviales, en cuencas continentales, y en general depresiones con una topografía llana o ligeramente ondulada que excepcionalmente alcanza pendientes superiores al 15%.

En Canarias, sin embargo, extensiones importantes de este tipo de suelos se encuentran en zonas accidentadas, con pendientes acentuadas que pueden llegar al 30%.

La topografía accidentada de estas islas juega un papel importante en la formación de estos suelos, ya que las pendientes formadas facilitan la infiltración y el desplazamiento de las aguas condensadas en las regiones altas. Como ya habíamos indicado anteriormente, estos suelos se encuentran en las vertientes próximas a las cordilleras centrales y acantilados, ocupando valles interiores de pendiente variable, llanuras costeras y en formas de relieve más o menos accidentado en las laderas de los sistemas montañosos.

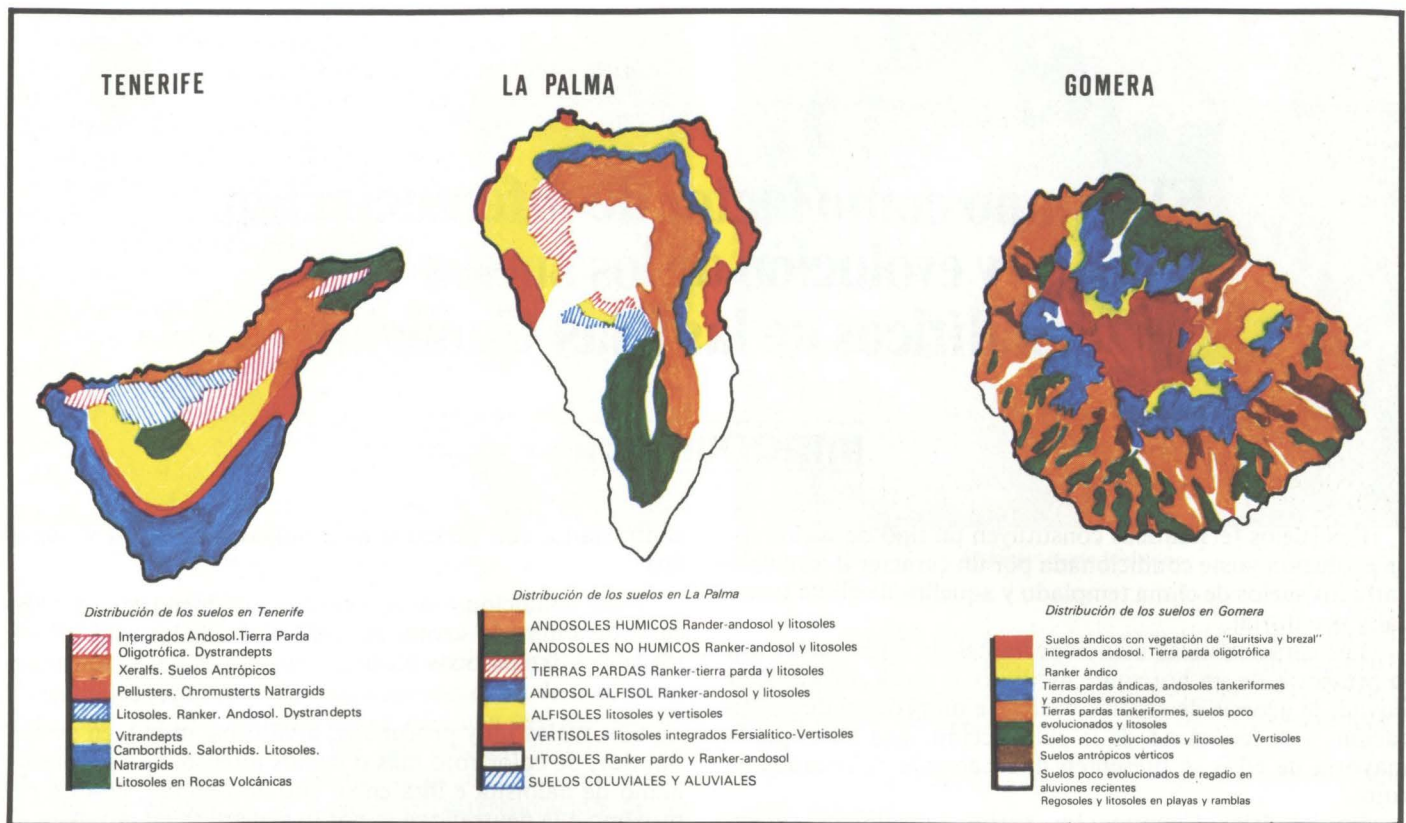
La configuración geomorfológica de las islas, como acabamos de indicar, favorece los fenómenos erosivos, principalmente en las regiones montañosas de pendientes acusadas, donde la pluviometría, generalmente elevada (superior a los 1.000 mm), puede tener carácter torrencial.

Los depósitos coluviales, por lo tanto, son abundantes en las diferentes vertientes de las islas, especialmente en las zonas bajas más próximas a los macizos montañosos.

En estas regiones de poca altitud y escasa precipitación, los fenómenos erosivos son menos acentuados y los depósitos coluviales han experimentado un proceso evolutivo que ha conducido en este caso a la formación de los vertisoles.

Este tipo de suelos se ha formado en su mayor parte sobre estos depósitos alóctonos, aunque también pueden desarrollarse sobre basalto y cenizas volcánicas en los horizontes profundos.

Los vertisoles presentes en las islas de Tenerife, La Palma y Gomera, pueden ser clasificados en los siguientes grupos:



1. Typic Chromusters.
2. Typic Pellusters.

En los mapas I, II y III, correspondientes a Tenerife, La Palma y Gomera, se indica la distribución de los vertisoles y restantes suelos existentes en estas islas.

CARMEN MARÍA RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ  
 Departamento de Edafología  
 Facultad de Ciencias Biológicas  
 Universidad de La Laguna



# El tiempo como factor de diferenciación y evolución de los suelos fersialíticos de las islas Canarias

## INTRODUCCION

Los suelos fersialíticos constituyen un tipo de suelos cuya evolución viene condicionada por un carácter intermedio entre los suelos de clima templado y aquellos de clima tropical y ecuatorial.

Las características más importantes de estos suelos son la presencia de un horizonte arcilloso, a veces con carácter iluvial; la génesis de arcillas mediante un proceso de sialitización, y el fenómeno de la rubefacción, que hace que la mayoría de ellos se presenten intensamente coloreados de rojo.

En las Islas Canarias los suelos fersialíticos se encuentran sobre materiales geológicos muy antiguos, en zonas de topografía poco accidentada y bajo una climatología

contrastada, con períodos alternativamente secos y húmedos.

Estas condiciones se encuentran muy bien representadas en la denominada «zona de medianías» de las islas, donde los suelos fersialíticos alcanzan su mayor extensión y desarrollo.

Son suelos muy profundos, arcillosos, muy bien estructurados, de color rojo más o menos intenso, con un predominio de haloisita e ilita en su fracción arcilla, con un pH próximo a la neutralidad y, por lo general, bien provistos de bases y nutrientes, características estas que les hacen los mejores suelos de cultivo de las Islas Canarias.

## CRONOLOGIA Y EVOLUCION

Ya hemos dicho más arriba que los suelos fersialíticos de las Islas Canarias, aparecen sobre formaciones geológicas muy antiguas, generalmente cenizas y lapillis de naturaleza basáltica o fonolítica, pertenecientes a la Serie III y producidos por pequeños conos volcánicos adventicios, de tipo estromboliano.

Generalmente hemos admitido que los suelos fersialíticos canarios, principalmente aquellos más profundos y situados en las áreas de topografía más suave y de mayor estabilidad, son formaciones edáficas muy antiguas, originadas bajo una vegetación exuberante de tipo laurisilva y unas condiciones climáticas de mayor contraste y sobre todo de temperaturas y pluviometrías más elevadas.

Sin embargo creemos, que el clima actual, diferente de aquel que debió de imperar en el pasado, tan sólo cuantitativamente y no cualitativamente, no impide la génesis actual de los suelos fersialíticos en esta zona, sino que en cierto modo la ralentiza.

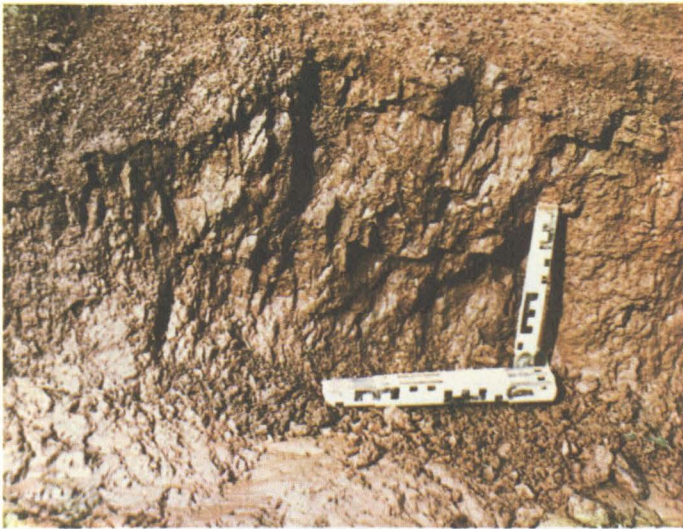
En consecuencia, la existencia de suelos fersialíticos con una génesis actual y otras formaciones fersialíticas antiguas, nos ha permitido establecer una única secuencia evolutiva dentro del estado de suelos fersialíticos desarrollados a partir de cenizas volcánicas.

En primer lugar, podemos establecer que los suelos fersialíticos se sitúan cronológicamente entre los suelos pardos eutróficos tropicales y los suelos fersialíticos.

Dentro de la zona climática considerada, la evolución de suelo pardo eutrófico tropical a suelo fersialítico, parece ser solamente una cuestión del tiempo necesario para que continúe el proceso de alteración y argilificación, de lixiviación de sílice y bases y de individualización de óxidos de hierro.



Paisaje de la región de suelos fersialíticos.



Detalle de estructura del horizonte B. (Suelo fersialítico.)



Manganes (suelo fersialítico).

En el otro extremo, el tiempo parece ser también el factor fundamental condicionando la evolución de suelos fersialíticos a ferralíticos, como consecuencia de una alteración cada vez más acusada que lleva a una casi ausencia de minerales primarios alterables, una desilicificación de más en más acentuada y un comienzo de degradación que nos sitúa ya en los primeros estados de diferenciación de los suelos ferralíticos, hacia los que parece llevar el proceso evolutivo general de los suelos sobre cenizas volcánicas, en las zonas más húmedas de las Islas Canarias.

Dentro ya del estado de suelos fersialíticos desarrollados a partir de materiales volcánicos piroclásticos no vítricos, se ha determinado una sola secuencia evolutiva.

En ella los primeros pasos de evolución vienen definidos por los suelos fersialíticos jóvenes, que son suelos desarrollados a partir de capas, de mayor o menor espesor, de cenizas y otros piroclastos que han sepultado suelos fersialíticos más antiguos y evolucionados. Carecen de horizonte argílico, aunque el contenido en arcillas, como consecuencia de la rápida alterabilidad de las cenizas volcánicas sea a menudo elevado.

Presentan una gran porosidad, un contenido alto en minerales primarios, por lo general poco alterados, y presentan, asimismo, un análisis químico total muy próximo al del material originario, una relación sílice/alúmina siempre superior a 2 y una escasa individualización de los óxidos de hierro.

Igualmente sus características morfológicas, con un color pardo-rojizo y una estructura poliédrica o prismática poco desarrollada, indican la juventud de la génesis de estos suelos.

El último estado de la secuencia evolutiva normal dentro de los suelos fersialíticos, está constituido por suelos que aparecen enterrados bajo mantos piroclásticos que actualmente evolucionan en el mismo sentido pero en una etapa más joven.

Además presentan en su morfología un color netamente rojo y una estructura prismática bien desarrollada. En estos suelos más evolucionados, la arcilla iluvial ha contribuido a la formación del horizonte arcilloso que, por tanto, se considera como argílico.

Son, además, suelos con baja porosidad y elevada compactación, un contenido muy bajo en minerales primarios alterables y siempre los más resistentes y una alteración total de los minerales originarios. La relación sílice/alúmina es siempre inferior a 1, y en muchos casos se aprecia un comienzo de degradación y de iluviación secundaria en el horizonte argílico.

Una vez definidos el primer y último estado de la secuencia cronológica evolutiva de los suelos fersialíticos, podemos decir que esta evolución se caracteriza por:

- a) Una alteración y compactación progresiva de las cenizas al nivel de los horizontes B, desarrollándose una estructura poliédrica y prismática.
- b) Una iluviación que se manifiesta desde que se alcanza un estado mínimo de compactación.
- c) Una rubefacción rápida, resultante de una transformación de la masa fina de las cenizas, con redistribución parcial en forma de impregnaciones ferruginosas de color rojo.
- d) Una alteración geoquímica progresiva con eliminación de sílice y bases y acumulación relativa de alúmina y óxidos de titanio, y
- e) Una liberación también progresiva de hierro, que se individualiza en forma de minerales secundarios, probablemente criptocristalinos, desligados de los minerales arcillosos.

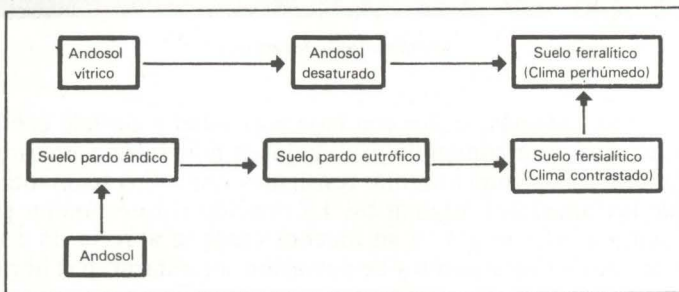
Para el caso de los suelos desarrollados sobre lapillis vítricos, hemos de considerar que nos hemos encontrado sólo con suelos muy evolucionados, lo que no nos ha permitido seguir su evolución como en el caso de los suelos sobre cenizas.

Estos suelos parecen más jóvenes que aquellos perfiles evolucionados desarrollados sobre cenizas, pero dadas las características del material de origen (rico en bases, de naturaleza amorfa y muy poroso), se produce una alteración acusada y una pérdida importante de sílice mucho mayor que en los suelos sobre materiales no vítricos.

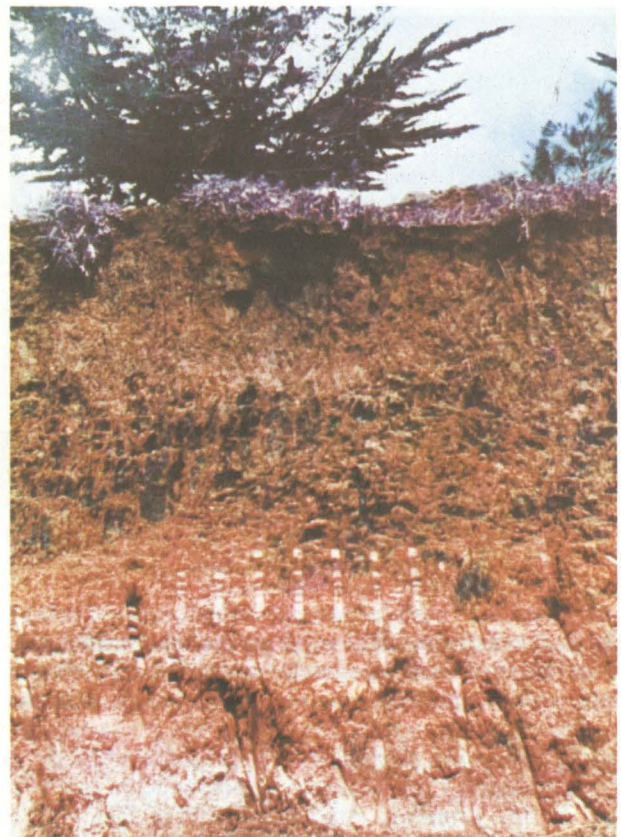
Todas sus características, morfológicas (friabilidad, texturas limosas, tendencia a una estructura poco desarrollada), físico-químicas (pérdida acusada de sílice, gran individualización del hierro) o mineralógicas (alteración acusada, presencia importante de hematites y gibsita), nos indican que estamos en presencia de suelos ya muy evolucionados a pesar de su probable juventud.

En consecuencia, y a pesar de que no hemos podido seguir todo el proceso evolutivo de estos suelos, por las razones antes apuntadas parece ser que el estado final del mismo es, al igual que en el caso de los suelos sobre cenizas, una tendencia hacia la ferralitización.

En conclusión podemos decir, que integrando las secuencias cronológica y climática, todos los suelos desarrollados sobre piroclastos volcánicos en la zona norte de las islas, son etapas diferentes de una misma secuencia evolutiva, como se puede observar en el siguiente esquema:



A. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ  
*Departamento de Edafología\**  
*Facultad de Ciencias Biológicas*  
*Universidad de La Laguna*



Suelo fersialítico.

## Investigación de los productos naturales orgánicos

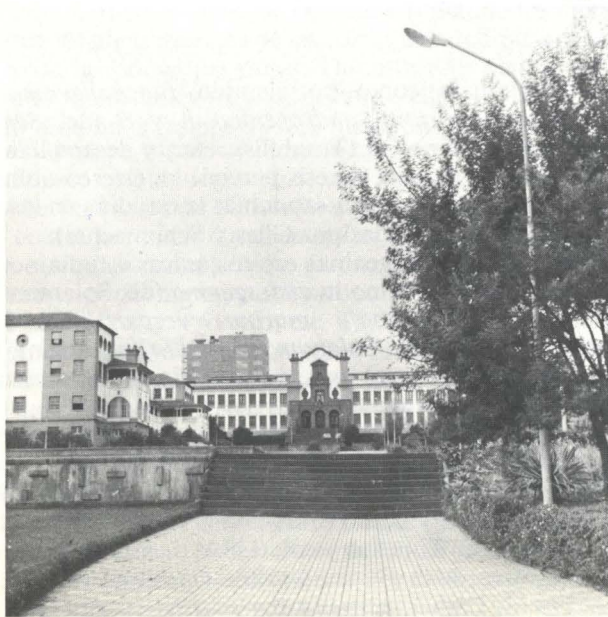
El Instituto de Productos Naturales Orgánicos del CSIC, junto con el Departamento de Química Orgánica de la Universidad de La Laguna, se hallan integrados dentro de una FUNDACION que, para el estudio de la problemática implicada en la investigación de los productos naturales orgánicos, ha creado el Excmo. Cabildo Insular de Tenerife.

Una de las líneas de trabajo que primero se desarrollaron en este Centro es la referente al estudio de los triterpenos procedentes de las *Euphorbias canarias* (vulg. tabaibas y cardones). De los resultados obtenidos en estas investigaciones destaca el aislamiento, por primera vez en plantas superiores, del *lanosterol* (de la *E. balsamifera*, Regis Yubea, etc.), intermedio en la biogénesis de los esteroides en animales, así como el descubrimiento del nuevo triterpeno *obtusifoliol* (de la *E. obtusa*), que constituye un importante eslabón de la biogénesis de los esteroides vegetales (esteroles, saponinas espiroestánicas, withaferinas, ecdisonas, etc.), siendo otro de los eslabones de dicha biogénesis el *cicloartenol* (*handianol*) (de la *E. handiensis*, etc.).

Los nativos del Archipiélago Canario habían observado que cuando una persona o animal se pone en contacto con el látex de la *E. canariensis*, *E. handiensis*, etc., se forman sobre la piel inflamaciones que desaparecen al ser frotadas con hojas de *Aenium lindley* (vulg. *uva de guanche*). Investigadas las hojas de esta *Crassulaceae* canaria, se obtuvo un nuevo glucósido que se denominó *lindleyina*, que presenta una fuerte actividad *analgésica* y *antiinflamatoria*.

Estudian los triterpenos de otras familias botánicas; así, entre la *Labiatae* investigan las especies canarias del género *Micromeria*. Aislados los ácidos *micromérico* y *benthámico* (ac. pomélico) de la *M. benthamia* y de otras especies, el *ácido pomélico* se halló también en la corteza de la manzana. De esta familia se obtuvieron los nuevos triterpenos  $\alpha$ -*amiradienol*, *anagadiol* y *nivadianol* (de la *Salvia broussonetii*), los cuales fueron sintetizados. Del último se realizó una síntesis fotoquímica. Entre los triterpenos nuevos que aporta el Centro a la Literatura, vamos a citar la *iguesterina* (que, junto a la *tigenona*, se aisló de la *Cathacassinoides*) *Maytenus canariensis* (vulg. *peralillo*, *peralito*). Presenta

Universidad de La Laguna y Cabildo Insular de Tenerife.





*Euphorbia canariensis.*



*Euphorbia canariensis.*



*Euphorbia handiensis.*



*Ruta pinnata.*



*Maytenus canariensis.*



*Isoplexis isabelliana.*



*Isoplexis canariensis.*

una interesante actividad antitumoral «in vitro». Se hizo su síntesis parcial y fueron preparados unos acetatos de sus hidroderivados. Establecen unas interesantes relaciones entre estructura y actividad antitumoral de estos *dinor-*

*triterpenos*. Por último, citaremos el amplio estudio que se ha realizado sobre las *trevoageninas A, B y C*, nuevos triterpenos del grupo *dammarano*, aislados de la *Treva trinervis*.

## ESTEROIDES

Un grupo de investigadores de este Instituto trabaja desde hace más de doce años sobre este campo de los Productos Naturales, habiendo aportado a la Literatura Química más de 31 esteroides nuevos de diferente tipo.

La más voluminosa aportación hecha en este campo la constituye el estudio de las sapogeninas espirostánicas, de las cuales se han aislado y estudiado unas 23 nuevas, entre las cuales merecen destacar las obtenidas a partir del endemismo canario *Tamus edulis* (*eduligenina*, *tamus genina*, *lowegenina*, etc.), que poseen oxígeno sobre el carbono-11 del esqueleto. Este hecho insólito en este tipo de sustancias las hace idóneas para la síntesis de la hormona *Cortisona*, pero se presenta el inconveniente del bajo rendimiento con que dichas sapogeninas se hallan en la planta. También destacaremos la *dracogenina* (del *Dracaena draco*, vulg. *drago*), por su extraordinaria funcionalización, considerándose la más oxidada entre las descritas en la Literatura. Hacen un extenso estudio de la química de estas sustancias. Aparte de las sapogeninas espirostánicas estudian un grupo de sapoge-

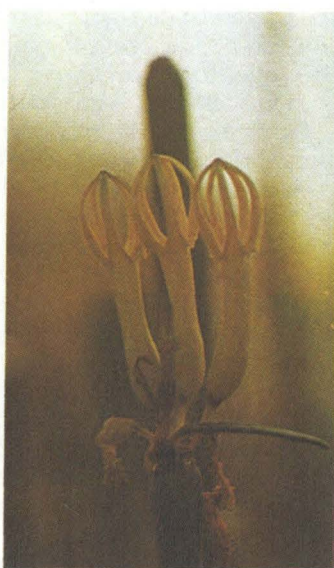
ninas furostánicas, como, por ejemplo, *funchaligenina* (de la *Isoplexis sceptrum*), *androgenina A y B* (del *Semele androgyna*), *afurigenina* (*T. edulis*), etc., y desarrollan un método general para su síntesis parcial. La estereo-química de la cadena lateral de estas saponinas la estudian en las  $\alpha$  y  $\beta$ -*levantanolidas* (aisladas por Giles y Schumacher).

Aparte de las sapogeninas espirostánicas estudian otros esteroides naturales como la *andesgenina* (del *Solanum hypomalocaphyllum*), *baja marina*, *vespertilina*, *20S-hidroxi-vespertilina* (del *Solanum vespertilio*, endemismo canario, vulg. *rejalgadera*) que se caracterizan por presentar cadenas laterales diferentes.

Por su interés como antitumorales, merecen mención aparte los esteroides del grupo de las *Withaferinas*, aisladas de *Solanaceas* del género *Withania*. La *withaferina*, aislada primero por Lavie y cols. (Israel), de la *W. somnifera* de la India y luego por Kupchan y col. (USA) de la *W. arborecens* y por nosotros de la *W. aristata* (de Canarias) y de la *W. frutescens* (de Cádiz), presenta una interesante actividad an-



*Ferula linkii*.



*Ceropogia dichotoma*.

titumoral «in vivo». Más tarde se han aislado y estudiado *withaferinas* diferentemente funcionalizadas. Dado el interés de estas *withaferinas* se ha procedido a realizar su síntesis a partir de esteroides de fácil adquisición.

Este grupo de trabajo ha desarrollado interesantes tipos de reacción sobre los esteroides, que luego han generalizado a otras sustancias; así, por ejemplo, han estudiado la nueva reacción del  $\text{NaNO}_2/\text{AcOH}$  en presencia de  $\text{BF}_3$ , sobre las *sapogeninas espirostánicas* para obtener *23-ceto sapogeninas* con alto rendimiento y sobre esteroides con doble enlace, con el fin de obtener  $\alpha$ -acetil cetonas  $\alpha,\beta$ -no saturadas.

También estudian el comportamiento de la *función nitroamina* frente al anhidro acético y la piridina y la acción de este grupo funcional como agente de funcionalización a distancia. Otras reacciones interesantes que desarrollan son las de los *espiroacetales* con *cloruro de fenilselenio* en  $\text{AcOH}$  para formar  $\phi$ -Se-derivados, la acción del *anion superóxido* sobre *cetonas esteroidales*, y la reacción de *lactoles* con *perácidos*.

Aparte de los esteroides, este grupo de trabajo investiga otros tipos de metabolitos, como la *iguesterina*, de la *Catha cassinoides* (vulg. *peralillo*), antitumoral, y las ya citadas *iguesterina*, *lindleyina* y las *biantraquinonas asfodelina*, *microcarpina*, etc. (*Asphodelus microcarpus*). Se han obtenido un número elevado de derivados esteroidales semisintéticos y se han sintetizado productos de interés comercial.



*Sonchus congestus*.

## PRODUCTOS MARINOS

Hace unos diez años que se inició en el Centro un programa de investigación sobre los metabolitos de seres marinos. Concretamente, se empezó estudiando los metabolitos de las algas marinas de las costas del archipiélago canario y de las zonas próximas. Durante este tiempo se han logrado interesantes resultados, entre ellos el aislamiento y estudio de unos treinta nuevos metabolitos.

En primer lugar estudiaron una serie de nuevos sesquiterpenos polihalogenados, de algas rojas del género *Laurencia*, varios de ellos con nuevos esqueletos carbonados como, por ejemplo, el *caespitol*, *isocaespitol*, *8-desoxisocaespitol*, *furocaespitano*, *furoisocaespitano* (de la *L. caespitosa*), *perforatona*, *perforatona A* y *B*, *perforeno*, *perforenol* (de la *L. perforata*), etc. También se obtuvieron monoterpenos polihalogenados como los aislados de la *Plocamium cartilagineum*. De las algas pardas aislaron otros tipos de componentes. Así, por ejemplo, de la *Taonia atomaria* obtienen el *taondiol*, *ditaondiol*, *ácido atomárico*, etc., con nuevos esqueletos carbonados. Estudian otras algas e inician la investigación de metabolitos de invertebrados marinos y de esponjas marinas. El interés que han despertado las investigaciones sobre estos metabolitos no es sólo de índole académico, sino que también se debe tanto a sus posibilidades farmacológicas como comerciales.

Este grupo de trabajo no ha centrado sus investigaciones exclusivamente en el aislamiento y la determinación de las estructuras y configuraciones absolutas de metabolitos de origen marino, sino que también han abordado el estudio del comportamiento reactivo de los mismos, así como sus síntesis totales o parciales. Por otra parte, tratan de llegar a esclarecer la interrelación entre diferentes metabolitos a través de las rutas biosintéticas de acuerdo con las cuales los organismos han podido sintetizarlos. Llegan a aportar valiosos resultados experimentales sobre la viabilidad de dichas rutas biogénicas.

Otro objetivo a alcanzar en estas investigaciones es llegar a saber si los citados metabolitos son productos de eliminación o, por el contrario, juegan algún papel fisiológico en el organismo que les contiene.

La síntesis de los citados *terpenos* (*mono* o *sesqui-*) presenta las dificultades comunes a todas las síntesis de productos orgánicos más o menos complejos, pero a estas se suman las correspondientes a la presencia en la molécula de enlaces carbono-halógeno, de los que no se conoce todavía la forma de protegerlos. Por tanto, habría que formar primero el esqueleto carbonado y luego introducir el halógeno o buscar un precursor que al mismo tiempo que genera el esqueleto carbonado introduzca el halógeno.

Los puntos expuestos sobre síntesis pueden ser ilustrados reseñando algunas de las realizadas en este centro. Por ejemplo, obtienen el  $\beta$ -*snyderol* (aislado por Howard y col. de la *L. snyderae*) por bromociclación del *trans, trans-farnesato de metilo*, por medio de reacciones que no afectan la unión C-Br; el di-halo derivado del *8-desoxi-isocoespitol* lo forman por una cicloadición inducida por el clorato de litio en medio ácido al actual sobre una bromohidrina previamente preparada. A continuación se introduce Cl y Br, por tratamiento del producto con el esqueleto buscado con  $\text{Br}^+\text{Cl}^-$ ; la síntesis total de ( $\pm$ )-*isocoespitol*, a partir del *trans- $\beta$ -terpineol*, lo consiguen formando un sustrato a través de 13 pasos de reacción, que experimenta cicloadición por tratamiento con alúmina ácida para formar (*I*) *didehalocoespitol* que reacciona con una fuente de  $\text{Cl}^-\text{Br}^+$  formando el producto natural. Otras síntesis de las realizadas para algunos de estos metabolitos son más específicas.

Diferentes autores han postulado rutas biogénicas para explicar la formación en la planta de cada uno de estos esqueletos a medida que se iban descubriendo. Debido al incremento experimentado en el número de estos metabolitos procedentes de las *Laurencias*, durante los últimos años se hizo necesario formular un esquema biogénico más general. En 1975 este grupo propuso una ruta biogénica general para un amplio número de metabolitos aislados de las algas rojas del género *Laurencia*. Más tarde fue ampliada incorporándose a ella todos los sesquiterpenos conocidos de dicho género de algas. Como la comprobación de dichos esquemas biogénicos no ha podido hacerse a través de precursores isotópicamente marcados, debido a las dificultades técnicas de cultivos de las algas superiores en condiciones que tengan una incorporación adecuada, han recurrido a la transformación química entre los intermedios hipotetizados como única manera de revalorizar dichos esquemas, pues si estas transformaciones se realizan con un 100% de rendimiento y estereospecificidad, dan una cierta garantía de que el proceso natural debe transcurrir por dicha vía, pero en estas transformaciones por control químico, no enzimático, el producto natural inicial debe ser termodinámicamente más inestable que el producto natural que se va a obtener. Una serie de sesquiterpenos que poseen por lo menos un anillo aromático (*perforeno*, *aplysina*, *laureno*,  $\alpha$ -*bromocupareno*,  $\alpha$ -*bromoisocupareno* constituyente A) podrán obtenerse si el producto de partida es una especie no-aromática adecuada. Así, por ejemplo, sintetizan el *Componente A* (aislado por Ericksson y col. de una *Laurencia* ssp de Hawaii), a partir de la *perforenona A* (de la *L. perforata* de Canarias); a partir de un metabolito aislado de

la *L. obtusa* de Canarias, obtienen  $\alpha$ -*isobromocupareno* e *isolaureno*; del *obtusol* (obtenido de la *L. obtusa*) sintetizan el esqueleto del *perforeno* (de la *L. perforata*), etc.

Otro camino para verificar las hipótesis biogénicas sería seguir las síntesis denominadas de tipo-biogénicas o biomiméticas. Por esta vía fue sintetizado, por ejemplo, el *taondiol*, siendo los intermedios de esta síntesis biomimética los mismos que se habían hipotetizado para su *ruta biogénica*. De forma semejante se obtuvo el *8-deoxiisocoespitol*, para el cual se había hipotetizado su origen a partir de un *bisaboleno*. Partiendo del  $\alpha$ -*terpineol* llegan a un bisaboleno funcionalizado sobre el cual provocan una cicloadición, obteniéndose el *didehaloisocoespitol* que por tratamiento con  $\text{Cl}^-\text{Br}^+$  da el producto natural.

Aparte de los géneros *Laurencia* y *Taonia* de las algas marinas, en el Centro se trabaja en otros géneros de algas, obteniéndose, además de sesquiterpenos, otros tipos de sustancias como compuestos acetilénicos, etc. También se estudian esponjas marinas con la obtención de nuevos metabolitos y se realizan síntesis, tanto de tipo biomiméticas como de otros tipos de metabolitos o de productos relacionados.

Han determinado «in vitro» la actividad farmacológica de algunos de los metabolitos aislados.

De la familia *Rutaceae* estudian un grupo de especies del género *Ruta*, endémicas de las Islas Canarias, todas muy ricas en cumarinas. Entre las numerosas cumarinas aisladas encontraron más de 14 nuevas, entre las cuales podemos reseñar la *pinnarina*, *furopinnarina*, *pinnaterina*, *sabandina*, *sabandinol*, *sabandinona*, *tederina*, *beneharina*, etc., de la *R. pinnata*, vulg. *tedera salvaje*, o las dicumarinas *oreojasmina* y *fatagarina* (de la *R. oreojasme*, vulg. *ruda*). De una *rutaceae* de la Península (*H. hispanicum*) se obtuvo una cumarina nueva entre varias ya conocidas.

Las cumarinas son frecuentes en otras familias botánicas; así, del endemismo canario, obtienen el *bethancorol*, interesante cumarina. De *Umbelliferae*, de la península Ibérica, investigan las cumarinas de diversas especies de los géneros *Heracleum*, *Peucedanum* y *Seseli*, de los cuales aíslan y estudian numerosas cumarinas, muchas de ellas ya descritas en la literatura y otras son nuevas aportaciones. Entre ellas, podemos reseñar por su novedad dos *cumarinas cloradas*, las cuales constituyen la segunda y tercera aportación de este tipo de cumarinas a la literatura.

El estudio de estas sustancias adquiere cada día mayor interés debido al descubrimiento de nuevas acciones fisiológicas en las mismas.

Este Instituto ha aportado más de 50 nuevas cumarinas a la literatura.

## DITERPENOS

Han estudiado un amplio número de nuevos diterpenos pertenecientes a diferentes series. Destacan los trabajos realizados sobre diterpenos de las especies de *Sideritis*, endémicas en las Islas Canarias. Con el fin de resaltar la riqueza y variedad en diterpenos de este género de la familia *Labiateae* se pueden citar, por ejemplo, el *vierol* (nombre dado en homenaje a *Viera* y *Clavijo*), *powerol* (homenaje al músico *T. Power*) de la *S. canariensis*, los *candoles A* y *B*, *candicandiol*, *epicandicandiol* y *candidiol* (de la *S. candicans*), etc., de la serie del (-) Kaureno. De la interesante serie del

*trachilobano* estudiaron, entre otros, el *trachinol* y *trachinodiol* (*S. canariensis*) y de la serie del *oxido del labdano* se pueden mencionar la *tigenona* y *ribenol* (homenaje al Prof. Ribas) (*S. canariensis*) o los aldehídos y ácidos *goméricos* y *epigoméricos* (*S. gomerae*).

En este campo destacan las síntesis que transforman *epicandicandiol* en un producto con esqueleto de *gibberellina* o en la *4 epi-Gibberellina A<sub>12</sub>*. Igualmente es del máximo interés el uso de diterpenos como sustrato para la síntesis biológica de *gibberellinas* naturales, así como para esclare-



*Sonchus radicans.*

cer determinados pasos de la ruta biosintética propuesta para las gibberellinas o para establecer alguna otra alternativa. Entre los otros diterpenos que estudiaron se pueden mencionar el *teideadiol* (*Nepeta teydea*), *galdosol* (homenaje a Galdós), *aurucatiol* (*Salvia canariensis*, vulg. salvia), todos de la serie del *abietano*, o el *jhanol*, *jhanodiol* y diversos derivados acetilados (*Eupatorium jhanii*), derivados del *óxido de labdano*.

También se trabaja en la transformación de diterpenos de fácil acceso para obtener moléculas reagrupadas de interés comercial.

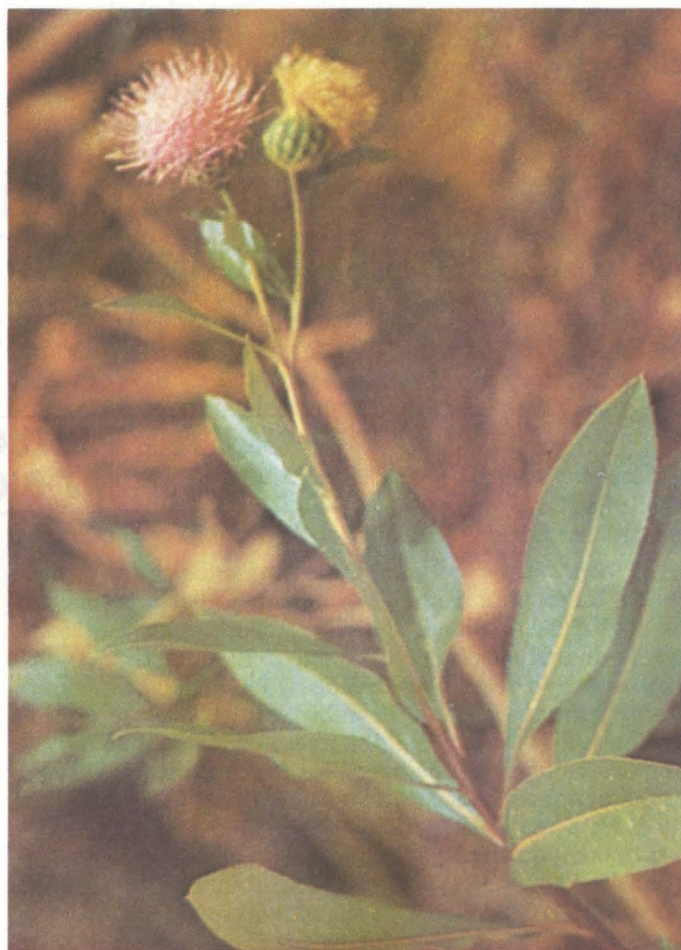
**Sesquiterpenos.** Un grupo de investigadores del Centro ha estudiado un notable grupo de sesquiterpenos, fundamentalmente lactonas sesquiterpénicas procedentes de las familias *Compositae* y *Umbelliferae*, varias de ellas de sumo interés por presentar actividad antitumoral. Han descrito unas 50 lactonas sesquiterpénicas nuevas; alguna, como la *pseudo-guayanolida decipienina* (*Melanoselinum decipiens*) puede presentar actividad antitumoral dadas sus semejanzas con la *ambrosina*, de actividad sorprendentemente alta frente a leucemias linfocíticas.

Del grupo *guayanolida* encontraron algunos con interesante actividad frente a tumores sólidos; por ejemplo, *grossheimina* (activa), *amberboina* y *lipidioles* (menos activos) (*Amberboa lipii*); las *guayanolidas cloradas clorohysopifolinas A, B, C y D* (*Centaurea hyssopifolia*), las *liniclorinas* (*C. linnifolia* Vahl), así como una serie de *guayanolidas cloradas semisintéticas* tienen una fuerte acción citotóxica «in vivo».

De las *germacranolidas* que estudian puede presentar actividad antitumoral la  $C_{15}$  *acetil artemisifolina*, pero debe ser inactiva la *gallicina* (*Artemisia marítima* L. ssp. *gallica* Willd).

También estudiaron lactonas sesquiterpénicas del tipo de las *elemanolidas*, así como sesquiterpenos de plantas superiores de otros tipos.

Resultan de gran interés las transformaciones químicas que han realizado con distintos tipos de sesquiterpenos con el fin de estudiar sus comportamientos químicos, para correlacionar sesquiterpenos nuevos con otros de estructuras firmemente establecidas o con fines biogénicos. En el



*Centaurea arbutifolia.*

último aspecto han aportado sólidas pruebas experimentales a favor de teorías biogénicas hipotetizadas e incluso, basados en estas pruebas, han propuesto nuevas alternativas biogénicas.

Otros grupos de Compuestas que se han estudiado en este Centro son los de las cromonas; han obtenido el nuevo cromeno *pulverina*, y las nuevas *cromeno-cromona*, *neochamelina* y *pulverocromenol* (*Neochamaelae pulverulenta* o *Cneorum pulverulentum*), endemismo canario (vul. *palo blanco*).

También han estudiado nuevos lignanos como la *difillinina*, *acetato primario de difillinina* y *crotonato primario de difillinina* (*Haplophyllum hispanicum*), que presentan una notable actividad antitumoral «in vitro», los cuales han sido sintetizados, o la *sventenina* (homenaje al botánico E. *Sventenius*) aislada de la *Ruta microcarpa*, determinaron su actividad farmacológica.

Han estudiado otros grupos de productos naturales, han realizado otras síntesis y han investigado nuevos mecanismos y nuevas reacciones.

ANTONIO GONZÁLEZ GONZÁLEZ  
Departamento de Química Orgánica  
Universidad de La Laguna



# Sustancias biodinámicas del mar. Su investigación en el Instituto de Productos Naturales Orgánicos de La Laguna

## ORIGEN, EVOLUCION Y DESTINO DE LAS SUSTANCIAS BIODINAMICAS EN EL MAR

La variedad de los compuestos orgánicos en el mar es grande, tanto en tamaño, desde el metano hasta polímeros, como en funcionalidad, desde hidrocarburos hasta compuestos multifuncionales complejos. El número de compuestos que se conoce es elevado, y la investigación sobre nuevos materiales puede descubrir otras áreas de estudio que aún son desconocidas. Así, ahora conocemos cientos de compuestos orgánicos halogenados, en contraste con los pocos que se conocían hace siete u ocho años, y este número sigue todavía multiplicándose.

Los compuestos orgánicos son portadores de energía e información, y su participación es importante en los procesos marinos. El conocimiento de sus estructuras revela información acerca de los procesos en los que ellos intervienen. Esto no es aplicable únicamente a los procesos de la vida, por lo que no sólo interesan los compuestos bioactivos (de biosíntesis y biodegradación), sino también los compuestos que están presentes en el mar y que provienen de otras fuentes.

La principal fuente cuantitativa natural de carbono orgánico en el medio marino es la proveniente de los procesos fotosintéticos, en los que el fitoplancton fija y convierte el dióxido de carbono disuelto en los compuestos orgánicos necesarios para sus procesos metabólicos. La producción anual primaria en el mar se estima en cerca de  $20 \times 10^9$  toneladas, cifra algo mayor que en la zona terrestre. Cerca del 90% del material orgánico así producido es rápidamente consumido por el zooplancton herbívoro, entrando así en la cadena alimentaria. La cadena alimentaria puede ser definida en su forma más simple, como el paso de nutrientes desde los «productores» (el fitoplancton) a los «consumidores» que incluyen el zooplancton y progresivamente a organismos mayores de los distintos niveles tróficos. Los carnívoros del mar, entre los cuales estamos nosotros incluidos, constituirán el último eslabón de la cadena.

Los compuestos orgánicos ingeridos pueden ser incorporados en los tejidos de los animales, bien sin ser alterados o por previa transformación. Subsiguientemente, los productos de excreción y los organismos muertos, tanto de animales como de plantas, sufren biodegradación a través de complejas y no conocidas series de reacciones producidas por organismos conducentes a la regeneración de dióxido de carbono. Una pequeña fracción de los productos intermedios de degradación pueden resistir la oxidación, por lo que

de forma eventual se incorporan a los sedimentos. Incluso aquí es de esperar nuevos procesos degradativos, y algunos de los productos de la degradación primaria podrán difundirse entre las aguas profundas.

Además de los compuestos orgánicos introducidos en el mar mediante procesos naturales, una cantidad creciente de material orgánico es llevado al mar a través de las actividades del hombre. Muchos de estos compuestos se sabe que son tóxicos y perjudiciales. Sin embargo, con las posibles excepciones de los compuestos derivados del petróleo y el DDT, no se conoce prácticamente nada sobre las vías por las que tales productos podrían ser degradados, o incluso si son degradados.



Narcissia canariensis.

Los estudios realizados sobre la cadena alimentaria en el mar han dado información sobre la transferencia de la materia orgánica entre el fitoplancton y el zooplancton en las superficies de las aguas. Una de las mayores diferencias entre los ambientes marino y terrestre, es que los organismos fotosintéticos en los océanos son rápidamente consumidos por los invertebrados. En el proceso de producción de energía, los invertebrados degradan los constituyentes moleculares de su dieta a moléculas más pequeñas las cuales pueden, bien ser excretadas o bien usadas para la biosíntesis de nuevas moléculas. De forma alternativa, una molécula constituyente de la dieta puede ser empleada sin degradación como sustancia de partida en la biosíntesis de una nueva molécula. La simultánea existencia de moléculas de biosíntesis, de biodegradación y de bioconversión, complican de sobremanera los estudios de biosíntesis a nivel de zooplancton. El origen biogénico de los compuestos individuales, y el conocimiento de su paso a través de la cadena alimentaria, no cabe duda que dará un importante conocimiento sobre la interdependencia de los organismos marinos.

Los compuestos bioactivos no tienen un origen único. Incluso si tales productos fueran elaborados desde una única clase de animales (el fitoplancton), no se conoce en qué extensión tales compuestos se modifican en su paso a través de los distintos niveles tróficos de toda la comunidad biótica. Para entender el papel de los compuestos bioactivos en el mar, hemos de considerar como ellos se distribuyen en el ambiente marino, los tipos de organismos que los producen; y, finalmente, sus modos específicos de acción. Para comprender todo esto, el estudio de los compuestos bioactivos debe de realizarse desde diferentes disciplinas científicas. Estamos no sólo ante un problema de aislamiento e identificación de estructuras, sino que es deseable conocer, además, el papel que tales compuestos juegan en el normal comportamiento de los distintos organismos, entre sí y con el medio ambiente que les rodea. De una contribución de fisiólogos, ecólogos y químicos orgánicos, tales relaciones podrían determinarse y ser experimentalmente evaluadas.

El interés de la investigación química no hay que centrarlo exclusivamente en los compuestos bioactivos, sino sobre *cualquier compuesto que pueda ejercer efectos específicos sobre los organismos marinos y su medio ambiente*; esto es, los compuestos denominados *biodinámicos*, los cuales pueden tener no sólo un origen natural sino también artificial, quedando desde este punto de vista más general incluidos también los compuestos introducidos en el mar por el hombre que puedan afectar su ecología.

El conocimiento de los compuestos biodinámicos, su origen, evolución y destino, es el primer ineludible paso para entender, establecer y mantener el balance fisiológico y ecológico de las diferentes comunidades presentes en el mar. Será necesario conocer la fuente de los compuestos orgánicos en el mar, su interacción con el medio ambiente, el modo de su participación en los procesos marinos y, finalmente, su destino.

Han sido evaluados los métodos más rápidos y económicos que permiten transferir los conocimientos básicos actuales a la investigación del ambiente marino. Los resultados obtenidos quedan especificados en la tabla I (1). Las áreas en recuadro son las que ofrecen una mayor posibilidad para la transferencia de información.

En ella se hace un estudio comparativo entre el conocimiento actual en ciertos campos y su posible transferencia a las áreas marinas. Parecen estar los especialistas de acuerdo en que existen tres áreas importantes de investigación en las que la química marina carece de información, aunque se dispongan de datos en investigación básica, a saber: *a)* las fuentes de los compuestos orgánicos, además de plantas y animales; *b)* su interacción, especialmente en los niveles inferiores, con la vida, y con los materiales particulados (en suspensión) y disueltos, y *c)* su participación en los procesos químicos, especialmente en los de síntesis y degradación. Nuevos métodos de concentración y análisis del material orgánico han sido desarrollados y adaptados a los estudios marinos, pero los químicos marinos deben de continuar estudiando formas de incorporar nueva tecnología a sus estudios analíticos particulares (2).

La mayoría de las técnicas requeridas para estudios de biosíntesis en productos naturales marinos son disponibles. De hecho la gran mayoría de las rutas biogénicas analizadas en el metabolismo primario han sido estudiadas en organismos unicelulares. La adaptación de los procedimientos existentes para estudiar biosíntesis en algas y bacterias es algo relativamente simple. El éxito de los estudios de biogénesis en algas marinas no va a depender de la tecnología, sino del desarrollo de métodos de cultivo, al no ser posible estudiar la biosíntesis *in situ*. Los estudios biosintéticos en invertebrados marinos se ven además complicados por la inevitable modificación de los constituyentes de su dieta alimentaria, al tener éstos que ser crecidos en acuarios. A pesar de todo, el problema más difícil que se presenta al hacer estudios de biosíntesis, y que es común a plantas y animales marinos, es el encontrado en los estudios químicos de simbiosis, lo cual hay que considerarlo como un problema de interdependencia biosintética.

Las rutas biogénicas que dan lugar a los metabolitos primarios deben de ser idénticas para todos los organismos. Por esta razón, los químicos de productos naturales marinos deben de centrar sus esfuerzos en los estudios biosintéticos de los metabolitos secundarios, especialmente en aquellos que son específicamente marinos. Ejemplos de estos metabolitos secundarios pueden ser esteroides, tales como el gorgosterol; neurotoxinas como son la saxitoxina, tetrodotoxina y nereistoxina; pigmentos marinos como la fucoxantina y peridina; los polisacáridos de algas de importancia comercial, tal como el ácido algínico; los terpenoides exclusivamente marinos, halogenados o no, de los que se conocen cientos hoy día.

La biosíntesis de los mensajeros químicos y su transferencia al medio ambiente, promete ser una excitante área de investigación. En particular, las de aquellos compuestos que dan lugar a resultados biosintéticos complejos, tal como puede ser la metamorfosis de los crustáceos, merecen ser indudablemente estudiadas. Es necesario conocer el mecanis-

1. J. L. Bada, M. Blumer, D. J. Faulkner, M. Ehrhardt, D. T. Gibson, L. P. Hager, A. Jernelöv, J. P. Riley, K. L. Rinehart, Jr., y A. V. Xavier: Dahlem Workshop on the Nature of Seawater, Ed. E. D. Goldberg. Berlín: Dahlem Konferenzen (1975).
2. Ejemplos de técnicas específicas de aislamiento e identificación de metabolitos marinos: J. F. Shiuda, J. F. De Bernardis y R. C. Cavestri: 3rd Food-Drugs from the Sea Conference (1973); K. L. Rinehart, R. D. Johnson, I. C. Paul, J. A. McMillan, J. F. Shiuda y G. E. Krejoarek, 4th Food-Drugs from the Sea Conference (1974).

TABLA I

Sustancias biodinámicas	Ciencia marina	Ciencia básica
<b>FUENTES</b>		
Principios bioquímicos	+++	+++
Plantas (algas)	+++	+++
Animales	+++	+++
Bacterias	+	+++
Hombre	+	+++
Sedimento	+	++
Aire	—	++
<b>INTERACCIONES</b>		
—Con organismos vivos:		
Toxicidad	++	+++
Efectos en niveles inferiores	—	++
Feromonas	—	+++
—Con material muerto:		
Modificación del material		
Disuelto	—	+
Particulado	—	+
<b>PROCESOS</b>		
Biodegradación	—	+
<b>TRANSPORTE</b>		
En disolución	+	—
Particulado	—	—
<b>DESTINO</b>		
Moléculas más pequeñas	+	++
Polímeros	+	++
<b>MÉTODOS</b>		
Concentración	++	+++
Separación	++	+++

mo de la biosíntesis, almacenaje y transferencia de los mensajeros químicos; pero más importante aún, es que la química de ellos tiene que ser estudiada con el fin de predecir los efectos potenciales que los materiales introducidos por el hombre en los mares pueden producir. Un estudio de la biosíntesis de los mensajeros químicos puede dar también lugar al entendimiento de la evolución de las hormonas y feromonas.

Se tiene poca información sobre las reacciones químicas que ocurren durante la biodegradación de los compuestos orgánicos en el ambiente marino. La contribución de la biodegradación a la productividad en la superficie de las aguas y a la composición química de todo el ambiente marino, así como su papel en la posible transformación de los agentes de contaminación sintéticos no-naturales, es algo necesario de conocer.

Las tradicionales medidas oceanográficas de carbono orgánico, en «solución» y «particulado», deben de interpretarse con cautela, ya que representan valores globales y no relaciones de compuestos individuales. Las variaciones en la concentración de varias clases de compuestos con la profundidad y lugar darán, sin lugar a dudas, una más útil información. Sin embargo, debido al enorme número de compuestos presentes, un análisis completo e individual del material orgánico es técnicamente imposible de realizar. No obstante, una información más útil puede obtenerse mediante la determinación de varias clases de compuestos, y el análisis de las variaciones de concentración de compuestos individuales.

La respuesta a la comparativamente escasa investigación realizada sobre el estudio químico del ambiente marino, hay que encontrarla en los problemas que se presentan: en la recolección del material, separación y purificación de los productos, la general inestabilidad de los mismos y la pequeña concentración en que los compuestos suelen estar presentes. Además, el estudio debe de realizarse lo más rápidamente posible después de la recolección, ya que las concentraciones de muchos de los componentes podrían ser alteradas por fenómenos de absorción y biodegradación.

A medida que se ha incorporado y adaptado la tecnología existente a los estudios químicos marinos; por ejemplo, la utilización de resinas macrorreticulares y membranas de filtración de alta presión para procesos de preconcentración, cromatografía de gas y de alta presión para procesos de separación; espectrometría de masas, resonancia magnética nuclear de protones y carbono-13, así como la difracción de rayos-X para identificación, ha hecho posible que la química de los compuestos orgánicos marinos se haya desarrollado de una forma que podemos llamar espectacular, en estos últimos años.

La importancia de los compuestos naturales marinos, como productos de propiedades antibióticas y de interés farmacológico general, ha sido ampliamente comentada (3). No obstante, tales recopilaciones se han realizado sobre trabajos en laboratorios donde la conexión entre el químico orgánico y el farmacólogo permite la simultánea comunicación de la estructura y actividad antibiótica de los productos. Comoquiera que esto no es lo común, hay que pensar que existen gran número de compuestos con propiedades antimicrobianas cuya actividad no es conocida.

3. Recientes recopilaciones sobre actividad antimicrobiana de metabolitos marinos: D. J. Faulkner, «Topics in Antibiotic Chemistry», Vol. 2, Ed. P. G. Sammes, J. Wiley and Sons (1978); «Biosynthetic Products for Cancer Chemotherapy», Vol. 1, pág. 165-187 (1977); Vol. II, pág. 117-127 (1978); Vol. III (1979); Ed. G. R. Pettit, Plenum Press.



COSECHA DE ALGAS MARINAS

(La algocultura es ya una promesa para la producción de biomasa utilizable como pienso o materia prima de fácil mecanización.)

## PLAN DE INVESTIGACION QUE SE REALIZA EN EL I. P. N. O. DE LA LAGUNA

El estudio de las sustancias biodinámicas presentes en el mar debe de realizarse, por tanto, en Laboratorios especializados en Química de Productos Naturales, ya que es en ellos donde se dispone de la experiencia, preparación y tecnología adecuada. Una vez elegido el organismo marino, habrá que estudiar los compuestos en él presentes de una forma mayoritaria o de más fácil aislamiento. Hay que poseer de tales compuestos no sólo un profundo conocimiento estructural (estructura y configuración), sino su reactividad química y estabilidad. El conocimiento de la relación estructura-reactividad, permitirá elegir las técnicas más adecuadas de concentración, purificación y aislamiento de los otros posibles metabolitos minoritarios o inestables que puedan estar presentes en el organismo elegido. Es también necesario conocer las variaciones de concentración de dichos compuestos en las diferentes épocas del año, desarrollando un esquema completo de variación estacional. El siguiente paso será ampliar el estudio químico a los otros organismos, que de una forma más o menos permanente cohabitan con el elegido en una zona determinada. Si encontramos un mismo compuesto en dos o más organismos presentes en una zona,

es evidente que tal producto jugará un papel en el equilibrio ecológico del lugar. A título de ejemplo, nosotros hemos observado que el caespitol (sesquiterpeno polihalogenado) se encuentra presente en los organismos: *Laurencia caespica* (alga roja), en invertebrados del género *Aplysia* (moluscos sin concha) y en la esponja *Spongia officinalis*. Muy posiblemente el compuesto es biosintetizado por el alga, transportado por alimentación al molusco (es bien sabido que dichos moluscos son hervíboros y tienen las algas del género *Laurencia* en su dieta alimenticia), la transferencia a la esponja no es conocido. La finalidad del compuesto es posiblemente el de actuar como ichtiotoxina, evitando la depredación por especies superiores de los tres diferentes organismos que lo elaboran y/o almacenan.

El problema químico no está resuelto hasta que no se conozcan los pasos biológicos que originan dichas sustancias, esto es, su biogénesis. Para ello habrá que describir una «hipotética ruta biogénica», la cual estará basada en conclusiones biosintéticas demostradas o concebibles. Cuanto mayor sea el número de metabolitos que se adapten al esquema biogénico propuesto, mayor será la posibilidad de que ta-

les rutas hipotéticas reflejen el verdadero mecanismo de biogénesis de tales compuestos. Es lógico suponer que metabolitos estructuralmente semejantes elaborados por un mismo organismo, o por especies relacionadas, deben de generarse mediante una biogénesis común. Será necesario conocer, para una planificación biogenética, *todos* los compuestos que el organismo elabore. Nuevas y cuidadosas extracciones se hacen necesarias con el fin de descubrir y aislar los metabolitos que por su inestabilidad, o por estar en pequeña concentración, se omitieron en un primer análisis del extracto. Muchas veces ocurre que la nueva extracción se realiza buscando un determinado posible intermedio, supuestamente inestable, que se necesita para explicar algún paso del esquema de biogénesis. En estos estudios habrá que tener en cuenta que, normalmente, la concentración de productos en un organismo no sólo está sometida a cambios estacionales, sino que varía notablemente dependiendo del medio que lo rodea; así, por ejemplo, el alga parda *Taonia atomaria*, recogida en tres zonas diferentes de Tenerife y en la misma época, elabora como componentes mayoritarios: el taondiol, o el dímero del taondiol, o el ácido atomárico, tres productos de indudable relación biogenética.

Una vez elaborado el esquema de biogénesis, la comprobación del mismo tendrá que hacerse mediante «verdaderos estudios biosintéticos». La incorporación de precursores marcados propuestos, y su transformación específica en las moléculas más complejas, será el método más directo y lógico de verificar los distintos pasos hipotetizados. Tales estudios no son aplicables debido al factor simbiótico que enunciamos anteriormente, el cual no nos permite saber cuál es el organismo que en realidad elabora el compuesto. La única

manera de revalorizar los esquemas biogenéticos propuestos, hasta que no puedan aportarse verdaderos estudios de biosíntesis, será mediante transformación química de los intermedios hipotetizados. Un 100% de rendimiento y estereoespecificidad en las transformaciones es la mejor garantía de que el proceso biológico ocurre de manera similar. Las síntesis denominadas tipo-biogenéticas y biomiméticas, esto es las realizadas siguiendo fielmente o parcialmente la hipotética biogénesis, es otra forma de valorizar tales esquemas. Muchas veces la síntesis de los compuestos se hace necesaria para resolver un problema estructural, o bien porque el aislamiento del compuesto de su fuente natural implique una alteración ecológica.

Con este plan de trabajo, hemos investigado durante unos diez años, miembros del Departamento de Química Orgánica de la Universidad de La Laguna, en colaboración con personal del C. S. I. C., en el Instituto de Productos Naturales Orgánicos de Tenerife, las sustancias biodinámicas del ambiente marino de las Islas Canarias. Hasta ahora hemos publicado una treintena de nuevos compuestos, habiendo interrelacionado biomiméticamente gran número de ellos. La interrelación tipo-biogenética de los diferentes metabolitos aislados de las algas del género *Laurencia*, es una obra exclusiva de nuestro Grupo de Investigación. Asimismo, hemos realizado las síntesis totales de una decena de compuestos, unas veces por motivos de interés biogenético y otras por razones exclusivamente estructurales.

JULIO DELGADO MARTÍN  
*Profesor Agregado de Química Orgánica  
 Universidad de La Laguna*

## Panorama actual de las investigaciones faunísticas en Canarias

Para poder dar una idea global y al propio tiempo some-  
ra de la actual línea de investigación que, sobre los diversos  
aspectos faunísticos llevamos a cabo en la Universidad de  
La Laguna, debemos retrotraernos al pasado y hacer un  
bosquejo histórico de quienes nos precedieron en similares  
tareas. Como tendremos ocasión de comprobar, muchos de  
los autores de la segunda mitad del siglo pasado y primera  
del actual, realizaron una labor pionera que sin duda alguna  
ha sido básica, marcando una impronta en las presentes ge-  
neraciones de investigadores.

Existen dos etapas bien definidas en lo que a investiga-  
ción en el campo de las Ciencias Naturales se refiere y por  
ende a la investigación faunística: antes y después de la crea-  
ción de la Sección de Ciencias Biológicas (hoy Facultad de  
Biología) en la Universidad Regional de Canarias. La prime-  
ra época aparece marcada por la enorme influencia  
extranjera; en efecto, debemos destacar los estudios y expe-  
diciones llevadas a cabo por la Universidad de Helsinki, en  
la que colaboraron investigadores de varios países y que  
cristalizaron en una serie de trabajos principalmente ento-  
mológicos. Asimismo, ingleses y franceses y —en menor  
escala— alemanes, austriacos y daneses, se sienten atraídos  
por los aspectos naturalísticos del Archipiélago Canario, de-  
seosos de conocer e investigar una fauna relictica de gran  
valor zoogeográfico y evolutivo. Nombres como los de  
Webb, Berthelot, Wollaston, Rebel, Frey, Bannerman, Vol-  
soe, etc., y más modernamente los de Evers, Franz, Pinker,  
Lack y otros, estarán siempre unidos a la historia de las  
Ciencias de la Naturaleza en Canarias y más concretamente  
a la Zoología. Igual valor merecen algunos insignes canarios  
ya desaparecidos, tales como Santos Abreu, Cabrera y Fer-  
nández López, auténticos pioneros de la Entomología en las  
Islas.

Otros españoles realizaron y aún continúan haciéndolo,  
meritorias aportaciones al conocimiento de nuestra fauna;  
me estoy refiriendo a entomólogos de la talla de Español,  
Mateu, Cobos, etc.

La segunda gran etapa comienza en 1967 con la implan-  
tación en nuestro primer centro docente de las enseñanzas  
de Biología. Esto se consigue gracias a la decisiva influencia  
del entonces Rector Magnífico, el Excmo. Sr. don Antonio  
González y González, quien se vio rápidamente apoyado  
por un entusiasta grupo de Doctores y Licenciados en cuyas  
mentes bullía el deseo de dedicar sus esfuerzos a investiga-  
ciones que incidieran de manera directa en aspectos  
agrícolas, pesqueros y de salvaguarda de nuestro medio na-  
tural.

Han transcurrido desde entonces casi catorce años de los  
que los siete primeros han sido de formación inicial, recluta-

miento de profesorado, establecimiento de líneas de investi-  
gación, iniciación de las primeras Tesinas y Tesis Doctorales  
y, por último, creación de los Departamentos.

El Departamento de Zoología, que en la actualidad diri-  
ge el autor de estas líneas, fue el primero en crearse, si bien  
desde un principio se le anexionaron las enseñanzas de  
Biología Marina a cargo del eximio y recientemente desapa-  
recido colega doctor don Fernando Lozano Cabo, quien ha  
sido su Director hasta fechas bien recientes.

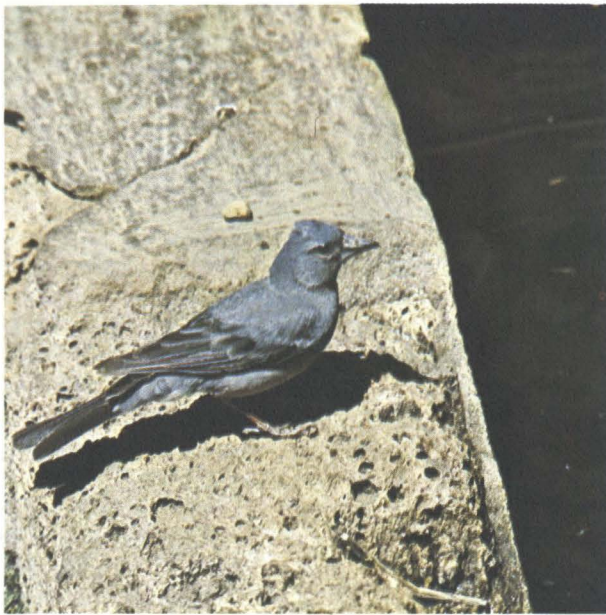
Desde un principio, nuestra primera y más firme tarea se  
centró en el establecimiento de la infraestructura faunística  
de Canarias, llevando una línea de investigación de Ciencia  
pura, de todo punto básica e imprescindible para llevar a ca-  
bo una serie importante de aplicaciones prácticas en el cam-  
po de la pesca, agricultura, ordenación territorial, etc.

La investigación faunística aparece deslindada en tres  
grandes disciplinas: Entomología, Ornitología y Bentos del  
área circuncanaria, de las cuales la primera de ellas ha aca-  
parado nuestros esfuerzos en los últimos años, pudiendo  
afirmar que los resultados obtenidos son altamente satisfac-  
torios. Efectivamente, se han realizado revisiones completas  
de grupos tales como Lepidópteros (Ropalóceros y Heteró-  
ceros), Coleópteros (Carábidos y Tenebriónidos), Dípteros  
(Sífidos y Múscidos) e Himenópteros (Icneumonídeos);  
otros grupos comienzan a ser tratados a nivel de colecta  
programada de material, en espera de la obtención del fon-  
do bibliográfico especial y de la puesta a punto de los inves-  
tigadores de turno.

Resulta asombroso el hecho de que en estos últimos siete  
años el reducido grupo de investigadores de Entomología  
del Departamento (doctor Bacallado, doctor Oromí, doctor  
Báez y Licenciados Machado y Barquín) hayan publicado  
—tanto en revistas nacionales como extranjeras— una cin-  
cuentena de trabajos especializados, soportando una penur-  
ria de medios e infraestructura material que no podemos  
por menos de reflejar aquí. Paralelamente, se han leído una  
docena de tesinas y una buena serie de tesis doctorales, to-  
das en la misma línea de investigación faunística pura, sin  
dejar de lado la labor docente realizada al alimón.

Sin embargo, sí he de resaltar aquí las palabras de Gu-  
tiérrez Ríos (1975): «La actividad científica requiere me-  
dios, órganos de trabajo, recursos materiales; de otro modo  
podrán surgir brotes ocasionales, pero no existirá esa conti-  
nuidad capaz de asegurar un crecimiento constante. La falta  
de esos medios institucionalizados ya explica el carácter  
fragmentario y discontinuo que ofrece la producción  
científica española».

Abogamos por la creación de un Instituto de Zoología  
en el que tengan cabida una serie de disciplinas cuya investi-



*Fringilla teydea* (Tenerife).  
Pinzón azul del Teide.



*Vanessa vulcania* (Gomera).

gación debe ser adecuadamente coordinada: Fisiología, Citología e Histología, Entomología aplicada y Zoología pura. Abogamos también por un estudio serio, racional y honesto de la problemática docente e investigadora en nuestra Universidad, ya que sin ello nuestros esfuerzos de ahora serán inútiles en un plazo no muy lejano.

Finalmente, debemos resaltar la enorme importancia científica del Archipiélago Canario, verdadero laboratorio viviente con una flora y fauna relictica en trance de desaparecer. Los ecosistemas insulares, por las peculiaridades que le son inherentes, son de una extremada fragilidad; el caso

de Canarias se agudiza debido a su enorme crecimiento demográfico, lo que se traduce en una mala utilización del espacio físico y una auténtica depredación del medio natural. Es, por tanto, de la mayor urgencia tomar las medidas necesarias para no tener que realizar lo que se ha dado en llamar INVESTIGACION PARA LA SUPERVIVENCIA.

JUAN JOSE BACALLADO  
*Departamento de Zoología*  
*La Laguna*

## Planificación de reservas y espacios naturales de la región canaria

No es posible hablar sobre conservación sin repetir mucho de lo ya dicho o publicado. Por eso, en lugar de hacer hincapié en hechos conocidos de todos, intentaré dar una visión personal planteando el argumento como cuestión biológica ligada a un deseo instintivo del hombre para conservar la tierra y su propio ser. Analizaré el tema de las reservas naturales en nuestra tierra y espero que quede bien claro que no trato solamente de defender la vida silvestre por su singularidad, su belleza o valor como herencia natural, sino de comprender que si pesa una amenaza sobre estos ecosistemas, también el hombre está en peligro.

Es evidente que una región como la nuestra, abrupta, con escasos recursos naturales, una fuerte dependencia exterior, con cerca de 1.500.000 habitantes en creciente presión demográfica y un nivel de vida inclinado a todas las tentaciones de la sociedad de consumo, de las que derivan en forma destacada entre otras el «boom» de las llamadas urbanizaciones, el despilfarro de los acuíferos y, por parte de la propiedad privada una obsesiva adoración a la nueva deidad del metro cuadrado, exige un urgentísimo tratamiento si se quiere evitar el alarmante proceso de degradación de los espacios libres, de los paisajes más característicos y estimables, en un intento de salvaguardar un mínimo de los mismos para disponer de unas necesarias reservas naturales que puedan ser puestas, en el inmediato futuro, al servicio de la colectividad como imprescindibles pulmones de las mismas buscando a la vez la protección de amplias zonas en las que sea posible mantener el cada día más amenazado equilibrio ecológico. Esta tarea, por su envergadura y dificultades, sólo puede ser emprendida por los organismos públicos adecuados, tanto centrales, regionales, insulares y locales, perfectamente asesorados por técnicos multidisciplinares armónicamente coordinados y previamente mentalizados para abandonar desde el principio un espíritu dogmático o un afán de soberbia de cargo o profesión tan generalizado en muchos de nuestros burocratas administrativos actuales.

El plan de ordenación territorial para la utilización de las tierras insulares constituye a mi modo de entender un problema primario a resolver si en realidad se quiere asegurar la calidad de vida e incluso la supervivencia del hombre insular.

Yo me permito sugerir tres líneas generales de actuación en un plan previo de ordenación del territorio insular:

1.º Señalamiento y delimitación de las zonas enteramente transformadas dedicadas a la urbanización, agricultura e industria.

2.º Señalamiento y delimitación, previo estudio e inventariado, de las reservas naturales integrales con el conjunto de comunidades vegetales y animales conservadas en estado primitivo.

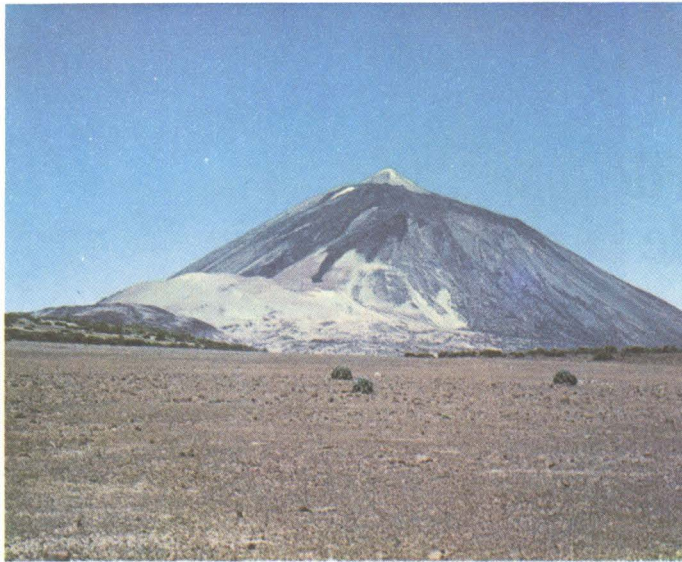
3.º Entre ambas, delimitación de toda una amplia gama de ambientes más o menos transformados que mantengan, sin embargo, en cierto modo su equilibrio primitivo. Tales habitat podrían asegurar al hombre insular rendimientos económicos indispensables al tiempo que se garantizaría la supervivencia de muchas especies autóctonas.

Sin embargo, debe resaltar que el factor más importante a tener en cuenta en esta ordenación es el peculiar crecimiento demográfico canario. Como indica Burriel en su documentado estudio sobre la *Evolución moderna de la Población de Canarias*, «Se trata de la única región no industrializada del país que figura entre los incrementos demográficos más importantes. No se desertiza como el interior peninsular, sino que se carga progresivamente con densidades de población muy problemáticas cara al futuro. A su vez se observa un abandono progresivo de las zonas altas e interiores para concentrarse cada vez más en la franja litoral y en las aglomeraciones urbanas de las dos capitales provinciales, cuyo peso en la demografía canaria es cada día más llamativo y preocupante cara al futuro».

La creación de reservas integrales obedece a dos razones distintas. En primer lugar, estos territorios constituyen zonas de reserva que preservan el conjunto íntegro de los distintos habitat en las mismas condiciones primitivas. Los museos guardan celosamente los ejemplares de plantas o animales que se utilizaron en la descripción de nuevas especies; estos individuos-tipos se conservan en cierta manera como patrones de la especie y sirven de modelo en los estudios taxonómicos. Los jardines botánicos y parques zoológicos son también a modo de museos o prisiones donde los ejemplares de plantas y animales se cultivan cuidadosamente para su estudio, conservación y exposición, pero siempre desligados de su ambiente, su asociación o totopo. Por ello, con el mismo fin, deben existir también estas colecciones de tipos ambientales escogidos de forma que representen todos los ecosistemas primitivos desde el bosque de laurisilva, coníferas, cardonales-tabaibales, matorrales de leguminosas de alta montaña, etc. Es aconsejable siempre que en una reserva figuren catenas de varias comunidades, lo que permite conservar zonas de transición entre ellas (ecotonos) de gran interés biológico.

Es obvio que la elección de estos espacios debe ir también mucho más allá de la superficie de la tierra. Debe abar-

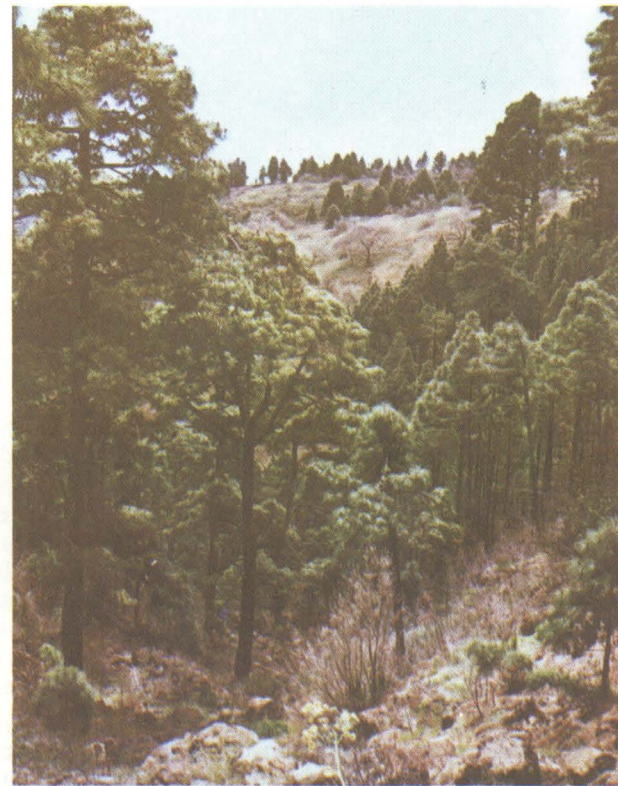




Paisaje alpino.

car, en primer lugar, las zonas marinas de las costas insulares y debe extenderse a distintas zonas subterráneas, ya que los ambientes cavernícolas, de los que tenemos algunos ejemplos, son interesantísimos laboratorios naturales que se hallan casi siempre amenazados por la intrusión de «exploradores» ineptos e indocumentados. Las reservas naturales integrales pueden considerarse, pues, o bien como auténticos santuarios que mantienen aquellas estirpes que sin estas medidas conservadoras habrían desaparecido ya hace tiempo o bien como grandes almacenes de los que pueden salir en el futuro nuevos «servidores» del hombre, nuevas combinaciones genéticas (bancos de genes) o simplemente cantidades de reproductores para ser trasladados a zonas degradadas, cuya regeneración sólo es posible con especies que les puedan devolver el equilibrio natural; constituyen, además, estas reservas laboratorios naturales, abiertos a investigaciones científicas que, de acuerdo con los principios de este tipo de reserva no puedan introducir en el ambiente perturbaciones graves o irreparables. La estructura y evolución del conjunto de las comunidades bióticas no pueden ser estudiadas experimentalmente, únicamente en la naturaleza indemne de las reservas pueden acometerse con provechosos estudios ecológicos a largo plazo. El campo de acción de los investigadores es en ellas casi limitado y abarca la totalidad de las ramas científicas, especialmente la ecología, única capaz de ayudar al conocimiento de la evolución natural de las comunidades y sus mecanismos y dilucidar los secretos de adaptación a las condiciones físicas de cualquier bioma, con su flora y fauna correspondiente.

Estos estudios, de capital interés para la investigación pura, son también fundamentales para las ciencias aplicadas, pues el medio natural así conservado en las reservas sirve de término de comparación con los ambientes transformados por el hombre. Sólo la comprensión de los fenómenos naturales sin intervención humana alguna, permite idear nuevas técnicas de revalorización íntima y realmente adaptadas a las condiciones locales.



Paisaje de altitud, vertiente sur (pinar).

Por todas estas múltiples razones, los biólogos nos mostramos unánimes en considerar la conservación de ambientes modelos como de urgente necesidad no sólo para la investigación pura de campo ilimitado, dado el estado embrionario de nuestros conocimientos en los dominios de la biología, sino también que nos permitirá conservar estas unidades ecológicas como patrones o «tipos» de diferentes comunidades biológicas. Los recursos naturales conservados de esta manera albergarán seres vivos que en un futuro inmediato podrán suministrarnos sustancias terapéuticas desconocidas hasta el momento o podrán constituir las plantas cultivadas del mañana.

Pensemos que sólo una pequeña parte del mundo vegetal ha sido estudiada desde este punto de vista hasta el presente.

La región canaria alberga todavía hoy, afortunadamente, espacios con vocación de reservas naturales integrales. Desde las franjas costeras del piso basal hasta los acantilados más elevados de sus cumbres, se extienden áreas de territorios fáciles de acotar sin que se lesione el desarrollo socioeconómico insular.

Sería una tarea con visión de futuro el acometer ya la ejecución de este programa cuyos esquemas acabo de apuntar aquí, que sin duda alguna beneficiarían a la presente generación y sería herencia altruista para las generaciones venideras.

WOLFREDO WILDPRET DE LA TORRE  
Catedrático de Botánica  
de la Facultad de Biología  
de la Universidad de La Laguna

# Clasificación agronómica de las aguas subterráneas de la isla de Tenerife

## INTRODUCCION

En Canarias, el agua representa el principal factor limitante en el desarrollo agrícola de las diferentes islas.

La agricultura de mayor potencial económico, se desarrolla en zonas de clima árido, con suelos fértiles y una pluviometría insuficiente para las necesidades agrícolas.

Las aguas subterráneas constituyen los únicos recursos hidráulicos de las Islas Canarias y su potencial determina la mayor o menor extensión de las áreas de cultivo.

La continua prospección de aguas subterráneas aumenta de una manera progresiva los caudales disponibles que conducen invariablemente a la puesta en cultivo de nuevas zonas de producción.

En una agricultura de clima árido, como es el caso de las Islas Canarias, la incorporación del agua al suelo tiene una significación especial. Representa un nuevo factor ecológico que modificará profundamente el equilibrio del medio natural.

El conocimiento de los factores que contribuyen a modificar el equilibrio de estos sistemas ecológicos naturales, tiene una importancia fundamental.

Las relaciones suelo-agua-vegetación forman un todo coherente, donde los fenómenos son interdependientes y se condicionan en forma recíproca.

En consecuencia, las relaciones agua-productividad agrícola, en un sentido amplio, deben ser analizadas en relación con el medio.

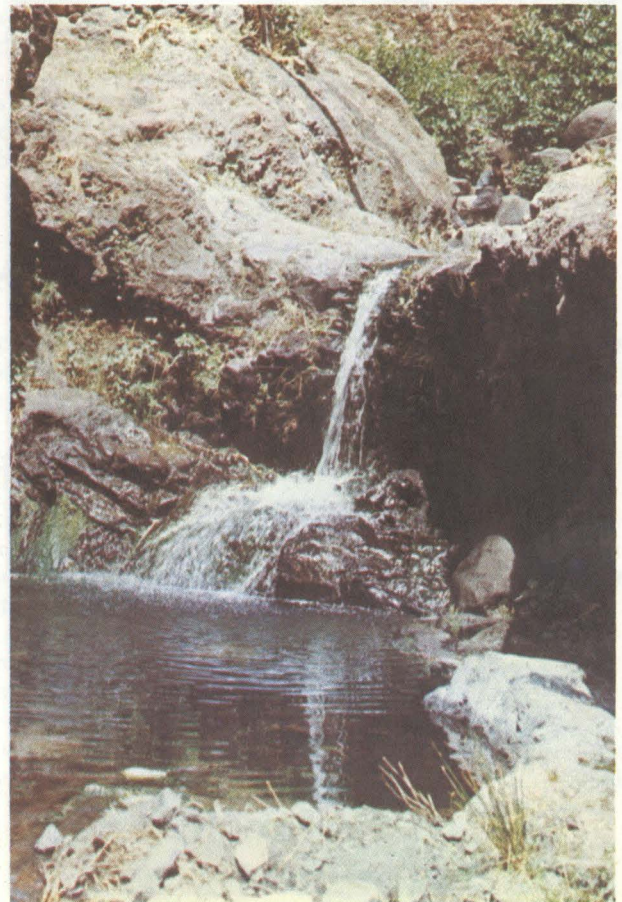
Por otra parte, las aguas subterráneas generalmente contienen sales en disolución en cantidades variables que se acumulan en el suelo durante las prácticas agrícolas, como consecuencia de la intensa evaporación característica de las regiones áridas, contribuyendo en gran medida a modificar el equilibrio natural de las sales solubles presentes en el suelo, e influyendo igualmente en la evolución del medio edáfico y en las relaciones suelo-planta.

En estas regiones, la composición química de las aguas tiene mayor importancia que sus disponibilidades, y su conocimiento es indispensable para el establecimiento de una tecnología en su aplicación que conduzca a un equilibrio salino satisfactorio en la solución del suelo e impida un aumento excesivo de la presión osmótica en la zona radicular.

La composición salina, cualitativa y cuantitativa de las aguas subterráneas en Canarias, ofrece una gran variabilidad.

Las aguas superficiales procedentes de lluvia, nieve o condensación atmosférica, pueden alcanzar zonas muy profundas, infiltrándose a través de materiales muy permeables de una gran diversidad litológica.

En su desplazamiento subterráneo, las aguas pueden ser contaminadas con gases de naturaleza volcánica, principalmente anhídrido carbónico, que favorece los procesos de disolución y alteración de los materiales del subsuelo. Esta alteración puede llegar a ser muy intensa cuando el gradiente térmico alcanza valores elevados en las zonas de actividad geotérmica. Pero, además, una gran parte de estas regiones



subterráneas constituyeron la superficie antigua de las islas, en la que se formaron suelos de naturaleza muy diversa, donde la dinámica de los procesos de alteración difieren de las condiciones actuales.

La existencia de estas superficies antiguas alteradas en el subsuelo se manifiesta en la gran abundancia de paleosuelos existentes en las Islas a diferentes profundidades. Todas estas formaciones de alteración antigua influyen en la composición iónica de las aguas subterráneas.

El agua del mar, por otra parte, es un agente contaminante de primera magnitud en las zonas basales de las Islas.

La diversidad de factores que contribuyen a la contaminación de las aguas subterráneas se manifiesta en su composición química, que difiere ampliamente de unas regiones a otras. Sin embargo, las variaciones de orden cualitativo observadas, dentro naturalmente de unos límites amplios, guardan una estrecha relación con el tipo y situación de los manantiales, principalmente entre las aguas de las zonas montañosas y las aguas basales. La complejidad de los factores, que influyen en la composición de las aguas subterráneas y los problemas que pueden derivarse de su utilización,

plantea la necesidad de un estudio de sus características físico-químicas que nos permita interpretar mejor su posible influencia en la evolución del medio edáfico. Con este fin hemos hecho un estudio sistemático de la totalidad de los manantiales de las Islas Canarias occidentales, utilizando técnicas diversas que nos han facilitado una amplia recopilación de datos analíticos.

Estos datos no se limitan exclusivamente a la simple descripción de unas características. Se han agrupado siguiendo criterios diversos de estudio y clasificación que nos permita establecer conexiones e interpretar los fenómenos observados.

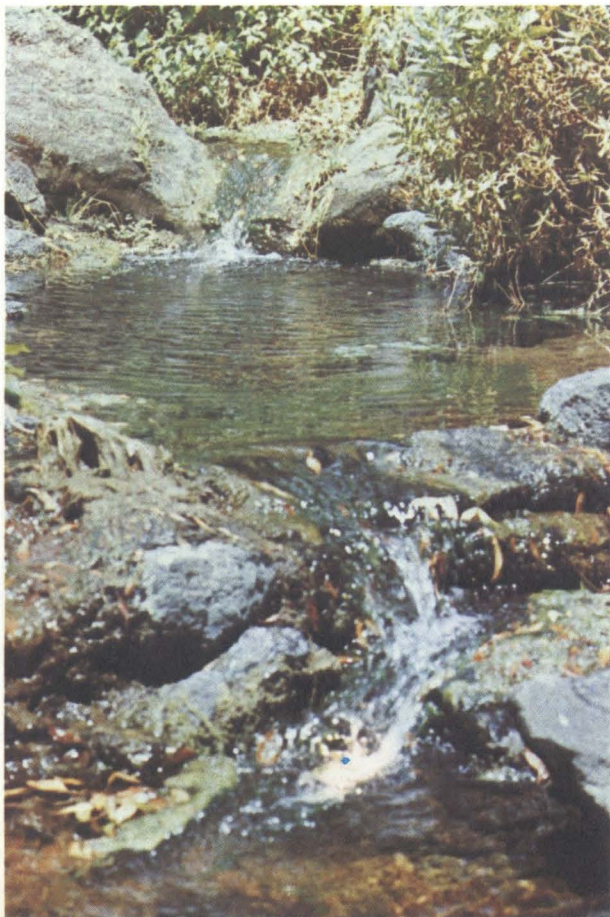
Por otra parte, los aspectos hidrogeológicos relacionados con la acumulación de las aguas en el subsuelo, tienen la mayor importancia para comprender la magnitud y naturaleza de las reservas subterráneas de las distintas Islas.

Consideramos igualmente en este estudio las distintas formaciones geológicas que retienen las aguas en las zonas montañosas y basales y los principios que regulan la formación de estos depósitos en las zonas próximas a las costas.

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICA DE LAS AGUAS DE LA ISLA DE TENERIFE

En el estudio de las características químicas de las aguas de Tenerife, consideraremos separadamente cada uno de los tres grupos principales de manantiales que constituyen los

recursos hidráulicos de la Isla: aguas de fuentes, aguas de galerías y aguas basales o de pozos.



### AGUAS DE FUENTES

A este grupo de manantiales pertenecen las aguas que fluyen espontáneamente y con escaso caudal en las cumbres de la Isla. Generalmente están situadas por encima de los 1.000 metros sobre el nivel del mar. Su caudal total carece de importancia en el conjunto de las aguas de la Isla, aunque existen sectores aislados donde estas aguas se vienen aprovechando para el riego de pequeñas extensiones.

### AGUAS DE GALERIAS

Corresponde a esta denominación las aguas captadas en las dos vertientes de la Isla y en cotas comprendidas generalmente entre los 200 y los 2.000 metros sobre el nivel del mar.

El caudal aportado por estos manantiales representa el volumen más importante de la totalidad de las aguas de Tenerife.

Su característica principal, en cuanto a su composición, es el carácter predominante de los iones, bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), cuantitativamente superior a los restantes aniones.

Esta presencia generalizada del ion  $\text{HCO}_3^-$  en las aguas, tiene su origen en las emanaciones continuas de gas carbónico que se produce en las zonas volcánicas profundas de la Isla. La disolución de estos gases, en las aguas subterráneas al ponerse en contacto con ellas, forma ácido carbónico que ejerce una acción disolvente sobre los minerales que forman estos depósitos.

Esto explica que las aguas con una mayor concentración de bicarbonatos y carbonatos se encuentren en las zonas de la Isla más próximas a la región del Teide, donde cabe espe-

rarse una mayor actividad volcánica. En estas regiones es frecuente la presencia de gas carbónico en las galerías que obliga a purificar el aire en los trabajos de perforación.

Las zonas más afectadas por este fenómeno corresponden a las regiones de Arafo, Fasnía y Arico, en la vertiente sur de la cordillera central; las comprendidas entre las regiones de Los Realejos, La Guancha, Icod y Garachico en la vertiente norte, y Santiago del Teide, Tamaimo y Chío en la región occidental.

Las aguas de galerías no varían en su composición cualitativa y cuantitativa durante todo el período de producción del manantial. Esta constancia en la composición química es muy característica de estas aguas.

Las diferencias de concentración que se observan de unos manantiales a otros están muy influenciados por las zonas de emplazamiento de las galerías, y aunque es muy difícil generalizar sobre estas dependencias, es frecuente el predominio de aguas de composición y concentración semejantes dentro de una misma zona.

## **AGUAS BASALES O DE POZOS**

En este tipo de manantiales su composición química dependerá de la altura a que se encuentran las aguas sobre el nivel del mar.

En los pozos situados en zonas donde el espesor de las aguas basales es considerable, las características químicas de sus aguas es similar a las de galerías. En estos casos, la contaminación por el agua del mar es poco sensible.

La concentración y relaciones iónicas de las diferentes sales es en todo análoga a las aguas subterráneas de las zonas altas.

En los pozos próximos a las costas, donde el nivel de las aguas basales es próximo al nivel del mar, la contaminación es considerable, y los iones cloruro constituyen el anión pre-

La característica común de estas aguas, en lo que se refiere a la presencia de los iones  $\text{HCO}_3^-$  y sodio ( $\text{Na}^+$ ) como el anión y catión predominantes y su alcalinidad, nos permite considerarlas, por su composición, como aguas bicarbonatadas sódicas alcalinas.

En las consideraciones anteriores, no se ha tenido en cuenta la relación de los iones bicarbonato con los restantes cationes.

En un estudio de las características agronómicas de estas aguas, estas relaciones deben ser consideradas para poder determinar los valores de carbonato sódico residual. Según este concepto, aguas con un porcentaje de sodio aparentemente bajo en relación con los restantes cationes, pueden incrementar relativamente la concentración de este ion como consecuencia de la precipitación de los iones calcio y magnesio en forma de carbonatos en la solución del suelo. El exceso de bicarbonato presente forma carbonato sódico, que puede conducir a problemas de alcalinidad en los suelos.

dominante. Al mismo tiempo aumenta la concentración de las sales sódicas, cálcicas y magnésicas, siendo sus concentraciones relativas del mismo orden que el agua del mar.

Las principales diferencias que se observan en la composición química de las aguas de pozos y galerías vienen dadas por el carácter cuantitativamente predominante de los iones cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) en las aguas de pozo, y de ion bicarbonato en las de galería. Igualmente, la concentración de los iones, sodio ( $\text{Na}^+$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), es superior en el agua de pozo.

Una diferencia fundamental entre las aguas de galerías y las aguas basales es la variación que estas últimas experimentan en su concentración durante el proceso de extracción.

## **CLASIFICACION AGRONOMICA DE LAS AGUAS DE LA ISLA DE TENERIFE**

Para la realización de un estudio sistemático de las aguas procedentes de los diferentes manantiales de la isla, es de importancia considerar separadamente los dos grupos prin-

cipales de manantiales existentes: el grupo formado por el conjunto de las aguas procedentes de fuentes y galerías, y el constituido por las aguas basales.

## **AGUAS DE FUENTES Y GALERIAS**

De acuerdo con la clasificación del Laboratorio de Salinidad de Estados Unidos, la totalidad de las aguas de galerías y fuentes de Tenerife se pueden agrupar en ocho clases, atendiendo a su salinidad, alcalinidad y concentración total de sales. En la tabla 1 se incluyen análisis representativos de cada una de las muestras tomadas como tipo dentro de cada clase. Esta selección, dentro del conjunto de las aguas estudiadas, nos permite conocer las características individuales de cada una de ellas. Hemos de tener en cuenta que las pequeñas diferencias que puedan observarse entre las aguas correspondientes a la misma clasificación, con respecto a los tipos indicados en la tabla 1, no podrán alterar sustancialmente su carácter representativo.

En las consideraciones anteriores no se ha tenido en cuenta la relación de los iones bicarbonato con los restantes cationes.

En un estudio de las características químicas de las aguas, desde un punto de vista agrícola, estas relaciones deben ser consideradas teniendo en cuenta su importancia para comprender los fenómenos de alcalinización del suelo. La determinación del carbonato sódico residual representa una magnitud complementaria del mayor interés. En la tabla 1 se indican los valores de carbonato sódico residual para cada una de las clases indicadas.

TABLA 1  
COMPOSICION QUIMICA DE AGUAS DE GALERIA  
*Clasificación agrícola*

Clases	CE × 10 <sup>6</sup> 25°C	Sólidos disueltos p.p.m.	F <sup>-</sup> p.p.m.	B p.p.m.	pH	Ca <sup>++</sup> mq/l.	Mg <sup>++</sup> mq/l.	Na <sup>+</sup> mq/l.	K <sup>+</sup> mq/l.	CO <sub>3</sub> = mq/l.	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mq/l.	SO <sub>4</sub> = mq/l.	Cl <sup>-</sup> mq/l.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Residual
C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	212	183	0,50	0,00	7,9	0,45	0,61	1,27	0,34	0,00	1,76	0,00	0,46	0,70
C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	481	433	0,40	0,16	8,1	1,48	1,52	2,00	0,48	0,00	5,05	0,00	0,34	2,05
C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	486	503	0,55	0,16	7,8	0,47	0,38	5,39	0,23	0,00	5,60	0,00	0,40	4,75
C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	737	766	1,40	0,00	8,8	0,47	0,00	8,10	0,85	1,18	5,44	2,38	0,92	6,15
C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	1.089	873	1,60	0,00	8,2	1,81	3,56	5,00	0,93	1,59	9,24	0,00	0,86	5,46
C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	1.166	1.150	1,40	0,00	8,5	0,70	3,12	10,18	1,37	1,97	12,17	0,12	1,00	11,32
C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	1.592	1.694	1,40	0,00	7,4	1,15	1,49	17,64	0,60	0,00	19,69	0,29	0,24	17,05
C <sub>4</sub> S <sub>2</sub>	2.412	2.374	0,00	0,34	8,8	0,19	20,36	15,40	2,60	10,37	22,49	1,14	0,59	12,31

TABLA 2  
COMPOSICION QUIMICA DE AGUAS BASALES  
*Clasificación agrícola*

Clases	CE × 10 <sup>6</sup> 25°C	Sólidos disueltos p.p.m.	F <sup>-</sup> p.p.m.	B p.p.m.	pH	Ca <sup>++</sup> mq/l.	Mg <sup>++</sup> mq/l.	Na <sup>+</sup> mq/l.	K <sup>+</sup> mq/l.	CO <sub>3</sub> = mq/l.	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mq/l.	SO <sub>4</sub> = mq/l.	Cl <sup>-</sup> mq/l.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Residual
C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	450	226	0,35	0,00	7,8	0,92	1,22	2,06	0,11	0,44	2,50	0,34	1,84	0,80
C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	1.800	1.410	0,30	0,00	8,2	3,26	7,60	8,00	0,37	0,80	2,66	1,90	12,96	0,00
C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	1.750	1.390	0,45	0,10	7,9	1,64	5,24	10,90	0,46	0,52	4,09	0,38	12,60	0,00
C <sub>4</sub> S <sub>2</sub>	2.800	1.992	0,35	0,00	8,5	2,12	7,18	18,00	0,68	1,20	3,58	1,40	21,74	0,00
C <sub>4</sub> S <sub>3</sub>	3.100	2.000	1,75	0,26	8,4	1,22	6,32	22,20	0,66	0,88	4,30	0,00	24,10	0,00
C <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	3.150	2.390	0,40	0,10	8,5	0,98	2,60	26,13	0,73	0,96	6,54	8,52	15,50	3,92

## AGUAS DE POZOS

De acuerdo con la clasificación agrícola a que nos estamos refiriendo, las aguas de pozos de la isla de Tenerife se pueden agrupar en seis clases diferentes, atendiendo a su salinidad y concentración total de sales.

En la tabla 2 se incluyen análisis representativos de cada una de las muestras tomadas como tipo dentro de cada clase.

La variación constante que experimenta la composición de estas aguas durante el proceso de extracción no permite

precisar áreas de características definidas. La composición, tanto cualitativa como cuantitativa, dependerá del régimen de explotación a que son sometidos estos manantiales.

VÍCTOR PÉREZ GARCÍA

Centro de Edafología y Biología  
Aplicada de Tenerife  
C. S. I. C. y Cabildo Insular de Tenerife

# Utilización agronómica de aguas bicarbonatadas de galerías en cultivos de plátanos

Las características químicas de las aguas de Tenerife han sido objeto de trabajos anteriores en los que se estudiaron los constituyentes iónicos de mayor interés desde un punto de vista agrícola.

Con los datos obtenidos se estableció una clasificación general siguiendo las normas del U. S. Salinity Laboratory (Riverside), con la finalidad de agruparlas de acuerdo con su composición iónica absoluta y relativa.

En las aguas procedentes de las zonas montañosas (aguas de galerías), predominan cuantitativamente los iones bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ). La concentración de estos iones varía mucho de unas zonas a otras, e incluso dentro de una misma zona. Sin embargo, se observa que en determinadas regiones hidrográficas predominan los manantiales conteniendo concentraciones elevadas de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Las concentraciones en  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Na}^+$  en estas aguas se mantienen relativamente elevadas frente a los niveles de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ) dando lugar a valores altos de carbonato sódico residual. Los valores máximos y mínimos oscilan entre 4 mq/l. y 9 mq/l.

El exceso de  $\text{HCO}_3^-$  presente altera el equilibrio entre el  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{++}$   $\text{Mg}^{++}$ , contribuyendo a aumentar la concentración relativa de  $\text{Na}^+$  en la solución del suelo por precipitación del  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  como carbonatos.

Estas reacciones favorecen la alcalinización del suelo, pudiendo modificar la composición de los constituyentes absorbidos en el complejo de cambio.



TABLA 1

Muestra	pH	CE × 10 <sup>6</sup> 25° C	Sólidos disueltos p.p.m.	MILIEQUIVALENTES POR LITRO										Clasificación	
				Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>++</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	Cl <sup>-</sup>	% Na	SAR		N <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Residual
1	8,00	1.230	1.122,7	0,60	2,70	9,31	1,49	0,00	12,36	0,75	0,44	66,0	7,2	9,06	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
2	7,26	1.206	1.331,5	2,32	4,00	10,40	1,19	0,00	15,19	0,00	0,68	58,0	5,8	8,87	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
3	8,54	1.166	1.066,1	0,70	3,12	10,18	1,37	1,97	9,87	0,62	1,00	66,0	7,3	8,02	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
4	8,44	1.200	941,4	0,56	2,58	8,45	1,40	3,16	8,76	0,00	0,58	65,0	6,8	8,78	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
5	8,50	1.149	1.128,0	0,93	3,05	10,18	1,02	1,97	9,41	2,79	0,88	67,0	7,2	7,40	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
6	8,85	1.133	987,5	0,65	2,86	8,72	1,35	2,23	8,84	0,77	1,22	64,0	6,5	6,55	C <sub>3</sub> S
7	8,80	1.000	866,0	0,83	2,93	8,73	1,00	2,18	7,87	0,00	0,80	64,7	6,2	6,29	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
8	8,46	794	727,1	0,76	1,32	8,89	0,80	1,25	6,38	0,00	1,00	75,3	8,5	5,55	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
9	7,40	909	862,4	0,92	2,90	6,00	0,78	0,00	9,20	1,01	0,86	56,6	4,4	5,38	C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>

Por otra parte, la concentración de sales de estas aguas puede conducir igualmente a la aparición de fenómenos de salinidad, como consecuencia de modificaciones en la concentración de la solución del suelo.

No obstante las características indicadas, estas aguas vienen empleándose satisfactoriamente para el riego, principalmente en cultivos de plátanos, en una extensión superior a 1.000 hectáreas en la zona norte de la isla de Tenerife, coincidiendo con una región donde abundan los manantiales de aguas bicarbonatadas de alta concentración.

Algunas de las plantaciones más antiguas de esta zona

han estado bajo riego con estas aguas por períodos de tiempo superiores a cuarenta años, aunque en general el período medio de riego para la totalidad de la zona oscila entre veinte y treinta años.

Teniendo en cuenta el desarrollo normal de los cultivos de plátanos de esta zona, nos interesa conocer en qué medida se han podido producir alteraciones en las propiedades físico-químicas de estos suelos, una vez alcanzado un estado de equilibrio suelo-agua, o la existencia de fenómenos de salinidad o alcalinidad que puedan ser tolerables por estas plantas.

## CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS

En la tabla 1 se indican las características químicas de las aguas bicarbonatadas de esta región.

Igualmente se encuentran en esta zona manantiales con aguas bicarbonatadas de menor concentración que las indicadas en la tabla 1, pero no las incluimos en este estudio por su escasa aportación a la totalidad de las aguas de esta zona.

Si estudiamos los datos analíticos indicados en la tabla 1, siguiendo cualquiera de los criterios de clasificación más aceptados para la valoración agrícola de las aguas de riego, nos encontraríamos con serias limitaciones para el empleo de estas aguas, principalmente considerando los altos valores del « $\text{Na}_2\text{CO}_3$  residual» y desequilibrio Na/Ca.

Concretándonos al método de clasificación más aceptado en la actualidad y propuesto por el U. S. Salinity Laboratory (Riverside), el conjunto de estas aguas deben ser clasificadas en la clase  $\text{C}_3\text{S}_2$ , que impone las siguientes limitaciones:

$\text{C}_3$ .—*Aguas de alta salinidad.*—No pueden ser empleadas en suelos con mal drenaje. Aun en los casos de un drenaje satisfactorio deben tomarse las máximas precauciones para el control de la salinidad del suelo. Se recomienda cultivar solamente plantas tolerantes a las sales.

$\text{S}_2$ .—*Aguas de concentración media en sodio.*—Los efectos del  $\text{Na}^+$  pueden ser muy importantes en suelos de textura fina y alta capacidad de cambio catiónico, especialmente cuando el drenaje es defectuoso. Este tipo de aguas

puede ser empleado en suelos de textura arenosa o suelos orgánicos de alta permeabilidad.

De acuerdo con las consideraciones anteriores hemos de esperar que el empleo de estas aguas conducirá a la aparición de fenómenos de salinidad o alcalinidad en los suelos regados.

Por otra parte, es necesario considerar que en la clasificación anterior no se tiene en cuenta el « $\text{Na}_2\text{CO}_3$  residual» y su significación en el aumento de la concentración relativa de  $\text{Na}^+$  en la solución del suelo, intensificando sus efectos alcalinos.

Los límites máximos y mínimos de « $\text{Na}_2\text{CO}_3$  residual» admisible en las aguas de riego han quedado establecidos por Eaton (2) y Wilcox (3), considerando como valor máximo admisible 2,5 mq/l. y un valor umbral mínimo de 1,25 mq/l.

En experimentos realizados por Wilcox con aguas bicarbonatadas a diferentes niveles de « $\text{Na}_2\text{CO}_3$  residual», encuentra que en suelos bien drenados, y cuando las aguas empleadas tienen una concentración total de 10 mq/l. y el « $\text{Na}_2\text{CO}_3$  residual» es del orden de 2,5 mq/l., el % de  $\text{Na}^+$  de cambio puede elevarse hasta 20% y 42%, respectivamente.

En nuestro caso, las aguas empleadas tienen un « $\text{Na}_2\text{CO}_3$  residual» que oscila entre 4 y 9 mq/l., y la concentración total de sales oscila entre 11 y 17 mq/l.

## EXPERIMENTAL

Con el fin de poder estudiar con mayor precisión el efecto de estas aguas en los distintos suelos de esta zona, hemos considerado separadamente algunos de estos manantiales distinguiendo los dos casos siguientes:

a) Suelos regados permanentemente con aguas del mismo manantial.

b) Suelos regados con mezclas de los diferentes tipos de aguas de la zona.

Al primer caso corresponde la muestra número 1 de la tabla 1. Este manantial tiene sus aguas parcialmente canalizadas hacia determinadas plantaciones, que se han regado exclusivamente con sus aguas durante más de veinticinco años. Es de interés destacar aquí que una característica muy

importante de las aguas de galerías es la constancia de su composición, cualquiera que sea el período de producción del manantial. Esta propiedad nos permite afirmar que los suelos regados con el manantial número 1 han recibido siempre aguas de la misma composición química.

Las plantaciones correspondientes al segundo caso se riegan indiferentemente con las distintas aguas de esta región que se mezclan en diferentes proporciones en los canales de riego, por lo que su concentración es incierta y muy variable.

Los efectos de estas aguas en los suelos estarán, naturalmente influidos muy directamente por estas variaciones en su composición.

TABLA 2

Muestra número	% Saturación	% CO <sub>3</sub> Ca	pH	CE × 10 <sup>3</sup> 25° C	EXTRACTO SATURADO							IONES DE CAMBIO							
					Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> = + COH	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	P S S	S A R	Ca + Mg	Na	K	C T C	P S C	P P C
					mq/l										mq/100 gr				
1	52,2	0,90	8,48	2,45	8,50	8,20	19,12	3,20	13,20	8,30	7,00	49,0	6,6	27,68	2,81	5,36	35,85	7,8	14,9
2	46,3	0,60	8,62	2,12	7,10	6,70	19,25	3,10	16,50	6,80	1,70	53,2	7,3	20,61	3,12	4,37	28,10	11,1	15,5
3	45,8	1,00	8,00	4,05	29,30	19,40	26,00	3,35	9,10	9,10	49,00	33,3	5,2	20,90	2,61	5,36	28,87	9,0	18,6
4	50,5	0,20	8,56	3,57	8,40	13,50	27,75	3,22	21,90	11,00	9,50	52,5	8,3	24,16	2,45	3,70	30,31	8,1	12,2
5	55,9	1,00	8,42	2,32	7,60	7,00	19,50	3,30	16,40	9,40	1,80	52,1	7,2	24,05	2,94	5,68	32,67	9,0	17,4
6	47,6	0,30	8,26	3,29	13,60	13,10	23,62	4,65	18,00	8,10	26,50	43,0	6,4	19,97	2,68	5,36	28,01	9,6	19,1
7	40,0	0,60	8,68	3,12	7,70	8,10	25,75	3,40	16,50	12,80	7,50	57,3	9,1	18,48	2,97	5,51	26,96	11,0	20,4
8	44,2	0,60	8,20	2,82	8,40	9,20	21,87	2,60	13,50	19,60	1,30	52,0	7,3	25,10	2,73	3,70	31,53	8,6	11,7
9	40,2	0,60	8,62	3,65	11,90	12,70	27,50	4,95	13,50	11,70	13,50	48,2	7,8	17,51	3,35	3,61	24,47	13,7	14,7
10	42,1	1,00	8,78	3,85	10,70	9,70	24,12	3,22	16,60	8,10	9,00	50,5	7,5	17,50	3,03	6,09	26,62	11,4	22,9

P S S = Por ciento sodio soluble.  
 C T S = Capacidad total de cambio.  
 P S C = Por ciento sodio de cambio.  
 P P C = Por ciento potasio de cambio.

No obstante, de igual manera que en el caso anterior, las concentraciones de CO<sub>3</sub><sup>=</sup> y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> en estas mezclas de aguas son siempre superiores al Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup>, y los valores de «Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> residual» nunca inferiores a 2,5 mq/l.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

La composición química de los suelos regados con las aguas correspondientes a la muestra número 1 se indica en la tabla 2.

Teniendo en cuenta las características de las aguas de este manantial, principalmente en lo que se refiere a la relación Na/Ca y carbonato sódico residual, cabría esperar una alcalinización intensa en estos suelos, con unos valores muy elevados para el Na absorbido. No obstante, en ningún caso se alcanza el valor mínimo (15%) de Na de cambio, a partir del cual un suelo puede considerarse alcalino.

Los niveles del % de sodio de cambio oscilan entre 13% y 7%, con unos valores medios que se aproximan a un 10%.

Tampoco se observan fenómenos de salinidad en estos suelos a pesar de la clasificación de las aguas de este manantial en el grupo C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>. Solamente en la muestra número 3, de la tabla 2, se aprecian concentraciones salinas ligeramente altas.

Como es de esperar, en los suelos regados con mezclas de aguas con una concentración total de sales y «Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> residual» menores que para la muestra de agua número 1, los fenómenos de alcalinidad y salinidad en los suelos son aún menos intensos.

De acuerdo con los resultados experimentales encontrados en este estudio, podemos afirmar que no se cumplen en estos suelos, bajo cultivo de plátanos, los procesos de alcalinización o salinización que cabría esperar, dadas las características químicas de las aguas de riego.



Plataneras jóvenes regadas por goteo para economizar agua.





El riego frecuente con grandes volúmenes de agua se ha mostrado como una medida muy eficaz para el control de la salinidad y alcalinidad de los suelos.

Todas las consideraciones anteriores en las que se pone de manifiesto unas grandes desviaciones en el comportamiento de estos suelos frente a los resultados previsibles, nos permiten establecer las siguientes conclusiones:

1.º Las aguas bicarbonatadas que se indican en la tabla 1 no conducen a la formación de suelos salinos o alcalinos cuando se emplean en el riego de cultivos de plátanos.

2.º Se observa una evidente influencia de estas aguas en el pH y % de Na absorbido en el suelo.

3.º La concentración de la solución del suelo es mayor cuando se emplean las aguas de la muestra número 1 y disminuye con la profundidad del perfil.

4.º Los carbonatos y bicarbonatos de las aguas de riego no han contribuido a aumentar sensiblemente el % de Na de cambio en los suelos estudiados.

5.º La práctica de riegos frecuentes con grandes volúmenes de agua que se siguen en estas plantaciones se han mostrado como una medida muy eficaz para el control de la salinidad y alcalinidad de los suelos.

6.º Las técnicas de cultivo, principalmente los aportes de materia orgánica, han contribuido a favorecer la permeabilidad hidráulica del suelo y los fenómenos de lixiviación.

De todo lo expuesto podemos concluir que las aguas salinas descritas pueden emplearse satisfactoriamente, siempre que se siga un programa de riegos adecuado que permita por sí mismo un control de la salinidad y alcalinidad de los suelos en las condiciones indicadas.

VÍCTOR PÉREZ GARCÍA  
y ANDRÉS BORGES PÉREZ  
*Centro de Edafología  
y Biología Aplicada de Tenerife  
C.S.I.C. y Cabildo Insular de Tenerife*

# El problema del potasio en los suelos canarios

Con objeto de cooperar al desarrollo de una política racional sobre el empleo de los fertilizantes potásicos en las Islas Canarias, el Centro de Edafología y Biología aplicada de Tenerife inició, en los últimos 12 años, una serie de trabajos de investigación encaminados al conocimiento del origen, formas asimilables y reservas de potasio en los suelos canarios.

El objetivo de este artículo es sintetizar dichos trabajos, al mismo tiempo que estudiar comparativamente nuestros resultados frente a los obtenidos en otros países, especialmente en lo que respecta al cultivo de plátanos.

El potasio, elemento químico necesario para el desarrollo de las plantas, puede llegar a éstas por dos caminos: aportado por los fertilizantes o bien procedente del propio suelo.

El potasio del suelo está constituido por diferentes formas, que a su vez están en equilibrio entre sí. Estas formas pueden clasificarse como: potasio hidrosoluble, potasio de cambio, potasio fijado y potasio de las estructuras minerales. La última forma incluye generalmente valores superiores al 90% de la totalidad del potasio en el suelo.

Cuando el potasio hidrosoluble, que es el que la planta toma con facilidad, se va agotando, es compensado por el paso a hidrosoluble de las restantes formas.

Evidentemente estos procesos de equilibrio continúan mientras las reservas totales del potasio del suelo no se agoten. En definitiva, el suministro de potasio asimilable a la planta es siempre una función del tipo y cantidad de las reservas existentes en un suelo determinado.

En Canarias, el potasio, presente en todos los tipos del suelo, en magnitud variable, tiene su origen fundamentalmente en la sanidina, un feldespato potásico asociado a los materiales fonolíticos, que por alteración suministra a la solución del suelo cantidades elevadas de potasio hidrosoluble y cambiante, como formas fácilmente asimilables. También las micas y vidrios volcánicos contienen potasio, aunque en una proporción relativamente más baja.

Los intentos realizados hasta el presente por numerosos investigadores para obtener índices adecuados del potasio asimilable del suelo no han sido demasiado alentadores. Todos los estudios demuestran la falta de un método de carácter universal, con independencia del tipo de suelo, para establecer niveles cuantitativos de potasio asimilable y la necesidad, por tanto, de estudiar un método adecuado a las características de los suelos en cada caso particular.

En este sentido, estudiamos diferentes métodos de determinación de potasio asimilable que han sido utilizados con éxito en diferentes tipos de suelos y cultivos. Los suelos incluidos en este estudio representaban las diferentes tipologías de suelos canarios.

Un tratamiento estadístico de los resultados obtenidos, nos permitió elegir como método más adecuado para



Cultivo de ajos en enarenado.



Cultivo de tomates en enarenado. El sistema de enarenados mantiene la estructura del suelo productivo y consigue elevados rendimientos.

nuestros suelos el que utiliza como solución extractora acetato amónico neutro normal. Los valores obtenidos de potasio asimilable por este método, son universalmente conocidos como valores de *potasio cambiante*.

Estudiamos también un índice relativo del potasio asimilable del suelo, denominado energía libre de cambio de potasio (ELK), utilizado por varios investigadores con buenos resultados y que presenta la ventaja de medir el potasio del suelo teniendo en cuenta los valores del calcio y magnesio del mismo.

Como veremos más adelante en este artículo, ambos valores de potasio cambiante y ELK nos señalan, de una manera tajante, la extraordinaria riqueza en potasio asimilable de los suelos canarios.

Hemos estudiado la magnitud de las reservas empleando el método de Hagin, que se basa en provocar artificialmente

el empobrecimiento exhaustivo del suelo, mediante extracciones sucesivas del suelo con un electrolito débil.

Las curvas de empobrecimiento obtenidas se dividen en tres zonas para su estudio y corresponden a diferentes formas de potasio. La zona de máxima pendiente de la curva representan el potasio soluble y fácilmente cambiante; la región intermedia corresponde al potasio cambiante y fuertemente adsorbido (fijado); y la región inferior de esta curva representa la lenta liberación del potasio de las estructuras minerales.

Las reservas de potasio evaluadas por esta técnica, nos llevan a la conclusión de que los suelos canarios poseen unas enormes reservas de potasio y podemos afirmar que superiores a las encontradas por esta misma técnica en diferentes países.

## POTASIO EN SUELOS DE PLATANOS DE DISTINTOS PAISES

Las grandes exigencias de potasio por parte de la platana y el hecho de ser este cultivo uno de los principales en las Islas Canarias, hace necesario señalar algunos datos relacionados con el potasio de los suelos dedicados a este cultivo en distintas regiones productoras.

Según Champion, la producción de 40 toneladas en Costa

de Marfil, por Ha. y año, le quita al suelo aproximadamente 0,1 meq. de potasio por 100 grs. de suelo, y la inmovilización para los dos ciclos siguientes puede ser de un 1 meq.

Este mismo investigador encuentra que el enriquecimiento de potasio de los suelos de plátanos en Guinea, como consecuencia del abonado potásico, supone de 0,3 a 0,55 meq. por 100 grs. de suelo para una necesidad de 0,1 meq. En Israel el enriquecimiento por el abonado es de 0,15 meq. de potasio por 100 grs. de suelo, que corresponde a unos 500 kgs. de cloruro potásico por Ha. y año.

En las Islas Canarias la fertilización varía, pero durante muchos años se ha añadido 600 grs. de sulfato potásico por planta y año, equivalentes a cerca de 1.000 kgs. de sulfato potásico por Ha.

Se puede estimar, según Champion, que en todos los casos, salvo probablemente en suelos de una gran riqueza en caliza activa, un contenido de 1 meq. de potasio por 100 grs. de suelo, responde ampliamente a las necesidades de una explotación platanera en buen estado vegetativo.

## POTASIO EN LOS SUELOS CANARIOS

Como anteriormente se ha señalado hemos encontrado valores de potasio muy altos en Canarias.

Los valores de potasio cambiante oscilan aproximadamente entre 3 y 15 meq. de potasio por 100 grs. de suelo y valores medios de 7 meq. En general, los suelos derivados de materiales fonolíticos (jable) son extraordinariamente ricos, pudiendo alcanzar en ciertas zonas, como Fasnía, en el Sur de Tenerife, un valor medio de 23 meq., tomado de un total de 70 muestras. Los suelos derivados de basaltos, que son más pobres en potasio, están generalmente contaminados por materiales fonolíticos, lo que hace que aparezcan valores más altos de los esperados para estos suelos.

Cuando el potasio asimilable es medido en nuestros suelos por la energía libre de cambio de potasio (ELK), encontramos unos valores próximos a —2.000 calorías, e



Mal de Panamá.

incluso en muchos casos inferiores en valor absoluto, lo que se corresponde con el nivel de excesivo potasio frente al calcio y el magnesio.

Para mejor interpretar estos valores de potasio, realizamos una experiencia en suelos de plátanos, dado la necesidad específica de este cultivo por aquel nutriente. La experiencia consistió en suprimir durante 9 años la fertilización potásica en dos parcelas.

Al cabo de este tiempo sus valores de potasio eran: potasio cambiante, 7,2 y 3,4 meq. por 100 grs. de suelo; en el mismo orden los valores de ELK fueron de —2.070 y —2.150 calorías, y los de reserva de potasio asimilable, 4.750 y 3.390 kgs. de potasio por Ha.

Si como hemos visto anteriormente un suelo de plátanos con un meq. de potasio por 100 grs. de suelo, no siendo rico en caliza activa, es suficiente para que este cultivo se desarrolle normalmente, valores de 7,2 y 3,4 meq., después de 9 años sin recibir abonado potásico, nos indican la extraordinaria riqueza de estos suelos. Hay que señalar que durante este tiempo no disminuyó el rendimiento de estas dos parcelas frente a otras parcelas de la misma finca que fueron fertilizadas con potasio.

Ninguna de estas dos parcelas alcanzó, al cabo de los 9 años, el valor de deficiencia de potasio que ha sido establecido por Hagin para este cultivo en —3.200 calorías para los valores de ELK.

Si estimamos que las necesidades de la platanera son de 5 kgs. de potasio por tonelada de fruta, aproximadamente en Canarias de 250 kgs. de potasio por Ha., los datos anteriores podríamos interpretarlos de la siguiente forma:

En 9 años el suelo ha suministrado a la planta 2.250 kgs. de potasio por Ha. en cada parcela. Como las reservas actuales son de 4.750 y 3.390 kgs. por Ha., significa, siguiendo esta aproximación, que estas parcelas podrían suministrar potasio 20 y 13 años más respectivamente.

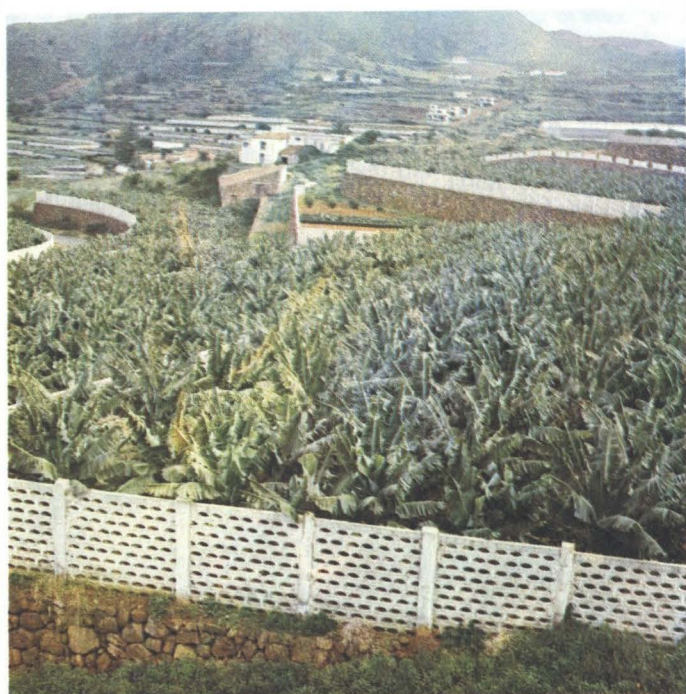
Si bien es cierto que estos cálculos son necesariamente aproximados, no es menos cierto que teniendo en cuenta los equilibrios del potasio en el suelo anteriormente comentados, siempre habría un aporte del potasio de las estructuras minerales hacia las formas de potasio asimilables por la planta.

En definitiva, si tenemos en cuenta que el potasio de las estructuras minerales es más del 90% de la totalidad existente en el suelo, y que continuamente está pasando a la forma asimilable por la planta, podemos afirmar que los suelos canarios poseen unas enormes riquezas actuales y potenciales de potasio asimilable, que hace innecesario en la mayoría de ellos el abonado potásico.

ANDRÉS BORGES PÉREZ

*Centro de Edafología y Biología Aplicada  
de Tenerife. C. S. I. C.  
Cabildo Insular de Tenerife*

## Los suelos de cultivo y sus necesidades de fertilización en Canarias



Vista de una platanera típica tinerfeña.

Los estudios de fertilidad de suelos y nutrición mineral en los cultivos de las Islas Canarias presentan un serio inconveniente dada la poca uniformidad de los suelos, pues la casi totalidad de los cultivos situados a cotas inferiores a los 400 m están sobre suelos «sorribados», es decir, que han sido avacalados ya sea partiendo del suelo original que se encontraba en el mismo lugar o con suelo que ha sido transportado desde largas distancias, procedentes siempre de cotas altas, con lo que se asegura que no sea salino y que el porcentaje de arcillas montmorilloníticas sea pequeño. Esta naturaleza de los suelos de cultivo hace que en una misma parcela se encuentren suelos muy distintos, tanto en su aspecto físico como químico, pudiéndose apreciar que en superficies de 3 ó 4 m se encuentren materiales de horizontes superficiales medios y profundos y, aún peor, mezclas de horizontes de suelos de distintas tipologías. De todo ello se deduce la gran dificultad que se presenta para dar una norma adecuada de fertilización, dada la variabilidad de la fertilidad de los suelos en una misma parcela.

Esta variabilidad hace que se presenten serios problemas en el estudio de los cultivos, especialmente en el plátano, donde es frecuente encontrar en una misma plantación varios focos de enfermedad conocida como «Mal de Panamá», que permanecen aislados año tras año sin que pase a otras zonas inmediatas, lo que parece indicar que son las características del terreno de esa zona las que condicionan el desarrollo de esta enfermedad.

El estudio comparativo de zonas sanas y enfermas durante varios años nos ha permitido conocer las diferencias más frecuentes entre ambas zonas y, por tanto, las que motivan el desarrollo de la enfermedad y que podemos ordenar como sigue: mayor acidez, menor contenido de calcio y magnesio y mala estructura.

La poca uniformidad podría haberse evitado si, ya en la propia «cantera», o una vez transportado, se hiciera una perfecta homogenización de los suelos, para así evitar su gran variabilidad dentro de una misma parcela.

Este tratamiento debería ir acompañado, en la mayor parte de los casos, de una enmienda cálcica para elevar el grado de saturación del complejo absorbente, pues como hemos dicho anteriormente, las «canteras» son de zonas altas y sus suelos están generalmente desaturados; si antes de la puesta en cultivo no se saturan con calcio y magnesio, las posiciones ocupadas por hidrógeno de cambio serán ocupadas por el sodio que lleva el agua de riego, provocándose así, al poco tiempo de la puesta en cultivo, serios problemas derivados de la elevada concentración de sodio en el suelo.

Un ejemplo que corrobora estas afirmaciones lo tenemos en una finca de plátanos del sur de Tenerife, en la que se analizaron las muestras de suelo antes de comenzar a cultivarse y en dos fases posteriores.

Los resultados se exponen en el siguiente cuadro:

Suelo	pH	Na	K	Ca	Mg	Conductividad eléctrica
Antes del cultivo	5,0	0,5	0,5	0,6		200
2 meses de riego	5,5	5,9	0,6	0,8	11	1400
10 meses de riego	7,9	4,7	3,7	1,9	9,0	1300
10 meses después de enmienda cálcica	7,2	2,8	3,9	8,7	6,9	1450

Se observa cómo se produce un enriquecimiento progresivo de sodio en el suelo, pasando de 0,5 a 4,7 a los diez me-

ses de cultivo, lo que, afortunadamente se logró corregir después de fuertes enmiendas cálcicas y lavados, que indudablemente resultaron más costosos y menos eficaces que si se hubiera hecho una enmienda cálcica antes de la puesta en cultivo.

En general podemos decir que los suelos de cultivo de Canarias presentan contenidos elevados en potasio, magnesio, sodio y fósforo, y una acidez variable, con predominio de pH por encima de 7 y bajos valores de calcio cambiante, aconsejándose como norma el aportar yeso al suelo para contrarrestar los aportes de sodio y magnesio que lleva el agua de riego.

De los estudios que se han llevado a cabo se han podido establecer una serie de indicaciones sobre las necesidades de fertilización y tiempo de aplicación para los principales cultivos de las Islas.

Antes de estudiar las necesidades de fertilizantes en particular, hemos de señalar que el agricultor canario aplica en general unas dosis de fertilización muy superiores a las necesidades de la planta, especialmente para los cultivos de regadío, lo que conlleva un despilfarro de los fertilizantes y el crear en la planta unos desequilibrios nutritivos que perjudican a la producción, calidad y resistencia a las enfermedades.

El ejemplo más señalado lo observamos en el plátano, al que se suele añadir, por término medio y según las condiciones del cultivo, entre 330 y 500 g de nitrógeno, 90-200 g de fósforo y 250-500 g de potasa por planta, cantidades que superan largamente las necesidades nutritivas del plátano y que investigadores como E. Lahav, P. Martin-Prevel, L. Fox y Marciano Rodríguez no dudan en calificar de altísimas, recomendando una reducción de hasta un 50% al menos para el nitrógeno y fósforo.

Por el contrario, en los cultivos de medianías, a cotas superiores a 400 m, la fertilización es pequeña y en general insuficiente para asegurar una óptima producción. En estos casos suele ser agricultura de secano que, si bien tiene una gran importancia social, su papel en la economía canaria es pequeña. Una seria limitación de estos suelos es que los de la vertiente norte, los más cultivados, son muy pobres en cationes cambiables, especialmente magnesio, con una acidez elevada. La productividad de los mismos se incrementa con aplicaciones de dolomita, sugiriéndose que para estas zonas debe estar subvencionado este enmendante.

Los comentarios y recomendaciones que siguen están referidos a la agricultura de regadío.

## FERTILIZACION NITROGENADA

La necesidad de fertilización nitrogenada es general para cualquier tipo de cultivo y en ningún caso se podría aconsejar la supresión de la misma durante toda una fase de producción. No obstante, si hemos de indicar que, generalmente, las dosis aplicadas sobrepasan las necesidades reales del cultivo, provocando una clara disminución en los rendimientos. En el plátano hemos encontrado una correlación negativa entre la producción y el contenido de nitrógeno tanto en la hoja como en el fruto. También en los cultivos de rosas y aguacates se han observado contenidos de nitrógeno que sobrepasan los niveles que consideramos óptimos, aún cuando no se ha podido establecer su influencia en la producción, lo que es objeto de nuestra actual actividad investigadora. No obstante, se puede adelantar que para el cultivo de rosa para flor cortada hemos observado una mayor incidencia de tallos florales «ciegos», en los rosales con exceso de fertilización nitrogenada, mayor susceptibilidad a los ácaros y menor duración una vez la flor cortada.

Este exceso de fertilización nitrogenada parece afectar igualmente a la resistencia del plátano al «Mal de Panamá»,

pues las plantaciones afectadas presentan, en general, un elevado porcentaje de nitrógeno en las hojas. Esta influencia de exceso de nitrógeno la hemos podido confirmar en una plantación del norte de Tenerife al suspender durante ocho meses la fertilización nitrogenada, consiguiéndose con ello la erradicación de la enfermedad.

En cuanto a los tipos de fertilizantes recomendables para estos suelos debemos citar en primer lugar, al nitrato amónico cálcico, que ofrece la ventaja sobre el resto de los fertilizantes nitrogenados de aportar calcio al suelo. La abundancia de suelos con pH elevado sugiere a su vez el uso de sulfato amónico, que asegura un suministro regular de nitrógeno durante un período más largo que los nitratos y provoca una ligera acidificación en los suelos.

En el cultivo del plátano hemos podido comprobar que una disminución de los aportes de nitrógeno de dos a tres meses antes de la floración, se traduce en un incremento del peso de los frutos.

## FERTILIZACION FOSFATADA

Los suelos canarios, antes de la puesta en cultivo, son pobres en fósforo asimilable, pero debido a las fuertes aplicaciones de fertilizantes fosfatados, al poco tiempo se transforman en relativamente ricos. Es frecuente encontrar en suelos de plátanos valores de hasta 700 ppm cuando se extraen por el método de Olsen, para el que, en la mayoría de los cultivos, se considera como valor suficiente el de 25 ppm. La supresión de la fertilización fosfatada durante va-

rios años en cultivo de plátanos no ha supuesto disminución en los rendimientos y se ha mantenido su nivel en las hojas.

No obstante, hemos de indicar que los suelos presentan un elevado poder de fijación, dado el alto contenido de alofanos (minerales de origen volcánico), lo que se manifiesta por la precipitación de los fosfatos en formas insolubles de hierro y aluminio. En suelos de cotas altas, generalmente ácidos, donde la fertilización es pequeña, las necesidades de

fertilización fosfatada son muy fuertes, presentándose el hecho de que en cultivos de patatas, muy exigentes en potasio, no se puede prescindir del fertilizante fosfatado, mientras que el potasio rara vez se aplica.

Para las nuevas plantaciones sería aconsejable añadir roca fosfatada o escorias Thomas y proceder a la homogeneización del suelo, con lo que se ayudaría a saturar el complejo de cambio catiónico, que recomendábamos al principio, y de paso elevar el contenido de fósforo.

## FERTILIZACION POTÁSICA

La elevada riqueza de los suelos canarios en potasio cambiable hace que «a priori» se pueda decir que no es necesaria la fertilización potásica. No obstante, una serie de circunstancias derivadas del propio suelo o del tratamiento cultural que somete el agricultor a sus terrenos, hacen que una elevación en el contenido de potasio en la planta se traduzca en un incremento de los rendimientos tal como hemos observado repetidas veces.

En primer lugar, y dentro de las características del suelo, tenemos el efecto depresivo que ejerce sobre la absorción del potasio en el contenido de sodio en el suelo. Es de destacar que en muchos suelos de cultivo el contenido de sodio cambiable llega a ser tan elevado como el de potasio, alcanzando valores de hasta 6 meq/100 g, y que debe su origen a las aguas de riego, ricas en sodio y magnesio. Es de destacar que en la literatura sobre la fertilidad de los suelos en potasio, se cite al calcio y magnesio como elementos condicionantes de su asimilabilidad por la planta, pero no al sodio. Se tendría que buscar una fórmula que nos dé la disponibilidad del potasio en la que se incluya el valor de sodio en el suelo. En nuestros trabajos hemos encontrado que, cuando la razón K/Na en el suelo es superior a 1,5 y el valor de sodio inferior a 2 meq, la fertilización potásica es innecesaria.

Otro factor que influye en el carácter limitante de la nutrición potásica es la excesiva fertilización nitrogenada.



Un bello ejemplar de plátano canario, convenientemente fertilizado.

Ya hemos dicho que la gran mayoría de los cultivos presentan exceso de nitrógeno que da lugar a la interacción nitrógeno-potasio, produciéndose una disminución en la absorción de potasio por la planta, a pesar del elevado contenido de este nutriente en el suelo.

Del estudio de los factores citados anteriormente se podría afirmar, de una forma global, que se puede prescindir de todo tipo de fertilización potásica cuando la fertilización nitrogenada no sea excesiva y el sodio del suelo sea bajo, condición que se puede conseguir con fuertes aportaciones de estiércol y frecuentes lavados.

Al contrario de lo que decíamos para el nitrógeno, el momento crítico del plátano en cuanto a sus necesidades en potasio, se encuentra de dos a tres meses antes de su floración.

## MICRONUTRIENTES

La deficiencia más común en los cultivos canarios es la férrica, que se manifiesta esporádicamente en suelos no sorribados que presentan costras calizas y en aquellas plantaciones que se riegan con aguas de elevado contenido en bicarbonato. En el primero de los casos, se debe proceder a romper esa costra, pues en caso contrario los rendimientos obtenidos seguirán siendo pequeños, aunque esto no sea imputable a una deficiencia férrica. En el segundo caso se debe

aportar regularmente sales o quelatos de hierro en el agua de riego.

VALERIO GARCÍA GARCÍA  
*Centro de Edafología y Biología  
 Aplicada del C. S. I. C. de Santa  
 Cruz de Tenerife y del Cabildo  
 Insular de Tenerife*

**MACROMAGNITUDES DEL SECTOR AGRARIO CANARIO.**  
**AÑO 1977**

(Millones de pesetas)

**1. VALORACION DE LAS PRODUCCIONES AGRARIAS**

	Producción total	Reemplazo	Aportación a la P.F.A.
<i>Subsector agrícola:</i>			
Cereales .....	116,0	31,8	84,2
Leguminosas .....	34,6	5,0	29,6
Pajas .....	25,7	25,7	—
Tubérculos consumo humano ..	2.873,9	185,7	2.688,2
Cultivos industriales herbáceos..	80,3	—	80,3
Cultivos forrajeros .....	256,8	256,8	—
Pastos accidentales y prados naturales .....	5,2	5,2	—
Hortalizas .....	6.823,0	125,2	6.697,8
Cítricos .....	95,2	—	95,2
Frutos no cítricos .....	11.327,6	3,7	11.323,9
Vino y subproductos .....	448,4	—	448,4
Plantas industriales .....	5,2	—	5,2
Flores y plantas ornamentales ...	778,3	—	778,3
Semillas selectas y plantones ....	7,3	—	7,3
<b>Total subsector agrícola .....</b>	<b>22.877,5</b>	<b>639,1</b>	<b>22.238,4</b>

*Subsector ganadero:*

	Producción total	Reemplazo	Aportación a la P.F.A.
Vacuno .....	832,5	—	—
Ovino .....	13,0	—	—
Caprino .....	46,7	—	—
Porcino .....	267,7	—	—
Aves .....	596,2	—	—
Conejos .....	536,5	—	—
Total carne y ganado .....	2.992,6	—	—
Leche .....	2.432,7	85,9	2.346,8
Huevos .....	1.424,8	92,9	1.331,9
Lana .....	0,9	—	—
Estiércol .....	156,9	—	—
Trabajo animal .....	336,7	—	—
Varios .....	20,5	—	—
<b>Total subsector ganadero ...</b>	<b>6.665,1</b>	<b>672,4</b>	<b>5.992,7</b>
Subsector forestal .....	112,6	70,6	42,0
Otras producciones .....	702,5	—	702,5

**RESUMEN SECTOR AGRARIO.. 30.357,7 1.382,1 28.975,6**

**2. VALORACIONES DE LOS GASTOS DE FUERA DEL SECTOR AGRARIO**

Semillas selectas y plantones .....	417,4
Piensos para el ganado .....	2.168,2
Fertilizantes .....	951,8
Enmiendas .....	3,9
Energía .....	103,5
Lubricantes .....	18,2
Neumáticos .....	4,6
Productos fitosanitarios .....	809,9
Tratamientos zoonosanitarios .....	52,5
Reparaciones de maquinaria .....	165,7
Reparaciones de construcciones .....	338,9
Otros gastos .....	5.718,1
<b>TOTAL GASTOS .....</b>	<b>10.752,7</b>

**3. VALORACION DE LAS SUBVENCIONES AGRARIAS**

**TOTAL DE SUBVENCIONES DE EXPLOTACION ... 8,5**

**4. VALORACION DE LAS AMORTIZACIONES AGRARIAS**

Amortizaciones agrarias ..... 807,5

**5. RESUMEN GENERAL DE MACROMAGNITUDES**

<b>PRODUCCION TOTAL .....</b>	<b>30.357,7</b>
<b>PRODUCCION FINAL .....</b>	<b>28.975,6</b>
V.A.B. al coste de los factores .....	18.121,4
<b>RENTA AGRARIA .....</b>	<b>17.323,9</b>

**PATRIMONIO AGRARIO CANARIO A 31 DE DICIEMBRE DE 1976**

(Millones de pesetas)

Tierras y plantaciones .....	103.409
Maquinaria .....	554
Ganadería .....	2.402
<b>TOTAL .....</b>	<b>106.365</b>

Fuente: Cuentas del sector agrario, número 4. Ministerio de Agricultura.

**FORMACION BRUTA DE CAPITAL FIJO**

(Millones de pesetas)

Creación y desarrollo de nuevas plantaciones	Años	Las Palmas	Santa Cruz de Tenerife	Total de Canarias	
Viñedo .....	1974	12,4	2,9	15,3	
	1975	0,6	24,9	25,5	
	1976	1,2	42,1	43,3	
Frutales .....	1974	4,5	2,6	7,1	
	1975	6,0	4,1	10,1	
	1976	4,8	4,8	9,6	
Forestales .....	1974	5,4	8,9	14,3	
	1975	3,4	4,5	8,2	
	1976	4,1	3,4	8,2	
<b>Total .....</b>	<b>1974</b>	<b>22,2</b>	<b>14,4</b>	<b>36,7</b>	
	<b>1975</b>	<b>10,0</b>	<b>33,6</b>	<b>43,8</b>	
	<b>1976</b>	<b>10,7</b>	<b>50,3</b>	<b>61,1</b>	
Maquinaria .....	1974	9,0	111,8	120,8	
	1975	18,6	33,7	52,3	
	1976	14,6	53,0	67,6	
Ganadería:					
	Vacuno .....	1974	—	—	—
		1975	21,3	—	21,3
	1976	70,1	—	70,1	
Ovino .....	1974	—	—	—	
	1975	—	—	—	
	1976	3,4	—	3,4	
Caprino .....	1974	2,6	3,2	5,8	
	1975	—	—	—	
	1976	21,1	—	21,1	
Porcino .....	1974	12,7	10,0	22,7	
	1975	18,4	1,9	20,3	
	1976	30,7	6,9	37,6	
Equino .....	1974	8,3	0,9	9,2	
	1975	—	0,9	0,9	
	1976	9,3	8,3	17,6	
<b>Total .....</b>	<b>1974</b>	<b>23,7</b>	<b>13,9</b>	<b>37,7</b>	
	<b>1975</b>	<b>39,7</b>	<b>2,8</b>	<b>42,5</b>	
	<b>1976</b>	<b>134,6</b>	<b>15,2</b>	<b>149,8</b>	

Fuente: Cuentas del sector agrario, número 4. Ministerio de Agricultura.



COMERCIO EXTERIOR DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

	TONELADAS				MILLONES DE PESETAS			
	1977	1978	1978 (1)	1979 (1)	1977	1978	1978 (1)	1979 (1)
<b>IMPORTACIONES</b>								
Animales vivos y productos del reino animal .....	77.506	87.457	45.372	51.588	6.926	8.872	4.670	5.841
Productos del reino vegetal .....	224.966	355.240	246.494	156.812	4.933	6.286	3.722	3.248
Grasas y aceites (animales y vegetales) .....	18.443	23.766	13.504	16.402	981	1.310	689	916
Productos de las industrias alimenticias; bebidas; líquidos alcohólicos y vinagre; tabaco .....	76.325	81.960	44.418	45.622	9.132	11.524	6.519	6.332
<b>TOTALES .....</b>	<b>397.240</b>	<b>548.423</b>	<b>349.788</b>	<b>270.424</b>	<b>21.972</b>	<b>27.992</b>	<b>15.600</b>	<b>16.337</b>
<b>EXPORTACIONES</b>								
Animales vivos y productos del reino animal .....	45.753	61.259	29.066	32.646	4.267	6.911	2.985	4.655
Productos del reino vegetal .....	219.886	248.164	218.913	201.455	5.199	8.504	6.749	8.893
Grasas y aceites (animales y vegetales) .....	3.421	3.472	877	2.786	141	185	50	149
Productos de las industrias alimenticias; bebidas; líquidos alcohólicos y vinagre; tabaco .....	37.385	41.459	23.510	17.251	3.708	4.655	2.623	1.777
<b>TOTALES .....</b>	<b>306.445</b>	<b>354.354</b>	<b>272.366</b>	<b>254.138</b>	<b>13.315</b>	<b>20.255</b>	<b>12.407</b>	<b>15.474</b>

(1) Período enero-junio.

Fuente: Ministerio de Hacienda. Estadística del Comercio Exterior de España. Dirección General de Aduanas.



**Agricultor,  
cultive sus proyectos y sus  
ahorros en el  
Banco de Bilbao**



**BANCO DE BILBAO**