

BLOQUE AB

**Descripción, Estructura y Funcionamiento
de los Ecosistemas Insulares Canarios**

Módulo I

MEDIO AMBIENTE Y ECOLOGÍA

Coordinador: Dr. Antonio Machado Carrillo

Este primer módulo constituye una introducción al pensamiento ecológico y tiene por objeto establecer un marco conceptual en el que se ha de desarrollar todo el Máster. La necesidad de distinguir entre el enfoque estrictamente ecológico y el ambiental, entre análisis y criterios de evaluación, percibir el carácter dinámico de los sistemas naturales o el multiescalar de los ecosistemas, todo ello, incluso a nivel sucinto, constituye un requisito previo para poder abordar con criterio los aspectos aplicados de conservación que se desarrollan en los módulos siguientes.

Toda disciplina aporta un peculiar enfoque o «deformación profesional», por decirlo coloquialmente. Con este módulo no se pretende pues, sino exponer a los lectores la manera de ver las cosas que tienen los ecólogos, máxime asumiendo el carácter multidisciplinario del presente Máster. Para aquéllos que ya han estudiado Ecología en su carrera, tampoco resulta superfluo, pues en él se define y destaca el enfoque antropocéntrico que interesa a la conservación y que la Ecología, como tal ciencia, no posee.

TEMA 1

Introducción a la Ecología

Por Antonio Machado Carrillo (*)

1. ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

La Ecología se viene definiendo tradicionalmente como la ciencia que estudia las interrelaciones de los seres vivos entre ellos y con el medio. Tal definición admite al menos tres enfoques: el enfoque autoecológico, cuando la atención se centra sobre una especie o individuo concreto y en cómo interactúa con el medio y sus otros componentes vivos. El enfoque demoecológico se centra sobre el comportamiento dinámico y estructura de las poblaciones (relaciones entre individuos de una misma especie). Finalmente, el enfoque sinecológico es más holístico y atiende al conjunto del biosistema sin prestar particular interés a ninguno de sus elementos. Volveremos sobre este particular.

Hay otras definiciones de la Ecología más afortunadas, pero valgan éstas al menos para demarcar dos ámbitos lamentablemente confundidos con excesiva frecuencia: el de la Ecología y el medio ambiente

El significado estricto del término «ambiental» se refiere al ambiente, esto es, «a las circunstancias que rodean a las personas, animales o cosas» (DRAE). La temperatura es un factor ambiental, por ejemplo. En este sentido general se ha venido usando tradicionalmente en Ecología y ciencias, pero ya cada vez con más caute- las, pues ha adquirido otros significados¹, entre ellos, los jurídicos. La irrupción de los problemas de la conta- minación y agotamiento de los recursos naturales, ha motivado que lo ambiental tienda a significarse cada vez más con lo medioambiental, es decir, lo relativo al medio ambiente, que es la manera, poco afortunada proba- blemente, con que nos ha dado por designar al entorno o hábitat del hombre (sea natural o urbano).

El término ambiental = medioambiental es pues claramente autoecológico e incorpora, como veremos, un criterio de valoración muy claro, el de la especie humana. Medio ambiente y Ecología son conceptos que están vinculados, pero no son equivalentes en absoluto. La especie humana tiene requerimientos ambientales propios de su condición cultural y que son ajenos a la Ecología y más próximos a la Sociología o Psicología (belleza del paisaje, hacinamiento psicológico, etc.).

2. LA CIENCIA ECOLÓGICA

Cuando el conocimiento científico se aplica a la consecución de unos fines u objetivos establecidos, se habla de ciencia aplicada. Pero no vamos a tratar ahora de Ecología aplicada, sino de Ecología a secas, como disciplina científica que aspira a entender, explicar y predecir determinados fenómenos naturales.

(*) EurBiol. Dr. en Biología: Experto en Ecología, medioambiente y conservación de la Naturaleza.

¹ Sirva de ejemplo el texto de B. Freedman (1989) titulado «*Environmental Ecology*» = Ecología ambiental, está completa- mente dedicado a ecología de la contaminación y sobreexplotación de recursos.

El ecólogo español Ramón Margalef defiende una visión más sincrética de la Ecología, como el estudio del funcionamiento de la naturaleza en su conjunto y centrada en el ecosistema. En 1974, en su tratado de «Ecología», la define como «la biología de los ecosistemas», definición que retocará con posterioridad² en el sentido de «la biofísica de los ecosistemas», al reconocer que éstos funcionan más en virtud de los procesos físicos que de los biológicos.

Estas y otras definiciones similares no son del todo inocentes y están cargadas de cierta intencionalidad, que no hace más que reflejar la orientación preferida de cada autor dentro de las múltiples que ofrece la Ecología. Frente a este enfoque ecosistémico y muy vinculado a la Física, tenemos el enfoque tradicional o «biologicista», que centra su atención mayoritariamente sobre las poblaciones y las relaciones intra- e inter-específicas. Es decir, apunta más en la parte biológica del ecosistema, dejando un poco de lado la dinámica y física del medio. Libros de texto de Ecología muy al uso, como el de KREBS (1986) o BEGON, HARPER & TOWNSEND (1988), son buenos exponentes de esta orientación.

Los sondeos de opinión³ entre ecólogos atribuyen mayor importancia a los estudios de ecología teórica y aspectos aplicados tales como biología de la conservación y fragilidad de los ecosistemas. Sin embargo, la Ecología biologicista goza de mayor popularidad en el mundo académico, y buen reflejo de ello es la proporción de trabajos científicos que se publican en esta línea, muy superior en número a los de enfoque ecosistémico o aplicado. Bien es verdad, que las estadísticas pueden no reflejar la importancia objetiva de una línea sobre la otra, sino la mera posibilidad de realizar investigaciones con mayor facilidad y publicar más rápidamente. Desde esta óptica, los estudios ecosistémicos, más laboriosos y complejos, resultan menos «rentables».

Sin desmerecer las virtudes del enfoque biologicista, nos inclinamos particularmente por la orientación ecosistémica, por cuanto es la que mejor se integra con otras disciplinas (las llamadas Ciencias de la Tierra) y la que mejor sustenta los aspectos aplicados de la Ecología (v.gr. medioambientales) que son los que interesan a este máster.

3. ECOLOGÍA Y ECOLOGISMO

En la actualidad, el ámbito real de la Ecología trasciende mucho más allá de la Ciencia, en cuyo seno surgió como concepto hace ya unos 130 años. El término «ecología», o su adjetivo, irrumpen en la reciente sociedad de consumo y, para bien o para mal, van adquiriendo significados distintos del estrictamente científico, alcanzando incluso niveles pintorescos en el mundo comercial y publicitario.

Allí donde nadie confunde la Sociología con el socialismo, se mezclan con pasmosa ligereza la Ecología y el ecologismo, tratándose este último de un movimiento sociopolítico que poco tiene que ver con el rigor de una disciplina científica. La sociedad actual ha generado ecólogos, ecologistas, ecólatras y hasta ecofascistas, sin menospreciar elementos tales como los productos ecológicos, campañas ecológicas, ecoauditorías, etc. vinculados todos ellos, de algún modo, a la temática medioambiental.

Quede claro que Ecología y ecologismo son cosas y ámbitos distintos. Un ecologista puede ser completamente ignorante en Ecología, y un ecólogo puede no tener mayores preocupaciones ecologistas. Es más, podríamos concebir un ecólogo que fuese contratado por el mando militar de un país para ayudar a destruir de modo eficaz los recursos naturales de una nación enemiga.

4. ECOLOGÍA APLICADA

El conocimiento ecológico permite ser aplicado a determinados intereses del hombre, sean éstos la agricultura, la gestión ambiental, la conservación de la naturaleza, la contaminación o la planificación física. De hecho, muy pocos son los libros que tratan de Ecología en el estricto marco de una disciplina científica, es decir, libre de carga valorativa (recuerden el tópico: «*Science is value free*»), y no pocas de las críticas que sufre la Ecología como «ciencia blanda» o débilmente predictiva, obedecen, entre otras, a tal razón. Ecología teórica y Ecología aplicada son áreas de trabajo bien diferenciadas, aunque estén obviamente vinculadas.

Toda ciencia debe aspirar al conocimiento, la predicción y, ciertamente, a su eventual aplicación. Evidentemente, esto último no puede darse sin lo primero. No debe, por tanto, descuidarse el conocimiento de los fundamentos de la Ecología, y nuestros años de experiencia en el ejercicio de la profesión no han hecho más que constatar esta realidad. La Ecología es a las ciencias ambientales lo que la Física a la ingeniería.

² Margalef, R. 1992. *Planeta azul, planeta verde*. Prensa Científica, S.A.

³ Stiling, P.D. 1994. What do ecologists do? *Bulletin of the Ecological Society of America*, 75: 116-121. (Ref. in Stiling, P.D., 1996).

Es muy necesario saber distinguir cuando nos movemos en el ámbito estricto de una ciencia y cuándo, en el de su aplicación. Sirva para ello la distinción entre *analizar* y *evaluar*. Ocho cabras por fanegada es un dato analítico; sobrecarga ganadera es una valoración del mismo en función de objetivos preestablecidos. Los datos que produce la ciencia (*value free*) son valorados según criterios u objetivos concretos, y esto es lo que nos introduce en el ámbito de la ciencia aplicada. Nótese que en el ámbito «medioambiental» se da por implícito el bienestar del hombre como objetivo a perseguir. Así, por ejemplo, el índice de calidad ambiental de las aguas considera su empleo industrial o como agua potable, pero no su capacidad para mantener poblaciones de efémeras u otros seres acuícolas. Eliminar los mosquitos de un charco es ambientalmente bueno para el hombre, pero no para el mosquito.

Resumiendo: un mismo dato, fruto de un análisis científico, puede ser valorado (evaluado) según muy diferentes criterios en función de los objetivos preestablecidos. Pensemos, por ejemplos, en objetivos tan contradictorios como la conservación de la naturaleza o la destrucción de recursos naturales (supuesto militar). La desaparición de un bosque o toxicidad de las aguas sería algo valorado negativamente en el primer caso, y positivamente en el segundo.

5. EL MEDIO NATURAL

Cuando se trabaja en conservación de la naturaleza se habla de naturaleza y del medio natural, sin que todo el mundo emplee estos términos con igual sentido, y conviene fijar postura. Para ello usaremos la figura 1.

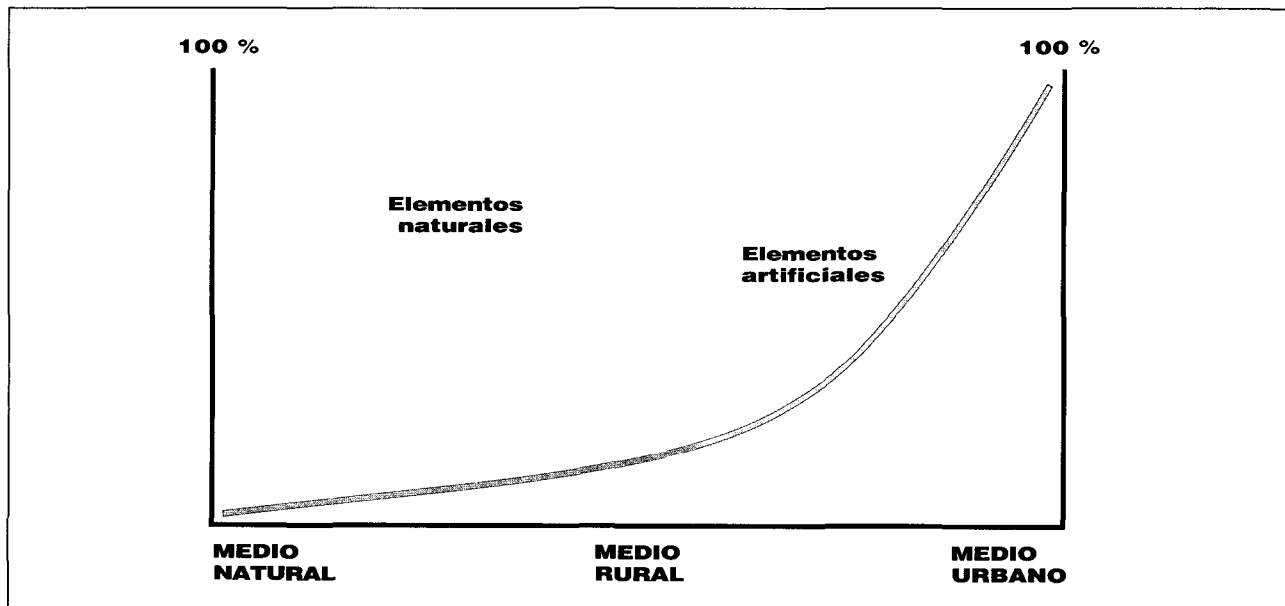


Figura 1.

En el extremo izquierdo se representa una situación teórica donde el porcentaje de elementos naturales es máximo (100%) y no existen elementos artificiales. A esta situación la definimos por naturaleza pura, o medio natural, si no somos tan estrictos⁴. La situación contraria, en el otro extremo, sería el medio artificial o urbano, que tampoco llega a ser absolutamente puro (presencia de virus, ácaros, etc.). Entre ambas situaciones existe un gradiente donde los elementos artificiales se van introduciendo en la naturaleza a la vez que disminuyen los naturales.

Hablaremos de naturaleza o medio natural cuando, a pesar de que existan algunos elementos artificiales, dominan los naturales y, sobre todo, los procesos naturales son los que gobiernan el sistema. En el medio rural siguen dominando los elementos naturales, pero no están distribuidos ni funcionan de modo natural, sino debido a la intervención y aporte de energía que hace el hombre. Entre uno y otro cabe situar el medio semi-

⁴ Ya no existe naturaleza absolutamente pura. Se han detectado moléculas de DDT en la grasa de los animales en los sitios más recónditos de la Tierra. En el aire también flotan muchas moléculas recalcitrantes producidas por el hombre.

natural, término acertadamente introducido por la Comunidad Europea en su Directiva Hábitats. Entre el medio rural y el urbano, donde escasean los elementos naturales (siempre hay jardines, moscas o malas hierbas) pero dominan los circuitos artificiales, se puede diferenciar un medio suburbano. Repetimos; estamos ante un *continuum* que va de un extremo a otro, sin discontinuidades bien demarcadas.

Estos matices son importantes para evitar malentendidos cuando trabajan conjuntamente profesionales de distintas disciplinas (ecólogos, arquitectos, juristas, etc.). La experiencia nos ha enseñado que una buena parte de los problemas que surgen en el mundo de la conservación, son meros problemas de comunicación.

6. CONSERVACIÓN LEGITIMADA

Según lo expuesto en los apartados anteriores, la Ecología aplicada a la conservación de la naturaleza debe operar aplicando criterios de evaluación concordantes con la finalidad perseguida: conservar de la naturaleza. Esto es correcto.

Sin embargo, en el ámbito de las Administraciones públicas se producen a veces desviaciones sutiles en la que los técnicos se ven envueltos, sin a menudo percatarse del error que están cometiendo. Cuando los especialistas o técnicos⁵ en conservación de la Naturaleza valoran los datos o situaciones concretas, los evalúan según criterios técnicos que emanan de la doctrina conservacionista. Dan por sentado que el objetivo en juego es la conservación de la Naturaleza. Y así es en su especialidad, pero no tiene por qué serlo en todos los asuntos públicos.

Los intereses y objetivos públicos no los establecen los técnicos. Tal función corresponde a la Ley, que en un estado de Derecho, es algo de mucho más alcance que servir de mero instrumento operativo. Las restricciones a las libertades y derechos privados que implica la conservación, o el destino de bienes públicos (bosques, aguas, etc.) han de legitimarse a través del proceso democrático. La Administración, como poder ejecutivo, no puede introducir nuevos objetivos, sino que ha de limitarse a cumplir con lo que le mandata la legislación.

Corresponde, pues, a las leyes aportar los objetivos y, en muchos casos, incluso los criterios particulares a emplear en las evaluaciones. Esto es de fundamental importancia, pues no es infrecuente observar como muchos funcionarios o técnicos de la Administración, que en su celo por la conservación, acaban por transformar sus propios deseos en objetivos, y sus criterios personales en criterios de evaluación.

Los técnicos no estamos legitimados para introducir objetivo alguno, sino para desarrollar aquéllos establecidos por las leyes. Y debemos asumirlo, por mucha razón que nos asista. La razón no legitima. Es más, el Parlamento legitima la sinrazón.

El trabajo en conservación se hace con la mano derecha, mientras que en la izquierda se aguantan las leyes que lo sustentan.

BIBLIOGRAFÍA

- PETERS, R. H., 1991. *A critique for ecology*.— Cambridge University Press, Cambridge. 366 pp. *Contenido*: Fuerte crítica a la Ecología como ciencia «blanda». Dice que proporciona información pobre y predice poco, ofrece solo racionalizaciones lógicas, explicaciones históricas y mecanicistas. Un excelente repaso (a veces demoledor) de casi todos los aspectos teóricos en Ecología. Sugiere vías de predicción más fiables. Recomendable leer el apartado oportuno antes de abordar un estudio particular. Para post-grado.
- SCHRADER-FRECHETTE, K. S. & MCCOY, E. D., 1993. *Method in ecology: strategies for conservation*.— Cambridge University Press, Cambridge. 328 pp. *Contenido*: Discusión sobre la validez, alcance, racionalidad y escoramientos de la Ecología (incl. aspectos éticos). P. ej. problemas al usar la Ecología para orientar la política ambiental; discusión crítica de los principales conceptos de la Ecología, su utilidad y objetividad; el uso de los «case-studies». Un buen ensayo con propuestas. Nuevo enfoque científico de la conservación y preservación.
- WACHTEL, P. S. & MCNEELY, J. A., 1991. *Eco-bluff. Your way to greenism*.— Bonus Books, inc., Chicago. 112 pp. *Contenido*: Una obra genial sobre el medio ambiente, Ecología y ecologismo hecha con humor y cinismo. Muchos datos útiles y selectos. Muy recomendable. Ilustraciones de John Caldwell.

⁵ Según el diccionario, el adjetivo «técnico» es relativo a las aplicaciones de las ciencias, artes, oficios, etc. Aquí lo empleamos para referirnos al profesional que trabaja en conservación de la naturaleza, como ciencia aplicada (que no sólo es Ecología aplicada).

TEMA 2

Teoría de sistemas

Por José María Fernández-Palacios (*)

INTRODUCCIÓN

En Biología, cada nivel de organización incluye un componente biótico que interactúa con un componente abiótico a través de un intercambio de materia y energía, dando lugar a un *sistema biológico funcional*. Cada uno de ellos representa un nivel con sus complejidades y leyes propias, siendo, por ejemplo, los problemas de estructura y función celular tan complejos como los relativos a las comunidades. Aún más, el conocimiento de un nivel, aunque puede ayudar a conocer y comprender el del nivel inmediatamente superior, no permite llegar a predecir las características de éste. A modo de ejemplo, el conocimiento por separado de las características propias de dos gases altamente inflamables como el oxígeno o el hidrógeno, jamás nos hubiera llevado a deducir las características del agua, molécula que constituyen, y que resulta ser un líquido en condiciones normales y poseer una serie de peculiaridades que la hacen indispensable para la vida.

En este contexto, podemos afirmar que la *Ecología* es una ciencia compleja pues estudia simultáneamente diferentes niveles de organización de la vida (el individual, poblacional, comunitario y ecosistémico), desde diferentes perspectivas (fisiológica, demográfica, biogeográfica o energética, entre otras) (Tabla 1). Una forma de contrarrestar dicha complejidad radica en poseer algunos conocimientos acerca del funcionamiento de los sistemas en general, campo desarrollado por la *Sistémica*.

TABLA 1
Diferentes niveles de integración y puntos de vista en la Ecología

Nombre	Nivel de integración	Algunos temas estudiados
Ecofisiología	individual	Adaptaciones al estrés ambiental
Demoecología	poblacional	Tablas de vida, supervivencia
Genecología	poblacional	Variabilidad genética, evolución
Biogeografía	poblacional	Causas de distribución espacio-temporal
Cenótica	comunitario	Ensamblaje, competencia, sucesión
Ecología trófica	ecosistémico	Flujos energéticos, redes alimenticias
Biogeoquímica	ecosistémico	Ciclos de nutrientes y contaminantes

Fuente: elaboración propia.

(*) Dr. en Farmacia. Profesor Titular del Dpto. de Ecología, Facultad de Biología de la Universidad de La Laguna.

Siguiendo a ARACIL (1986), podemos definir el *sistema* como «entidad simple y completa formada por un conjunto de elementos o eventos y por las relaciones que existen entre ellos y su entorno». Los sistemas pueden ser tanto naturales —físicos, químicos o biológicos— como artificiales —productos de la técnica o forma de organización social— (Tabla 2).

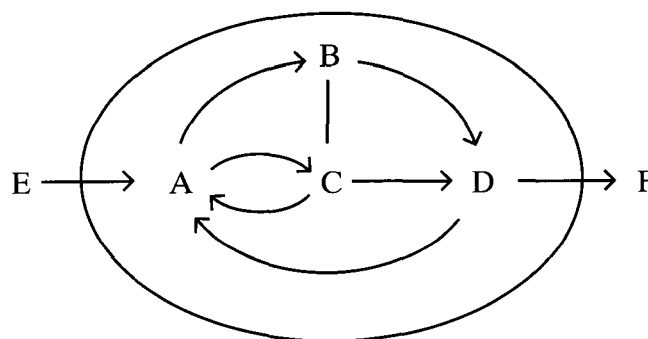
TABLA 2
Ejemplos de algunos sistemas

Sistema	Elementos	Algunas relaciones
Sistema solar	Sol, planetas, satélites	masas, distancias, gravedad
Gas	moléculas, paredes	choques, direcciones, velocidades
Ecosistema	especies, factores ambientales	cadena trófica, competencia
Sistema numérico	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.....n	ser el siguiente de...
Sistema monetario europeo	monedas de los países UE, Euro	bandas de fluctuación, cambio de divisas

Fuente: elaboración propia.

En todos ellos se cumple que la totalidad es más que la suma de sus partes, pues existen propiedades emergentes que no se encuentran en sus partes cuando son analizadas aisladamente. En determinadas ocasiones, ocurre que el número de constituyentes e interacciones entre las partes que integran un sistema es tal, que su estudio sólo es posible a través de las propiedades que emergen a un nivel superior. Este puede ser el caso del estudio de los gases, en donde es inabordable acudir al análisis de las direcciones y velocidades de movimiento de las partículas que lo integran, o de los choques que ocurren entre unas y otras o con el recipiente, por lo que éste se caracterizará en función de una serie de propiedades que son consecuencia de los choques entre dichas partículas, como son su temperatura, presión o volumen.

Todo sistema puede asociarse a un diagrama de este tipo:



De aquí se deduce la existencia de tres componentes básicos en todo sistema:

- Elementos del sistema* = {A,B,C,D} que son los elementos, partes o eventos integrantes del sistema relacionados entre sí por las influencias representadas esquemáticamente.
- Entorno del sistema* = {E,F} que son los elementos ajenos al sistema pero que influyen o son influidos por éste.
- Estructura del sistema* = conjunto de relaciones entre las partes del sistema (representadas como flechas).

1. LÍMITES Y DIMENSIÓN TEMPORAL DE LOS SISTEMAS

Cuando un sistema no sufre influencia alguna de su exterior se conoce como *sistema cerrado*. Pese a que el único sistema que conocemos cerrado en un sentido absoluto es el Universo, en el mundo físico existen sistemas energética o eléctricamente aislados. Cualquier otro sistema que reciba algún tipo de influencia exterior se denomina *sistema abierto*, y se caracteriza por recibir entradas del exterior que modifica para producir salidas, necesitando siempre de nuevas entradas para poder funcionar. Si limitamos nuestro interés a estudiar las entradas y las salidas del sistema sin profundizar en su funcionamiento, estamos ante un análisis de

caja negra, como en el estudio del televisor, en el que nos centramos en las entradas que recibe —ondas y electricidad— y que modifica para producir salidas —imagen, sonido y calor—.

Aunque los sistemas pueden estudiarse desde una perspectiva estática, por ejemplo, cómo interactúan las partes contribuyendo a un equilibrio global, suele ser mucho más esclarecedor estudiar cómo determinan dichas interacciones las fluctuaciones temporales de las variables asociadas a dichas partes, o lo que es lo mismo, cómo va a desenvolverse el sistema ante las posibles situaciones en las que se pueda encontrar. Esto es lo que se conoce como el *comportamiento dinámico* del sistema. En general, se observará una complejidad creciente en la evolución desde los sistemas físicos y químicos, que responden a patrones más determinísticos, hacia los sistemas biológicos, culturales y sociales, en los que aumenta el componente estocástico debido a la paulatina intervención de más elementos y de más interacciones entre éstos.

Para estudiar el comportamiento de los sistemas es necesario analizar cómo evolucionan en el tiempo las diferentes variables que lo forman. Al registro de los valores que adquieren las variables a lo largo del tiempo se le puede considerar como una narración, con la particularidad de que se realiza utilizando números. Se obtiene así una crónica o *historia del sistema*, que es el «conjunto de trayectorias que definen la evolución en el tiempo de todas las variables asociadas al sistema». En realidad se trata de una descripción externa, ya que se ocupa de qué hace el sistema sin entrar en cómo lo hace.

La variación en el tiempo de una determinada magnitud del sistema se representa matemáticamente como $\langle dx_i / dt \rangle$ siendo «i» cada variable descriptora del sistema. Como quiera que la trama de influencias dentro del sistema determina cómo estas variaciones con el tiempo dependen de los valores alcanzados por otras variables, es decir $\langle dx_i / dt = f_i(x) \rangle$, se obtiene un conjunto de ecuaciones para cada una de las variables, que forma un sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden. El conjunto de los valores de las variables « X_i » descriptoras del sistema en un momento dado definen el *estado del sistema*. A partir del conocimiento del estado del sistema y del sistema de ecuaciones diferenciales será posible conocer cómo va a evolucionar dicho estado con el tiempo, y por lo tanto, cuál será el estado del sistema en un futuro inmediato. Ello constituye precisamente una de las aportaciones básicas de la *Teoría General de Sistemas* (BERTALANFFY, 1979): el análisis de aspectos problemáticos de la realidad mediante modelos que reproduzcan su comportamiento.

2. JERARQUÍAS EN LOS SISTEMAS

Como regla general puede decirse que cualquier sistema se compone de sistemas más pequeños —*subsistemas*— y que él mismo forma parte de uno mayor —*suprasistema*—. Generalmente, cuando se pregunta cómo funciona algo, nos interesamos por los subsistemas del sistema analizado, mientras que cuando preguntamos por qué funciona algo nos interesamos por el suprasistema al cual pertenece un sistema en particular. Obviamente, esta estructura de subsistemas y suprasistemas tiene validez a cualquier nivel de integración que estudiemos, ya que un sistema puede ser simultáneamente subsistema y suprasistema, como sería, por ejemplo, el caso de la célula.

En definitiva, un sistema nunca permanece aislado, sino que constituye un nivel de explicación. Cuando cambia el objeto de estudio, el sistema en cuestión puede convertirse en subsistema de otro mayor o en suprasistema de otros en él englobados. La complejidad de la Ecología y la concepción de los sistemas radica pues en la interrelación de los diferentes componentes, conceptos y niveles de estudio (SUTTON & HARMON, 1976).

3. PROCESOS QUE OCURREN EN ALGUNOS SISTEMAS

Determinados sistemas, como los biológicos, poseen la propiedad de ejercer un cierto grado de autocontrol, concepto conocido como «*feed-back*» y generalmente traducido como *retroalimentación*. La idea básica consiste en que parte de la salida del sistema es utilizada para controlar parte de la futura entrada al sistema, de forma que el estado del mismo se aproxime, o, en su caso, se desvíe, del *estado ideal* o punto de partida en el cual se apoya el sistema. Los sistemas con capacidad de retroalimentarse se denominan *sistemas cibernéticos*.

La retroalimentación puede ser negativa o positiva. La retroalimentación negativa se basa en la existencia de información que permita al sistema poner en marcha los mecanismos adecuados para lograr el objetivo propuesto, y suele suponer un reajuste ya que el sistema tiende a detener o invertir una tendencia o movimiento de separación del estado ideal. El clásico ejemplo del calentador-termostato (Fig. 1) ilustra muy bien esta situación. Inversamente, la retroalimentación positiva consiste en una tendencia continua a aumentar la separación

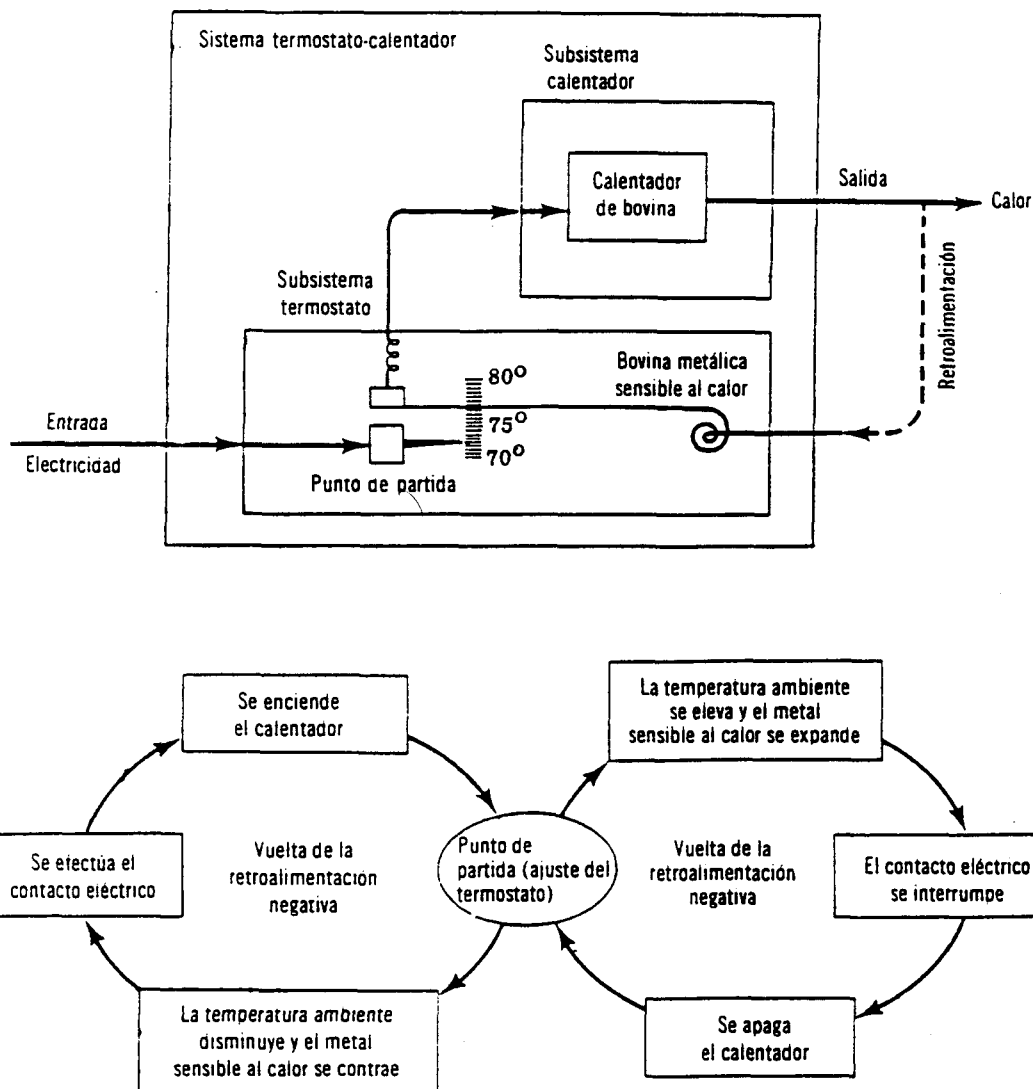


Figura 1. Sistema termostato-calentador como ejemplo de sistema cibernético (Fuente: SUTTON & HARMON, 1976).

del estado ideal del sistema, por lo que también se denomina retroalimentación fugitiva o explosiva. La actuación continuada de este mecanismo acaba por causar la disfunción del sistema, al alcanzarse un nuevo punto de equilibrio.

Ambos tipos de retroalimentación pueden presentarse simultáneamente en un sistema. La retroalimentación negativa funciona entre ciertos límites de variación dentro de los cuales es posible devolver a la normalidad las variaciones acaecidas en el sistema, pero cuando dichas fluctuaciones superan esos límites, es decir cuando la separación del punto de partida ha sido demasiado grande, se activa la retroalimentación positiva que impulsa constantemente al sistema hacia un nuevo punto de equilibrio, que puede determinar su «muerte». El área comprendida entre los límites entre los cuales las fluctuaciones son reversibles se conoce como *placa homeostática*. La regulación térmica de los mamíferos ejemplifica magníficamente este concepto (Fig. 2).

4. ALGUNAS PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS

Las propiedades que presenta un determinado sistema pueden diferenciarse entre *resultantes*, aquellas ya manifestadas por sus partes constituyentes o *emergentes*, aquellas otras no presentes en los constituyentes y que surgen al analizar el sistema en su conjunto. La combinación de los procesos estudiados dota a los sistemas de una serie de propiedades emergentes como la diversidad, estabilidad, elasticidad o equifinalidad que sólo se presentan cuando se analiza la totalidad del sistema y que adquieren una excepcional importancia para comprender la dinámica de los mismos. Algunos de estos conceptos como estabilidad y elasticidad han sido muy debatidos en la teoría ecológica por su implicación en la utilización y gestión de los ecosistemas, por lo que disertaremos brevemente sobre ellos.

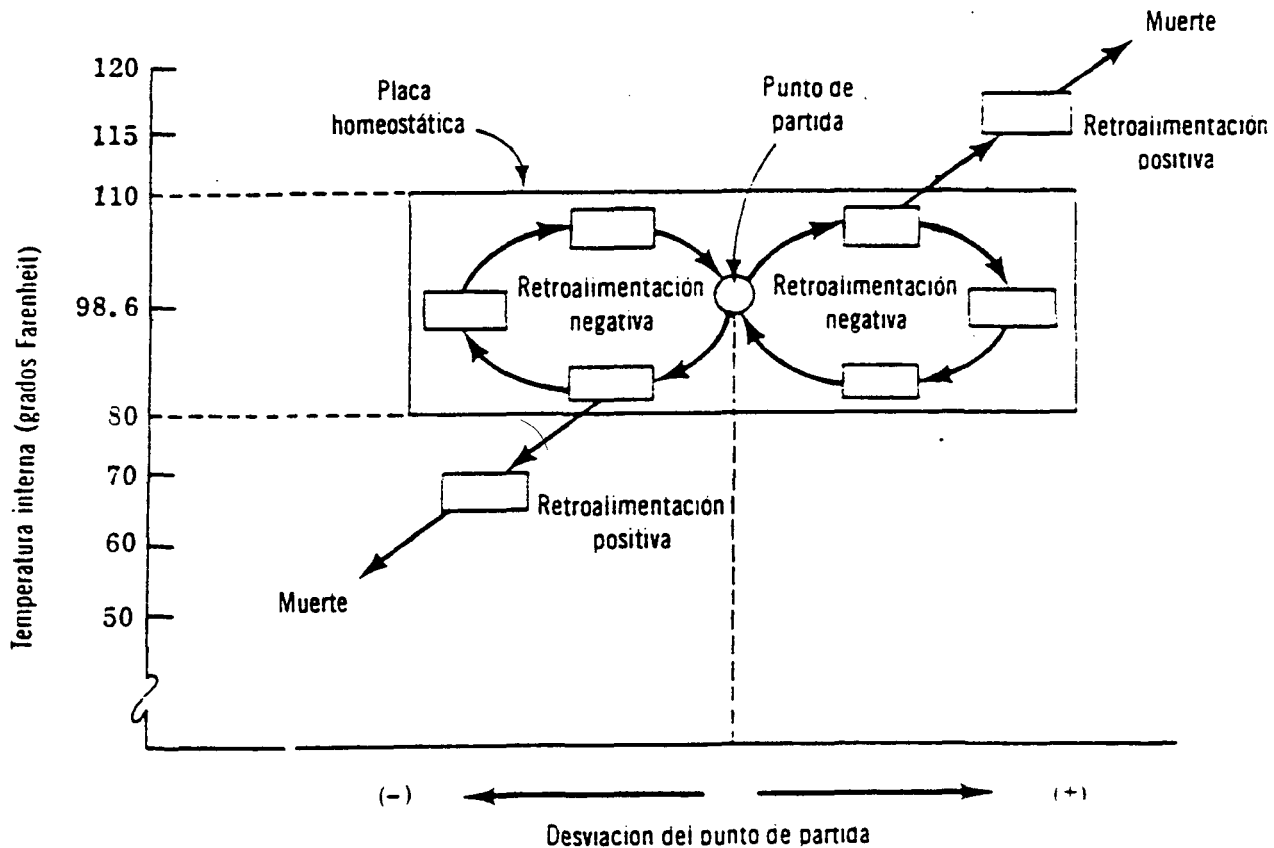


Figura 2. Regulación de la temperatura en mamíferos y placa homeostática (Fuente: SUTTON & HARMON, 1976).

Podríamos entender la *estabilidad* como la capacidad de un sistema de mantenerse cerca de su punto de equilibrio a través del tiempo, mientras que la *elasticidad* se ha definido como su capacidad para volver a su estado de equilibrio después de una alteración (SARMIENTO, 1984). Si representamos gráficamente el comportamiento de un sistema frente a una perturbación externa (Fig. 3), un sistema es elástico cuando tras ser llevado desde el punto de equilibrio a un nuevo punto A y dejarle evolucionar sin influirlo, desarrolla mecanismos que lo devuelven al equilibrio anterior, mientras que un sistema no elástico o rígido una vez perturbado tiende a alejarse del estado inicial de equilibrio.

En este contexto, la *equifinalidad* haría referencia a la capacidad de un sistema de regresar al mismo punto final, independientemente del punto de partida en el que se le haya situado. Algunos autores prefieren usar el concepto *área de estabilidad* (muy semejante al de placa homeostática) dentro de la cual el sistema es capaz de converger a las condiciones previas a la alteración, mientras que si el impacto lo saca de dicha área, el sistema no regresa a su punto original, sino que evoluciona a un nuevo punto de equilibrio, con su correspondiente área de estabilidad, más acorde con sus nuevas características.

¿Qué características hacen a un sistema más o menos estable ante una perturbación? Durante mucho tiempo se consideró la dependencia existente entre estabilidad y complejidad, entendiendo esta propiedad como ligada tanto al número de elementos como al de sus interconexiones. Ello se basaba en que la eliminación de un componente podría ser más fácilmente subsanada en sistemas complejos de forma que no se notara su ausencia. Sin embargo, hoy en día se ha superado esta visión, llegando algunos autores a sostener puntos de vista diametralmente opuestos. En términos de ecosistemas, tal vez aquellos muy diversos puedan absorber fácilmente la pérdida de alguna especie, pero un pequeño cambio en su entorno (mesoclima, disponibilidad de nutrientes, etc.) puede acabar con él. Mientras que uno sencillo, formado por pocas especies generalistas, tal vez pueda resistir mejor dicho cambio.

5. PARADOJA TERMODINÁMICA DE LOS SISTEMAS VIVOS

La *Biosfera*, o parte del Planeta en la que se desarrolla la vida, es un sistema abierto, pues posee una fuente energética, el Sol, y un sumidero, el espacio exterior. Gracias a este flujo energético es posible que localmente no se cumpla el 2º Principio de la Termodinámica, por el cual todo sistema tenderá a aumentar su

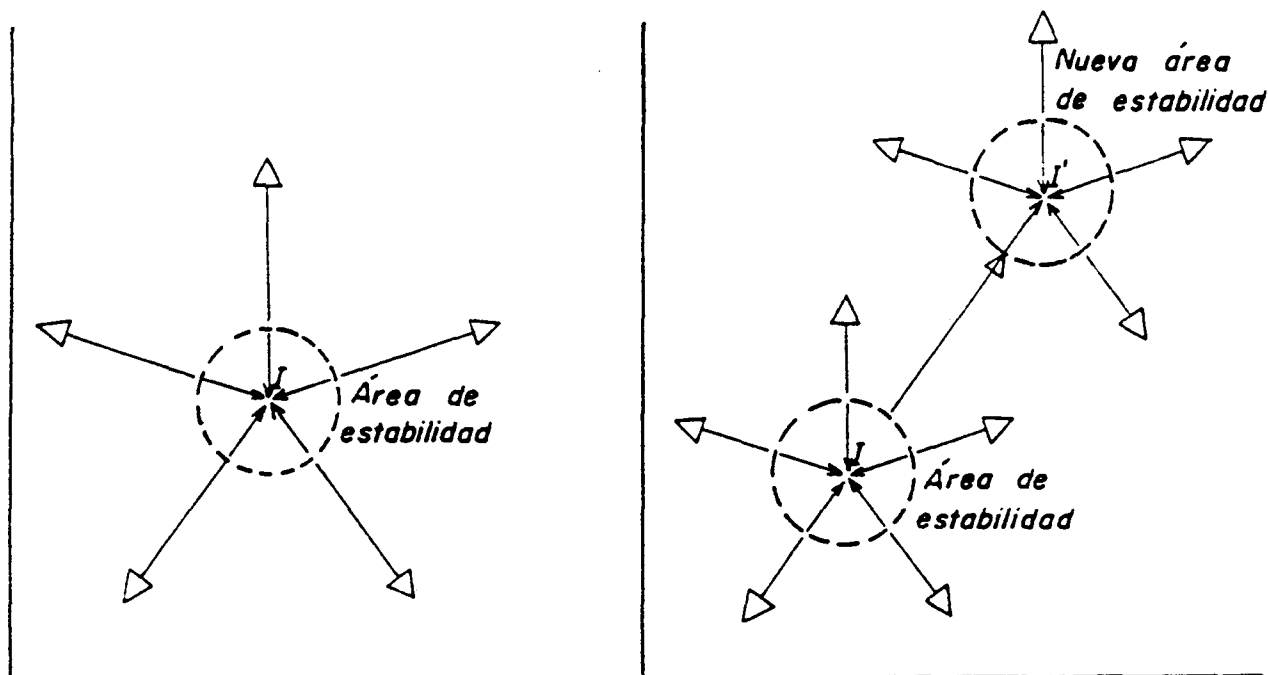


Figura 3. Dos condiciones diferentes de estabilidad en un ecosistema. Izquierda: ecosistema estable mientras la perturbación no lo saque de su punto de equilibrio I. Derecha: ecosistema que, desplazado por alguna perturbación de su área de estabilidad original, encuentra una nueva estabilidad alrededor del punto I' (Fuente: SARMIENTO, 1984).

Entropía o desorden. Sabemos que este proceso no ocurre en la Biosfera, tendiendo ésta a ordenarse con el paso del tiempo, proceso conocido como evolución en términos de especies y sucesión en términos de ecosistemas (MARGALEF, 1978). Esta aparente contradicción es explicable porque la Biosfera es únicamente un subsistema dentro de otro mayor, el Universo, que sí tiende a desordenarse con el paso del tiempo, fenómeno que lleva a su muerte térmica, en donde reinará una uniformidad absoluta, sin núcleos en los que se concentre la masa y energía y espacios vacíos entre ellos.

Para poder explicar en términos físicos como es posible que existan singularidades locales que inviertan la tendencia al aumento de Entropía, es necesario profundizar, aunque sea mínimamente, en la Termodinámica de sistemas alejados del equilibrio. Este sería el caso de un sistema atravesado por una flecha energética, como nuestra Biosfera, en donde quedan posibilitados fenómenos de estructuración, hecho también conocido como evolución localmente anti-entropica. En este marco, PRIGOGINE (1983) intentó establecer un mecanismo mediante el cual se produce la evolución del desorden al orden, basado en la necesidad de que existan inestabilidades que permitan que una determinada fluctuación impredecible se amplifique y el sistema evolucione hacia un nuevo equilibrio caracterizado por la falta de homogeneidad. Este tipo de inestabilidades sólo ocurren en sistemas alejados del equilibrio termodinámico.

A partir de una determinada fluctuación estocástica que ocurriera en una situación de equilibrio inestable, una lógica determinística llevaría al sistema hacia un estado más estable que el anterior. Estas formas de ordenación, denominadas *estructuras disipativas*, se manifiestan como una fluctuación amplificada y estabilizada por los mecanismos de interacción con el medio, y se mantienen porque están continuamente alimentadas por flujos de energía.

Estos fenómenos de autoorganización son exclusivos de sistemas atravesados por flechas energéticas, y aunque normalmente asimilados a biológicos, también se han detectado en algunos sistemas físicos y químicos. En ellos se procesa continuamente materia y energía, de modo que esa inyección separa al sistema de las condiciones de equilibrio termodinámico, creando otras condiciones en las que surgen las estructuras disipativas gracias a las cuales se incrementa de forma espontánea la diversidad y especialización en el seno del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- ARACIL, J., 1986. *Máquinas, sistemas y modelos. Un ensayo sobre sistémica*. Tecnos, Madrid.
- BERTALANFFY, L. von, 1979. *Perspectivas en la teoría general de sistemas. Estudios científico-filosóficos*. Alianza Universidad, Madrid.
- MARGALEF, R., 1978. *Perspectivas de la teoría ecológica*. Blume, Barcelona.
- PRIGOGINE, I., 1983. *¿Tan sólo una ilusión?* Tusquets, Barcelona.
- SARMIENTO, G., 1984. *Los ecosistemas y la ecosfera*. Blume Ecología, Barcelona.
- SUTTON, B. & HARMON, P., 1976. *Fundamentos de Ecología*. Limusa, México.

TEMA 3

Factores ecológicos, hábitat y dinámica de las poblaciones

Por Antonio Machado Carrillo (*)

1. FACTORES ECOLÓGICOS Y HÁBITAT

Entendemos por factor ecológico a todo elemento del medio susceptible de actuar directamente sobre los seres vivos, a nivel individual, poblacional o de comunidad.

Los hay de diferente tipo. Un breve repaso de las múltiples maneras de agruparlos resulta particularmente útil para comprender, al menos conceptualmente, las variadas circunstancias que pueden influir sobre los seres vivos. La clasificación que sigue no es exhaustiva, pero sirve para lo que se pretende.

- Por su origen: naturales o antrópicos cuando es el hombre el responsable de su presencia.
- Por su naturaleza: bióticos (seres vivos: depredación, parasitismo, competencia) y abióticos o físicos (luz, temperatura, humedad, salinidad, pH, etc.)
- Por su presencia: constantes, esporádicos, repetitivos, periódicos, etc.
- Por su dependencia de la densidad de población: el fotoperíodo actúa sobre una población independientemente de su densidad, mientras que el parasitismo, por ejemplo, depende del número de individuos y su proximidad.
- Por su efecto sobre la biología del individuo o dinámica de la población: limitantes y no limitantes.
- Factores de nutrición: cuando se contemplan bajo la óptica del nutrimento (sales minerales, etc.) o alimento (presas, hierba para los herbívoros, etc.)
- Factores climáticos: el clima es en realidad un agente ecológico más que un factor, pues combina a varios factores físicos tales como luz, humedad, calor, etc.)

Los seres vivos viven en determinado lugar o biotopo, que si es considerado como el conjunto de circunstancias que condicionan o posibilitan su vida, es definido como su hábitat (= el medio donde vive). Este es un concepto eminentemente autoecológico, pues solo se puede hablar de hábitat en función de alguien (individuo población o especie); por ejemplo: el charco es el hábitat de la larva del mosquito. Nótese que los autores anglosajones emplean el mismo término de hábitat para hacer referencia a «tipos de comunidades» en términos genéricos y así hablan de pinares, laurisilva, marismas, etc. Esta práctica se ha extendido también en el mundo hispanohablante y es necesario saber distinguir cuando nos referimos a uno u otro concepto.

2. ADAPTACIÓN GENÉTICA Y ACOMODACIÓN FISIOLÓGICA

Un mirlo cantando en lo alto de una valla es algo que puede describir un naturalista. Cuando nos preguntamos por qué canta el mirlo, entramos en la Ecología.

(*) EurBiol. Dr. en Biología: Experto en Ecología, medioambiente y conservación de la Naturaleza.

Una especie responde al medio o lo utiliza en función de determinada información que posee. La mayor parte de la información procede de sus genes. Es información que se ha incorporado a su genoma a lo largo del proceso que conocemos como Evolución. Lo correcto en estos casos es hablar de adaptación. El mirlo dispone de alas y está adaptado para el vuelo. Nosotros estamos adaptados a respirar aire porque poseemos pulmones y una fisiología predeterminada para funcionar con el oxígeno que contiene. Las especies están adaptadas al medio en que viven, y si no fuera así, simplemente, no estarían allí.

Si nuestro mirlo se ve sorprendido por una repentina incursión de aire frío («gota fría») es posible que no resista una bajada brusca de temperatura de 18 a 0°C. Sin embargo, si ese mismo mirlo vive en una localidad donde las temperaturas van bajando progresivamente a medida que se instala el invierno, lo veremos activo y sin mayor problema a los 0°C que antes fueron mortales. Su fisiología se ha ido acomodando paulatinamente a funcionar con temperaturas inferiores. Ha habido interacción entre información externa (temperatura que baja) e interna (fisiología) para permitir la supervivencia. Hablamos de aclimatación o acomodación fisiológica. Es incorrecto decir que el mirlo se ha adaptado a vivir a 0°C.

Cuando el mirlo atrapa a una polilla que descubre bajo una hoja se da una interacción depredador-presa en la que hay intercambio de información, pero no de forma simétrica. La polilla se destruye mientras que el mirlo adquiere más información, es decir, experiencia, que le permitirá ser más eficaz en la búsqueda y captura de futuras presas.

Resumiendo, los seres vivos actúan en función de la información que proviene de sus genes (adquirida a lo largo proceso evolutivo), que adquieren directamente en su relación con el medio, y de la combinación de ambas.

3. VALENCIA ECOLÓGICA Y ÓPTIMO VITAL

El medio rara vez es estable. Suele variar en su conjunto o, simplemente, en algunos de sus factores. Pensemos en la temperatura, por ejemplo, o en el contenido de potasio en el suelo, o las fluctuaciones de una presa respecto de un depredador. Tales factores pueden llegar a ser críticos tanto por defecto como por exceso. Cuando dichos factores varían en la naturaleza de modo que exceden los límites de tolerancia de la fisiología del individuo, entonces se dice que dicho factor es limitante. Y basta que uno de ellos se torne crítico para que toda la actividad del individuo se vea comprometida. Este principio se conoce como el Principio del Mínimo de Liebig (un químico agrícola) y no es sino una lectura más de un fenómeno bien conocido: que una cadena se rompe por la argolla más débil.

Teóricamente podría establecerse un esquema de tolerancia para cada factor ecológico (fig. 1) y analizar la amplitud del mismo: sus límites de tolerancia (máximo y mínimo, si es que se dan ambos) y el óptimo vital, es decir, aquel punto para cuyo valor la fisiología o actividad del individuo resulta más eficiente.

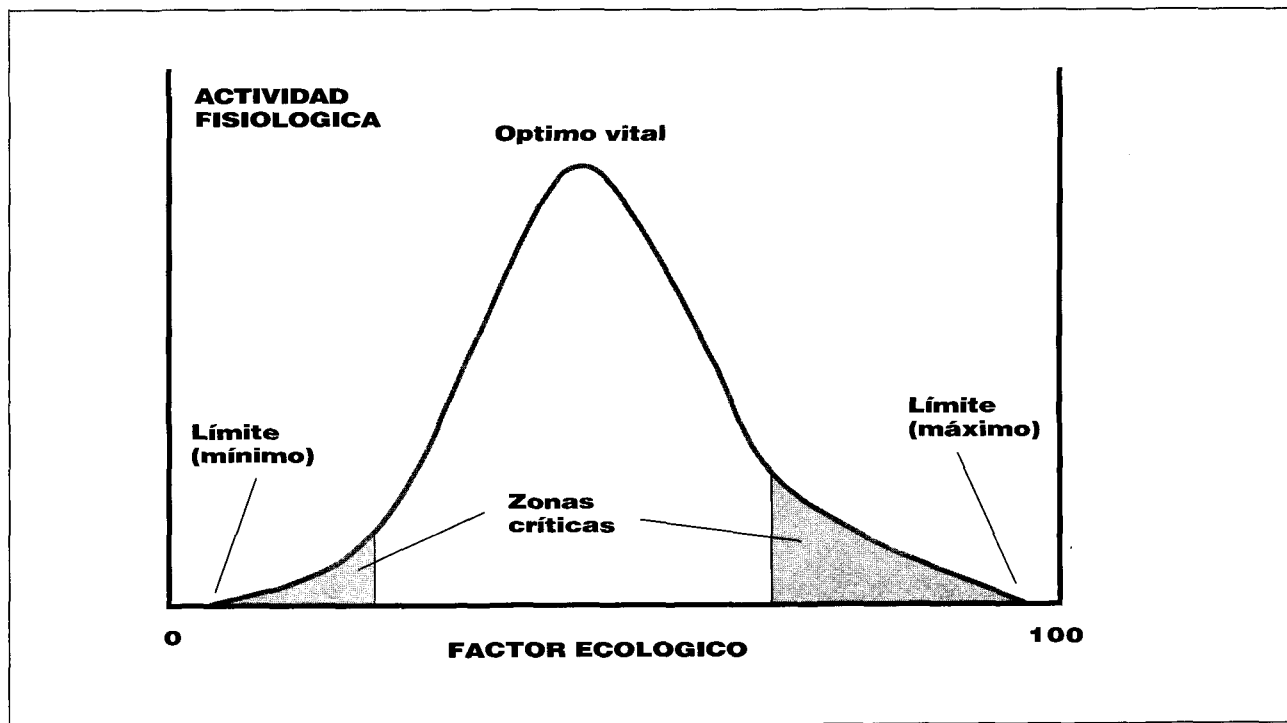


Figura 1.

La idea es válida, aunque la realidad no sea tan simple, pues unos factores influyen sobre otros. Así, el límite máximo de tolerancia térmica de muchos animales se reduce a medida que aumenta la humedad.

El individuo posee información que le permite responder o aprovechar los factores ecológicos. Esta capacidad, entendida globalmente y como un potencial, es lo que se ha dado en llamar «valencia ecológica», en analogía al concepto de valencia química. Se emplean el término eurioica para designar a las especies de amplia valencia ecológica, y el de estenoica, para cuando ésta es reducida. Muchos animales y plantas especialistas están adaptados a condiciones de vida muy concretas (levaduras de la cerveza, p.ej.), y son estenoicos. El prefijo euri- (amplio) y esteno- (estrecho) puede aplicarse a factores ecológicos determinados. Eurihalino (amplitud frente a la salinidad), estenofago (tipo de alimentación restringida), euritermo (temperatura), estenofótico (margen limitado de luz), etc.

Lo importante aquí es entender que para cada especie (y con lógicas variaciones para cada uno de sus individuos) existe un óptimo vital, al menos teóricamente, y que sería aquél donde mejor se desenvuelve. Los individuos tienden a buscar o a concentrarse alrededor de dicho óptimo, si está asequible. Por otra parte, también hay que comprender que la valencia ecológica de las especies puede ser mucho más amplia de la que es implicada en circunstancias concretas. Nuestro mirlo vive en un jardín pero aunque él no lo haga, su amplitud ecológica le permitiría vivir en el bosque o los campos de plataneras. De hecho, otros individuos de la misma especie lo corroboran al habitar estos ambientes. Pero a nivel de especie, puede ocurrir lo mismo. Especies que viven acantonadas en ciertos lugares y hábitats han demostrado tener mayor amplitud cuando han sido trasladadas a otros territorios, venciendo así la barrera que les impedía desarrollar su potencial vital en toda su amplitud.

4. POTENCIAL BIÓTICO Y RESISTENCIA DEL MEDIO

La vida puede ser interpretada en términos de pura Física y Química, pero con propiedades emergentes que le son propias. Nos gusta pensar que el poder expansivo de la vida es su peculiaridad más característica, y obviamente, sustentado en la Física y Química.

Sea cual sea el principio básico de la vida, el caso es que podemos atribuir un potencial biótico a cada especie, o a cada una de las poblaciones que la componen. Dicho potencial representaría la capacidad que tendría dicho tipo de vida (= especie) en expandirse (multiplicarse y ocupar espacio) si todos los factores ecológicos le fueran propicios y concurrentes sobre su óptimo vital. Es solo un concepto, pues en la práctica nunca se da. Una bacteria dividiéndose en dos mitades tardaría pocas horas en cubrir todo el planeta. Lógicamente hay factores de todo tipo que impiden que las poblaciones desarrollen todo su potencial biótico. De modo general, se puede hablar de una «resistencia del medio» que frena el crecimiento de la población y la hace oscilar alrededor de unos valores medios que se han dado en llamar «capacidad de carga». (en la figura 2, representada por la K). Por supuesto, en la realidad la capacidad de carga del medio nunca es constante.

Margalef escribió en cierta ocasión que la Ecología es una ciencia relativamente joven; padece muchos mitos, cuenta con algunas hipótesis, raramente teorías, pero es muy rica en conceptos. La mayoría de estos conceptos no son aplicables en la práctica, pero sirven para entender. En cualquier caso, tomen lo de capacidad de carga con las oportunas cautelas.

5. DINÁMICA DE LA POBLACIÓN

Las poblaciones las forman los individuos adultos de una especie, sus estadios juveniles y sus propágulos. El número de cada uno de estos componentes varía en el tiempo y a menudo de forma independiente o incluso en diferentes medios (i.e. el mosquito, en el agua como larva, en la tierra como majadero). Hay una fórmula conceptual que sirve para entender los procesos fundamentales que concurren en la dinámica de las poblaciones. Es la siguiente:

$$N = Ri (PB) - Re - (E-I)$$

N	número de individuos (o tasa de crecimiento)
PB	Potencial biótico
Ri	Resistencia intrínseca (fertilidad, factores de estrés, canibalismo, etc.)
Re	Resistencia extrínseca (predación, disponibilidad de alimento, temperatura, enfermedades, alelopatías, etc.)

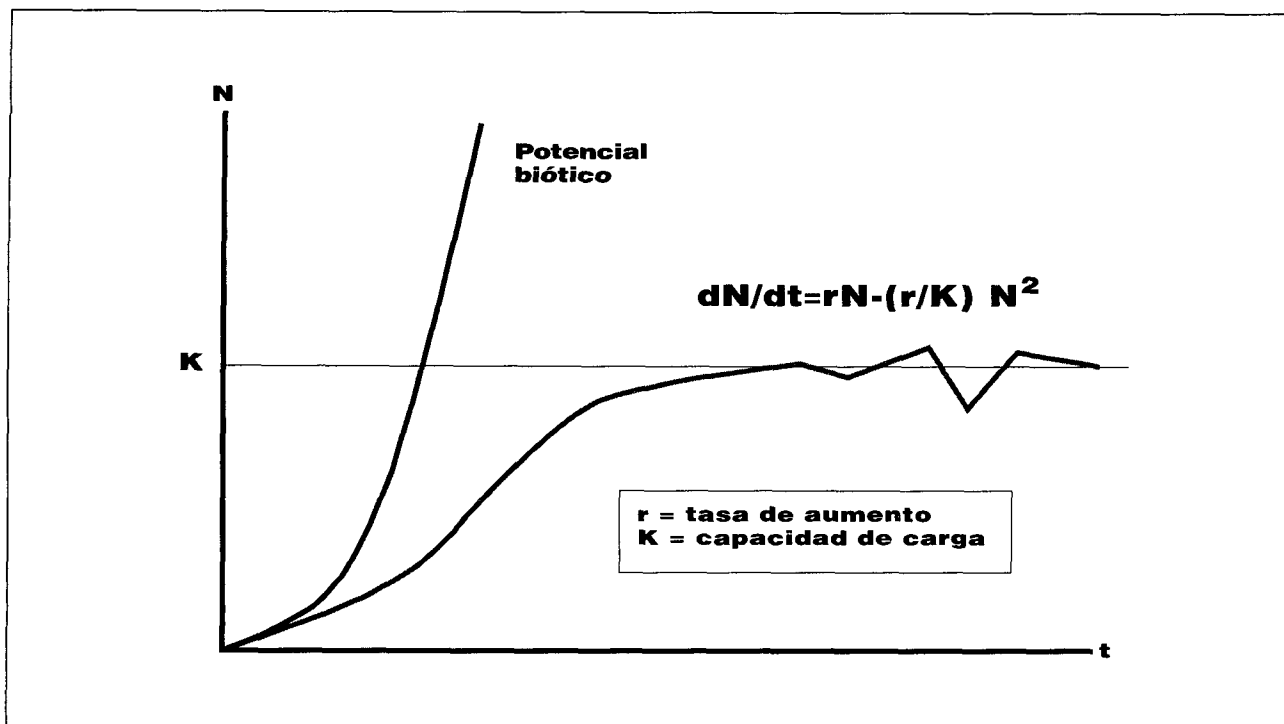


Figura 2.

E Emigración
I Inmigración

Esta expresión no tiene mayor utilidad que señalar las circunstancias que confluyen en la determinación del número de individuos (o crecimiento) de la población en un momento dado. Pero al no incorporar el componente espacial, no sirve para determinar la densidad, que tal vez sea el parámetro que más interesa en los casos reales. Básicamente expresa una fuerza que empuja (la vida) y una resistencia que la frena, a lo que se incorpora el input/output de propágulos e individuos excedentes, o los nuevos que arriban.

Meditando un rato sobre esta expresión, es fácil de inferir la complejidad de casos que pueden darse cuando los factores ecológicos que integran los parámetros de la expresión varían cada uno por su cuenta (o dependientemente en algunos casos). La naturaleza funciona así y las fluctuaciones de las poblaciones se ajustan muy poco a mecanismos reglados, aunque existan procesos de retroalimentación negativa que tienden a tamponar los grandes cambios. Sirva de ejemplo la reabsorción fetal en conejos cuando aumenta la densidad de individuos.

Las fluctuaciones, a pesar de la concurrencia de estos mecanismos de retroalimentación estabilizantes, tienden a mostrar patrones caóticos (fig. 2), aunque en Ecología sigue prevaleciendo la idea de modelos de equilibrio. La colección de fórmulas que incluyen los libros de texto y que intentan reflejar la dinámica de poblaciones en diferentes situaciones, incluidas la de depredador – presa o con competencia o parásitos, reflejan casos extremadamente simples que no se dan en la realidad (salvo en experimentos de laboratorio controlados). Pueden tener utilidad didáctica, pero no para expresar lo que ocurre en la naturaleza ni predecir nada.

6. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES

El componente espacial antes aludido es de primordial importancia, pues al igual que los factores ecológicos no se distribuyen uniformemente en el tiempo, tampoco lo hacen en el espacio. Consecuentemente, las especies no se distribuyen de manera uniforme, aunque en tal fenómeno intervengan otros factores no estrictamente ecológicos. Una especie o individuo concreto ocupa determinado lugar si se han cumplido al menos cuatro condiciones fundamentales:

- Que haya podido acceder a dicho lugar
- Que dicho lugar no estuviera ya ocupado o saturado

- Que los factores ecológicos limitantes le sean favorables (luz, temperatura, sustrato, agua, alimento, etc.). Recordar el concepto de óptimo vital, zona crítica y la no apta (actividad nula o de exclusión).
- Que haya sobrevivido; es decir, que no haya sido desplazado o eliminado. Debe resistir a la competencia, escapar a los depredadores o herbívoros según el caso, superar los cuellos de botella de la naturaleza (invierno, sequías, fuegos), etc.

Consideremos el primer punto. La expansión de las especies depende de que sus individuos puedan acceder a lugares por ella no ocupados. Esto depende por un lado, de la capacidad de dispersión de la especie, que está en función del número de propágulos que emiten sus individuos reproductores y el mecanismo dispersor que emplean. Las hay que se dispersan activamente (las aves vuelan, los animales caminan, los peces nadan) o pasivamente, arrastrados por el aire, agua o aprovechando a otras especies (semillas en el tracto intestinal de aves, por ejemplo). Por otra parte, influyen los vectores de dispersión, es decir, el sentido de las corrientes marinas, el flujo del aire, la rutas de los animales dispersores, etc. Y además están las barreras ecológicas (p.ej. zonas climáticas no aptas) y las geográficas (brazos de mar, montañas, islas, etc.) que impiden o favorecen la dispersión, y cuya disposición ha cambiado considerablemente a lo largo de la historia del planeta (tectónica de placas, cambios climáticos, etc.). Quede claro, pues, que la distribución de una especie depende no solo de los factores ecológicos, sino también de las circunstancias geográficas e históricas y el modo en que se conjugan.

7. LA COMUNIDAD

Hasta ahora hemos centrado la atención en un individuo, población o especie. Sin embargo, un espacio dado suele estar ocupado por muchas especies diferentes. A este conjunto de individuos de múltiples especies que comparten un medio o lugar concreto se le denomina comunidad.

Estas especies cohabitan y comparten dicho lugar o medio, porque las circunstancias posibilitaron y posibilitan su presencia y pervivencia, respectivamente. Es cierto que la presencia de unas especies (dan sombra, son presa, polinizan, etc.) facilitan el ulterior asentamiento de otras, y que en ciertos casos de alta complejidad, unas especies están muy estrictamente vinculadas a otras e incluso implican la cohabitación (polinizadores específicos, parásitos, hospedadores obligados, endosimbiontes, etc.). Pero con la salvedad de estos casos extremos fruto de la coevolución (implican a pocas especies), la composición general de las comunidades es consecuencia de la mera coincidencia de un número dado especies que se asentaron allí porque pudieron. Cuando en tal superposición domina fisionómicamente una especie (pino, p.e.) o una forma general (herbácea, p. e.) el hombre tiende a reconocer tal circunstancia y la tipifica aplicándole un nombre: pastizal, bosque, palmeral, tundra, etc.

Queremos resaltar que, a nuestro entender, las comunidades no tienen entidad propia. Son los individuos de diferentes especies los que coinciden en determinado lugar debido a las circunstancias ecológicas, geográficas e históricas que venimos comentando. Es lícito llamar comunidad al conjunto de individuos resultantes de dicha coincidencia en un sitio concreto y que puede estar mejor o peor delimitado (un lago, o un tramo de ladera, una roca en el fondo marino, etc.). Obviamente, se puede abordar su estudio en términos descriptivos (composición, biomasa, interrelaciones tróficas que se dan, etc.).

Nos parece impropio, sin embargo, concebir la comunidad como una estructura propia y replicable; una entidad formada por especies vinculadas entre sí por alguna misteriosa relación y apta de ser tipificada en base a criterios como el de fidelidad o especies típicas. La Fitosociología, por ejemplo, ha aportado métodos descriptivos muy útiles, pero ha generado una liturgia particular, la Sintaxonomía (asociaciones, clases, etc.) fundada en esta concepción, y que se nos antoja falta de fundamento y sobrada de parafernalia. La comunidad es fruto de coincidencias, no del asociacionismo de sus asociados. No obstante, hemos de advertir honestamente que hay muchos autores que no piensan de esta manera.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREWARTHA, H.G., 1973. *Introducción al estudio de poblaciones animales*.— in: Exedra. Sección V. Biología, 19 (ed. E. Ortiz de la Vega).— Editorial Alhambra, Madrid. 332 pp. *Contenido*: Divide el ambiente en cuatro componentes principales: clima, alimento, otros animales y lugar para vivir. Capítulos sobre densidad y dispersión. Aspectos conceptuales. Capítulo metodológico. Consejos interesantes (cap.1) de como escribir en Ecología. Útil.

- BELL, S., McCOY, E.D. & MUSHINSKY, H.R. (eds), 1994. *Habitat structure. The physical arrangement of objects in space.*— Chapman & Hall, London. 438 pp. *Contenido:* Enfoque particular de cosas conocidas: 1 Patrones (incl. geometría fractal, con ejemplos).- 2 Respuestas: colonización, sucesión y uso de recursos (con ejemplos de grupos concretos).- 3. Respuestas: predación, parasitismo y perturbaciones.- 4. Aplicaciones (diseño de reservas, arrecifes artificiales, etc.).
- COLINVAUX, P.A., 1973. *Introduction to Ecology.*— John Wiley & Sons, Inc., New York. 621 pp. *Contenido:* Enfoque biologicista y evolutivo; profundo, directo y muy crítico. Trata aspectos biogeográficos y evolutivos. Muy crítico con los mitos clásicos (sociedades de plantas, clímax, pisos de vegetación, equilibrios, sucesión finalista, etc.). También trata el enfoque ecológico de la contaminación. Respuestas del hombre al estrés. Un libro admirable.
- PHILLIPS, J. G. (ed.), 1976. *Fisiología ecológica.*— H. Blume Ediciones, Madrid. 248 pp. *Contenido:* Autoecología. 1. Relaciones básicas con el medio ambiente (inc. célula y medio interno).- 2. Adaptaciones de las superficies de contacto entre el organismo y el medio ambiente.- 3. Interacciones específicas entre organismos y medio ambiente (incl. bióticas). Útil y recomendable. No contempla los vegetales.

TEMA 4

Flujos de energía y ciclos de materia en los ecosistemas

Por José María Fernández-Palacios (*)

INTRODUCCIÓN

La *Biosfera*, aquella parte del Planeta en la que se desarrolla la vida, está constituida por toda la hidrosfera, la capa más superficial de la litosfera y la capa de la atmósfera más próxima a La Tierra. La Biosfera retiene durante algún tiempo parte de la energía solar que incide sobre La Tierra, antes de que ésta se disipe de una manera irreversible hacia el espacio exterior. Esta energía se degrada progresivamente a su paso por la Biosfera hacia formas cada vez menos densas hasta perderse en forma de calor. Es por ello por lo que hablamos de *flujo energético*.

Este flujo de energía crea por acoplamiento una serie de *ciclos de materiales*, generalmente en forma de iones disueltos en el agua, que propician el que las especies constituyentes de los ecosistemas dispongan de los elementos necesarios para la construcción de sus estructuras vitales. Aun cuando a escala de tiempo humana estos materiales suelen perderse de forma irreversible a través de los lavados de los continentes hacia el mar, formando parte de los sedimentos submarinos, a escala geológica (millones de años) estos nutrientes son recuperados a través de fenómenos volcánicos u orogénicos, por lo que parece más adecuado hablar de ciclos en vez de flujos de materia, ya que no se sufren pérdidas irreversibles, como sí ocurre con la energía. Los recorridos que siguen los diferentes nutrientes en el seno de los ecosistemas con sus constantes transferencias de los seres vivos al medio y viceversa, así como sus entradas y salidas del sistema general, son conocidos como *ciclos biogeoquímicos*.

1. FLUJO ENERGÉTICO

La energía solar posibilita el desarrollo de la vida de dos formas diferentes. Por un lado, a través de lo que denominamos *energía extrametabólica* o de apoyo, que consiste básicamente en la energía solar de onda larga inutilizable para la fotosíntesis, que supone aproximadamente un 49 por ciento del total que se recibe, que mantiene unos determinados rangos de temperatura y humedad en el Planeta. Esta energía de apoyo, crea, debido a la inclinación del eje de rotación de La Tierra sobre el plano de la elíptica solar, los gradientes de temperatura adecuados para provocar los movimientos de las capas fluidas, que en su intento por equilibrar el balance térmico del Planeta, generan, en forma de gradientes latitudinales, las condiciones idóneas de temperatura y humedad para que se desarrolle la vida.

(*) Dr. en Farmacia. Profesor Titular del Dpto. de Ecología, Facultad de Biología de la Universidad de La Laguna.

Una segunda fracción cuantitativamente mucho menos importante, con longitudes de onda dentro de lo que denominamos como espectro visible, está constituida por la *energía metabólica*, que entra en los ecosistemas a través de la *fotosíntesis*. Mediante la fotosíntesis se fija aproximadamente un 1 por ciento de la cantidad total de energía lumínica que llega a La Tierra, que supone cerca del 42 por ciento del total que llega del Sol. La fotosíntesis consiste en una reacción fotoquímica mediante la cual determinados organismos vivos (fitoplancton, algas, cianofíceas y plantas superiores) son capaces de transformar la energía lumínica en energía química. Ello es posible ya que estos organismos poseen una serie de pigmentos capaces de absorber fotones de una longitud de onda determinada y retener esa energía antes de liberarla, gracias a la excitación de algunos electrones que saltan a orbitales de mayor energía, volviendo a sus orbitales originales al cabo de unos pocos milisegundos y liberando de nuevo un fotón. Ello va a posibilitar la transformación de energía lumínica de alto contenido energético en energía química que se almacena en forma de enlaces en la materia orgánica, según la ecuación general:



La velocidad de producción de esta materia orgánica va a ser controlada por una serie de factores ambientales, como la disponibilidad de luz, carbono, oxígeno, agua y nutrientes, además de la temperatura, definiendo en conjunto, la capacidad de carga o máximo de biomasa que es posible sostener, en un lugar determinado. Esta fracción de energía es la que posibilita la vida tal como la entendemos.

La figura 1 ilustra el funcionamiento de un ecosistema elemental. La energía entra en el ecosistema a través de los organismos fotosintetizadores (plantas y bacterias en los ecosistemas terrestres por fitoplancton y

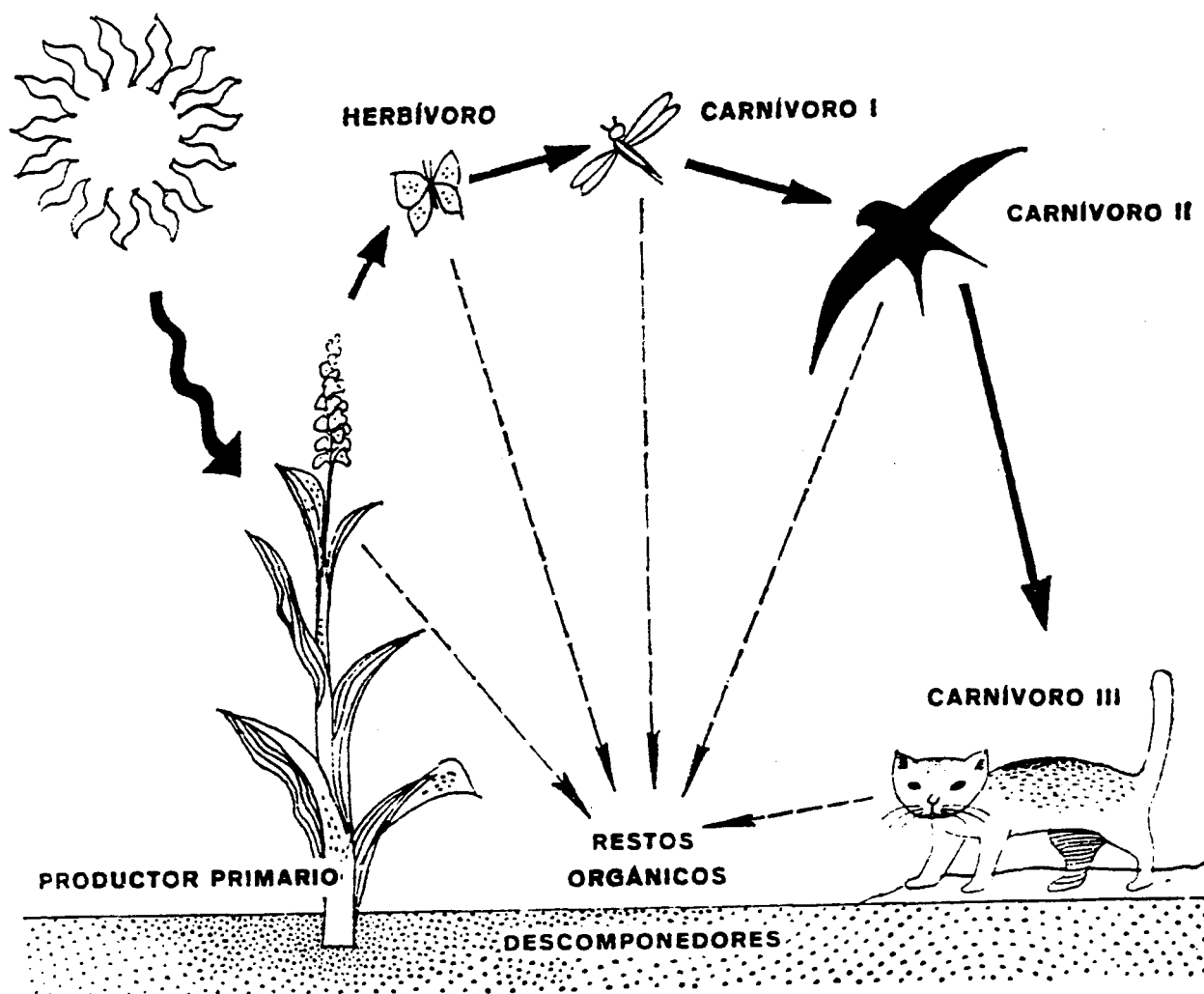


Figura 1. Ejemplo elemental de cadena trófica (Fuente: TERRADAS, 1971).

algas en los marinos), también llamados *productores*. Éstos la utilizan para sostener su metabolismo, de forma que una parte de la cantidad asimilada es a su vez respirada, liberándose energía de onda larga en forma de calor. Evolutivamente, tras la aparición de los primeros organismos productores surgieron seres capaces de aprovechar el excedente energético que aquellos almacenaban en sus cuerpos para subsistir. Habían nacido los *consumidores primarios o herbívoros*. Asimismo, surgieron otros capaces de alimentarse del excedente energético que estos herbívoros almacenaban en sus cuerpos, los *consumidores secundarios o carnívoros*, y así sucesivamente. Finalmente, los excrementos, restos y cadáveres de todos los organismos son pasto de los *descomponedores*, cuya misión es oxidar progresivamente las largas cadenas orgánicas, con el fin de devolver el carbono en forma de CO_2 al medio, para que pueda volver a utilizarse en la fotosíntesis. Este proceso, inverso a la fotosíntesis y denominado *respiración*, es utilizado por los organismos consumidores y descomponedores para extraer la energía existente en las grandes cadenas orgánicas. Con este propósito requieren de oxígeno como medio para oxidar progresivamente la materia orgánica. Por último, este nivel se complementa con los organismos *mineralizadores*, que oxidan los diferentes nutrientes inorgánicos contenidos en la materia orgánica hasta dejarlos en forma de iones solubles en agua y en disposición de volver a ser tomados por las raíces de las plantas.

De esta forma, los diferentes organismos que integran los ecosistemas quedan ligados por unas relaciones alimenticias que dan lugar a la existencia de *pirámides tróficas* en el seno de los mismos, repitiéndose sucesivamente el bucle ingestión-asimilación-respiración-almacenamiento de excedentes a lo largo de la pirámide trófica del ecosistema. Estos procesos de transferencia energética son muy poco eficientes, quedando fijada en el siguiente nivel sólo aproximadamente una décima parte de la energía disponible en el nivel anterior. Las transferencias más importantes unen, por un lado, a las plantas con los herbívoros y a éstos con los carnívoros, lo que constituye la *cadena del pasto*, y por otro, a plantas y animales con los detritívoros y a éstos con los carnívoros, lo que constituye la *cadena del detritus*. Generalmente, estas cadenas no son lineales sino que se complican debido a los diferentes niveles tróficos o dietas que pueden poseer los organismos, hablándose entonces con más propiedad de *redes tróficas*.

La biomasa que puede ser sustentada por una corriente constante de energía en una cadena de alimentos depende en una parte considerable del tamaño de los organismos individuales. Cuanto más pequeños sean éstos, tanto menor será la biomasa que pueda ser sostenida en un particular nivel trófico del ecosistema. Inversamente, cuanto mayor sea el organismo, tanto mayor será la biomasa sostenible. El *metabolismo* por gramo de biomasa de los microorganismos, así como de las plantas y animales pequeños (bacterias, algas, protozoos, etc) es inmensamente mayor que la velocidad metabólica de organismos mayores (árboles o vertebrados), tanto en lo referente a la fotosíntesis como a la respiración. De tal forma que en muchas ocasiones las partes metabólicamente más importantes de una comunidad no son los grandes organismos que se observan, sino los numerosos organismos diminutos, que aunque suponen una biomasa menor que los anteriores, poseen una tasa de renovación mucho mayor, disipando mucha más energía.

2. PARÁMETROS TRÓFICOS

Existen una serie de parámetros tróficos (Tabla 1) que nos ayudan a describir y comprender los fenómenos que ocurren en el seno de los ecosistemas. En primer lugar definiremos como *biomasa* al peso seco de la materia orgánica viva (bien sea vegetal, animal o relativa a microorganismos) o muerta (necromasa) que existe por superficie en un ecosistema determinado. Esta biomasa se dispone dentro de los ecosistemas en diferentes compartimentos. La biomasa vegetal o *fitomasa* puede subdividirse en asimiladora, que engloba las partes verdes de las plantas (hojas y, a veces, tallos) en donde tiene lugar la fotosíntesis, y no asimiladora, integrada básicamente por órganos de sostén (aéreos como los troncos y las ramas y subterráneos como las raíces) y de reproducción (flores, frutos, semillas, etc). La biomasa animal o *zoomasa* puede ser asimismo aérea o subterránea (edafofauna, que incluiría también la biomasa de los organismos descomponedores y mineralizadores). Por su parte, la *necromasa* se encuentra fundamentalmente en forma de madera muerta en pie, mantillo (ramas y hojas depositadas sobre el suelo) y finalmente, en forma de complejos órgano-minerales de difícil descomposición denominados humus. Por último, la *mineralomasa* hace referencia a la cantidad de nutrientes almacenada por unidad de superficie.

TABLA 1
Parámetros tróficos

<i>Biomasa</i> : Cantidad (expresada en peso seco) de materia orgánica por unidad de superficie.
<i>Producción primaria</i> : Conversión de energía lumínica en energía química a nivel de los productores.
<i>Producción secundaria</i> : Conversión de energía química en energía química a nivel de los consumidores.
<i>Productividad</i> : Producción / Biomasa.
<i>Producción primaria bruta</i> (PPB): Fotosíntesis total o cantidad total de energía lumínica transformada en energía química por unidad de superficie y tiempo.
<i>Respiración de los autótrofos</i> (RA): Fracción de la fotosíntesis total que utilizan los autótrofos para sostener su metabolismo.
<i>Producción primaria neta</i> (PPN): Cantidad de materia orgánica vegetal que, una vez restada la fracción consumida por los autótrofos (RA), permanece a disposición de los heterótrofos.
$PPN = PPB - RA$
<i>Respiración de los heterótrofos</i> (RH): Fracción de la PPN consumida por los heterótrofos para sostener su metabolismo.
<i>Producción neta del ecosistema</i> (PNE): Excedente energético no consumido por autótrofos ni heterótrofos que se acumula en el ecosistema incrementado su biomasa con el tiempo.
$PNE = PPN - RH = PPB - (RA + RH)$
<i>Respiración del ecosistema</i> (RE): Suma de las respiraciones de los autótrofos y heterótrofos.
$RE = RA + RH; \quad PNE = PPB - RE$
<i>Descomposición</i> (D): Velocidad de transformación de la materia orgánica en CO ₂ y minerales por unidad de superficie y tiempo.

Fuente: elaboración propia

La cantidad total de energía lumínica que los productores son capaces de transformar en energía química por unidad de superficie y tiempo se denomina *producción primaria bruta* (PPB) o fotosíntesis total. Cuando a dicha cantidad se le resta la fracción utilizada por los propios productores en sostener su metabolismo, proceso denominado *respiración de los autótrofos o productores* (RA), nos queda la cantidad de energía química que permanece disponible en forma de tejido vegetal para los herbívoros, denominada *producción primaria neta* (PPN). Finalmente, cuando a la PPN se le resta el consumo de los herbívoros, llamado *respiración de los heterótrofos o consumidores* (RH) nos queda la *producción neta del ecosistema* (PNE).

La biomasa se expresa como cantidad de peso seco o de energía contenida en la materia orgánica que existe por unidad de superficie, mientras que la producción hará referencia a cantidad de peso seco o contenido energético de la materia orgánica que ha sido sintetizada por unidad de superficie y de tiempo (Tabla 2). El contenido calórico de una fracción de biomasa de un determinado organismo se puede calcular utilizando una bomba calorimétrica, aparato que evalúa la energía liberada por dicha fracción de biomasa en su combustión, existiendo en la actualidad tablas en las que se ofrece el valor energético de los diversos tejidos animales y vegetales (LARCHER, 1980). El propósito de utilizar el peso seco de la materia orgánica y no el fresco, estriba en no sobreestimar la biomasa de aquellos organismos en los que su estrategia de supervivencia esté basada en la retención de agua en sus tejidos. Este podría ser el caso de las plantas suculentas que combaten el intenso estrés hídrico del medio en el que se desarrollan almacenando en sus tejidos el agua que cae en las escasas precipitaciones anuales antes de que se evapore del terreno, lo que les lleva a poseer más de un 90 por ciento de agua en su peso fresco, cifra claramente superior al 50 por ciento habitual del resto de los vegetales.

TABLA 2
Unidades de medida de la biomasa y la producción

	Peso seco	Contenido energético
<i>Biomasa</i>	g/m ² , kg/m ² , t/ha	kcal/m ² , kJ/m ²
<i>Producción</i>	g/m ² año, t/ha año g Carbono/m ² año	kcal/m ² año, kJ/m ² año
<i>Conversiones:</i>	1 g/m ² = 0.01 t/ha = 0.45 g Carbono/m ² = 4.5 kcal/m ² = 18.83 kJ/m ²	

Fuente: elaboración propia.

La evolución de estos parámetros a lo largo de la sucesión ecológica (Fig. 2), proceso mediante el cual un ecosistema recupera su estado inicial tras haber sido destruido total o parcialmente, nos ilustra acerca del funcionamiento de los ecosistemas. Tanto la biomasa como la PPB aumentan sus valores hasta estabilizarse en la madurez, cuando se alcanza la *capacidad de carga* del ecosistema. Dicha capacidad de carga o máximo de biomasa o producción que admite un ecosistema va a depender de la disponibilidad que exista en ese lugar de los factores que intervienen en la producción (luz, CO_2 , agua, calor o nutrientes), de tal forma que aquel factor que se encuentre en proporciones más pequeñas será el *factor limitante* y determinará la cantidad y calidad de vida que un determinado ecosistema pueda albergar en su seno. Salvo en aquellas partes del Planeta sometidas a condiciones climatológicas extremas (desiertos, alta montaña o casquetes polares) en la mayor parte del globo la disponibilidad de los nutrientes necesarios para construir las cadenas orgánicas, suele constituir el factor limitante de la producción. En este sentido, la disponibilidad de elementos como el nitrógeno y el fósforo, esenciales en la síntesis de proteínas, es considerada, debido a su escasez, como el eslabón débil de la cadena de la vida (MARGALEF, 1981).

Por su parte, la PPN crece hasta alcanzar un máximo en algún momento de la sucesión, para decrecer y estabilizarse en la madurez. La disminución de la PPN se debe al progresivo desarrollo de los troncos y raíces de las plantas a medida que nos acercamos a las etapas maduras, debido a la competencia aérea (por la luz) y subterránea (por agua y nutrientes) que se establece entre ellas. El mantenimiento de estos órganos no fotosintéticos incrementa la RA y, consecuentemente, la PPN disminuye hacia la madurez. La fracción de la PPB consumida por la vegetación puede ser muy baja en biomas como la estepa en donde la vegetación sólo adquiere un porte herbáceo, o superar el 80 por ciento en los bosques tropicales. Finalmente, cuando la RH iguala la PPN, el ecosistema alcanza su madurez, de forma que toda la materia orgánica y oxígeno que se produce se consume en su seno, hablándose entonces de *ecosistemas maduros*. Por lo tanto, un ecosistema llega a la madurez cuando su PNE se anula, es decir, cuando su biomasa se estabiliza con el tiempo.

Aquellos ecosistemas que no han alcanzado la madurez, denominados *ecosistemas inmaduros*, bien por no haber transcurrido el tiempo necesario para que ésta pueda ser alcanzada, o por haber sido sometidos a perturbaciones, se caracterizan por su inestabilidad con el tiempo. En ellos el consumo de los herbívoros no alcanza la producción vegetal, por lo que la PNE es superior a cero. Este excedente de energía es invertido para crecer en biomasa y para crear nuevos recursos espaciales, temporales o alimenticios que habrán de ser explotados por las nuevas especies que se incorporen al proceso de la sucesión ecológica.

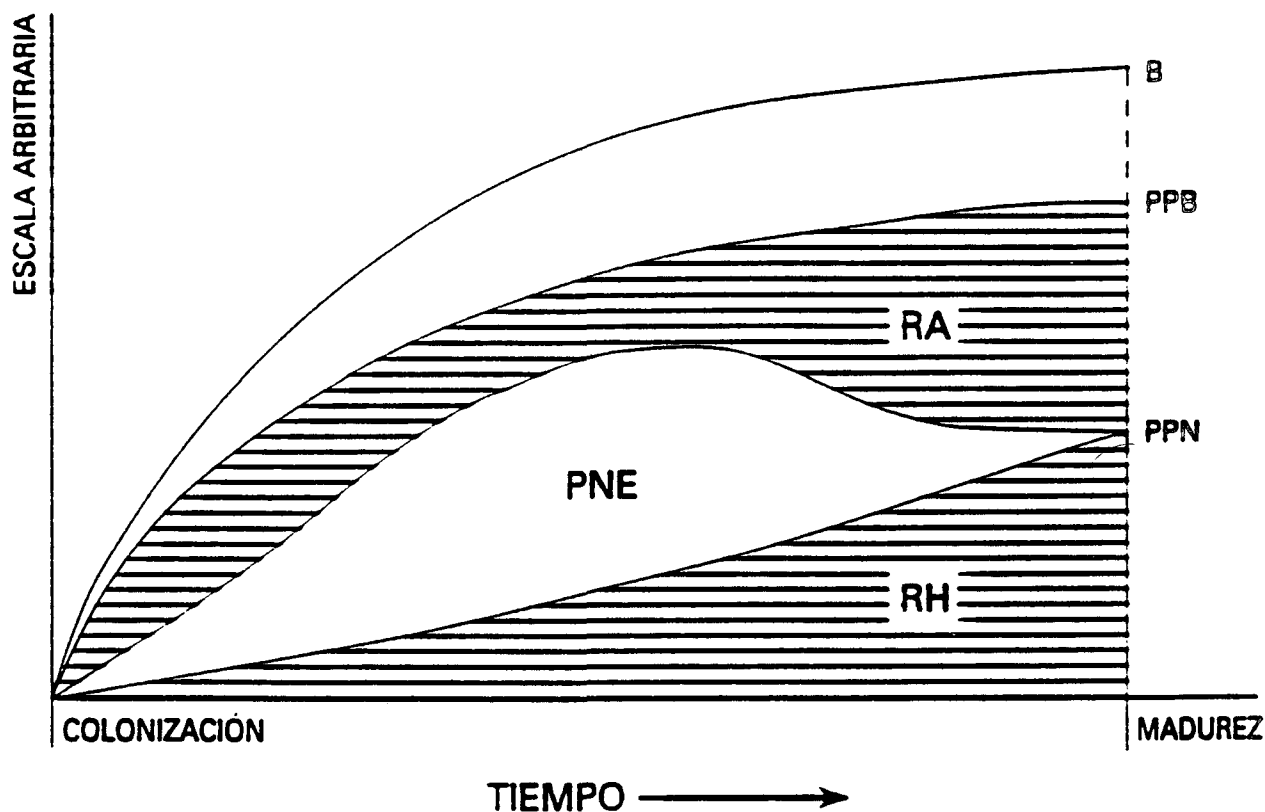


Figura 2. Evolución de los parámetros tróficos a lo largo de la sucesión ecológica (Fuente: AGUILERA *et al.*, 1984).

3. CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Los nutrientes inorgánicos necesarios para el desarrollo de la vida (Tabla 3), describen unas trayectorias características en el seno de los ecosistemas, con sus trasiegos continuos de los seres vivos al medio ambiente y viceversa, conocidas como *ciclos locales*. Si además se atiende a su entrada en los ecosistemas, generalmente procedentes de la erosión de la roca madre, a sus lavados de los continentes, a sus acumulaciones en los sedimentos marinos, o a sus afloramientos, se habla entonces de *ciclos generales*. Estos nutrientes pueden desarrollar alguna de sus fases como elementos volátiles en la atmósfera, en cuyo caso ésta actuará como válvula de escape (como ocurre con el oxígeno, nitrógeno y, en parte, el azufre), hablándose entonces de *ciclos gaseosos*; o bien no desarrollar ninguna fase volátil (como ocurre con el fósforo, o cationes biógenos como el potasio o calcio) que quedan sometidos a los peligros de los lixiviados, hablándose entonces de *ciclos sedimentarios* (SARMIENTO, 1984).

TABLA 3
Elementos químicos esenciales en plantas y animales

Elemento	Funciones
Boro (B)	Esencial en algunos vegetales. Función poco conocida.
Flúor (F)	Factor de crecimiento en mamíferos.
Sodio (Na)	Principal catión de animales.
Magnesio (Mg)	Participa en la constitución de enzimas y clorofila.
Silicio (Si)	Estructura de diatomeas. Esencial en aves.
Fósforo (P)	Esencial en la síntesis bioquímica y transferencia energética.
Azufre (S)	Participa en la composición de proteínas y otros compuestos.
Cloro (Cl)	Principal anión en animales.
Potasio (K)	Principal catión celular en animales y plantas.
Calcio (Ca)	Componente de huesos, paredes celulares y enzimas.
Vanadio (V)	Esencial en plantas inferiores y en mamíferos.
Cromo (Cr)	Esencial en los animales superiores.
Manganeso (Mn)	Participa en la composición de diferentes enzimas.
Hierro (Fe)	Esencial para la hemoglobina y otros enzimas.
Cobalto (Co)	Necesario para varios enzimas y Vitamina B.
Níquel (Ni)	Aún no es seguro que sea esencial.
Cobre (Cu)	Constituyente de varios enzimas.
Zinc (Zn)	Constituyente de varios enzimas.
Selenio (Se)	Esencial en funciones hepáticas en algunos animales superiores.
Molibdeno (Mo)	Necesario para la actividad de varios enzimas.
Estaño (Sn)	Esencial en mamíferos. Función poco conocida.
Yodo (I)	Constituyente esencial de hormonas.

Fuente: SARMIENTO (1984).

Algunos de estos nutrientes son necesarios en proporciones importantes, los *macroelementos*, mientras que otros apenas son necesarios en concentraciones muy bajas, los *oligoelementos*. En general, en los ecosistemas terrestres los nutrientes más escasos, y por ello limitantes de la producción, van a ser el nitrógeno y el fósforo. Aun cuando los nitratos suelen encontrarse en concentraciones algo superiores en el medio que los fosfatos, la vida requiere una cantidad de nitratos diez veces mayor que de fosfatos, por lo que muchas veces van a ser éstos los limitantes.

Generalmente en forma de iones en medio acuoso, estos nutrientes suelen incorporarse a la comunidad a través de las raíces de los vegetales, desde donde son reubicados hacia las ramas y hojas. Desde aquí son transferidos mediante el consumo foliar a los herbívoros y de éstos a los carnívoros. Los nutrientes contenidos en estos organismos son liberados por la actuación de los descomponedores sobre los desechos y cadáveres. Finalmente, los mineralizadores oxidan estos nutrientes hasta llevarlos al estado químico en que puedan ser absorbidos de nuevo por las raíces de las plantas. A modo de ejemplo, vamos a intentar ilustrar el funcionamiento de un ciclo biogeoquímico con el caso del ciclo del nitrógeno (DUVIGNEAUD, 1978), que pese a su complejidad funciona muy bien (Fig. 3).

3.1. Ciclo del nitrógeno

El aire, con aproximadamente un 79 por ciento de N₂ es la gran reserva y válvula de seguridad del sistema. Existen dos formas naturales de incorporar este nitrógeno atmosférico al suelo. Por un lado, la *fijación*

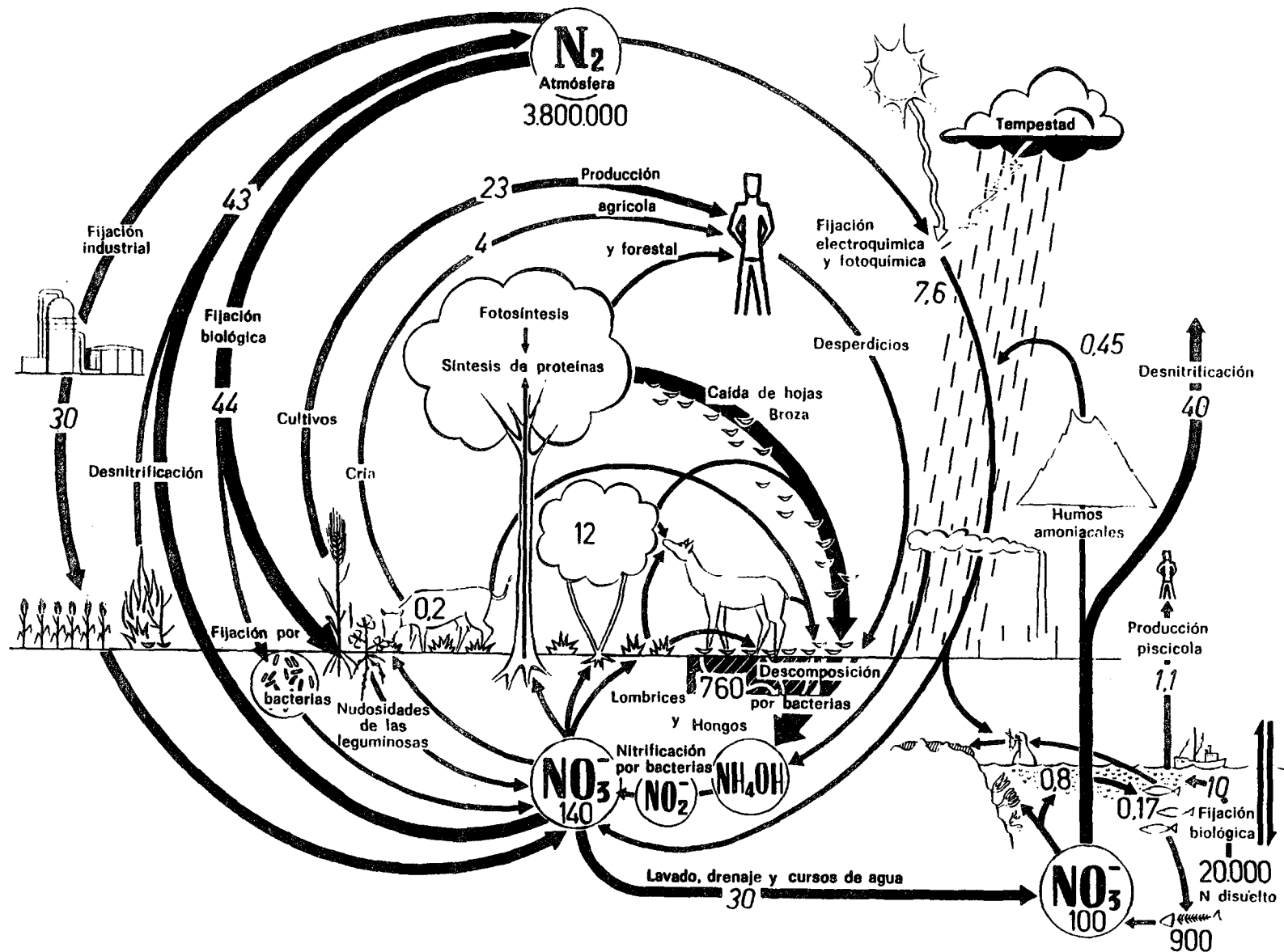


Figura 3. Esquema del ciclo del nitrógeno en la Biosfera. Cantidades totales (normales) y flujos anuales (cursiva) en millones de toneladas (Fuente: DUVIGNEAUD, 1978).

electroquímica, basada en las descargas eléctricas que se producen durante las tormentas que sintetizan óxidos de nitrógeno (NO_x) a partir de O_2 y N_2 , siendo depositados por la lluvia. Por otro lado, las mayores cantidades penetran en los ecosistemas gracias a la *fijación biológica*, que consiste en la actuación de microorganismos fijadores de nitrógeno, que suelen ser bacterias capaces de formar prótidos a partir del nitrógeno atmosférico. Estos microorganismos pueden actuar libremente en aerobiosis (como *Azotobacter*) o anaerobiosis (como *Clostridium*), o bien de forma simbiótica asociados a los nódulos de las raíces de ciertas especies vegetales como las leguminosas (*Rhizobium*) o las myricáceas, que asimilan enormes cantidades de nitrógeno atmosférico en presencia de molibdeno, y tal vez cobalto, como catalizadores. Por último, cada vez adquiere mayor importancia la *fijación industrial*.

El nitrógeno incorporado a las raíces se reubica rápidamente hacia los órganos aéreos de las plantas, transformándose en aminoácidos y en proteínas que van a ser la base de la alimentación nitrogenada de los animales. Cuando mueren estos organismos, el N orgánico retorna a N mineral gracias a los organismos descomponedores. Una primera fase finaliza con la amonificación del N orgánico, quedando en forma de ión amonio (NH_4^+) en disolución acuosa, disponible así para algunas especies vegetales. A partir de aquí, comienza la nitrificación, que consiste en una oxidación progresiva por parte de los organismos mineralizadores, del ión amonio al ión nitrito (NO_2^-), proceso efectuado por *Nitrosomonas*, y de éste al ión nitrato (NO_3^-), proceso conducido por *Nitrobacter*. En este momento el nitrógeno está en condiciones de volver a ser absorbido por la mayor parte de las plantas. Finalmente, existen otras bacterias (*Pseudomonas desnitrificans*), cuyo papel consiste en reducir el ión nitrato a N_2 , que se volatiliza, evitando procesos de eutrofización en suelos muy ricos en nitrógeno.

Una fracción del nitrógeno puede salirse del ciclo terrestre al ser lavado por las lluvias y arrastrado por los ríos llegando al mar, donde se incorporará a la cadena trófica marina a través de las algas o el fitoplancton. Una fracción de éste puede ser reintegrada a los ecosistemas terrestres a través de las aves guaníferas que se alimentan de peces, mientras que otra se perderá como restos de los peces en los fondos marinos, acumulándose como sedimentos en espera de fases geológicas de volcanismo activo u orogénicas para volver a aflorar.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, F.; BRITO, A.; CASTILLA, C.; DÍAZ, A. FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M.; RODRÍGUEZ, A.; SABATÉ, F. & SÁNCHEZ, J., 1984. Canarias: *Economía, Ecología y Medio Ambiente*. Lemus, La Laguna.
- DUVIGNEAUD, P., 1978. *La síntesis ecológica*. Alhambra, Madrid.
- LARCHER, W., 1980. *Physiological Plant Ecology*. Springer, Berlin.
- MARGALEF, R., 1981. *Ecología*. Planeta, Barcelona.
- SARMIENTO, G., 1984. *Los ecosistemas y la ecosfera*. Blume, Barcelona.
- TERRADAS, J., 1971. *Ecología hoy*. Teide, Barcelona.

TEMA 5

Estructura espacial y temporal de los ecosistemas

Por José María Fernández-Palacios (*)

INTRODUCCIÓN

Una de las características más interesantes de los ecosistemas radica en su estructuración en el espacio y en el tiempo. En el espacio, éstos se estructuran a muy diferentes escalas, incluyendo desde las disposición particular de los individuos de las diferentes especies que integran las comunidades más elementales hasta la distribución de los grandes biomas que caracterizan las diferentes latitudes del Planeta. Por su parte, los ecosistemas tienden asimismo a estructurarse a través del tiempo mediante un proceso de ordenación progresiva denominado sucesión ecológica. Centraremos el análisis de la estructura de los ecosistemas en el estudio de la vegetación, al ser ésta el mejor descriptor posible del mismo, debido a su carácter conspicuo en relación con otros descriptores, y por ser el mejor indicador de las condiciones ambientales imperantes, al igual que de la fauna y microorganismos que en su seno conviven.

ASOCIACIÓN VERSUS CENOCLINA

El análisis del cómo se estructura la vegetación en el espacio, requiere profundizar inicialmente en la naturaleza del concepto de *comunidad* o conjunto de poblaciones de diferentes especies que habitan un lugar en un momento determinado. La interpretación de este concepto ha supuesto hasta la fecha una de las controversias más grandes, aún no superada, existentes en el seno de la ciencia de la vegetación. En este sentido, las escuelas fitosociológicas europeas (BRAUN BLANQUET, 1979) lo interpretan como una unidad con identidad propia, en la que prevalecen las relaciones entre las especies que la componen sobre sus requerimientos ambientales. Frente a esta concepción de la comunidad, las escuelas individualistas norteamericanas (WHITTAKER, 1975) la interpretan básicamente como una mera combinación puntual de poblaciones de especies que muestran requerimientos ambientales similares, lo que les ha llevado a coincidir espacialmente.

Para los primeros autores, el hecho de que las especies se distribuyan de una forma dependiente supone necesariamente que las comunidades presenten límites bien definidos, por lo que pueden ser tipificadas y caracterizadas, bien por las especies dominantes (escuela de Uppsala) o por las características (escuela de Zürich-Montpellier). Estas unidades, denominadas *asociaciones* una vez tipificadas, son susceptibles de reconocerse sobre el terreno como diferentes individuos de asociación, y son encuadradas en una estructura jerárquica en la que intervienen categorías superiores como la alianza, el orden o la clase. Las zonas limítrofes entre dos comunidades se conocen como *ecotonos*, y suelen ser más ricos en especies que las co-

(*) Dr. en Farmacia. Profesor Titular del Dpto. de Ecología, Facultad de Biología de la Universidad de La Laguna.

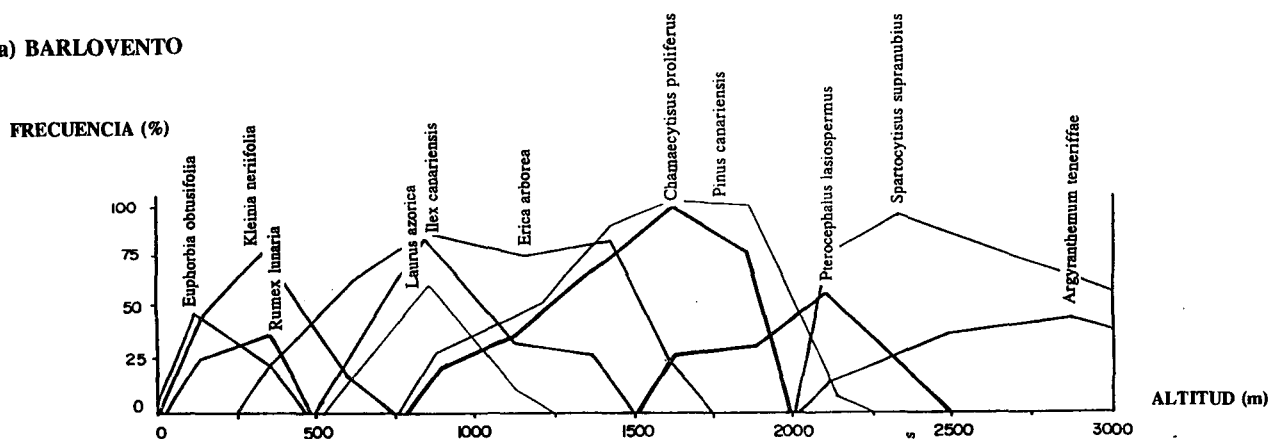
comunidades que los definen pues en ellos coinciden espacialmente elementos de ambas comunidades. Finalmente, la unidad mínima de muestreo, en la que se recoja toda la variabilidad florística de una comunidad determinada se conoce como *área mínima*.

El punto de vista individualista, comparte la existencia de comunidades bien definidas cuando el ambiente es discontinuo, como pudiera ser el afloramiento de una roca madre peculiar o las zonas afectadas por un mar de nubes con límites altitudinales bien definidos. Sin embargo, reclama la distribución individual de las especies, y, consiguientemente, la inexistencia de límites entre las comunidades, cuando el ambiente varía de forma continua. Cuando ello ocurre, la distribución de las especies puede representarse mediante curvas campaniformes que se solapan parcialmente a lo largo de un gradiente ambiental (Fig. 1), en donde la delimitación de comunidades a lo largo de dicho gradiente responde más a esquemas mentales del investigador que a fenómenos naturales. Este concepto de continuo de comunidad, en donde no tienen razón de ser términos como *área mínima* o *ecotono*, se denomina *cenoclina*, y cuando se le incorpora la variación continua del ambiente, *ecoclina*.

Aun cuando desde un punto de vista teórico permanezcan enfrentadas estas dos maneras de entender la estructura espacial de los ecosistemas, tal vez sólo debido a las características de la vegetación que han analizado para argumentar sus aproximaciones, mucho más alterada en Europa que en Norteamérica, lo cierto es que desde un punto de vista meramente práctico y aplicado es mucho más útil disponer de unidades discretas que puedan ser cartografiables o utilizables para evaluar los estados de conservación o de perturbación en el que se encuentran determinados ecosistemas. Pese a ello, la utilización por su pragmatismo de unidades discretas de ecosistemas no debe llevarnos a concluir que esa sea la estructura real de la naturaleza, de la misma manera que la utilización cotidiana de los colores, lo que posibilita que nos entendamos, no debe hacernos olvidar el carácter continuo del espectro electromagnético.

La distribución espacial de los ecosistemas, independientemente de la escala elegida, está controlada, en última instancia, por las condiciones climáticas del medio, fundamentalmente por la temperatura y la precipitación. Excepcionalmente, puede estar controlada por condicionantes edáficos, cuando éstos se superponen al clima local, permitiendo, por ejemplo, una disponibilidad hídrica o de nutrientes superior a la de su entorno,

a) BARLOVENTO



b) SOTAVENTO

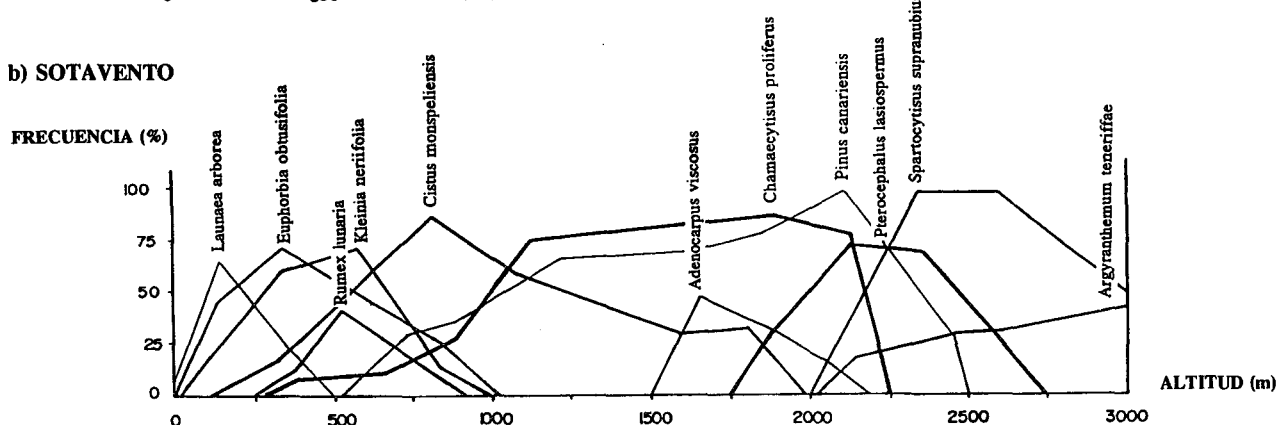


Figura 1. Distribución altitudinal, diferenciando a barlovento y sotavento, de las especies vegetales más frecuentes en Tenerife. Puede observarse como las especies solapan sus rangos de distribución a lo largo del gradiente altitudinal. (Fuente: FERNÁNDEZ PALACIOS & DE LOS SANTOS, 1996).

o por condicionantes antrópicos, cuando el hombre altera las condiciones ambientales, como ocurre con los cultivos. En consecuencia, la variación climática latitudinal tiene un fiel reflejo en la estructuración de la vida en forma de grandes biomas que forman bandas latitudinales desde el ecuador hasta los polos. Localmente, este patrón de variación latitudinal, tiene un reflejo, aunque con singularidades, en altitud.

Finalmente, aunque lo hasta aquí expuesto hace referencia a la organización horizontal de los ecosistemas, hay que tener en cuenta la existencia de una organización vertical de los mismos, traducible en términos de estratos cuya cuantía es, en última instancia, función del ambiente en el que se desarrolle y que define la capacidad de carga del ecosistema. En este sentido, se reconocen al menos un estrato muscinal, uno herbáceo, uno arbustivo y uno arbóreo, siendo este último asimismo subdivisible en varios más dependiendo de la altura que alcance la bóveda de la formación vegetal.

2. CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Desde un punto de vista meramente funcional, el requerido para conocer el funcionamiento de un ecosistema, la *cuenca hidrográfica* constituye la unidad mínima de estudio. Las cuencas pueden considerarse constituidas por un sistema de laderas que convergen en un fondo de valle común (Fig. 2). Constituyen pues «un sistema biofísico en el que se producen entradas, transformaciones y salidas de materia y energía, y cuyo seguimiento puede revelar las interacciones que ocurren entre sus componentes bióticos y abióticos» (DÍAZ PINEDA, 1989). Por ello nos ofrecen la oportunidad de estudiar de forma unitaria las tramas de relaciones que subyacen en muchos ecosistemas terrestres, lo que en última instancia nos dará las claves del funcionamiento de los mismos.

Las entradas de materia estarían constituidas básicamente por el agua de lluvia (con los nutrientes que hubiera disueltos en ella), por la deposición seca y por los minerales procedentes de la alteración de la roca madre, mientras que las entradas de energía se ceñirían a la radiación solar. Por su parte, las salidas de la cuenca podrán ser cuantificadas con relativa facilidad si las cuencas son impermeables, ya que una parte importante del agua de precipitación abandona la cuenca por el cauce principal, pudiendo ser evaluada cualitativa y cuantitativamente mediante una estación de aforo. Si no fuera éste el caso, habría que considerar además las pérdidas por infiltración y las posibles descargas del acuífero.

Además, habría que calcular el agua que abandona la cuenca por evapotranspiración, y los materiales que la abandonan por erosión eólica y volatilización. Así mismo, el estudio de las rutas de los materiales se debe seguir, evitando, o si ello no es posible evaluando, el trasiego de los animales de una cuenca a la adyacente a tra-

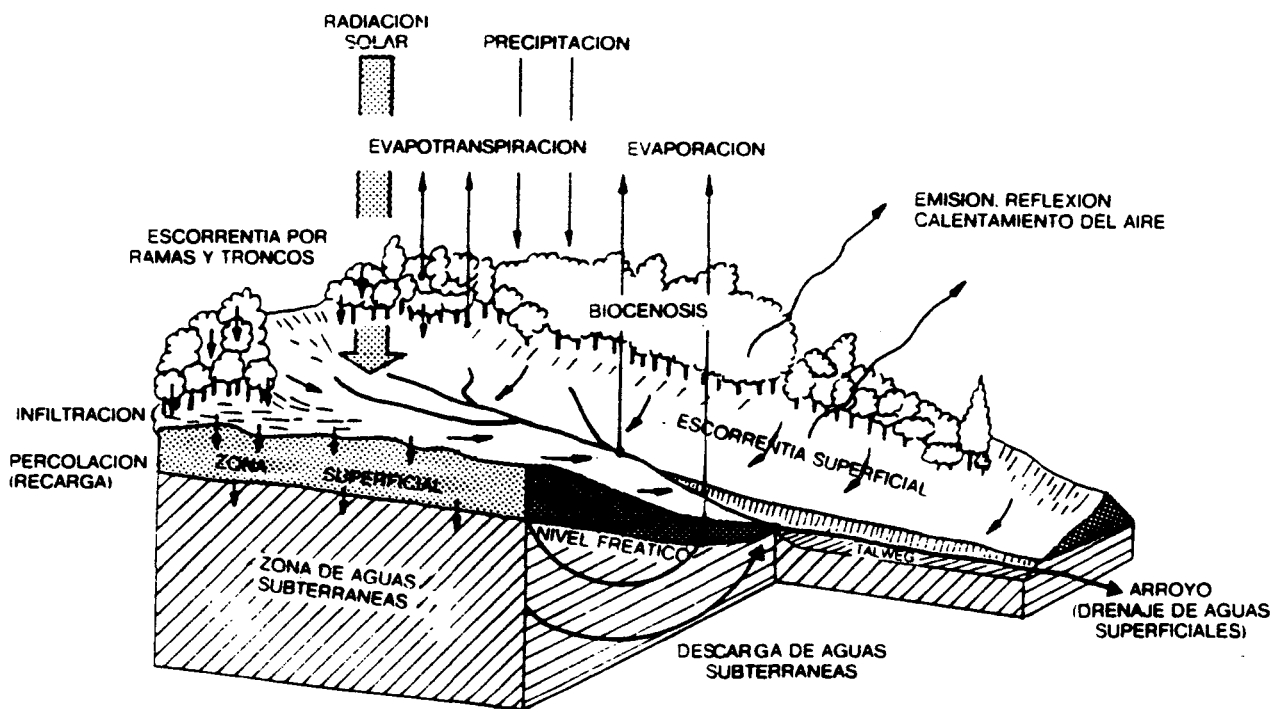


Figura 2. Representación esquemática de una cuenca hidrográfica en zona de terrenos sedimentarios en donde coexisten flujos de aguas superficiales y subterráneas (Fuente: DÍAZ PINEDA, 1989).

vés de las crestas. La mayor parte de la energía abandona la cuenca en forma de calor, aunque una porción de ésta puede ser transformada por la fotosíntesis en biomasa y posteriormente en humus saliendo finalmente disuelta como materia orgánica en el agua de escorrentía (LIKENS *et al.*, 1977). Una vez conocidos los flujos habría que determinar la cuantía de los diferentes compartimentos de la cuenca (biomasa vegetal y animal, necromasa, mineralomasa, etc) para tener una caracterización exacta del sistema que permita realizar un seguimiento a largo plazo de cómo pueden afectar al ecosistema determinadas perturbaciones.

3. SUCESIÓN ECOLÓGICA

Además de estructurarse en el espacio, los ecosistemas también se estructuran en el tiempo, presentando un dinamismo que es muy variable en función de la escala temporal que se escoja para su estudio, desde meros cambios fenológicos hasta variaciones por cambios climáticos o por procesos evolutivos. Entre éstos, el proceso más interesante a efectos de la gestión de los ecosistemas es aquel mediante el cual se restituye el equilibrio de la comunidad biótica con su medio ambiente una vez que éste haya sido alterado, proceso conocido como *sucesión ecológica*. Dicha sucesión, que puede durar decenas, cientos o miles de años, dependiendo de la fisonomía de la comunidad a recuperar y del ambiente en el que se desarrolle, puede ocurrir tras un evento natural en que se erradique toda manifestación vital, proceso conocido como sucesión primaria, o tras perturbaciones, naturales o inducidas por la actividad humana, tras las cuales la roturación del sistema no haya sido completa, situación conocida como sucesión secundaria.

En general, el proceso consiste en la llegada progresiva de especies generalistas que van preparando el terreno para la llegada de otras cada vez más exigentes, hasta que se logra estabilizar la biomasa, la producción y la diversidad en los valores que caracterizaban al ecosistema antes del evento destructivo y que correspondían a su capacidad de carga. A este estado de equilibrio con el medio se le conoce como *etapa clímax o etapa madura del ecosistema*, y su desarrollo puede estar controlado por factores climáticos (*clímax climático*) o edáficos (*clímax edáfico*). La tabla 1 recoge algunas de las propiedades ecológicas de las fases iniciales y finales de la sucesión.

El proceso inverso a la sucesión, por el cual una comunidad sujeta a diferentes tipos de perturbaciones puede ir recobrando el aspecto de estadios anteriores en la sucesión a partir de situaciones de madurez se conoce como *retrogresión*. A diferencia de la sucesión, en la retrogresión no existe una dinámica continua sino que se van produciendo reducciones en algunas de las propiedades que tienden a crecer en la sucesión a medida que se incrementa la acción perturbadora.

TABLA 1
Algunas tendencias características de los ecosistemas a lo largo de la sucesión

Atributos	Etapas pioneras	Etapas maduras
Biomasa	Baja	Alta
Nutrientes inorgánicos	Extrabióticos	Intrabióticos
Diversidad de especies	Baja	Alta
Diversidad de nichos	Baja	Alta
Amplitud ecológica	Amplia	Estrecha
Tamaño individual	Reducido	Grande
Ciclos de vida	Cortos y simples	Largos y complejos
Producción neta	Variable	Alta
Cadenas tróficas	Simple	Redes complejas
Ciclos minerales	Abiertos	Cerrados
Papel de descomponedores	Poco importante	Importante
Procesos simbióticos	No desarrollados	Múltiples
Estabilidad poblacional	Alta	Baja

Fuente: SARMIENTO (1984), parcialmente modificado.

Pese a la simplicidad aparente de este proceso, son muchos y muy diversos los mecanismos que han sido postulados para explicar la sucesión (GRAY *et al.*, 1987; GLENN-LEWIN *et al.*, 1992) (Fig. 3). En primer lugar, tendríamos el clásico modelo clementsiano de la *sucesión primaria* (Fig. 3a), asimismo denominado *sucesión obligatoria, de reemplazamiento o de facilitación*, que consiste en que las primeras especies en lle-

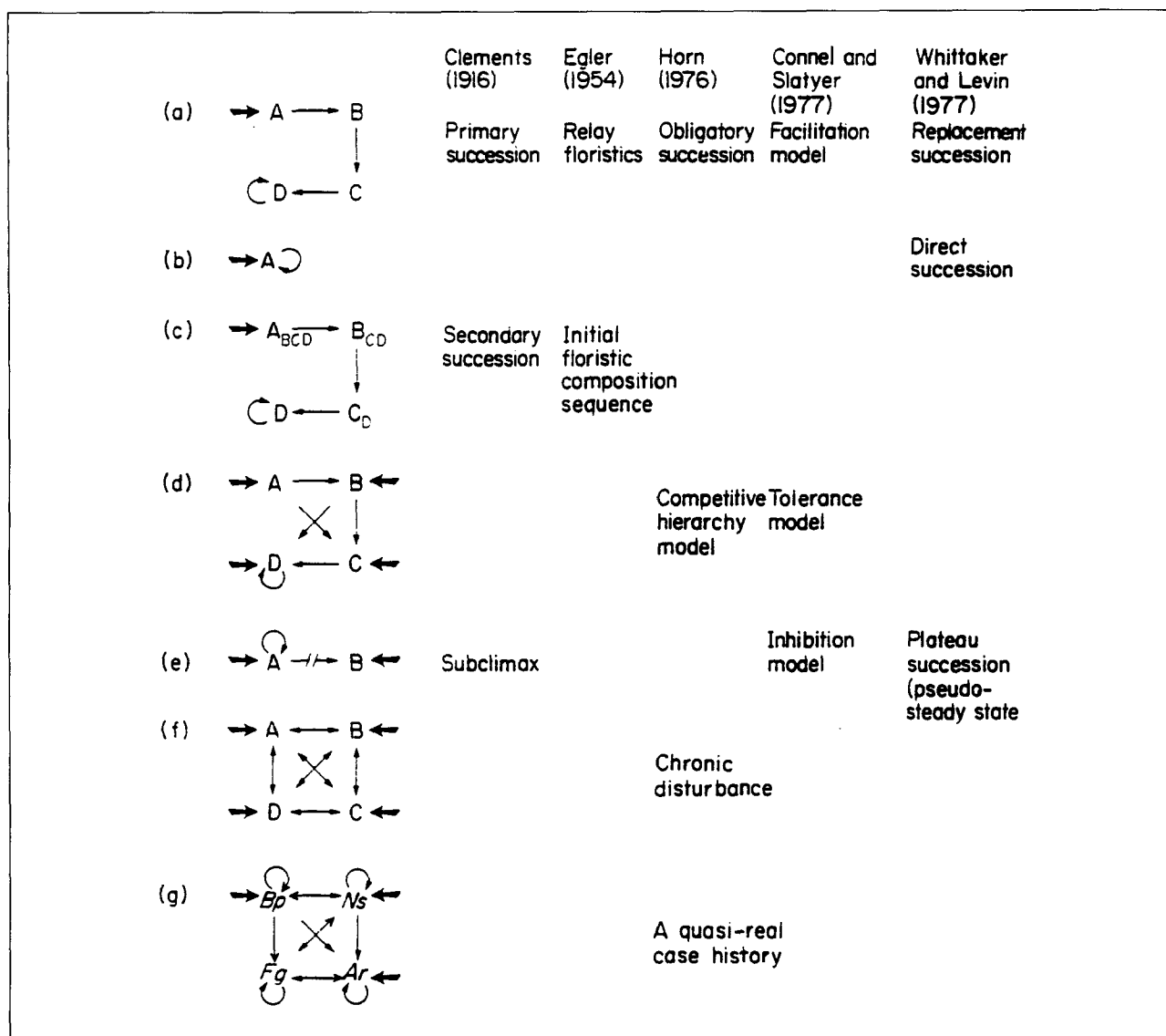


Figura 3. Diferentes secuencias de reemplazamiento de las especies vegetales postulados en la sucesión ecológica. Ver explicación en el texto (Fuente: GRAY *et al.* 1987).

gar, pioneras con bajos requerimientos, van preparando el terreno para otras que acabarán desplazándolas, proceso que se repetirá hasta la llegada de las especies climácicas que se reemplazarán a sí mismas. Un caso particular de la sucesión primaria ocurre cuando la especie pionera es así mismo la climácica, fenómeno que ha sido descrito como *sucesión directa* (Fig. 3b).

La *sucesión secundaria* o secuencia basada en la composición florística inicial (Fig. 3c) se manifiesta cuando la roturación no ha sido completa, por ejemplo al mantenerse un suelo con nutrientes y semillas de las especies que ocuparon ese lugar, lo que acelerará de una manera muy notable el proceso. En el modelo de la *tolerancia* o de la jerarquía competitiva (Fig. 3d) cualquier especie puede poner la sucesión en marcha, e incluso el proceso puede ser atajado saltándose algunas etapas, pero siempre existe una etapa climácica, que una vez alcanzada se perpetúa. El modelo de la *inhibición* o subclímax (Fig. 3e) ilustra el caso de una sucesión que no pudiera progresar, por ejemplo por explotación del medio, y que finalizaría en una etapa no climácica. Finalmente, se ha postulado el modelo de la *perturbación crónica* (Fig. 3f) en el que todas las sustituciones son posibles, importando mucho quién llega primero y no existiendo una etapa final. En general, como se puede apreciar, los primeros modelos, más antiguos, responden más a procesos determinísticos, mientras que en los últimos modelos, más modernos, el componente aleatorio es prioritario.

La sucesión ecológica finalista, independientemente de los mecanismos que la expliquen, no es un proceso universal y se han documentado casos en los que se producen *fenómenos cíclicos*, donde tras recorrerse varias etapas, todas inestables, se retrocede a la etapa inicial, en donde todo vuelve a empezar. En este sentido se han descrito varios casos de interés como el de los brezales de *Calluna* en Escocia o el del bosque de

coníferas sobre el permafrost en Siberia (SARMIENTO, 1984). Este último caso, se basa en que la inexistencia de vegetación permite que las radiaciones solares lleguen al suelo, haciendo retroceder al permafrost, con lo que el suelo podrá ser colonizado por vida vegetal. A partir de este punto comienza un proceso de sucesión convencional que concluye con un bosque de coníferas, que crea una cubierta que impide al Sol seguir calentando el suelo, por lo que vuelve a ascender el permafrost, matando las raíces y la cubierta vegetal, que una vez desaparecidas permiten de nuevo a los rayos solares alcanzar el suelo, calentándolo y volviendo a repetirse todo el proceso.

Un proceso cíclico, descrito exclusivamente para islas oceánicas como Hawaii o Galápagos, es el denominado «forest die-back» (MUELLER-DOMBOIS, 1987), que consiste básicamente en una muerte repentina de todos los árboles dominantes del bosque, no causada aparentemente por ningún agente patógeno y que parece más bien asociada a un problema de senectud simultánea, junto a la inexistencia en estos lugares de especies de fases intermedias o finales de la sucesión que puedan reemplazar a las pioneras. El resultado es que una nueva cohorte de la misma especie protagonista de la muerte masiva (*Metrosideros* en Hawaii y *Scalesia* en Galápagos) toma el relevo dominando el paisaje, hasta que vuelve a repetirse el proceso.

Cuando analizamos los cambios a una escala de mayor detalle, por ejemplo el espacio ocupado por un árbol adulto, se hacen evidentes algunos procesos ocultos a escalas mayores que modifican sustancialmente la interpretación del modelo sucesional. A esta escala, la fase final del equilibrio dinámico consiste realmente en un mosaico intrincado de diferentes unidades o etapas sucesionales. Cuando muere un árbol adulto, arrastra a vecinos, proceso conocido como efecto dominó, creando un claro —gap en inglés— de características variables, como su tamaño, forma, exposición, pendiente, etc. en el que inmediatamente se disparará el proceso de sucesión. De esta forma se produce una carrera entre el crecimiento vegetativo de los árboles del contorno del «gap» y las semillas de plantas heliófilas existentes en el banco de semillas, por explotar los nuevos recursos disponibles. Al cabo del tiempo los árboles pioneros habrán cerrado el claro y comenzarán a ser sustituidos por plántulas de especies que toleren la sombra que éstos proyectan. Así, en cada claro se produce un fenómeno de microsucesión que permite que en un bosque coexistan especies pioneras y climácicas.

BIBLIOGRAFÍA

- BRAUN BLANQUET, J., 1979. *Fitosociología*. Blume, Barcelona.
- DÍAZ PINEDA, F., 1989. *Ecología I. Ambiente físico y organismos vivos*. Síntesis, Madrid.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J. M. & DE LOS SANTOS, A., 1996. *Ecología de las Islas Canarias. Muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Sociedad La Cosmológica, Santa Cruz de La Palma.
- GLENN-LEWIN, D.; PEET, R. & VEBLEN, T. (eds.), 1992. *Plant succession*. Chapman & Hall, Londres.
- GRAY, A.; CRAWLEY, M. & EDWARDS, P. (eds.), 1987. *Colonization, Succession and Stability*. Blackwell, Londres.
- LIKENS, G.E.; BORMANN, H.; PIERCE, R.; EATON, J. & JOHNSON, N., 1977. *Biogeochemistry of a forested ecosystem*. Springer, Nueva York.
- MUELLER-DOMBOIS, D., 1987. *Forest dynamics in Hawaii. Trends in Ecology and Evolution*, 2: 216-220.
- SARMIENTO, G., 1984. *Los ecosistemas y la ecosfera*. Blume Ecología, Barcelona.
- WHITTAKER, R., 1975. *Communities and Ecosystems*. McMillan, Nueva York.

TEMA 6

Ecosistemas y conservación

Por Antonio Machado Carrillo (*)

INTRODUCCIÓN

La conservación de la naturaleza se basa en el uso racional de los recursos naturales, el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y la preservación de la biodiversidad, marcando una clara orientación a las múltiples disciplinas que convergen en su ámbito: Ecología, Psicología, Derecho, Geografía, Agricultura, Ganadería, Ingeniería Forestal, Urbanismo, etc.

Si el hombre quiere prever, evitar o enmendar su propio impacto en los ecosistemas, deberá aprender a distinguir los efectos de sus acciones de aquéllos que son naturales. Esto no es fácil. Un mismo efecto puede tener causa antrópica o natural, pues los ecosistemas se rigen por los mismos principios en ambos casos. Sólo cuando la acción del hombre rebasa en escala o medida los valores que son normales en la naturaleza, entonces es fácil reconocerla.

En este tema no se pretende desarrollar una Ecología aplicada a la conservación, materia que se verá oportunamente a lo largo del máster, sino considerar ciertos aspectos particulares que se dan en la naturaleza cuando los ecosistemas están sometidos a estrés, sea este de origen natural o antrópico. Conociendo estos principios se podrá entender mejor el impacto del hombre y detectar sus efectos negativos bajo la óptica de la conservación. Pero antes de abordar estos aspectos, es preciso entender el pulso verdadero que subyace en los ecosistemas, que no es otro que el mismo pulso de la vida.

AUTOORGANIZACIÓN DEL ECOSISTEMA

Los ecosistemas se autoorganizan como resultado —inevitable— del flujo de energía que los atraviesa y de la presencia de materia viva. Las razones termodinámicas que explican este fenómeno tienen que ver con las características de los sistemas abiertos disipativos y escapan al objetivo de este tema: además, la vida es un sistema complejo adaptativo (v. GELL-MAN, 1995) y, como tal, evoluciona bajo principios de optimización y genera complejidad.

1.1. Desarrollo: juventud y madurez

Los ecosistemas no «evolucionan» en el mismo sentido que la vida, pero se desarrollan. Ya se vio en el tema anterior, que se pueden distinguir estados juveniles y estados maduros en los ecosistemas en función de como procesan la energía a través de la biomasa. En los ecosistemas jóvenes la tasa de renovación de los

(*) EurBiol. Dr. en Biología: Experto en Ecología, medioambiente y conservación de la Naturaleza.

materiales ¹ es alta (sistemas acelerados), tienen mucha productividad y se «invierte» en acumular biomasa. En la madurez la biomasa es máxima, su tasa de renovación mínima, y todo lo que produce se consume en el seno del ecosistema. Un ecosistema joven tendría el carácter de un motor de dos tiempos, de poca cilindrada, caliente y muy revolucionado; ya maduro, trabajaría a pocas revoluciones y sería más calmado y frío, como corresponde a las grandes cilindradas. El símil de un energético adolescente frente a un pausado adulto lleno de sabiduría, también es válido.

Por cierto, la energía endosomática, es decir, la que pasa por los seres vivos (redes tróficas) es una porción pequeña de la que hace funcionar al ecosistema. La restante, llamada exosomática, es unas 30-40 veces mayor (de media) y actúa en procesos físicos que permiten el transporte de los nutrientes y elementos vitales (movimiento de fluidos —aire y agua—, evapotranspiración en la vegetación, etc.). Muchos autores la pasan por alto, y es lamentable, pues los ecosistemas funcionan con ambos flujos de energía. De ahí el acierto de Margalef de introducir el concepto de biofísica.

1.2. Estilos de vida

El ecosistema puede concebirse como el resultado del acomodo de las distintas especies en el espacio. Obviamente, las especies tienen distintos estilos de vida: los vegetales son autótrofos, los animales heterótrofos; los hay carnívoros, detritívoros, descomponedores, etc. La combinación de las distintas funciones y la segregación ecológica para evitar la competencia, ha de producirse de modo tal que el conjunto sea funcional, y así suele ocurrir. En este sentido, el ecosistema se «examina» cada día. En ocasiones, se producen disfunciones y entonces pueden acumularse determinadas partículas en algunos compartimentos del ecosistema (formación de carbón, por ejemplo).

Los estilos de vida también implican lo que se ha dado en llamar estrategias de vida ². Las especies han desarrollado respuestas específicas a muchos estímulos y a la combinación de los mismos. Unas responden a los cambios del medio sin más, mientras que otras han generado ritmos internos que intentan anticipar los hechos (llegada del frío, etc.).

También hay especies cuya «estrategia» de vida —llamada «r»— es una búsqueda precipitada de alimento para aumentar la biomasa y se reproducen con prontitud y a base de mucho propágulo. Suelen ser especies oportunistas y generalistas que ocupan los niveles tróficos bajos y se implantan en espacios relativamente vacíos. Otras especies, por el contrario, invierten en utilizar más eficazmente el alimento y su tasa de renovación de biomasa es menor. Estas son las «k» y suelen ser más especializadas y ocupar niveles tróficos más altos (en caso de tratarse de animales). Entre uno y otro extremo hay toda una gradación, pero lo importante es que, en general y a largo plazo, los estrategias «k» que tienden a «konservar» la población, suelen ganar a los estrategias «r» que tienden a «renovar» la población. Así, pues, desaparecerán unas especies y se incorporarán otras en un proceso dinámico de complicación progresiva.

Resumiendo: Cuando el ecosistema alcanza madurez, sus características y estructuras se mantienen, la información se acumula y todo se desacelera. En este sentido, complejidad y madurez son cómplices lo mismo que juventud, simplicidad y renovación. El ecosistema siempre persiste, pero sus componentes cambian de manera inevitable

1.3. Sucesión y perturbación

La complicación progresiva generada por este dinamismo de especies que alteran las condiciones de vida (físicas y bióticas), que a su vez repercuten sobre las propias especies y así sucesivamente, se llama sucesión y está regido por la flecha del tiempo. Es un proceso lento y endógeno. El desarrollo del ecosistema es mera consecuencia de este proceso impulsado por la «vitalidad» de la vida, si se nos permite la redundancia.

Los cambios físicos —aportes de materia o energía— que sobrevienen de modo repentino (inundaciones, avalanchas, temporales, fuego, caída de un árbol, etc.) introducen cambios bruscos en el ecosistemas, actuando como una reinicialización en los ordenadores. Se produce una vuelta a atrás en el sentido contrario al de la sucesión. Las perturbaciones en el ecosistema son procesos rápidos, exógenos y simplifican todo.

¹ La tasa de renovación se suele expresar como el tiempo medio que pasa un átomo de carbono en un compartimento del ecosistema.

² Impropiamente llamadas estrategias, pues no son planteamientos que tienen las especies *a priori* frente a un problema, sino el resultado de la evolución o modo en que se ha resuelto dicho problema. Son estrategias *post factum*, por decirlo de algún modo.

PROCESOS DINÁMICOS EN EL ECOSISTEMA

<i>Perturbación</i>	<i>Sucesión</i>
rápida exógena simplifica	lenta endógena complicación progresiva

Se habla de microsucesión o macrosucesión en función de la escala de tiempo a la que ocurre el proceso. Un ejemplo de microsucesión lo constituye el proceso de putrefacción y relevo de especies que se produce en un cardón muerto. Un ejemplo de macrosucesión lo representa la progresiva colmatación de un lago para acabar en turbera y luego bosque, o lo que corresponda. La macrosucesión suele estar vinculada a procesos geomorfológicos. También es conveniente distinguir entre sucesión primaria, cuando se desarrolla sobre ambientes nuevos (una isla nueva, una boñiga de vaca, un huerto recién arado, un cadáver, etc.), y secundaria, cuando restaura áreas perturbadas (un calvero provocado por la caída de un árbol, etc.).

La frecuencia y la importancia de las perturbaciones (reinicializaciones) se combinan con la velocidad de la sucesión, y de tal combinación resulta la apariencia —a menudo en mosaico (según la escala)— de la Naturaleza.

1.4. Evolución

Cuando el acomodo y encaje de especies es máximo con el pool disponible, la tendencia a una mayor complejidad en el ecosistema no cesa, aunque las condiciones físicas se hagan estables. La vida que hay en él riza el rizo, por así decirlo, y la entrada de nueva complejidad pasa a ser función de la evolución: se produce una adherencia entre evolución y sucesión, evidentemente, a otra escala de tiempo. Surgen nuevas especies, nuevas adaptaciones, nuevas interrelaciones (epifitismo, hiperparasitismo, mimetismos, redundancias, etc.). Por ello, los sistemas naturales más complejos no solo son los más maduros en términos energéticos, sino también los más maduros en términos de tiempo evolutivo.

Bajo esta óptica, también toda la Biosfera está sometida a un proceso ininterrumpido de sucesión puntuada o jalonado por grandes desastres (colisión de meteoritos, glaciaciones, etc.). Sucesión y evolución son procesos coligados.

1.5. Sistemas y no máquinas

Una advertencia al final. Quizás no huelgue decir, que el ecosistema no tiene entidad. No hay ecosistemas ahí fuera, delimitados y separados uno de otro. Las cosas que observamos *funcionan como un ecosistema*, que es un tipo muy particular de sistema. El origen del comportamiento integrado del ecosistema es histórico y toma cuerpo en redes teóricas estructuradas espacialmente, pero que en nada son rígidas. Los ecosistemas funcionan como sistemas y no como máquinas. En un sistema mecanicista o máquina los elementos (piezas) determinan el resultado debido a relaciones fijas (reloj, p.ej.). y los ecosistemas no contienen piezas normalizables. Los vagones de un tren van en orden y distancia fija y solo pueden recorrer una rígida línea férrea. El ecosistema se asemejaría más al tráfico, donde a pesar de ciertas restricciones y condicionantes (red viaria, semáforos, garajes, gasolineras, etc.), los vehículos se mueven y agrupan con un tremendo grado de libertad y casuística.

Insistimos en estos aspectos, pues existe una tradición muy generalizada a considerar los ecosistemas como sistemas mecanicistas o como un «superorganismo», con una estructura rígida (piezas de una máquina, miembros de un cuerpo) que se adquiere de manera inexorable a lo largo de un proceso predeterminado y repetible que originariamente fue llamado sucesión. CLEMENTS (1916) definió el término de sucesión como un proceso equivalente al restañamiento de una herida en nuestra piel; es decir, siguiendo pautas perfectamente determinadas y con un elenco de especies igualmente fijas que terminaban en una clímax (la piel recompuesta). Esta es una visión poco afortunada de los ecosistemas y de la sucesión. Los ecosistemas no son deterministas ni pasan por el mismo estado una y otra vez. Las especies se suceden unas a otras, efectivamente, pero organizando su propia orquesta y escribiendo la partitura a medida que lo hacen.

2. ESTRÉS EN LOS ECOSISTEMAS

Una vez entendido el concepto de factor limitante (ver tema 3), es más fácil inferir la idea de estrés, y transferirla del nivel de individuo al nivel ecosistémico. El estrés en el ecosistema se da cuando alguno o va-

rios de los factores que sustentan la vida se tornan limitantes, pero también cuando se producen irrupciones de especies, energía o materia (sedimentos, contaminantes, etc.), que cambian las condiciones ambientales y de modo a veces brusco; es decir, cuando se producen perturbaciones.

El estrés se produce sobre una determinada situación y el ecosistema reacciona a él: puede absorberlo si es menor (alteración menor y corta en el tiempo) o si está pre-adaptado a ello (llegada de las heladas, p.ej.). En caso contrario, se altera sensiblemente y, si la perturbación es significativa, da como resultado una situación bien distinta. Tampoco hay que olvidar los procesos en que pequeños cambios se agregan para provocar un cambio importante. Sirva de ejemplo la paulatina acumulación de tóxicos hasta que adquieren el nivel de toxicidad y se desata un procesos de degradativo o el sistema colapsa bruscamente.

La importancia del hombre moderno suele consistir en un aporte externo de energía y, a menudo, de materia o elementos vivos (trasiego de especies). Esta energía dinamiza al sistema y lo retrotrae a situaciones de juventud. De hecho la estrategia que ha desarrollado el hombre para explotar muchos ecosistemas es mantenerlos en estados juveniles (a base de energía) donde la producción es máxima. Sirva de ejemplo el roturado anual de un campo de maíz. En general, cualquier explotación, sea natural o artificial, mueve el sistema hacia atrás.

Los ecosistemas sometidos a estrés natural suelen presentar estructuras simples y disfuncionales (pobre reciclado de nutrientes, descomposición deficiente, etc.). Ahora bien, si el estrés es permanente o se repite reiteradamente, el ecosistema puede generar estructuras estables y llegar a acomodarse a tales circunstancias. A largo plazo, podríamos hablar incluso de «adaptación» a situaciones estresantes. Las condiciones ambientales que reinan en la tundra, por ejemplo, no son las más óptimas para la vida, y sin embargo las especies que allí viven están adaptadas y el sistema es funcional del todo.

El estrés antropogénico tiene ciertas particularidades, pues el hombre es capaz de poner en circulación energía, elementos o sustancias en dosis superiores a las naturales e incluso de trasegar con elementos vivos (especies de otros lugares) o introducir elementos inexistentes en la Naturaleza (DDT, plásticos, etc.). Y dada la excesivamente reciente aparición de la tecnología en el escenario, los sistemas naturales no han tenido tiempo de incorporar (adaptarse) a estas «novedades» por la vía evolutiva. Con todo, los efectos del estrés que tales acciones suponen suelen, ser los mismos independientemente del tipo de estrés y tipo de ecosistema.

La relación que sigue es un resumen de estos efectos, que no tienen por qué ocurrir todos simultáneamente; depende de la intensidad del estrés y de su duración o ciclo.

EFECTO DEL ESTRÉS Y PERTURBACIONES EN LOS ECOSISTEMAS

Flujos tróficos

- la respiración de la comunidad se incrementa.
- La ratio producción/respiración se desequilibra ($P/R > 1$ ó < 1).
- Aumenta la importancia de la energía exosomática.
- Aumenta la producción primaria exportada o no usada.

Ciclo de nutrientes

- Los elementos biogénicos pasan cada vez menos tiempo dentro de los organismos vivos (la tasa de renovación de los nutrientes se incrementa).
- El transporte horizontal de nutrientes aumenta y descende el reciclado vertical.
- Los hongos y animales pierden protagonismo en el transporte de nutrientes.
- Se incrementa la pérdida de nutrientes (el sistema adquiere «goteras»).

Estructura de la comunidad

- Aumenta la proporción de especies con estrategias-r (crecimiento rápido, muchos propágulos, oportunistas).
- El tamaño de los organismos decrece.
- Disminuye el tiempo de vida de los organismos o sus partes (hojas, por ejemplo).
- Poblaciones más fluctuantes.
- La diversidad de especies disminuye y aumenta la dominancia de algunas (Ojo, si la diversidad es inicialmente baja, ocurre lo contrario).
- La redundancia de procesos paralelos declina en el ecosistema.

Tendencias generales del sistema

- El ecosistema se hace más abierto (los *inputs* y *outputs* adquieren mayor relevancia al reducirse el reciclado interno).
- La complejidad estructural o arquitectónica disminuye.

- Los procesos sucesionales se revierten (tienden hacia los estados juveniles).
- Merma la eficiencia del uso de los recursos.
- Se incrementa el parasitismo y otras interacciones negativas, mientras que el mutualismo y las interacciones positivas disminuyen.
- La proporción de madera en el ecosistema disminuye.
- Las propiedades funcionales del sistema (p.ej. metabolismo de la comunidad) pueden ser más resistentes al estrés (procesos homeostáticos) que la composición de especies u otras características estructurales. En ecosistemas dominados por plantas perennes de larga vida (bosques, por ejemplo) puede ocurrir lo contrario.

3. IMPACTO DEL HOMBRE

El hombre moderno, allí donde está presente, suele introducir energía en su medio. Y todo aporte de energía provoca un «rejuvenecimiento» de los ecosistemas. La única ventaja, en términos científicos, es que a menudo puede conocerse el imput de energía y ello permite un mejor estudio de sus consecuencias. Pero no corresponde a este módulo profundizar en estos aspectos. Nos limitaremos, como mucho, a caricaturizar al hombre como factor, —o mejor, agente— ecológico, y que esta visión sirva a los alumnos para enfrentarse a los problemas de conservación con un enfoque más riguroso.

- El hombre reinicializa las sucesiones,
- provoca un aceleramiento de la oxidación de la necrosfera,
- usa energía para mover materiales, sobre todo en la horizontal, destruyendo el mosaico natural,
- perturba el adecuado retorno de materia en el transporte horizontal natural
- genera un trasiego de material genético (introducción de especies, etc.),
- produce moléculas recalcitrantes (no o poco biodegradables), etc.

El impacto del hombre en la Biosfera ha sido y es importante, pero no todo él tiene igual relevancia. ¿Qué ocurriría si eliminásemos de un plumazo a la especie humana del Planeta? Pues que con el tiempo necesario, la sucesión ecológica acabaría por borrar toda huella de la civilización y su impacto, con una salvedad: la mezcla de material genético fruto del trasiego de especies y la pérdida parcial de biodiversidad. Las especies cuya extinción provocó el hombre, nunca volverán a recuperarse.

Margalef sentencia: «El hombre es un factor de rejuvenecimiento que devora mucha información y variedad natural acumulada». Bueno, pues éste es nuestro hombre, y nos guste o no, para él trabajamos cuando hacemos conservación. No lo olvide.

BIBLIOGRAFÍA

- FREEDMAN, B., 1989. *Environmental ecology. The impacts of pollution and other stresses on ecosystem structure and function.*— Academic Press, Inc, San Diego. 424 pp. *Contenido:* Principios y tipos de contaminación, elementos tóxicos, problemas principales (petróleo, deforestación, sobreexplotación, pérdida especies) y efectos del estrés en los ecosistemas. Muchos ejemplos. Glosario en pp. 325-349.
- GELL-MANN, M., 1995. *El quark y el jaguar.*— in: Metatemas. Libros para pensar la ciencia., 38 (ed. J. Wagensberg).— Tusquets Editores, Barcelona. 413 pp. *Contenido:* Libro sobre teoría física (complejidad e información), mecánica cuántica y partículas elementales. Trae un capítulo sobre la selección como sistema complejo adaptativo, y trata de la vida (entropía).
- MARGALEF, R., 1991. *Teoría de los sistemas ecológicos.*— Publicacions de la Universitat de Barcelona, Barcelona. 290 pp. *Contenido:* Introducción al estudio de la Biosfera, compara el funcionamiento de los distintos medios y pone énfasis en los procesos de autoorganización y la inevitabilidad del cambio histórico. Evolución y sucesión. Visión del estado actual de la Ecología. Es una suerte de tratado de Ecología comparada. Obra altamente recomendable (preferiblemente, postgrado).
- RICKLEFS, R. E., NAVEH, Z. & TUMER, R. E., 1984. *Conservation of ecological processes.*— in: Commission on Ecology Papers, 8.— IUCN, Gland. 16 pp. *Contenido:* Base teórica de la conservación de ecosistemas, aspectos conceptuales. Breve. Quizás escorado hacia la idea de equilibrios.

Módulo II

EL MEDIO FÍSICO Y SUS RECURSOS

Coordinador: Dr. Juan Carlos Carracedo Gómez

A través de este Módulo se pretende dar una visión global del *medio físico* de las Islas Canarias, atendiendo a su génesis volcánica y modelado erosivo, además de constituir el principal soporte de las actividades que se realizan en ellas.

Desde una óptica fundamentalmente descriptiva se esboza el origen geológico del Archipiélago, destacando su naturaleza *volcánica*; la *edafogénesis*; la acción del *clima* y el *modelado paisajístico* por efecto de la *morfogénesis*; aspectos que condicionan, entre otros, la gran diversidad de ambientes que caracterizan a las Islas.

La conjunción del relieve volcánico y el modelado erosivo da lugar al *relieve físico*, el cual colonizado por la vegetación constituye el *paisaje natural*, que antropizado por la acción humana origina el *paisaje real*, que percibimos y en el que habitualmente nos desenvolvemos.

TEMA 7

Entorno geológico y geodinámico y origen del Archipiélago Canario

Por Francisco Hernán Reguera (*)

INTRODUCCIÓN

Para enfocar el estudio del origen de las Islas Canarias es necesario, previamente, hacer algunas consideraciones sobre el entorno geodinámico dentro del marco de la Tectónica de Placas, así como sobre sus características geológicas generales.

Las Islas Canarias se localizan en el interior de la Placa Africana, una de las principales en las que se encuentra dividida la litosfera, una placa mixta con parte continental y parte oceánica. Dentro de ella la situación de las islas es tal, que su extremo oriental se halla a una distancia solo algo superior a los 100 km. del continente africano tratándose, pues, de un volcanismo situado en el interior de una placa pero en la vecindad de un borde continental pasivo (de tipo atlántico) dentro de la banda de calma magnética que bordea este lado del océano. (Fig. 1: A y B)

Su situación, no alejada del continente, ha dado lugar a que en las pasadas décadas se establecieran importantes debates, por un lado en torno al carácter oceánico o continental de la corteza subyacente y por otro a la génesis «atlántica» o «africana» de las fracturas ligadas al volcanismo, es decir, lo que se plantea es si la fracturación se produjo en relación con la apertura del Atlántico o con la Tectónica del Norte de África.

Se acepta hoy, de forma general, la existencia de corteza oceánica bajo las islas, si bien, para algunos, ésta podría haberse modificado y presentar actualmente un carácter transicional bajo las islas mas orientales, no existiendo un acuerdo total sobre la extensión y origen de la franja ocupada por corteza transicional.

De gran interés es también, el conocer las directrices estructurales principales, a favor de las cuales se ha abierto el volcanismo canario. Dentro del conjunto de factores a considerar para establecer estas directrices se han tenido normalmente en cuenta: grandes fracturas deducidas por métodos geofísicos, direcciones principales de los sistemas filonianos, alineaciones de centros de emisión, fracturas directamente observadas o deducidas sobre el terreno e incluso alineaciones de varias islas. Dentro del conjunto resultante, excesivamente numeroso, destacan aquellas que se ven confirmadas por dos o más de las anteriores observaciones, como ocurre, por ejemplo con la dirección NNE-SSW deducida por la alineación de Lanzarote y Fuerteventura y la dirección principal de los diques del Complejo Basal en la última de estas dos. Una síntesis muy detallada de todas las posibles directrices fue llevada a cabo por (HERNÁNDEZ-PACHECO & IBARROLA, 1973).

1. LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA

De forma sistemática, en los últimos años, se viene hablando de distintos ciclos de actividad volcánica en el ámbito de las Islas Canarias.

(*) Dr. en Geología. Profesor Titular del Dpto. de Edafología y Geología de la Universidad de La Laguna.

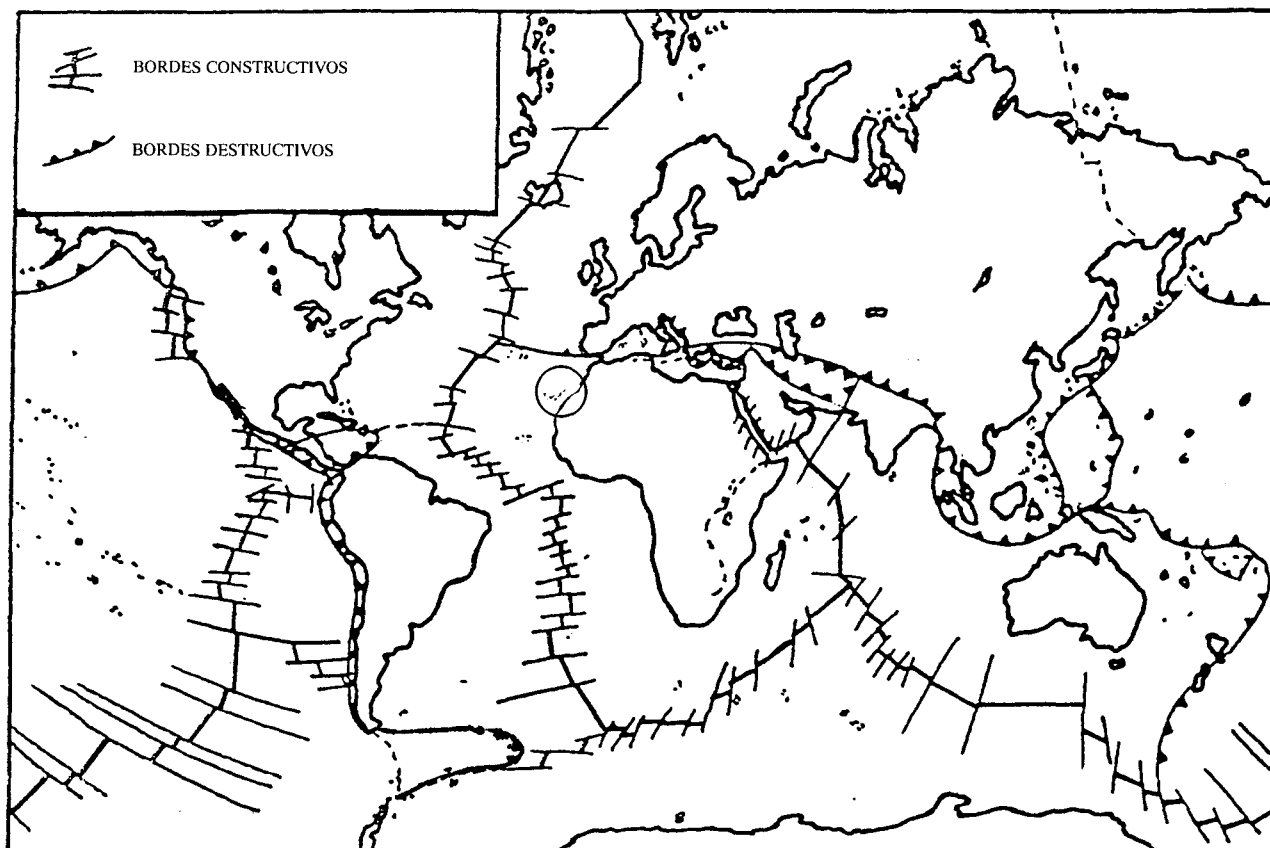


Figura 1-A. Situación de Canarias en el esquema de tectónica de placas. El volcanismo de las Islas Canarias, se localiza en el interior de una placa y muy próximo a un continente.

El primer ciclo, el más antiguo, corresponde a los Complejos Basales que representan el basamento sobre el que se asienta el volcanismo subaéreo. Solo afloran en tres islas, Fuerteventura, La Gomera y La Palma aunque se supone su existencia bajo todas ellas. Es en la primera de ellas donde el Complejo Basal presenta un mejor desarrollo. Esta formado por sedimentos de tipo turbidítico de edad fundamentalmente Cretácico Inferior y lavas submarinas intruidas por diversos episodios plutónicos de rocas máficas, ultramáficas, alcalinas y carbonatíticas y complejos filonianos muy densos. Las lavas submarinas se encuentran ya interestratificadas con los sedimentos más jóvenes de la secuencia de edad Albense (final del cretácico Inferior) por lo que este podría ser probablemente el momento de inicio de la actividad volcánica en la zona de Canarias. Sin embargo son escasos y a veces confusos las dataciones radiométricas llevadas a cabo en las rocas de los Complejos Basales y no se encuentran datados con la suficiente precisión los distintos episodios que las forman (sedimentarios, volcánicos, intrusivos y filonianos). El siguiente ciclo es el correspondiente al volcanismo subaéreo inicial en las islas (a excepción de La Palma y El Hierro donde todo él es de edad reciente). Estas formaciones han sido denominadas «basaltos de meseta», «series antiguas» o «serie I» y estas caracterizadas por gruesos apilamientos (hasta 1000 m. de espesor) de coladas basálticas de diverso tipo (basaltos olivínicos y/o piroxénicos, picritas, ankaramitas, basaltos plagioclásicos, traquibasaltos...) con ausencia o muy escasa presencia de términos diferenciados. Los materiales piroclásticos son también, escasos o al menos están siempre en cantidad muy subordinada. Estas formaciones originadas en erupciones de tipo fisural están, en general, atravesadas por numerosos diques, presentan un cierto grado de alteración y se encuentran muy erosionadas, localizándose en ellas los barrancos más profundamente excavados de las islas y los mayores acantilados.

Aunque la parte inferior, más antigua, no ha podido ser datada en casi ninguna de ellas, puede decirse que, su edad es fundamentalmente miocena, prolongándose en algún caso hasta el Plioceno Inferior. Los datos radiométricos disponibles abarcan desde 23 Ma hasta 3 Ma, (Fig. 2). Es importante destacar la existencia de un «gap» (interrupción) en la actividad (a veces hasta de varios millones de años) entre este ciclo y el siguiente, bien registrado en varias islas.

El último ciclo lo forman los denominados Series Recientes de una edad que cubre desde el Plioceno hasta la actualidad. La variación dentro de este ciclo, es mucho mayor, tanto en lo que se refiere a la geoquímica como al tipo de erupción. Los términos diferenciados son en algunas islas muy abundantes y están muy

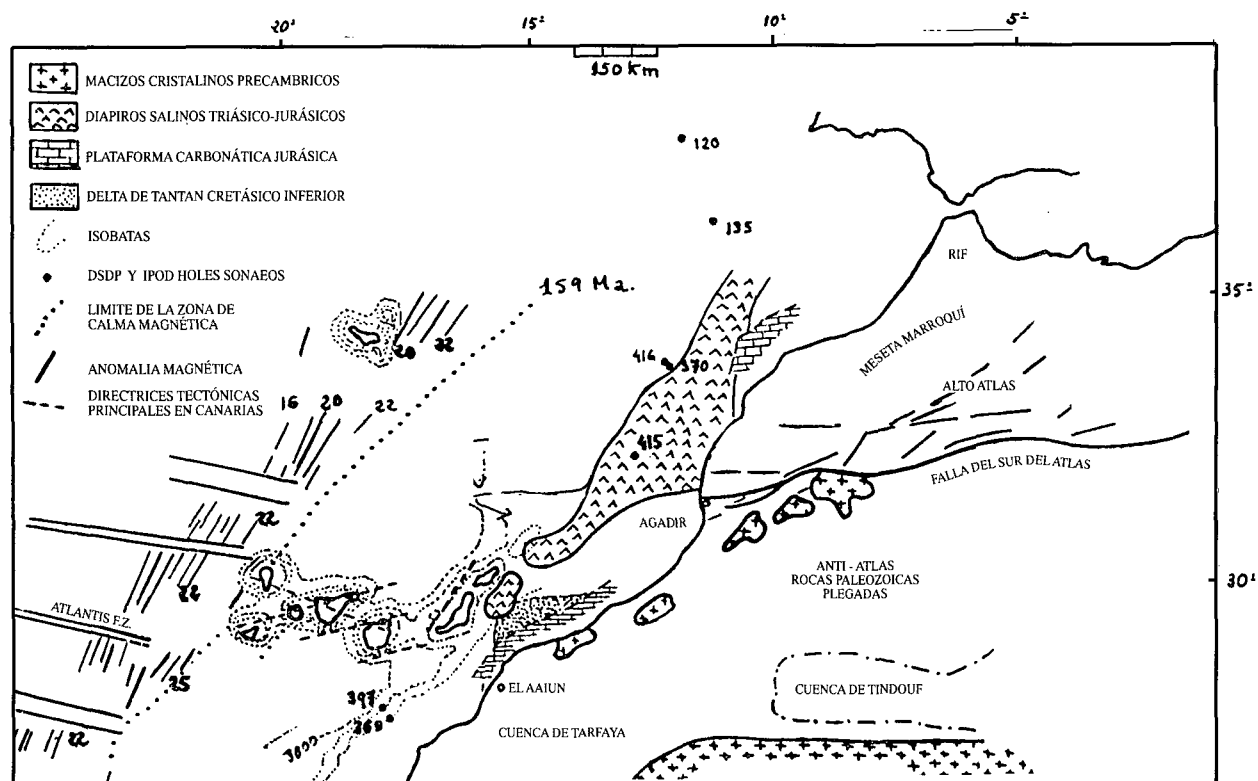


Figura 1-B. Esquema estructural del noroeste de África y su borde continental en la vecindad de las Islas Canarias.

escasamente representados en otras. No obstante, en lo que se refiere al tipo de erupción, aunque se encuentran representadas casi todas ellas, el más común es probablemente el tipo estromboliano.

Finalmente, el volcanismo canario es de tipo alcalino, encontrándose representadas distintas series de este tipo, y observándose, en general, una alcalinidad creciente con el tiempo.

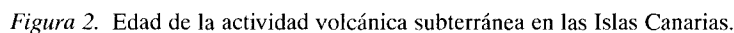
2. MODELOS RECIENTES

Algunas de las hipótesis sobre la génesis de las Islas Canarias, propuestas en las últimas décadas, son las siguientes:

MORGAN (1971) y WILSON (1973) elaboraron la hipótesis del «hot-spot» (punto caliente). Estos autores definieron originalmente los puntos calientes como manifestaciones de plumas de convección enraizadas en el manto inferior, las cuales serían además responsables del movimiento de las placas litosféricas. Estas, al desplazarse sobre las plumas irían dejando como un reguero alineaciones o cadenas de islas que, lógicamente, marcarían a grandes rasgos la dirección del desplazamiento de las placas. MORGAN (1971) señalaba aproximadamente una veintena de puntos calientes en el esquema global de placas incluyendo entre ellos las Islas Canarias. WILSON (1973) hizo incluso una clasificación de ellos catalogando el archipiélago entre los «puntos calientes oceánicos posiblemente estacionarios». No obstante, el modelo general de «hot-spot», como consecuencia de los problemas surgidos al aplicarle en distintas zonas, ha sido modificado y redefinido a lo largo de los últimos años.

FÚSTER (1973) apoyándose en la distribución simétrica (desde el punto de vista geoquímico) de materiales en dos grupos de islas, en el aumento progresivo de la alcalinidad en los sucesivos ciclos magmáticos y en la existencia de complejos filonianos emplazados en régimen de tensión, aportó la idea de que las Islas Canarias pudieran estar asentadas sobre un rift marginal del atlántico que dejó de ser activo. Por otra parte, también según este autor, las características de los Complejos Basales podían encajar con la existencia de una falla transformante en relación por tanto con un momento temprano de la apertura del Océano Atlántico.

ANGUITA & HERNÁN (1974, 1975) rechazan el modelo de punto caliente basándose en las relaciones espacio-temporales del volcanismo subaéreo, a partir de las cuales se deducían paleovelocidades de desplazamiento de la Placa Africana muy erráticas. Aducían, además, la existencia de interrupciones de varios millones de años en la actividad de algunas islas y la presencia de volcanismo actual en ambos extremos del archipiélago, como datos en contra del modelo. Como idea alternativa, para explicar la relativa polaridad de



Más recientemente ARAÑA & ORTIZ (1986 y 1991) han propuesto un modelo genético en varias etapas. Así, el volcanismo submarino pre-terciario se relaciona en su primera época con la apertura del rift meso-atlántico y mas tarde con la actividad esporádica de fracturas profundas. Durante el Terciario la compresión máxima que tiene lugar en el NW de África produciría un levantamiento de bloques litosféricos individualizados previamente en la zona de Canarias, como consecuencia del cual, la corteza sufriría un acortamiento. Esto sería posible gracias a la existencia de los distintos sistemas de fallas ya existentes (transformantes y fallas inversas), pero el levantamiento de los bloques se relaciona con el frenado de la Placa Africana al colisionar con la placa Euro-Asiática durante el Paleoceno. La mayor compresión en el NW de África y el levantamiento de los bloques litosféricos producirían tensión en la base de la corteza oceánica y consiguiente descompresión a mayor profundidad, lo que sería la causa de generación de magmas. A partir del Oligoceno la salida de magma tendría lugar a favor de los sistemas de fracturas ya citados, construyéndose las islas sobre los bloques levantados o coincidiendo con su levantamiento.



pero intentando explicar las peculiaridades del volcanismo canario, ya comentadas, que no concuerdan con éste, como son la existencia de grandes interrupciones en la actividad volcánica, y las excesivas dimensiones del supuesto «hot-spot» deducidas de la existencia simultánea de volcanismo incluso histórico en los extremos de éste, entre otras. Este modelo propone que el conducto o pluma sobre el que se asienta estaría inclinado hacia el E en la dirección del movimiento de la Placa Africana, ampliándose, por este motivo, el área activa en superficie de la pluma. La intermitencia del volcanismo canario es explicada por el ascenso, dentro de la pluma, de «blobs» o ampollas de material más caliente y menos denso que el material mantélico circundante. Así, los ciclos de actividad que se distinguen en cada isla, se producirían al llegar una de estas ampollas a la zona de la astenosfera donde se produce la fusión, en la base de la litosfera bajo cada isla. El volumen total de materiales expulsados durante un ciclo, las tasas eruptivas e incluso la composición de los magmas primarios serían consecuencia del tamaño de cada ampolla (en general < 100 km) y, particularmente, de la zona del «blob» más interna (líquidos saturados) o más externa (líquidos subsaturados) que se encuentre bajo cada isla en cada momento.

Finalmente, son de destacar las diferencias existentes entre cada uno de los modelos aquí resumidos. Aunque todos presentan aspectos interesantes y avances en el entendimiento de la génesis de las Islas Canarias, quedan aspectos importantes aún no bien explicados. Por esta razón, puede concluirse que no existe, todavía, un modelo definitivo plenamente satisfactorio y aceptado por todos los investigadores.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGUITA, F., HERNÁN, F. (1974). El modelo de fractura propagante comparado con el del punto caliente en las Islas Canarias. *1ª Asamblea Nac. Geol. y Geof.* 1321-1342
- ANGUITA, F. & HERNÁN, F. (1975). A propagating fracture model versus a hot-spot origin for the Canary Islands. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 27: 11-19.
- ARAÑA, V., ORTIZ, R. (1991). The Canary Islands: Tectonics, Magmatism and Geodynamic Framework. En: Kapuzu y R.T. Lubala, *Magmatism in Extensional Structural Settings. The Phanerozoic African Plate*. Springer-Verlag. Berlin. 209-249.
- CARRACEDO, J. C. (1984). Marco Geodinámico. Etapas en la formación de las Canarias. Origen de las islas. *Geografía de Canarias*, I. *Geografía Física*: 30-64.
- FÚSTER, J. M. (1975). Las Islas Canarias, un ejemplo de evolución espacial y temporal del volcanismo oceánico. *Estudios Geol.*, 31: 439-463.
- FÚSTER, J. M. (1981). Evolución geológica del Archipiélago Canario. *R. Acad. Cien. Exac. Fis. Nat.*: 61 pp.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, A. & IBARROLA, E. (1973). Geochemical variations trends between the different Canary Islands in relation to their geological position. *Lithos*, 6: 389-402.
- HOERNLE, K. & SCHMINCKE, H. U. (1993). The role of partial melting in the 15-Ma evolution of Gran Canaria: A Blob model for the Canary Hotspot. *Jour. Petrol.* 34-3: 599-626.
- MORGAN, W. (1971). Convection plumes in the Lower Mantle. *Nature*, 230: 42-43
- WILSON, T. (1973). Mantle plumes and plate motions. *Tectonophysics*, 19: 149-164.

TEMA 8

Productos, formas y estructuras volcánicas originados por procesos eruptivos en Canarias

Por Juan Carlos Carracedo Gómez (*)

INTRODUCCIÓN

Las Islas Canarias se han formado por la acción de un volcanismo prolongado. Los materiales que conforman el *medio físico* de las Islas, origen en buena parte de la espectacular variabilidad genética y ambiental, así como la diversidad de formas, que originan un rico y variadísimo paisaje, son la consecuencia última de la continua interacción en el Archipiélago de dos fuerzas antagónicas: la salida a la superficie de materiales volcánicos y su incesante destrucción por la alteración y la erosión.

El «carácter» volcánico no es siempre fácilmente reconocible en Canarias en las islas más antiguas y con poca actividad eruptiva reciente como Fuerteventura o La Gomera. En cambio, en las islas en que las erupciones se han prodigado recientemente en número y en el volumen de materiales arrojados (parte central de Tenerife, Sur de La Palma, El Hierro, centro de Lanzarote), se reconocen fácilmente su carácter «volcánico». Esta impresión se traduce en el lenguaje de las Islas, que distingue entre islas más o menos «volcánicas», a pesar de la naturaleza común de todo el Archipiélago.

La conjunción del relieve volcánico y el modelado erosivo da lugar al relieve físico, que pasa a ser paisaje natural al ser colonizado por la vegetación, y paisaje real al introducir el hombre modificaciones con la utilización que hace del espacio natural de las Islas.

1. FACTORES QUE CONTROLAN LA MORFOLOGÍA VOLCÁNICA

El relieve canario es extraordinariamente rico en formas volcánicas cuya comprensión e interpretación requieren el conocimiento de los complejos procesos físicos y dinámicos del volcanismo en que se origina. De los *factores que condicionan el tipo de erupción* que tendrá lugar y los productos y formas volcánicas que se producirán, destacan por su importancia los siguientes:

- a) La *viscosidad* inicial del magma.
- b) La cantidad de *volátiles disueltos* en el magma y su mayor o menor facilidad de liberación (explosividad).
- c) El *volumen total* de magma producido en un episodio volcánico.
- d) La *tasa eruptiva* (volumen de magma por unidad de tiempo).
- e) La *topografía preexistente*.

(*) Dr. en Ciencias Geológicas. Investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Director de la Estación Volcanológica de Canarias (CSIC).

La viscosidad del magma depende directamente de su composición y temperatura. En las mezclas de silicatos que forman los magmas, la sílice tiende a unirse con los átomos de oxígeno formando cadenas o polímeros que incrementan drásticamente la resistencia al flujo del magma. Por consiguiente, los magmas ricos en sílice y en general también en Al y álcalis (Na, K) tienden a ser más viscosos. En los magmas básicos (ricos en bases como el Mg, Fe y Ca), la viscosidad es menor, ya que estos elementos actúan rompiendo o inhibiendo la polimerización de las mezclas silicatadas. Por otra parte, el primer tipo de magma descrito presenta una menor temperatura de salida, lo que contribuye a incrementar su viscosidad en relación con los magmas básicos, de temperaturas de efusión más elevadas. En general, la viscosidad de los magmas influye directamente en la morfología de las coladas (espesor, longitud del recorrido, etc.), en la morfología de los conos y en la abundancia relativa de coladas lávicas y materiales fragmentarios (piroclastos, coladas piroclásticas, mantos de pómez, etc.), elementos todos de relevante papel morfogenético.

El contenido en volátiles disueltos en el magma tiene asimismo una gran incidencia en el comportamiento reológico de las lavas y, por consiguiente en las formas volcánicas resultantes especialmente en la morfología de las coladas. Los magmas inicialmente ricos en gases disueltos incrementan notablemente su viscosidad al liberarlos, ya que la presencia de estos volátiles disminuye de manera considerable la temperatura de fusión de la lava. Aunque en una erupción no varíe substancialmente la composición del magma, la mayor o menor riqueza inicial en volátiles puede condicionar cambios importantes en la morfología de las coladas (paso de lavas pahoehoe a aa por desgasificación de las primeras) y en la explosividad de la erupción, provocando una gran variedad de formas volcánicas. La amplia gama de formas presente en las erupciones del Timanfaya, El Julan, etc., puede precisamente explicarse por tratarse de emisiones de magmas con elevado contenido inicial de volátiles.

La tasa eruptiva es sin duda otro de los factores morfogenéticos más importantes, ya que controla muy directamente las dimensiones y morfología de las coladas, la formación de tubos volcánicos y la forma y el «aspecto» de los conos volcánicos. Aunque ya hemos visto que la viscosidad influye en el recorrido de las coladas, su influencia es mucho menor que la ejercida por la tasa eruptiva. Lavas con tasas eruptivas elevadas experimentan escasa pérdida en temperatura y fluidez, pudiendo recorrer grandes distancias. En general, cuando la tasa eruptiva es elevada tiende a formarse una colada de gran extensión lateral, mientras que en el caso contrario suelen formarse apilamientos de coladas poco extendidas. La forma de los edificios volcánicos está asimismo estrechamente controlada por la tasa eruptiva. Cuando ésta es elevada se tiende a «destruir» relieve (rellenando depresiones anteriores) o, en todo caso, se producen edificios volcánicos de baja relación altura/base («relación de aspecto»). Los conos elevados y los grandes estratovolcanes se originan con bajas tasas eruptivas en períodos prolongados de actividad efusiva.

Por último, hay que considerar el volumen total de magma producido en un episodio eruptivo —que condiciona la importancia en términos absolutos de la modificación del relieve experimentada— y la topografía previa, que influye más en la variedad de formas resultante —presencia de lagos y tubos de lava, bolas de acreción, diaclasado columnar (órganos), etc.— que en el recorrido y geometría de las coladas.

2. MECANISMOS TÍPICOS DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS EN CANARIAS

Si centramos la atención únicamente en el propio proceso eruptivo, es decir, en el mecanismo que provoca la erupción, podemos prescindir de buena parte de los factores morfogenéticos anteriormente expuestos, ya que el mecanismo eruptivo está condicionado fundamentalmente por dos de esos factores: la viscosidad de los magmas y su contenido en volátiles, y la posible interacción con una fuente externa de agua.

En general, los magmas *primitivos* (*basálticos*) que han dado lugar al grueso del volumen de las Islas, son con gran diferencia los más «típicos» de Canarias. Son poco viscosos, con elevadas temperaturas de salida y relativamente bajo contenido en volátiles. Los magmas *más evolucionados* (*fonolíticos y traquíticos*), relativamente abundantes en las fases finales de cada ciclo volcánico, especialmente en las islas de Tenerife y Gran Canaria, suelen ser en cambio muy viscosos, con temperaturas de salida bajas y elevado contenido en gases disueltos.

Por otra parte, en profundidad y a presiones elevadas, los magmas pueden contener gases disueltos en mucha mayor proporción de la que generalmente se produce. Únicamente cuando la columna eruptiva se acerca a la superficie, esta facilidad de los magmas en contener gases desciende exponencialmente hasta hacerse prácticamente nula a presión ambiental, alcanzándose la saturación y tendiendo los gases a escapar del magma. La profundidad a que esta saturación y liberación de gases se produce debería depender de la presión externa, aumentando en proporción a la de gases englobados y, por consiguiente, la posibilidad de que se alcance el punto de saturación. Sin embargo, el desprendimiento de los volátiles puede verse dificultado, además, por la visco-

sidad del magma, que puede retener gases muy por encima del nivel de saturación, incrementando de esta forma la sobrepresión de los gases confinados y la explosividad de la erupción.

3. MECANISMOS ERUPTIVOS EN MAGMAS POCO VISCOSOS

Vamos a analizar, a modo de ejemplo, los procesos que ocurrieron en el conducto de salida en la erupción del Teneguía, cuyo magma era relativamente poco viscoso y con bajo contenido en volátiles. La baja viscosidad del magma permitió la formación de burbujas (*vesiculación*) y el escape de los gases a la atmósfera. La tendencia a la obturación de la boca de salida del cráter por el enfriamiento de la lava provocaba *explosiones rítmicas* con fragmentación de ésta, para mantener la salida de los gases expedita (Fig. 1). En determinadas fases, la viscosidad del magma contenido en gases desciende aún más, por lo que la lava fluye por la boca eruptiva derramándose sobre la superficie y formando una colada lávica. Esta alternancia de fases explosivas rítmicas, con *fragmentación* de la lava a niveles superficiales (formación de *productos piroclásticos*), y fases efusivas, con salida de *coladas de lava*, son típicas del *mecanismo eruptivo estromboliano*, muy frecuente en el volcanismo basáltico fisural de Canarias. Todas las erupciones históricas del Archipiélago han tenido en forma claramente dominante este tipo de mecanismo eruptivo.

En casos extremos de fluidez y tasas eruptivas muy elevadas, condiciones que debieron darse en las fases iniciales de construcción de las Islas en los comienzos del primer ciclo volcánico de cada una de ellas, el mecanismo eruptivo se asemejaría más al tipo *hawaiano*, originando una sucesión de coladas delgadas y de largo recorrido emitidas a través de fisuras, que configuraron edificios volcánicos «*en escudo*», de baja relación de aspecto. Con el desarrollo del ciclo volcánico y con la progresiva diferenciación de los magmas, se iría pasando a mecanismos más explosivos, primeramente estrombolianos y por último plinianos, en las emisiones de los diferenciados sálicos finales.

4. MECANISMOS ERUPTIVOS EN MAGMAS MUY VISCOSOS

Tomemos ahora como referencia una de las erupciones localizadas en el edificio sálico central de Tenerife (Fig. 2), que originaron las coladas piroclásticas y mantos de pómez de las Bandas del Sur. En este caso la viscosidad del magma y el contenido inicial de gases son muy elevados. La formación de burbujas de gases se efectúa con gran dificultad y con gran retraso respecto de su nivel de saturación, originándose una gran sobrepresión interna a causa de las dificultades en la expansión. Al aproximarse el magma a la superficie, esta sobrepresión acaba venciendo la resistencia de las paredes de las burbujas, que estallan, produciendo una *fragmentación explosiva del magma*. En este proceso de fragmentación se pasa de un *magma con gas* ocluido a un *gas con magma* fragmentado, de densidad mucho menor; el consiguiente brusco descenso de presión en

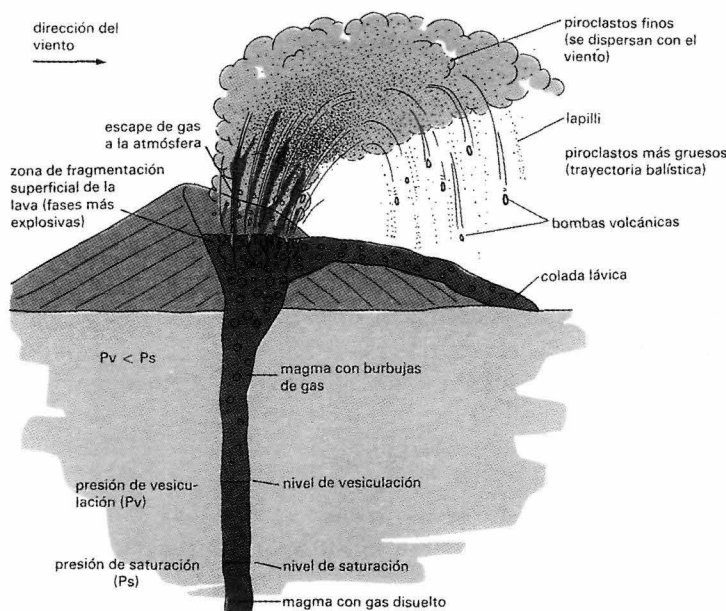


Fig. 1. Esquema que ilustra el mecanismo eruptivo propio de magmas poco viscosos. Generalmente conocido como *estromboliano*, este tipo de erupciones es el más frecuente en el volcanismo reciente de Canarias (erupciones del Chinyero, Teneguía, etc.).

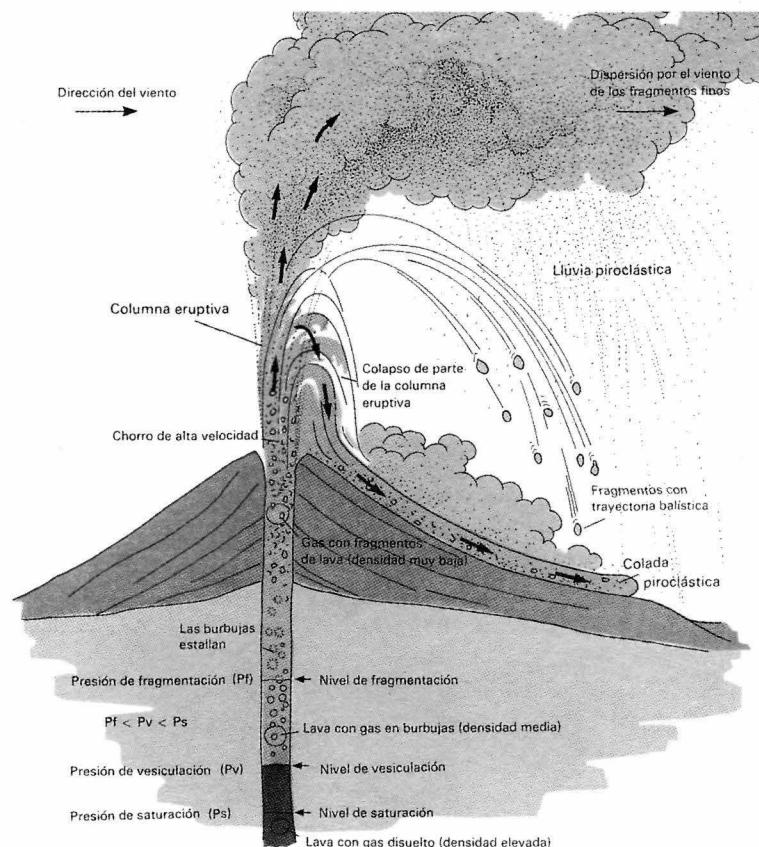


Fig. 2. Mecanismo eruptivo propio de magmas muy viscosos. Estas erupciones, de gran explosividad y efectos devastadores, han ocurrido en Canarias en épocas pasadas, especialmente en las islas de Tenerife y Gran Canaria. A este tipo corresponden erupciones tan conocidas como las del Nevado del Ruiz (Colombia), St. Helens (USA), Pinatubo (Filipinas), etc.

el conducto de salida y la enorme expansión del conjunto disparan un proceso «en cadena» que genera un *chorro eruptivo* de alta velocidad (hasta 600 m/seg.), constituido por gases y fragmentos de lava, pómez y materiales arrancados de las paredes del conducto eruptivo. La expansión continúa al inyectarse el chorro en la atmósfera, provocando una pérdida de densidad de éste y su progresión ascendente hasta alcanzar frecuentemente decenas de kilómetros de altura.

Este mecanismo eruptivo, denominado *pliniano*, origina erupciones de enorme liberación de energía. En estas erupciones plinianas se desprenden asimismo grandes volúmenes de materiales fragmentados, que por su elevada temperatura y contenido en gases fluyen por el terreno a gran velocidad, ocupando amplias extensiones alrededor del punto de emisión, como ocurre en la parte Sur de Gran Canaria y de Tenerife.

5. ERUPCIONES CON APOORTE DE AGUA: EL HIDROVOLCANISMO EN CANARIAS

El término *hidrovolcanismo* hace referencia a los procesos volcánicos en que existe interacción entre el magma y un aporte externo de agua. En Canarias existe una buena representación de formas volcánicas originadas en procesos hidrovolcánicos de baja energía, fundamentalmente en las plataformas costeras.

Para comprender el mecanismo hidrovolcánico hay que tener en cuenta que no es suficiente que el magma entre en contacto con el agua. Esta circunstancia se da muy a menudo en Canarias, al penetrar las coladas en el mar, sin que se produzca ningún mecanismo explosivo, ya que en este caso la eficacia en la transferencia de calor del magma al agua es bajísima. Para que esta transferencia sea eficaz y la interacción se torne explosiva, tienen que cumplirse dos circunstancias favorables: la fragmentación previa del magma y una relación apropiada de agua/magma. La primera condición es fácil de comprender, ya que para que la transferencia de calor sea rápida y eficaz, la superficie de contacto entre el magma y el agua debe ser la mayor posible. Supongamos una colada que entra en el mar con un volumen de 1.000 m³; la superficie de contacto puede cifrarse en sólo 600 m². La colada en este caso producirá únicamente una nube de vapor y un ligero calentamiento del agua en sus inmediaciones. En cambio, si se dividiera ese mismo volumen de colada

en fragmentos de 1 mm^3 (1 billón), la superficie de contacto lava/agua sería entonces enorme (6 km^2), con lo que la interacción sería explosiva.

Ya hemos visto que en los magmas más viscosos existe un proceso de fragmentación previo a la salida del chorro eruptivo. Si existe un aporte de agua por encima del nivel de fragmentación, la interacción magma/agua es extraordinariamente eficaz y la erupción será explosiva, dependiendo su energía de la proporción agua/magma que exista. Las erupciones hidrovulcánicas cataclísmicas de alta energía (freatoplinianas) están pues relacionadas con los magmas diferenciados de elevada viscosidad. En Canarias, estas erupciones freatoplinianas han podido tener un papel importante en las islas de Tenerife y Gran Canaria, aunque éste sea un tema aún poco estudiado y conocido.

6. PRODUCTOS Y FORMAS VOLCÁNICAS EN CANARIAS

En las erupciones volcánicas se generan fundamentalmente tres tipos de productos:

- Emanaciones gaseosas*, es decir, la fase volátil del magma que escapa libremente a la atmósfera.
- Coladas lávicas*, encastrasen en períodos en que la viscosidad del magma es muy baja y la lava fluye a la superficie.
- Materiales piroclásticos*, originados por la proyección al aire de fragmentos de lava fundida de diverso tamaño, arrojados con trayectorias balísticas por el empuje de los volátiles en las fases ligeramente más explosivas.

6.1. Emanaciones gaseosas y alteraciones hidrotermales

Las emanaciones gaseosas están constituidas fundamentalmente por H_2O y CO_2 , aunque también están presentes en menor cantidad el CO , H_2 , N_2 , O_2 , SO_2 , etc. En general, las emanaciones posteruptivas de gases volcánicos se denominan fumarolas. En la actualidad existe actividad fumaroliana en el Archipiélago en las zonas con volcanismo histórico de carácter basáltico, en la zona de Timanfaya y en el Teneguía. Su componente principal es aire recalentado y pequeñas cantidades de vapor de agua y anhídrido carbónico. Las emanaciones gaseosas existentes en el ápice del Teide tienen en cambio un carácter diferente, ya que además de presentar elevados contenidos de vapor de agua (en grado de saturación) y CO_2 , contienen también cantidades apreciables de compuestos de azufre, responsables de los sublimados que tapizan los salideros de gases.

La circulación prolongada de aguas calientes cargadas de sales y volátiles es asimismo responsable de intensas alteraciones hidrotermales, que confieren un intenso colorido a las rocas. Los afloramientos más espectaculares en el Archipiélago de estas zonas de alteración hidrotermal se localizan en Las Cañadas del Teide (Los Azulejos), en el borde de la Caldera de Tejeda, y en la cabecera del Barranco de Mogán, en Gran Canaria.

6.2. Materiales piroclásticos

Los materiales *piroclásticos* relacionados con erupciones de carácter estromboliano son muy abundantes en Canarias, especialmente en la vertical de los ejes estructurales (dorsales), donde se encuentran preferentemente los centros de emisión. El término piroclasto hace referencia a la condición de lava fundida (*piros*) y fragmentada (*clastos*) de estos materiales. Recientemente, los volcanólogos islandeses están imponiendo de nuevo un término equivalente de más fácil uso —tephra o tefra— propuesto ya por Aristóteles para estos materiales volcánicos.

Los diferentes nombres que reciben los piroclastos provienen de su tamaño y aspecto, diferenciándose tres grupos principales:

- Cenizas volcánicas*, fracción fina de diámetro inferior a 2 mm.
- Lapilli* («picón» o «arena» en Canarias) o *cínder*, fracción de 2 a 64 mm. de diámetro.
- Escorias o bombas volcánicas*, fragmentos de tamaño mayor de 64 mm., de forma irregular los primeros y redondeados o en forma de huso los segundos.

Los piroclastos finos, a la vez que forman los conos volcánicos, uno de los elementos más típicos del relieve volcánico de Canarias, son grandes «destructores» (niveladores) del relieve. Los *mantos de lapilli* y cenizas borran o suavizan la topografía anterior en un área a veces de kilómetros de radio alrededor de los cen-

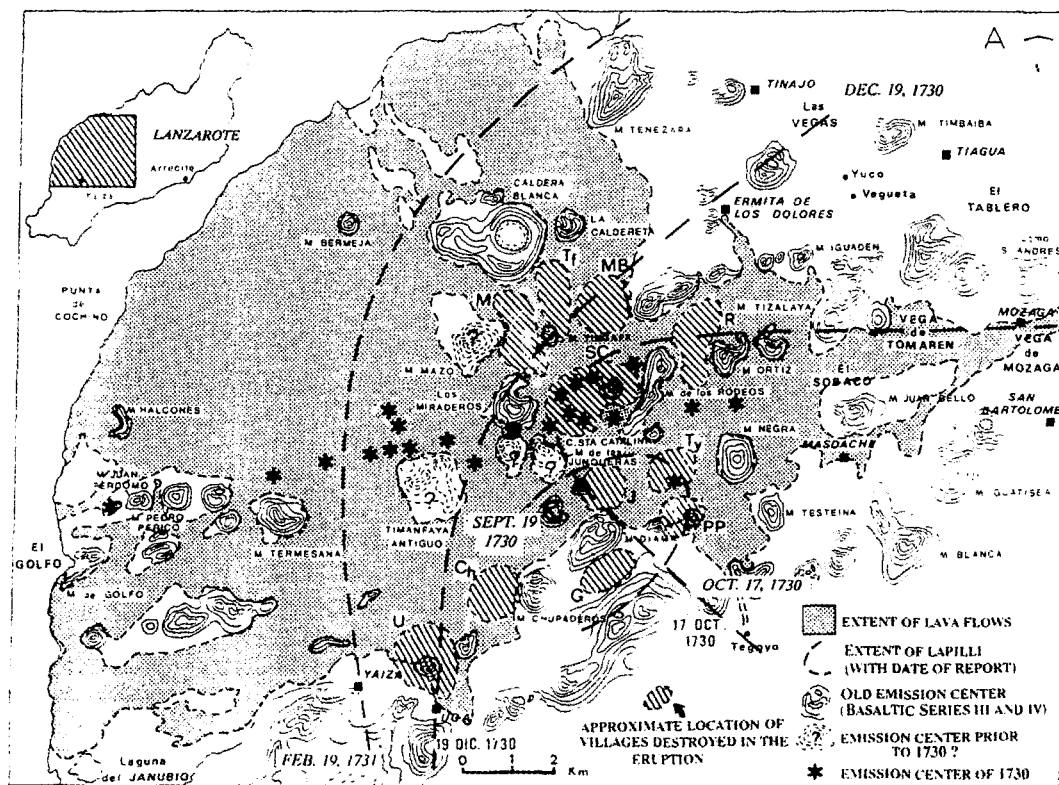


Figura 3. La distribución del lapilli («picón») en las erupciones canarias rellenan y fosilizan la topografía previa, constituyendo un proceso de gran importancia en la nivelación del relieve. Distribución de piroclastos en los sucesivos episodios de la erupción de Lanzarote de 1730-1736.

tros de emisión (Fig. 3). Durante su trayectoria aérea, el viento controla el depósito de estos materiales finos, que adopta frecuentemente una pauta elíptica más o menos alargada, en función de la constancia en dirección y de la fuerza del viento.

En las erupciones de magmas viscosos se producen principalmente dos tipos de materiales fragmentarios: lluvias piroclásticas y coladas piroclásticas. Ya hemos visto que cuando los magmas tienen viscosidad elevada, los mecanismos eruptivos son generalmente de carácter explosivo y los productos y formas volcánicas resultantes son marcadamente diferentes de los correspondientes a los magmas de menor viscosidad. En estas erupciones plinianas, la mayor tasa de fragmentación del magma, velocidad de salida de los materiales y altura de la columna eruptiva, confieren a los piroclastos de proyección aérea unas características distintas, predominando las *fracciones finas* y con áreas de distribución muy amplias. Además, en este tipo de erupciones, los piroclastos pueden «fluir», al movilizarse por efecto de las altas temperaturas y elevado contenido en gases, dando lugar a «*coladas piroclásticas*». También las coladas lávicas son peculiares, predominando la morfología «en bloque», y alcanzando con frecuencia espesores muy elevados.

Las *lluvias piroclásticas* están fundamentalmente compuestas por pómez (equivalente en tamaño al lapilli) y cenizas. El área de dispersión está controlada por la energía de la erupción y la dirección y fuerza del viento, configurando generalmente una elipse alrededor del punto de emisión. Un extraordinario ejemplo de lluvias piroclásticas, relacionadas con erupciones plinianas de alta energía, lo constituyen los mantos de pómez de las Bandas del Sur de Tenerife. Las lluvias piroclásticas plinianas constituyen un elemento nivelador del relieve previo similar al de los mantos de lapilli estromboliano, pero varios ordenes de magnitud mayor en importancia. Junto con los depósitos de pómez pliniana, las coladas piroclásticas recubren todo el Sur y Este de la isla de Tenerife y la parte occidental del centro y Sur de Gran Canaria.

El mecanismo de formación de las coladas piroclásticas en erupciones plinianas ha sido analizado con detalle en erupciones recientes. Se ha comprobado que la columna eruptiva pliniana se separa en dos sectores: una fase inferior de «empuje», en que la dispersión sólido/gas se proyecta en un chorro de alta velocidad (400-600 m/seg.), decelerado rápidamente por efecto gravitatorio; y una fase superior convectiva, que se inicia donde cesa el impulso cinético y donde el sistema disperso, libre ya de los fragmentos de mayor tamaño, asciende por convección hasta grandes alturas (30-40 km.). El colapso gravitatorio de la parte cinética de la columna provoca el desplazamiento lateral de la dispersión sólido/gas por las laderas del edificio volcánico, generándose una colada piroclástica que puede alcanzar grandes velocidades y cuyo desplazamiento puede

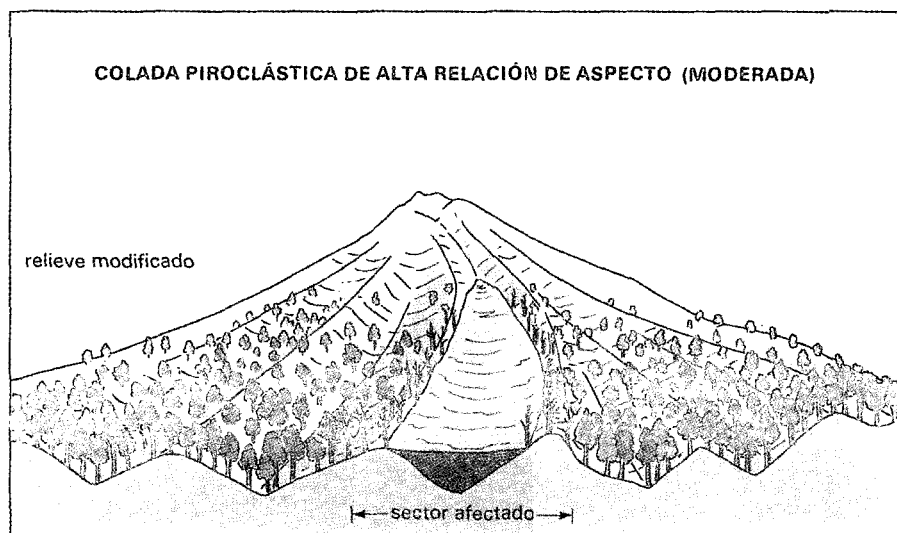
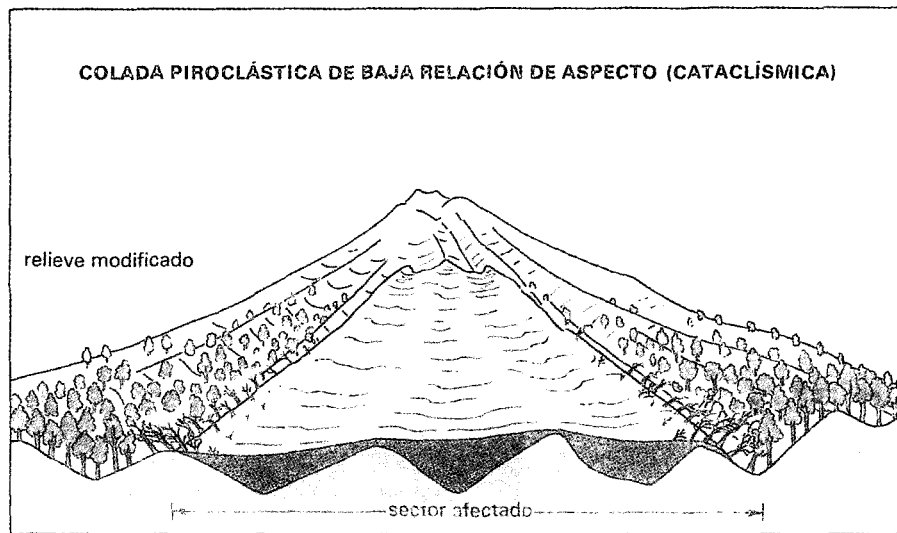
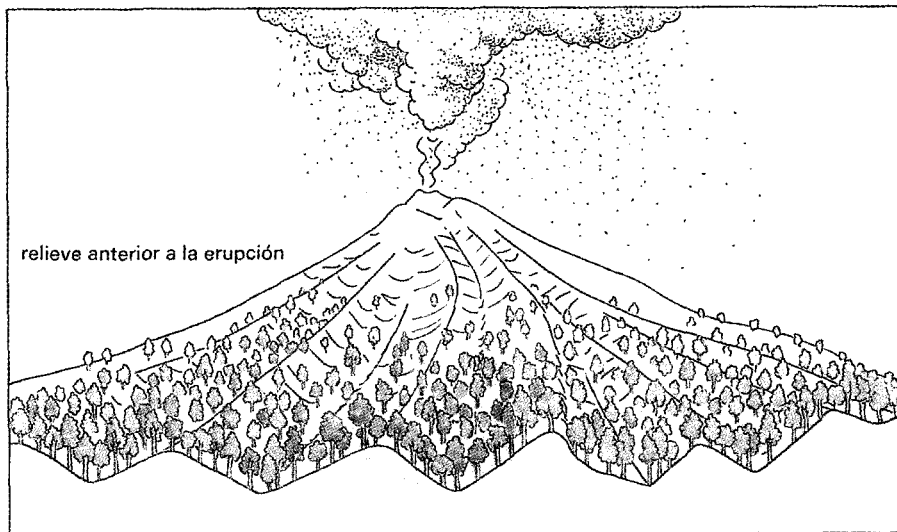


Figura 4. Las coladas piroclásticas, especialmente las de alta energía, tienen gracias a su capacidad de remontar obstáculos de centenares de metros una espectacular acción en la nivelación del relieve. Un ejemplo típico son las Bandas del Sur en Tenerife o la zona de Mogán en Gran Canaria.

llegar a ser independiente del relieve existente, cruzando valles y escalando montañas que no sobrepasen en altura al sector cinético de la columna. Una vez iniciado el recorrido, las coladas piroclásticas pueden alcanzar grandes distancias, al generarse un sistema «fluidificado» en que los gases muy calientes mantienen «flotando» las partículas sólidas, dando al conjunto una gran movilidad.

Dependiendo del mecanismo de formación y de las condiciones de depósito, se pueden diferenciar tres tipos principales de coladas piroclásticas: 1) coladas de materiales poco soldados (baja temperatura de depósito) en que predomina la pómez, conocidos generalmente como *ash flows* (*tobas* en Canarias). 2) *ignimbritas*, en que la temperatura de reposo es elevada y los fragmentos se sueldan y estiran dando lugar a vistosas *flamas*. 3) avalanchas incandescentes o «nubes ardientes», producidas generalmente por explosión o colapso de un «tapón» de lava viscosa (domo) que obstruye la boca eruptiva. Este mecanismo da lugar a depósitos con una elevada proporción de bloques de rocas de gran tamaño, similares al que forma la aguja del Roque Nublo en Gran Canaria.

Como modificadores (niveladores) del relieve previo, las coladas piroclásticas difícilmente tienen parangón, siendo capaces de cruzar barrancos y traspasar montañas de centenares de metros de desnivel (Fig. 4). Como resultado se suaviza el relieve anterior en las faldas del edificio volcánico, hasta desaparecer, originando planicies como la que actualmente encontramos en el Sur y Este de Tenerife.

6.3. Coladas lávicas

Los aspectos que aquí nos interesan de las coladas se relacionan principalmente con su morfología, recorrido y geometría, que tanto contribuyen a la configuración del relieve en las islas. Estas características están a su vez íntimamente asociadas al comportamiento en el flujo de las lavas y a los factores morfogenéticos ya enunciados en un apartado anterior: viscosidad, contenido en volátiles, tasa eruptiva y topografía previa.

Las observaciones realizadas por numerosos investigadores en las dos últimas décadas en lavas de Hawái, Etna, etc., han demostrado que las lavas se extruyen normalmente por debajo de su *liquidus*, esto es, a una temperatura en que la lava ya ha empezado a solidificarse, *coexistiendo la fase líquida con una fase sólida*, generalmente cristales. En estas condiciones, las lavas no se comportan como *fluidos newtonianos*, es decir, de viscosidad tan baja que fluyan por acción gravitatoria, sino como *fluidos bingham*, que para iniciar o mantener el flujo requieren un esfuerzo adicional de «empuje». Si las lavas, que ya hemos visto que experimentan un enfriamiento escaso en su trayecto, se comportaran como fluidos verdaderamente newtonianos, deberían fluir sin detenerse hasta encontrar una depresión, que rellenarían, o aumentar su viscosidad por enfriamiento. Sin embargo, esto no es siempre así, siendo frecuente encontrar coladas a media ladera; el concepto de que las coladas se detienen porque se «enfían» no resulta, pues, siempre suficiente. En cambio, este comportamiento es lógico en un fluido bingham, que, aun en pendiente, detendrá su recorrido por su propia resistencia al flujo, si cesa el empuje aplicado al interrumpirse el aporte.

El carácter de fluido no newtoniano de las lavas es asimismo responsable del espesor de las coladas, en relación con la inclinación del plano de flujo, y de su «*relación de aspecto*» (relación espesor/extensión horizontal). En efecto, las coladas no adquieren el desarrollo lateral propio de un fluido newtoniano, sino que se «canalizan» formando lenguas, comportamiento sólo explicable en fluidos no newtonianos.

Las coladas suelen diferenciarse en tres grandes grupos, atendiendo a sus características superficiales: coladas *aa*, *pahoehoe* y *en bloques* (Fig. 5). Los dos primeros son los más característicos de magmas poco viscosos, por lo que los trataremos en este apartado, dejando las coladas en bloques para el correspondiente a los magmas de mayor viscosidad. Los términos hawaianos *aa* y *pahoehoe* son hoy de aplicación general. Las coladas *aa*, también llamadas «escoriáceas», tienen un excelente equivalente en la denominación popular canaria de «*malpaís*», que hace alusión a su superficie áspera y difícilmente transitable. El término *pahoehoe* indica, por el contrario, una superficie lisa y continua, frecuentemente arrugada en pliegues y cuerdas que le confieren una gran espectacularidad («*lajiales*» en Canarias). Ambos tipos de morfología pueden darse, y de hecho se dan, en coladas de la misma composición; es incluso frecuente que una colada *pahoehoe* se transforme en su recorrido en *aa*, aunque este proceso no pueda invertirse.

Tampoco es la viscosidad el factor que determina por sí solo uno u otro tipo de colada; si así fuera no existiría la forma *pahoehoe*, ya que ésta incrementa su viscosidad al enfriarse y solidificarse hasta valores similares a los de las lavas *aa*, tipo que sería único si la viscosidad fuera el factor determinante. En realidad existe una estrecha relación entre la viscosidad de la lava y su resistencia interna al flujo, que define un umbral de transición de uno a otro tipo. Si la lava se detiene y enfría únicamente como consecuencia del aumento de la viscosidad, conserva la forma *pahoehoe*; si por el contrario la lava se ve forzada a continuar el movimiento una vez rebasado ese umbral crítico de transición, se «irregulariza» y rompe su superficie, adoptando entonces de manera irreversible la forma *aa*.

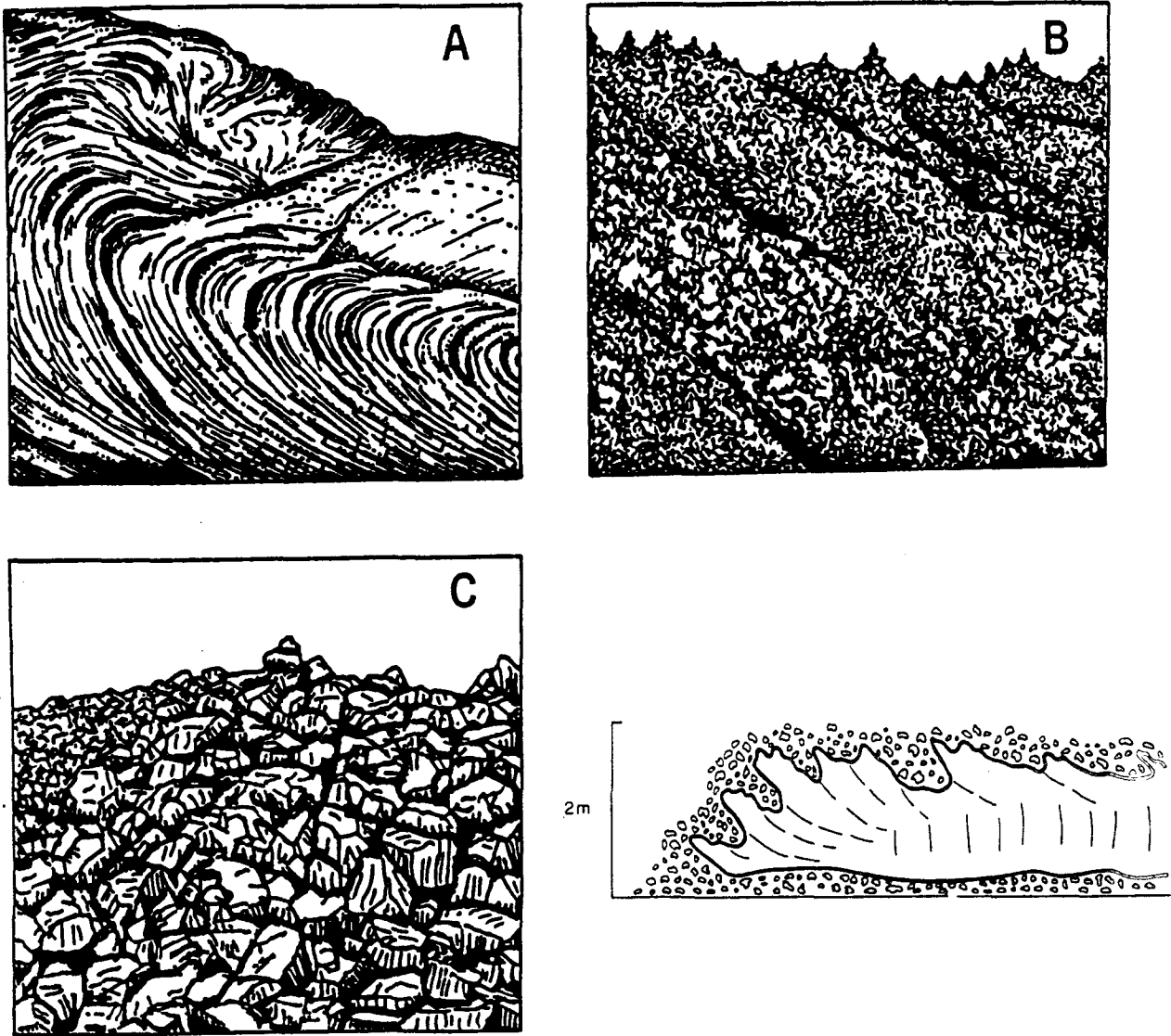


Figura 5. Las coladas se suelen clasificar por el aspecto de su superficie en pahoehoe (A), aa (B) y en bloques (C). En la parte inferior derecha se muestra un corte interno de una colada aa.

Las coladas de magmas muy viscosos ofrecen una resistencia interna al flujo muy elevada, por lo que suelen ser de corto recorrido y muy potentes (elevada relación de aspecto), configurando formas muy características del relieve canario: mesas, sombreros, fortalezas, etc.

Las coladas muy gruesas, que se detienen conservando aún elevadas temperaturas, tardarán muchos años en enfriarse. Cuando por fin lo hacen, experimentan una retracción por pérdida de volumen que provoca, si la colada se mantiene en reposo, una fracturación en planos (diaclasas) de elevado grado de ordenamiento. La conjunción de estas diaclasas origina prismas de sección poligonal, semejantes a columnas o tubos de órgano, representadas de forma espectacular en Los Órganos, en la costa NW de La Gomera.

BIBLIOGRAFÍA

- ARAÑA, V., & CARRACEDO, J. C. (1978). *Los Volcanes de las Islas Canarias: Tenerife*. Editorial Rueda, Madrid, 151 pp.
- ARAÑA, V., & CARRACEDO, J. C. (1979). *Los Volcanes de las Islas Canarias: Gran Canaria*. Editorial Rueda, Madrid, 175 pp.
- ARAÑA, V., & CARRACEDO, J. C. (1979). *Los Volcanes de las Islas Canarias: Lanzarote y Fuerteventura*. Editorial Rueda, Madrid, 176 pp.

- CARRACEDO, J. C. (1984). *Geografía Física de Canarias*. Vol. 1 de la Geografía de Canarias, Capítulos 1, 3, 4, 5 y 6. Editorial Interinsular Canaria, Santa Cruz de Tenerife, pp 1-16 y 29-104.
- CARRACEDO, J. C., PULIDO, T., ÁLVAREZ, A., ORTEGA, J., ARAÑA, V., HERNÁNDEZ, M. S., MACÍAS, A., CASTRO, F., NOREÑA, M. T., GARCÍA, L. M., MARTÍN, J. F., ACEBES, R.M., AGUILERA, F., MARTÍN, J. A., TOLEDO, J. J. & RIVERO, J. L. (1987). *Canarias*. Editorial Anaya, Madrid, 319 pp.
- CARRACEDO, J. C. Y RODRÍGUEZ BADIOLA, E. (1991). *La Erupción de Lanzarote de 1730*. Servicio Publicaciones del Cabildo Insular de Lanzarote, Las Palmas de Gran Canaria. 184 pp (con un mapa a color a escala 1/25.000 de la erupción de 1730).

TEMA 9

Análisis de la evolución geológica y la formación de los paisajes característicos de la isla de Tenerife

Por Juan Coello Armenta (*)

INTRODUCCIÓN

La Isla de Tenerife es la parte emergida de un gran edificio volcánico piramidal, con su base en fondos marinos situados a unos 3000 m por debajo del nivel del mar. Esta parte emergida es la isla de mayor extensión superficial —2058 Km²— y mayor altura —3718 m s.n.m.— del Archipiélago Canario, en el que ocupa una posición central.

El relieve es, en general, muy accidentado, destacando como principales accidentes morfológicos la gran depresión calderiforme de Las Cañadas en el sector central de la Isla, y los Valles de La Orotava y Güímar en la Cordillera Dorsal (Fig. 1).

La red hidrográfica está constituida por una serie de barrancos bien desarrollados y con un encajamiento variable de acuerdo con la antigüedad de los materiales, siendo los mas profundos los de los Macizos de Anaga y Teno.

Las costas son acantiladas en la mayoría de los sectores, dependiendo también la altura del acantilado de la edad de los terrenos. Las escasas playas suelen coincidir con la desembocadura de los barrancos.

1. EMERSIÓN Y EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LA ISLA

Las características geológicas y disposición de los materiales volcánicos, así como sus edades de formación, reflejadas en el esquema de la Fig. 1, han permitido diferenciar varios edificios independientes, aunque en algunos casos solapados entre sí. Los mas antiguos se encuentran en los extremos Nordeste, Noroeste y Sur del triángulo: son los Macizos de Anaga, Teno y el algo enmascarado del sector del Roque del Conde en Adeje. Todos ellos están constituidos por materiales pertenecientes a la Serie Antigua I o Serie I, la formación volcánica de mayor antigüedad en la columna volcano-estratigráfica de la Isla, con edades entre los 6,5 y 3,5 Ma agrupados en tres ciclos de actividad. Los materiales volcánicos que los forman son fundamentalmente basálticos, con algunos diferenciados sálicos (traquitas y fonolitas) en una proporción mucho menor. La base de estos Macizos correspondería a la emersión de la Isla (Fig. 2).

El sector central de Tenerife está ocupado por el Edificio Cañadas, constituido por materiales volcánicos en los que abundan los diferenciados sálicos, pertenecientes a la Serie Volcánica de igual denominación, formada entre los 3,5 y los 0,2 Ma. Excavada en el mismo se encuentra la gran depresión calderiforme de Las Cañadas.

(*) Dr. en Ciencias Geológicas. Catedrático del Dpto. de Edafología y Geología de la Facultad de Biología de la Universidad de La Laguna.

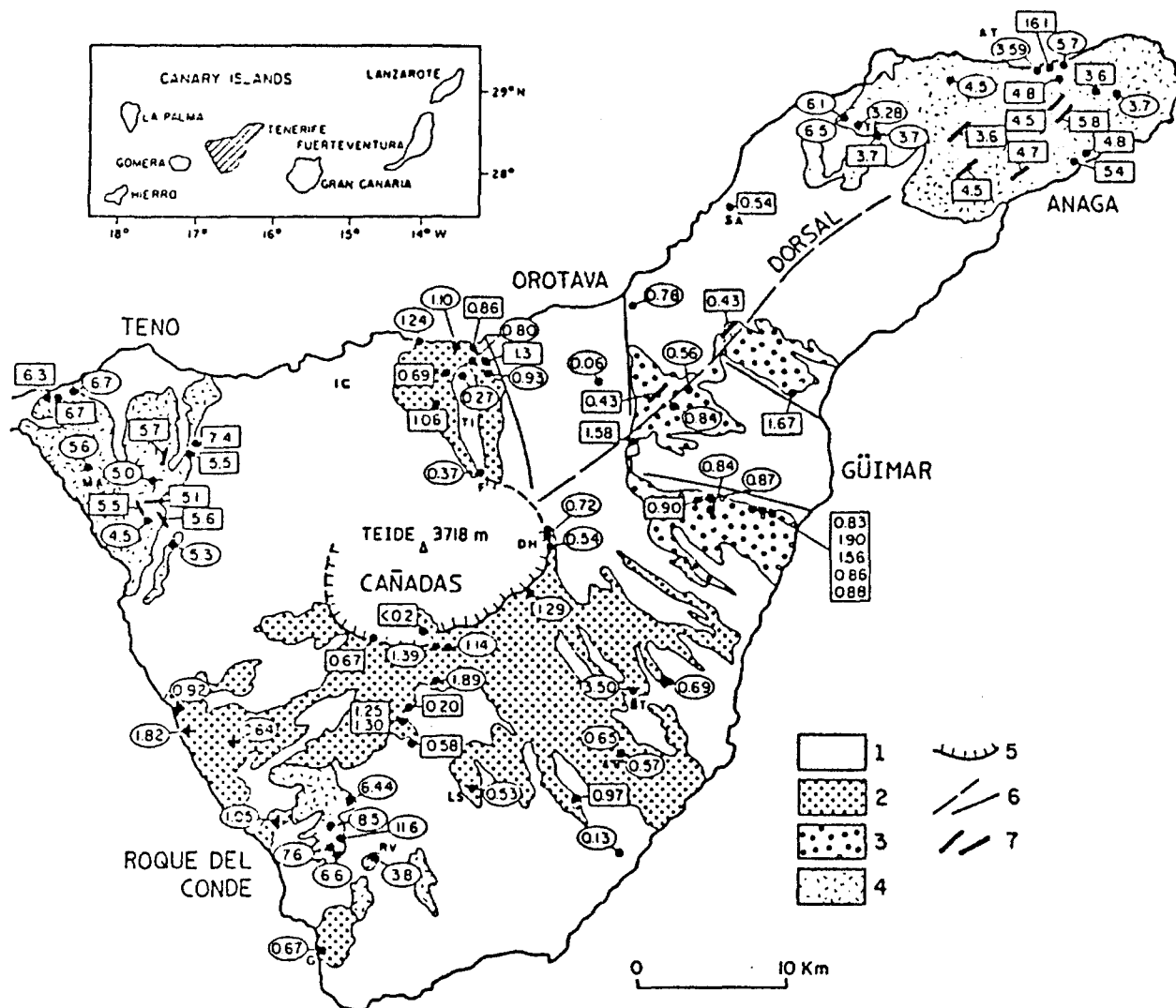


Figura 1. Mapa simplificado de Tenerife. 1) Series recientes. 2) S Cañadas. 3) S. Dorsal. 4) S. Antiguas. 5) Borde de Caldera. 6) Dorsal y escarpes de los Valles de Güimar y La Orotava. 7) Diques datados. Edades en millones de años (en ANCOCHEA et al., 1989).

Adosada al Edificio Cañadas y extendiéndose hacia el Nordeste siguiendo uno de los ejes estructurales de la Isla, se encuentra la Cordillera Dorsal (Serie Basáltica II), que se formó en un «corto» período de tiempo, hace unos 0,8 Ma.

La actividad volcánica acaecida en el último medio millón de años está representada por el gran estratovolcán del Teide y por multitud de centros de emisión distribuidos por gran parte de la Isla (Series Volcánicas III, IV y Volcanes Históricos). Se trata de conos de cinder asociados a coladas de desarrollo variable en cuanto a volumen y extensión superficial, de carácter basáltico en su mayoría. En algunas de estas coladas se han desarrollado tubos volcánicos muy espectaculares por su longitud y desarrollo de algunas secciones, como las Cuevas del Viento y San Marcos en Icod de los Vinos.

2. LOS PAISAJES CARACTERÍSTICOS

La actividad volcánica «intraplaca» responsable de la formación del Archipiélago Canario, diferentes fenómenos volcánico-tectónicos y los agentes geológicos externos, han generado un notable número de formas y relieves de una gran diversidad para la limitada extensión superficial de la Isla.

Se van a reseñar a continuación las formas y accidentes geológicos que se han considerado mas relevantes.

2.1. Las grandes depresiones

El principal accidente morfo-volcánico de la Isla corresponde a la gran depresión calderiforme de Las Cañadas, de borde ovalado, 17 Km de eje mayor, con su fondo a unos 2000 m de cota, paredes que alcanzan hasta los 2700 m, y sobresaliendo en su interior el gran estrato-volcán del Teide-Pico Viejo y sus volcanes periféricos.

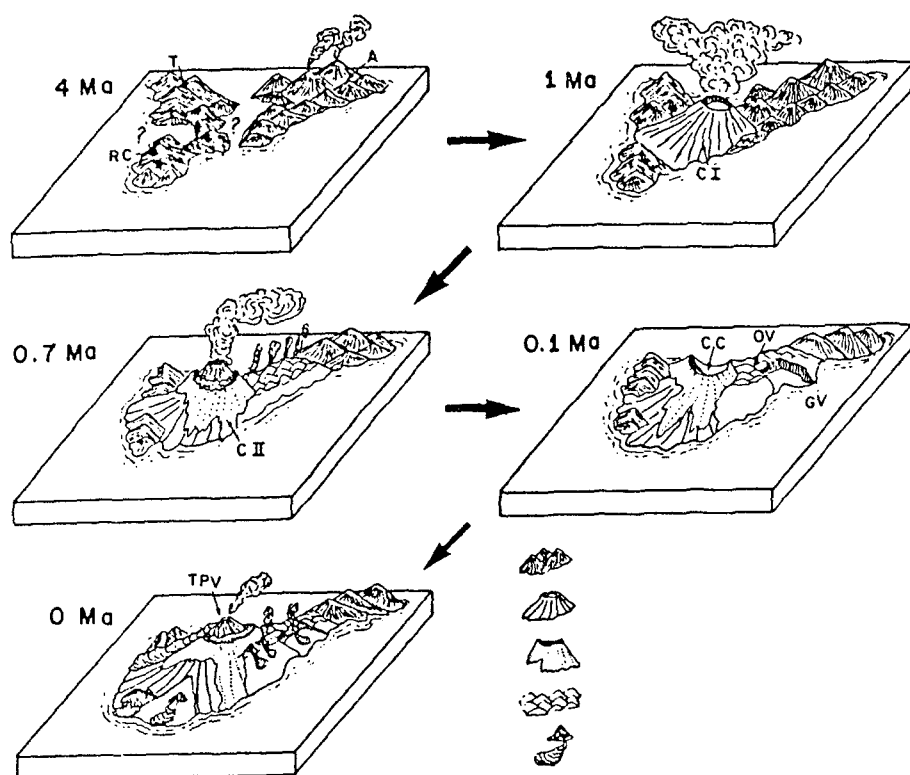


Figura 2. Evolución espacio-temporal de la actividad volcánica de Tenerife. A) Macizo de Anaga. T) M. de Teno. RC) M. de Roque del Conde. CI) Edificio Cañadas I. CII) E. Cañadas II. CC) Caldera de Las Cañadas. TPV) Edificio Teide-Pico Viejo (en ANCOCHEA et al., 1989).

Otras dos grandes depresiones son los atípicos valles de La Orotava y Güímar, formados en la confluencia del Edificio Cañadas-Cordillera Dorsal el primero, y en el flanco Sureste de dicha Cordillera el segundo. La génesis de estos valles parece estar asociada a grandes deslizamientos gravitacionales (avalanchas) que desplazaron enormes masas de materiales hacia el mar.

Este mecanismo de formación fue propuesto hace varias décadas para explicar también la génesis de la Caldera de Las Cañadas, en contraposición a una hipótesis de caldera de hundimiento (Figs. 3 y 4). Nuevos datos obtenidos en perforaciones profundas (galerías, sondeos) parecen estar mas de acuerdo con la hipótesis de una caldera abierta hacia el Norte como consecuencia de dichos deslizamientos.

2.2. Domos de lava

Una de las formas volcánicas que mas destacan en el relieve son los domos, extrusiones o intrusiones de lava muy viscosa, de tipo sálico y color claro, que se acumula en los conductos de salida o en las proximidades del punto de emisión, dando lugar a formas con estructuras diversas que reciben diferentes nombres, tales como «Roques», «Fortalezas», «Pitones», «Agujas», «Crestas», etc.

En la superficie de Tenerife los domos son muy numerosos, tanto en las Series Volcánicas Antiguas como en las Recientes. Su localización y denominación están indicados en el esquema de la Fig. 5.

2.3. Depósitos piroclásticos sálicos

Los relieves mas suaves de la superficie insular están asociados a los depósitos de materiales piroclásticos de tipo sálico, que tienen su origen en el sector central de la Isla asociados al Edificio Cañadas y se extienden en gran parte por las laderas del Sur («Bandas del Sur») de la Isla.

Los depósitos están constituidos por una secuencia de capas o niveles que corresponden a diferentes materiales volcánicos, tales como «piroclastos de caída» (bien representados en el «Paisaje Lunar» de Granadilla), «coladas piroclásticas» (ignimbritas o eutaxitas) (Fig. 6) y «oleadas piroclásticas» («surge deposits») en una proporción menor.

Las formas, estructuras y desarrollo de las capas están de acuerdo a los diferentes mecanismos de formación y depósito de dichos materiales.

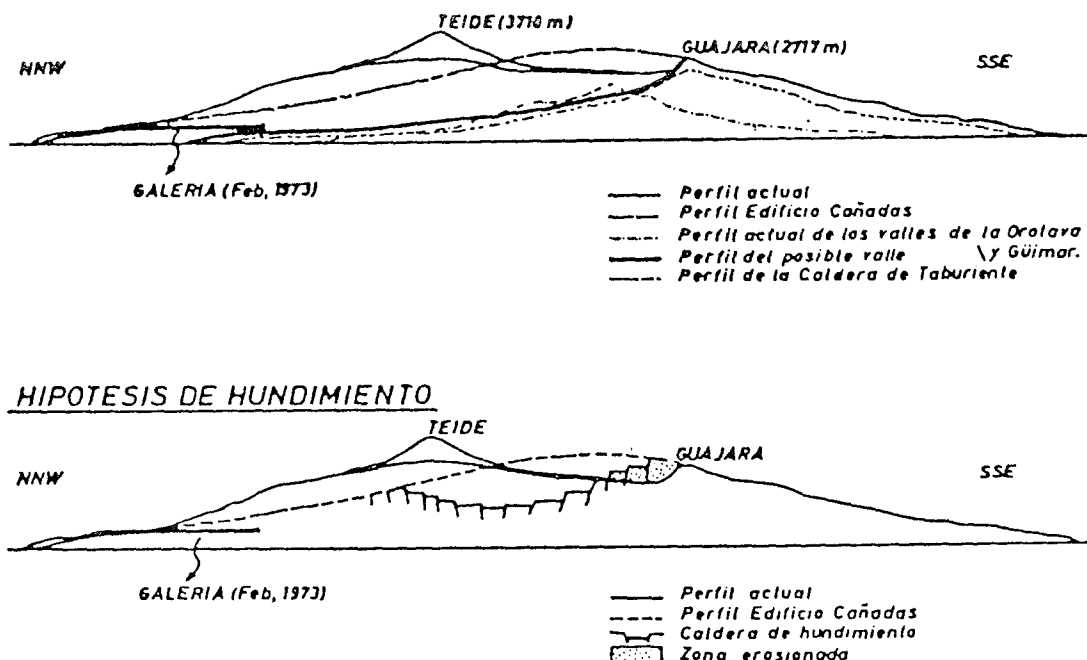


Figura 3. Génesis de la Caldera de las Cañadas según hipótesis erosiva y avalanchas o hundimiento. Los terrenos perforados en las galerías que se desarrollan al Norte del Edificio confirman la primera hipótesis (en V. ARAÑA, 1971, modificado en COELLO, 1973).

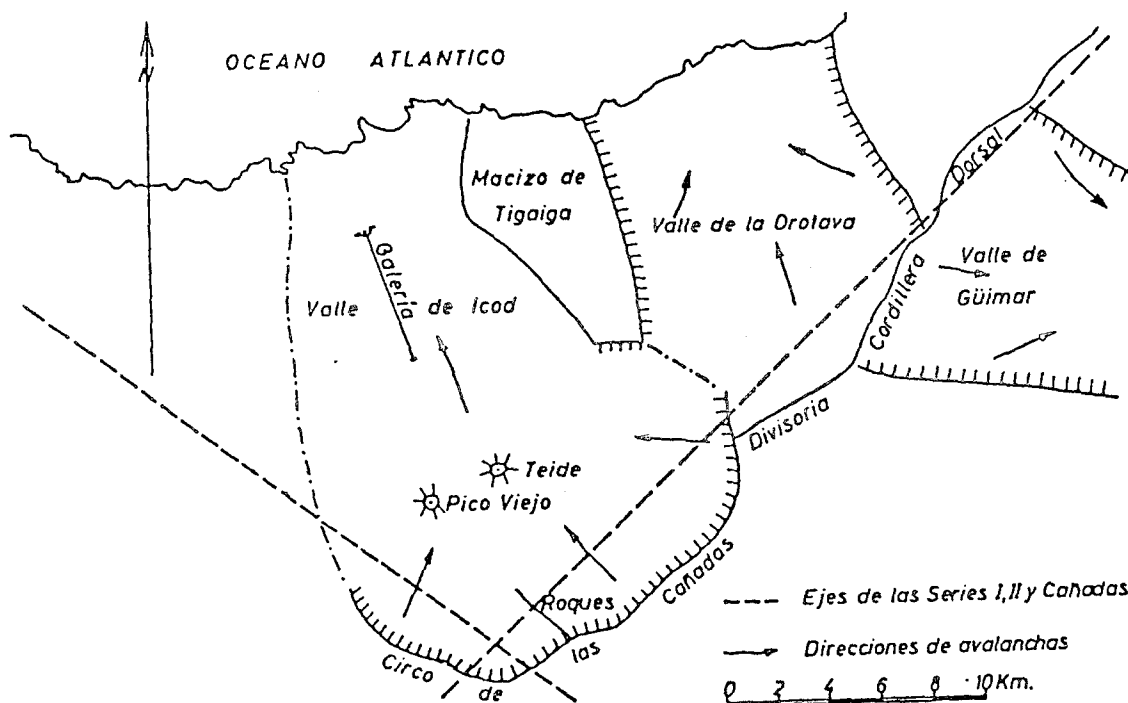


Figura 4. Direcciones de las avalanchas y erosión generadoras de las depresiones de la Caldera de Las Cañadas y de los Valles de La Orotava y Güimar (en J. COELLO, 1973).

2.4. Los volcanes hidromagmáticos

Algunos edificios volcánicos bien conservados en cuya formación ha intervenido la interacción agua-magma se encuentran en diferentes sectores costeros de Tenerife asociados a las Serie Volcánica III (Fig. 7). Aunque en las formaciones volcánicas de mayor antigüedad (Serie Cañadas o Serie I) también han existido volcanes de este tipo, la erosión ha desmantelado la mayor parte de los edificios originales, quedando solamente restos de los mismos.

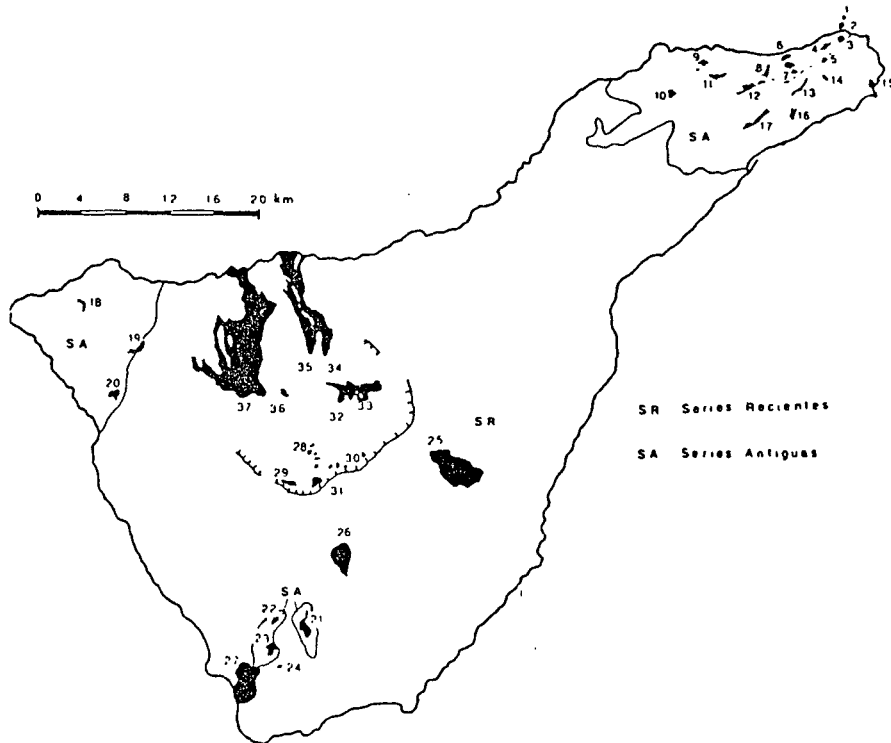


Figura 5. Localización y denominación de los domos de Tenerife. *Anaga (Arco de Taganana)*: 1. Roque de Fuera; 2. Roque de Dentro; 3. Roque del Aderno; 4. Roques del Draguillo; 5. Roque de Anambro; 6. Roque de las Ánimas; 7. Roques de Enmedio y de la Fajanela; 8. Roque de los Pasos. *Anaga Superior*: 9. Roque de los Pinos; 10. Picacho del Roque; 11. Las Carboneras; 12. Roque Negro; 13. Cabezo de Arbelo; 14. Las Calderetas; 15. Roque de Juan Bay; 16. El Mesón; 17. Lomo de los Berros. *Teno*: 18. Pico del Aderno; 19. Montaña de Tomaseche; 20. Roque Blanco. *Valle de San Lorenzo*: 21. Roque de Jama; 22. Roque Vento; 23. Roque Higara; 24. Roque del Malpaso. *Edificio Cañadas*: 25. Los Picachos; 26. Lomo Simón; 27. Montaña de Guaza. *Pared de las Cañadas*: 28. Roques de García; 29. Cañada de Pedro Méndez; 30. Cañada de la Mareta; 31. Fuente de los Riachuelos. *Complejo Teide-Pico Viejo*: 32. Montaña Blanca; 33. Montaña Rajada; 34. Montaña Abejera; 35. Pico Cabras; 36. Los Gemelos; 37. Los Roques Blancos (en HDEZ.-PACHECO et al., 1990).

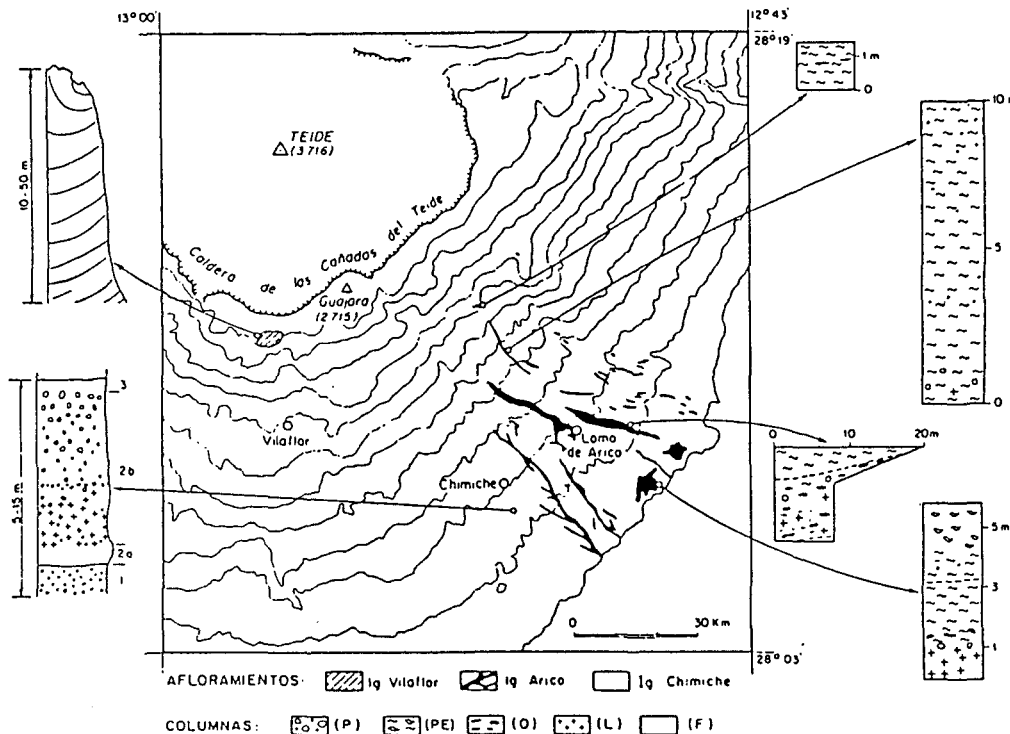


Figura 6. Localización y secciones representativas de las coladas piroclásticas de Vilaflor, Arico y Chimiche. P) Fragmentos pumíticos PE) Flamas O) Obsidianas L) Líticos accidentales F) Finos pumíticos y vitroclásticos (en ARAÑA et al., 1989).

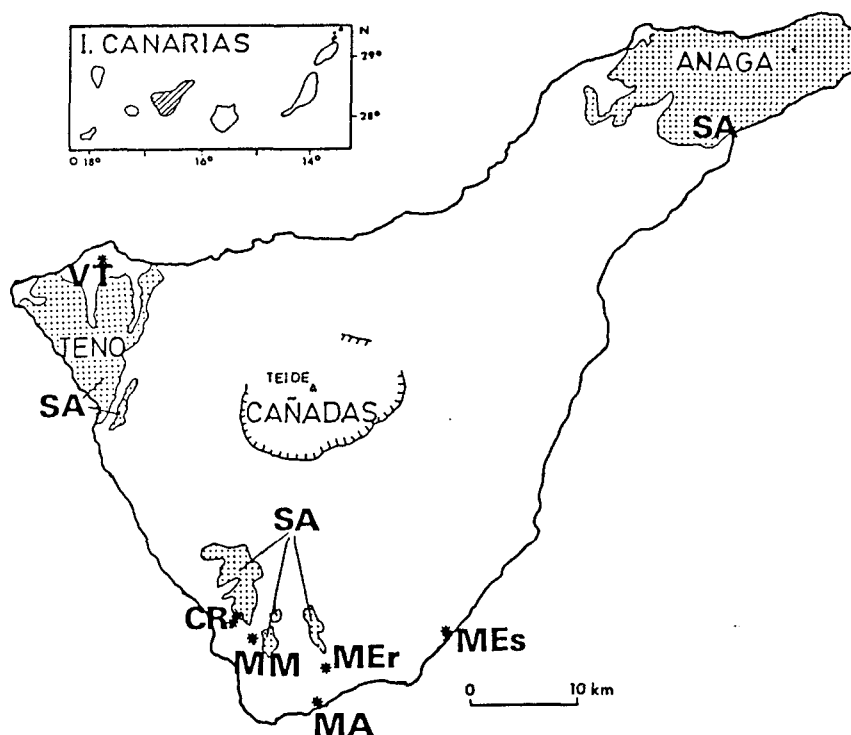


Figura 7. Situación de los edificios hidromagmáticos costeros de Tenerife. CR) Caldera del Rey, MA) Mña. Amarilla, MER) Mña. de los Erales, MES) Mña. Escachada, MM) Mña. del Mojón, VT) Volcán de Taco, SA) Serie Antigua (en J. DE LA NUEZ et al., 1993).

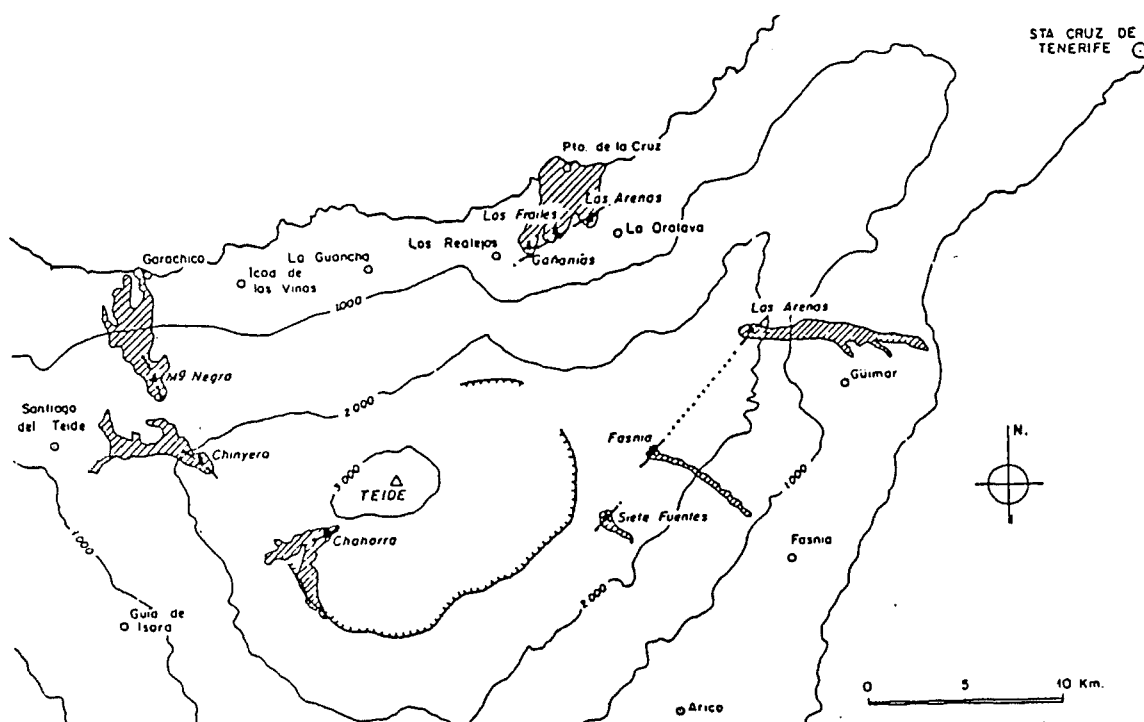


Figura 8. Localización y alineaciones estructurales de las erupciones históricas de Tenerife (en GARCÍA MORAL, 1989).

Los volcanes hidromagmáticos de la Isla se pueden clasificar como «anillos de tobas». Sus materiales constituyentes tienen una composición basáltica y traquibasáltica, a excepción de uno de ellos, la Caldera del Rey, que es de tipo sálico. En algunos casos y debido al aislamiento al final de la erupción de los conductos de emisión del agua del mar, las últimas fases son de tipo estromboliano (Mña. de los Erales).

2.5. Los volcanes históricos

Los últimos episodios volcánicos de Tenerife, acaecidos en los últimos 5 siglos y de los que se tienen referencias históricas, destacan enormemente en el relieve de la Isla por la gran conservación de las formas originales y la prácticamente nula alteración de los materiales, que conservan los tonos grises-oscuros-negros típicos de las rocas basálticas propias de todas estas últimas erupciones (Fig. 8).

Un rasgo común de estas erupciones, a excepción de la Mña. Negra de Garachico, es su carácter fisural, apareciendo los puntos de emisión-conos volcánicos alineados a lo largo de fracturas, que coinciden con las grandes direcciones volcano-tectónicas de los edificios insulares.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, J. J., 1989. *Estudio volcano-estratigráfico y volcanológico de los piroclastos sálicos del Sur de Tenerife*. Col. Investigación. Universidad de La Laguna. 257 pp.
- ANCOCHEA, E., FÚSTER, J. M., IBARROLA, E., CENDRERO, A., COELLO, J., HERNÁN, F., CANTAGREL, J. M., & JAMOND, C., 1990. Volcanic evolution of the island of Tenerife (Canary Islands) in the light of new K-Ar data. *Journ. of Volcanology and Geoth. Research*, 44: 231-249.
- ARAÑA, V. 1971. Litología y estructura del Edificio Cañadas. Tenerife. *Estudios Geol.* 27: 95-135.
- ARAÑA, V. & COELLO, J., 1989. Los Volcanes y la Caldera del Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias). ICONA. *Serie Técnica*, 7: 443 pp.
- BRAVO, T., 1962. El Circo de Las Cañadas y sus dependencias. *Bol. R. Soc. Hist. Nat.*, 60: 93-108.
- BRAVO, T. & HDEZ.-PACHECO, A., 1980. Islas Canarias. Excursión 121 Asc. Tenerife. 26 Congr. Geol. Int. Paris. *Bol. Geol. y Min.*, 91: 379-390.
- COELLO, J., 1973. Las Series Volcánicas en subsuelos de Tenerife. *Estudios Geol.*, 29: 491-512.
- COELLO, J., CUBAS, C.R., HERNÁN, F., HDEZ.-PACHECO, A. & NUEZ, J. DE LA, 1985. *Síntesis de la actividad volcánica de las Islas Canarias*. Inst. Estudios Canarios. 48 pp.
- FÚSTER, J. M., ARAÑA, V., BRANDLE, J. L., NAVARRO, J. M., ALONSO, U. & APARICIO, A., 1968. *Geología y Volcanología de las Islas Canarias. Tenerife*. Inst. Lucas Mallada. C.S.I.C. Madrid. 218 pp.
- GARCÍA MORAL, R., 1989. Erupciones históricas en Tenerife en V. ARAÑA Y J. COELLO. Ed. ICONA. *Serie Técnica*, 7: 235-253.
- HDEZ.-PACHECO, A., NUEZ, J. DE LA, CUBAS, C. R., HERNÁN, F., & FERNÁNDEZ, S., 1990. Los domos sálicos de Tenerife, Islas Canarias. *Estudios Geol.* 46: 175-184.
- NAVARRO, J. M. & COELLO, J., 1989. Depressions originated by landslide processes in Tenerife. *ESF Meeting on Canarian Volcanism*: pp. 150-152.
- NUEZ, J. DE LA, ALONSO, J. J., QUESADA, M. L. & MACAU, M.D., 1993. Edificios hidromagmáticos costeros de Tenerife (Islas Canarias). *Rev. Soc. Geol. España*, 6 (1-2): 47-59.

TEMA 10

Análisis de la evolución geológica y la formación de los paisajes característicos de la isla de Gran Canaria

Por Francisco Pérez Torrado (*)

INTRODUCCIÓN

El Archipiélago Canario se encuentra situado en la placa africana, dentro de un margen continental pasivo y sobre un fondo oceánico formado en las primeras etapas de apertura del Océano Atlántico, hace unos 180 millones de años (m.a) de acuerdo con datos paleomagnéticos (SCHMINCKE, 1982; CARRACEDO, 1984). El importante volcanismo que lo conforma se encuadra dentro de la evolución geodinámica de la placa en la zona, condicionada por los sistemas de fracturas Atlánticas y del Atlas Meridional Africano.

Gran Canaria ocupa una posición central dentro del archipiélago y con una superficie aproximada de 1.560 Km² representa la tercera isla en extensión después de Tenerife y Fuerteventura. Morfológicamente se presenta como un edificio cupuliforme, con una planta casi circular de unos 45 Km de diámetro y un perfil transversal cónico coronado por una altitud máxima de 1.949 m (Pico de las Nieves). La isla se encuentra profundamente excavada por una red de barrancos que partiendo desde sus zonas de cumbres se dirigen radialmente hacia sus sectores costeros y dejan al descubierto los diferentes materiales geológicos que han contribuido a su crecimiento subaéreo. En ella se observa un marcado contraste entre sus sectores septentrionales, más lluviosos y fértiles, y los meridionales, más secos y estériles, debido fundamentalmente a la influencia que los vientos alisios húmedos del N y NO ejercen sobre esas vertientes septentrionales durante gran parte del año.

1. HISTORIA GEOLÓGICA DE GRAN CANARIA

La construcción geológica de Gran Canaria se inició durante el Mioceno, con una fase de volcanismo submarino cuyos materiales representan aproximadamente el 75% de su volumen total. Estas rocas submarinas, al contrario que ocurre en otras islas canarias como La Palma, Gomera o Fuerteventura, no pueden ser observadas en su superficie.

Por su parte, la fase de vulcanismo subaéreo se caracteriza por la emisión de rocas a lo largo de tres grandes ciclos magmáticos denominados Ciclo I o Antiguo, Ciclo II o Roque Nublo y Ciclo III o Reciente, y que se encuentran separados entre sí por períodos de inactividad volcánica (LIETZ & SCHMINCKE, 1975; MCDUGALL & SCHMINCKE, 1976; ARAÑA & CARRACEDO, 1978; PÉREZ TORRADO & MANGAS, 1993). En la Tabla I se indican las principales características de cada uno de estos ciclos y en la figura 1 se presenta un mapa geológico esquemático de Gran Canaria.

(*) Dr. en Ciencias del Mar y Lcdo. en Ciencias Geológicas. Profesor Titular del Dpto. de Física (Geología) de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

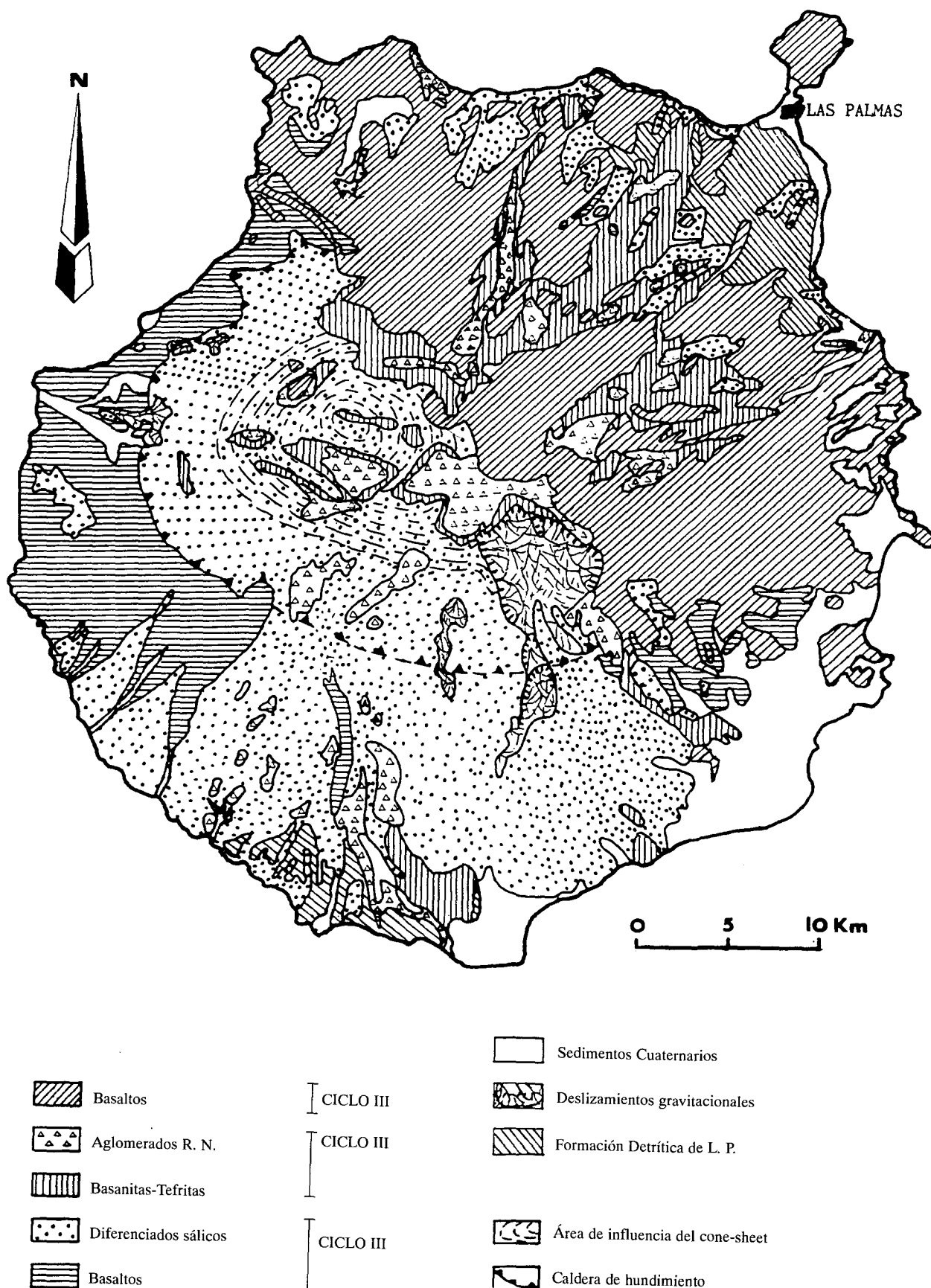


Figura 1. Mapa geológico de Gran Canaria (modificado de ITGE, 1992).

TABLA 1

Cuadro-resumen de la geología de Gran Canaria (tomado de Pérez Torrado y Mangas, 1993)

EDADES (m.a.)	NATURALEZA DE LOS MATERIALES	PROCESOS MÁS DESTACADOS	VOLUM. EMITIDOS	CICLOS
CUAT.	Basanitas Nefelinitas	Calderas freatomagmáticas Alineación de conos	10 km ³	III
2,9	II INTERVALO DE INACTIVIDAD VOLCÁNICA (Sólo afecta a los sectores costeros y de medianías de la isla)			
PLIOCENO	Fonolitas Traquitas	Estratovolcán	200 km ³	II
4,6	Basanitas - Basaltos			
5,3	Nefelinitas	Alineación de conos		
MIOCENO	I INTERVALO DE INACTIVIDAD VOLCÁNICA (Afecta a toda la isla)			
8,5	Traquitas - Fonolitas	Cone-Sheet	100 km ³	I
9,6	Fonolitas Exocaldera	Sienitas Intracaldera	100 km ³	
13	Traquitas - Riolitas	Caldera de Tejeda	150 km ³	
14,1	Basaltos alcalinos	Emisiones fisurales Volcán en escudo	1000 km ³	
14,5	VOLCANISMO SUBMARINO		6500 km ³	

1.1. Ciclo I o Antiguo

Tuvo lugar durante el Mioceno, entre 14,5 y 8,5 m.a. aproximadamente, y comprende la Serie Basáltica Antigua, el Complejo Traqui-Sienítico y la Serie Fonolítica de FÚSTER et al. (1968), equivalentes a las Formaciones GüiGüi-Horgazales y Mogán-Fataga de SCHMINCKE (1976, 1990) y a las Formaciones Basálticas y Sálidas (Traquítica-riolítica y Fonolíticas) de ITGE (1990, 1992).

El Ciclo comenzó con la rápida emisión de gran cantidad de coladas basálticas (más de 1000 km³ en unos 200.000 años), que conformaron un edificio volcánico en escudo, con alturas máximas de 2.000 m. y diámetro semejante al de la isla actual, pudiéndose extender incluso algunos kilómetros más hacia el Oeste. El mecanismo de emisión fue hawaiano (erupciones de muy baja explosividad con salida del magma en forma de lavas) y posiblemente alimentado a través de una red de fracturas (FÚSTER et al., 1968). Se han definido tres principales áreas de emisión (SCHMINCKE, 1976): una cerca de Agaete (al NO de la isla), otro al Sur de La Aldea de San Nicolás de Tolentino (al O de la misma) y el tercero cerca de Agüimes (en el SE).

Inmediatamente después de emitirse estos basaltos fisurales se produjo una diferenciación en la cámara magmática, originándose consecuentemente cambios en la composición química del magma y en sus mecanismos de emisión. Así, comenzaron las primeras erupciones volcánicas de composición traquítico-riolítica y carácter muy explosivo que dieron lugar a extensos depósitos piroclásticos de tipo ignimbrítico. Debido al brusco vaciado de magma que suponen estas erupciones, se creó una inestabilidad en el techo de la cámara magmática, lo que dio lugar a una caldera de colapso (Caldera de Tejeda) de unos 15 kilómetros de diámetro en la zona central del edificio en escudo (SCHMINCKE, 1969; HERNÁN, 1976), y que ha sido datada en unos 14,1 m.a. (BOGAARD et al., 1988). Como consecuencia del colapso caldérico, se originaron grandes volúmenes de depósitos ignimbríticos, cuyas facies extracaldera cubrieron una extensa superficie de la isla, y las facies intracaldera rellenaron gran parte de esta depresión.

La continua diferenciación magmática originó un nuevo cambio en la composición química del magma y por ello los siguientes depósitos piroclásticos y lávicos fueron de naturaleza fonolítica. Sus centros de emisión se situaron de forma más o menos periférica a la Caldera de Tejeda.

En las etapas finales del Ciclo I se produjo la consolidación del magma en condiciones subsuperficiales, desarrollándose tres episodios de carácter intrusivo:

- a) Apófisis sieníticos en las zonas centrales de la caldera, datados en 11,8 m.a. y por lo tanto contemporáneos con la emisión de las fonolitas.
- b) Diques traquítico-fonolíticos que en conjunto dieron lugar a una morfología de cono invertido (cone sheet) (SCHMINCKE, 1967; HERNÁN, 1976; HERNÁN & VÉLEZ, 1980). Estos diques atravesaron todas las rocas anteriores, incluidas las sienitas, originando un abombamiento del terreno en su área de influencia.
- c) Domos fonolítico-nefeliniticos en disposición circular, siguiendo más o menos los límites externos del área de influencia del «cone sheet». Estas intrusiones representan la última actividad ígnea del Ciclo I.

1.2. Primer intervalo de inactividad volcánica

Al finalizar la actividad magmática del Ciclo I, se inició un período de fuerte actividad erosiva que se prolongó durante más de 3 m.a. (I Intervalo de inactividad volcánica) y dio lugar a un relieve caracterizado por barrancos de distribución radial. Los materiales procedentes de esta actividad erosiva (arenas y conglomerados de cantos fonolíticos) se acumularon principalmente en las zonas bajas de la costa NE, E y S de la isla, constituyendo el denominado «Miembro Inferior de la Formación Detrítica de Las Palmas» (GABALDÓN et al., 1989; ITGE, 1990, 1992). El transporte de estos materiales desde las zonas internas de la isla, se realizó a través de sistemas aluviales altamente energéticos (CABRERA, 1985).

1.3. Ciclo II

Equivale a las Series Pre-Roque Nublo, Roque Nublo y Ordanchítica de FÚSTER et al. (1968), a la Formación El Tablero y Grupo Roque Nublo de SCHMINCKE (1976, 1990) y a la Formación Pre-Roque Nublo y Ciclo Roque Nublo de ITGE (1990, 1992).

Sus primeros signos de actividad volcánica, desarrollados hacia los 5,3 m.a. en el Plioceno Inferior, se caracterizaron por erupciones estrombolianas localizadas preferentemente en los sectores meridionales y centrales de Gran Canaria y que dieron lugar a pequeños conos piroclásticos, con algunas lavas nefeliniticas asociadas, que se alinearon según directrices NO-SE. Posteriormente, hacia los 4,6 m.a., la actividad se desplazó hacia los sectores centrales de la isla donde se mantuvo hasta la finalización de este Ciclo II (HOERNLE, 1987; PÉREZ TORRADO, 1992). Durante este último episodio, se llegó a desarrollar un complejo edificio volcánico (el estratovolcán Roque Nublo) en cuya evolución geológica se diferencian tres fases (PÉREZ TORRADO, 1992):

- a) Fase inicial (entre los 4,6 y 3,9 m.a.). Caracterizada por el apilamiento de lavas de composición química muy variada (desde basaltos alcalinos-basanitas hasta traquitas-fonolitas) emitidas mediante erupciones estrombolianas. Estas lavas discurrieron por la red de paleobarrancos excavados en los materiales miocenos, alcanzando algunas de ellas la línea de costa y ganando una superficie al mar de al menos 40 Km². Hacia el final de esta fase ocurrieron las primeras intrusiones de domos de composición fonolítica.
- b) Fase madura (entre los 3,9 y 3 m.a.). Durante esta fase, comenzaron a sucederse en el edificio estratovolcánico erupciones explosivas de tipo vulcaniano-freatomagmático emitidas desde sus zonas apicales, con erupciones estrombolianas originadas a partir de fisuras y conos adventicios desarrollados en sus laderas. Las primeras erupciones generaron unos potentes depósitos piroclásticos conocidos como «Aglomerados o Brechas Roque Nublo», dominantes del paisaje actual de las cumbres grancanarias.
- c) Fase final (entre los 3 y 2,7 m.a.). El estratovolcán se encontraba en su etapa de mayor desarrollo alcanzando alturas de más de 2.500 m sobre el nivel del mar. Este sobredimensionamiento del edificio, unido a su morfología asimétrica, hizo que sus laderas S, más cortas y abruptas que las N, se encontraran gravitacionalmente inestables. Por ello, movimientos sísmicos ligados a las intrusiones de domos fonolíticos tardíos, a actividad explosiva de las brechas, etc. desencadenaron el colapso gravitacional de esas laderas S, lo que originó gigantescas avalanchas de materiales que recorrieron más de 20 Km desde el centro de la isla. Con este proceso se inició el desmantelamiento del estratovolcán.

Al mismo tiempo que tenían lugar estas emisiones volcánicas, en la zona costera de la isla y fruto de un período transgresivo en el que se encontraba inmersa, se fueron depositando sedimentos marinos de grano fino dando lugar al denominado «Miembro Medio de la Formación Detrítica de Las Palmas» (GABALDÓN et al., 1989; ITGE, 1990, 1992). Estos sedimentos constituyen un importante nivel fosilífero de comienzos del Plioceno, localizado en las zonas costeras del N-NE de la isla y a cotas que oscilan entre los 50 y los 110 m de altura sobre el nivel actual del mar (NAVARRO et al., 1969; CABRERA, 1985; ITGE, 1990, 1992).

También de forma simultánea con la actividad volcánica del estratovolcán Roque Nublo, se estableció una red de barrancos que drenaron sus laderas y formaron extensos depósitos conglomeráticos en sus desembocaduras que se intercalaron entre niveles de brechas volcánicas y lavas. Este conjunto de materiales ha sido denominado como «Miembro Superior de la Formación Detrítica de Las Palmas» (GABALDÓN et al., 1989; ITGE, 1990, 1992) y se encuentra ampliamente representado en los sectores costeros del N-NE de Gran Canaria, donde se apoya sobre los depósitos del Miembro Inferior y Medio.

1.4. Segundo intervalo de inactividad volcánica

Situado entre el final del Ciclo II y el comienzo del III, este intervalo de inactividad volcánica va perdiendo importancia según se van obteniendo nuevas dataciones. Así, estimado inicialmente con una duración de más de 500.000 años y afectando a toda la isla (LIETZ & SCHMINCKE, 1975; McDOUGALL & SCHMINCKE, 1976), en la actualidad se ha reducido su influencia a los sectores costeros y de medianías de la isla, ya que en los centrales se solaparon los últimos episodios activos del Ciclo II (intrusión de domos fonolíticos) con los primeros del Ciclo III (PÉREZ TORRADO et al., 1995).

Durante este segundo intervalo tiene lugar el progresivo dismantelamiento erosivo del estratovolcán Roque Nublo y diferentes fenómenos de deslizamientos gravitacionales de ladera. Sin embargo, los mayores deslizamientos gravitacionales de ladera que han formado la denominada «depresión o cuenca de Tirajana» y que habían sido incluidos por ITGE (1990, 1992) en este periodo, estudios posteriores (LOMOSCHITZ & COROMINAS, 1994) le otorgan una edad más reciente, inferior a los 0,6 m.a. Este hecho, reduce aún más la importancia inicial atribuida a este segundo intervalo de inactividad volcánica.

1.5. Ciclo III

Este ciclo equivale a las Series Basálticas II, III y IV de FÚSTER et al. (1968), a las Formaciones Llanos de la Pez, Los Pechos y La Calderilla de SCHMINCKE (1976, 1990) y a los Ciclos Post-Roque Nublo y Reciente de ITGE (1990, 1992). Está caracterizado por la emisión de lavas y piroclastos de naturaleza basanítico-nefelínica. Al igual que en los Ciclos I y II se observa una migración de la actividad volcánica desde zonas centrales hacia el NE de la isla.

Los edificios volcánicos originados en este ciclo se alinearon según ciertas direcciones estructurales, algunas de las cuales, como la NO-SO y la NE-SO, se repiten en otras islas del Archipiélago. El tipo de actividad en todos ellos fue tranquila y únicamente se vio alterada localmente por fenómenos de interacción agua-magma (agua subterránea fundamentalmente), que dieron lugar a pequeñas depresiones calderiformes (Calderas de Bandama, Los Marteles, etc.). Dado que la última erupción volcánica en Gran Canaria, datada mediante C14 sobre un resto de pino carbonizado, se produjo en el Montañón Negro (al Noroeste de la Cruz de Tejeda) hace aproximadamente 3.500 años (NOGALES Y SCHMINCKE, 1969), se deduce que, desde el punto de vista geológico, la actividad volcánica del Ciclo III aún no ha finalizado.

«En la actualidad, únicamente los agentes geológicos externos actúan sobre la isla, generando su relieve característico y que, en cierta manera, sigue las pautas de paleorelieves previos. Así, algunos de los principales barrancos operativos en la actualidad presentan direcciones similares a las ya existentes en épocas miocenas (SCHMINCKE, 1976, 1993; PÉREZ TORRADO, 1992).

La actuación de todos estos agentes (movimientos de ladera, aguas de arrollada, mar y viento, principalmente) viene originando una serie de depósitos sedimentarios que se acumulan preferencialmente en las zonas costeras, y en los cauces de los barrancos. Estos depósitos presentan características muy diferentes, dese brechas y conglomerados muy poco seleccionados debido a los procesos de deslizamientos de laderas y acción de barrancos, respectivamente, hasta arenas muy seleccionadas en los grandes campos de dunas eólicas localizadas en el S de la isla».

BIBLIOGRAFÍA

- ARAÑA, V. & CARRACEDO, J.C. (1978): *Los volcanes de las Islas Canarias. III: Gran Canaria*. Ed. Rueda, Madrid. 175 pp.
- BOGAARD, PVD; SCHMINCKE, H.U. & FREUNDT, A. (1988): Eruption ages and magma supply rates during the Miocene evolution of Gran Canaria. Single-crystal $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ laser ages. *Naturwissenschaften*; vol. 75; pp. 616-617.
- CABRERA, M.C. (1985): *Estratigrafía y sedimentología del sector meridional de la Terraza Sedimentaria de Las Palmas (Gran Canaria, Islas Canarias)*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Salamanca. 108 pp.
- CARRACEDO, J.C. (1984): Geografía Física. Capítulos III, IV y V. En *Geografía de Canarias*. Ed. Interinsular Canaria; pp. 30-64.
- FÚSTER, J.M.; HÉRNANDEZ-PACHECO, A.; MUÑOZ, M.; RODRÍGUEZ BADIOLA, E. & GARCÍA CACHO, L. (1968): *Geología y Volcanología de las Islas Canarias. Gran Canaria*. Instituto «Lucas Mallada», C.S.I.C. 243 pp.
- GABALDÓN, V.; CABRERA, M.C. & CUETO, L.A. (1989): Formación Detrítica de Las Palmas. Sus facies y evolución sedimentológica. *ESF Meeting on Canarian volcanism, Lanzarote. Libro de abstracts*; pp. 210-215.
- HERNÁN, F. (1976): Estudio petrológico y estructural del complejo traquítico-sienítico de Gran Canaria. *Estudios Geol.*; 36: 65-73.
- HERNÁN, F. & VÉLEZ, R. (1980): El sistema de diques cónicos de Gran Canaria y la estimación estadística de sus características. *Estudios Geol.*; 36: 65-73.
- HOERNLE, K.A. (1987): *General geology and petrology of the Roque Nublo volcanics on Gran Canaria, Canary Islands, Spain*. MA Thesis; Univ. Santa Barbara; 191 pp.
- ITGE (INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA) (1990): Proyecto MAGNA. Memorias y mapas geológicos de España a escala 1:25.000. Isla de Gran Canaria: hojas nº 1100-I-II a 1114-III (15 hojas).
- ITGE (INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA) (1992): Proyecto MAGNA. Memoria y mapa geológico de España a escala 1:100.000. Gran Canaria: hoja nº 21-21/21-22.
- LIETZ, J. & SCHMINCKE, H.U. (1975): Miocene-Pliocene sea level changes and volcanic episodes on Gran Canaria (Canary Islands) in the light of new K-Ar ages. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*; 18: 213-239.
- LOMOSCHITZ, A. & COROMINAS, J. (1994): Cronología relativa de los deslizamientos de la depresión de Tirajana (Isla de Gran Canaria). *II Reunión Nacional de Geomorfología*; pp. 455-463.
- MCDUGALL, I. & SCHMINCKE, H.U. (1976): Geochronology of Gran Canaria, Canary Islands: Age of shield building volcanism and other magmatic phases. *Bull. volcanol.*; 40: 1-21.
- NAVARRO, J.M.; APARICIO, A. & GARCÍA CACHO, L. (1969): Estudio geológico de los depósitos sedimentarios de Taira-Las Palmas. *Estudios Geol.*; 25: 235-248.
- NOGALES, J. & SCHMINCKE, H.U. (1969): El pino enterrado de la Cañada de las Arenas (Gran Canaria). *Cuad. Bot. Canar.*; 5: 23-25.
- PÉREZ TORRADO, F.J. (1992): *Volcanoestratigrafía del Grupo Roque Nublo (Gran Canaria)*. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 510 pp.
- PÉREZ TORRADO, F.J. & MANGAS, J. (1993): Excursión geoturística por Gran Canaria. *Tierra y Tecnología*; 6: 19-26.
- PÉREZ TORRADO, F.J. & CARRACEDO, J.C. & MANGAS, J. (1995): Geochronology and stratigraphy of the Roque Nublo Cycle, Gran Canaria, Canary Islands. *Jour. Geol. Soc. London*; 152: 807-818.
- SCHMINCKE, H.U. (1967): Cone sheet swarm, resurgence of Tejeda Caldera, and the early geologic history of Gran Canaria. *Bull. Volcanol.*; 31: 153-162.
- SCHMINCKE, H.U. (1976): Geology of the Canary Islands. In: Kunkel G.(ed): *Biogeography and Ecology in the Canary Islands*. W. Junk, The Hague; pp. 67-184.
- SCHMINCKE, H.U. (1982): Volcanic and chemical evolution of the Canary Islands. In: RAD v U. et al (eds): *Geology of the Northwest African Continental Margin*. Ed. Springer Verlag. pp. 273-306.
- SCHMINCKE, H.U. (1990): *Geological field guide of Gran Canaria*. Ed. Pluto-Press (4th edition). 212 pp.

TEMA 11

Análisis de la evolución geológica y la formación de los paisajes característicos de las islas de La Palma, La Gomera y El Hierro

Por Julio de la Nuez Pestana (*)

INTRODUCCIÓN

Las islas de La Palma, La Gomera y El Hierro son las más occidentales y de menor extensión del Archipiélago Canario; además las tres se alzan desde profundidades de más de 3.000 metros hasta cotas bastante elevadas (de 1.500 a 2.400 m. según la isla). Aparte de estos caracteres fisiográficos comunes, en cuanto a la petrología, quimismo, edad, tectónica, etc. son bastante distintas unas de otras, presentando cada isla peculiaridades propias.

1. SUCESIÓN VULCANOESTRATIGRÁFICA DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS

Las unidades vulcanoestratigráficas de cada una de las islas se indican en el cuadro adjunto, que intenta resumir las unidades que aparecen en los trabajos más recientes existentes en las tres islas. Asimismo, en las Figs. 1, 2 y 3 se señala la distribución de las distintas unidades en cada una de las islas.

1.1. Complejo Basal

El complejo basal se halla bien representado en La Palma y La Gomera; en la primera, en el interior de la Caldera de Taburiente, y en la segunda, en la parte norte de la isla, principalmente en el denominado arco de Vallehermoso.

Para comprender y correlacionar ambos Complejos Basales hay que considerar que se encuentran en distintos niveles erosivos, mostrando La Palma el nivel más superficial con predominio de materiales volcánicos submarinos, siendo La Gomera un nivel más profundo con predominio de rocas plutónicas intrusivas.

En La Palma la serie submarina es de gran potencia (1.800 m. de espesor), con profusión de gran variedad de materiales volcánicos (pillows, brechas, hialoclastitas, etc.) (STAUDIGEL & SCHMINCKE, 1984), aunque con ausencia de rocas sedimentarias. En Gomera, en cambio, existen sedimentos calcáreo-detriticos mesozoico-terciarios, así como lavas submarinas que están peor expuestas que en La Palma, y afectadas por una fuerte alteración.

(*) Dr. en Ciencias Geológicas. Profesor Titular del Departamento de Edafología y Geología de la Facultad de Biología de la Universidad de La Laguna.

UNIDADES VOLCANOESTRATIGRÁFICAS DE LA PALMA, GOMERA Y HIERRO

LA PALMA*		GOMERA**		HIERRO***	
SERIES	Serie basáltica subhistórica e histórica			SERIE RECIENTE (<6000 a.)	Erupciones subhistóricas e históricas.
RECIENTES (Cuatern.) (<0.6 m.a.)	Extrusiones sálicas. Serie del acantilado.			SERIE INTERMEDIA (<0.05 m.a.)	Series basálticas A y B.
SERIES	Serie del Bejenado. Serie basáltica de Cumbre Nueva - El Time.			SERIE ANTIGUA A Y B (Cuatern.) (<0.8 m.a.)	Basaltos con escasas intercalaciones sálicas.
ANTIGUAS (Cuatern.) (2-0.6 m.a.)	Serie basáltica de la Pared de la Caldera o Serie Superior. Serie basáltica del Norte (Taburiente I o Serie Inferior).				
COMPLEJO BASAL (Mioc. Medio-Super. Plioceno)	Intrusiones granudas. Emisiones submarinas recientes. Brechas y aglomerados volcánicos poligénicos. Emisiones submarinas antiguas: rocas sálicas y basálticas transformadas.	(Plioceno) (4.6-2.7 m.a.)	Basaltos subrecientes con intercalaciones sálicas. Basaltos antiguos superiores con intercalaciones sálicas. Complejo traquítico-fonolítico. Aglomerados poligénicos Basaltos antiguos inferiores.		
		COMPLEJO BASAL (Cretác.-Mioceno)	Intrusiones sieníticas. Intrusiones plutónicas (gabros, peridotitas, piroxenitas). Serie submarina: sedimentos lavas básicas y sálicas transformadas.		

* HERNÁNDEZ-PACHECO y DE LA NUEZ (1983), DE LA NUEZ (1983), NAVARRO (inédito), ANCOCHEA et al. (1994).

** BRAVO (1964), CENDRERO (1971), CUBAS (1978), RODRÍGUEZ (1988).

*** COELLO (1971), PELLICER (1977), NAVARRO y SOLER (1990), FÚSTER et al. (1993).

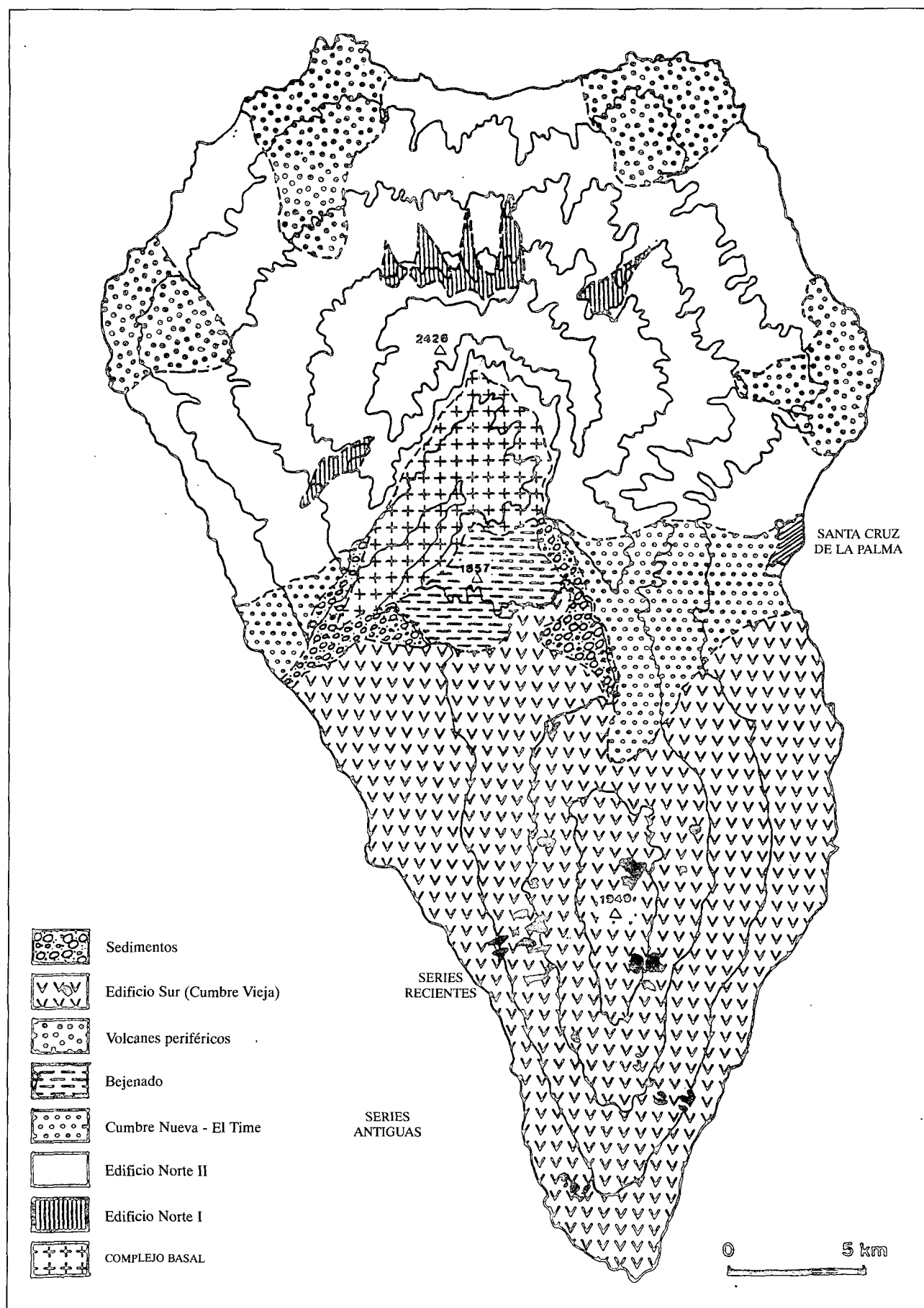
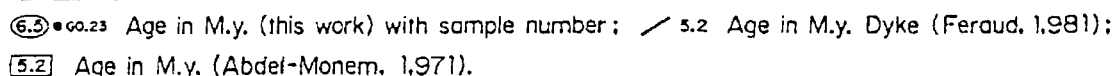


Figura 1. Esquema geológico de la isla de La Palma (basado en DE LA NUEZ, 1983 y NAVARRO, inédito).



1. Sedimentos y materiales volcánicos submarinos. 2. Rocas plutónicas básicas. 3. Intrusiones sieníticas. 4. Serie traquítico-fonolítica. 5. Basaltos antiguos inferiores. 6. Aglomerados volcánicos. 7. Basaltos antiguos superiores. 8. Basaltos recientes. 9. Domos y coladas sálicos.

El Complejo Basal se halla separado de las demás formaciones volcánicas por una importante discordancia erosiva, que indica un período de tranquilidad eruptivo bastante largo.

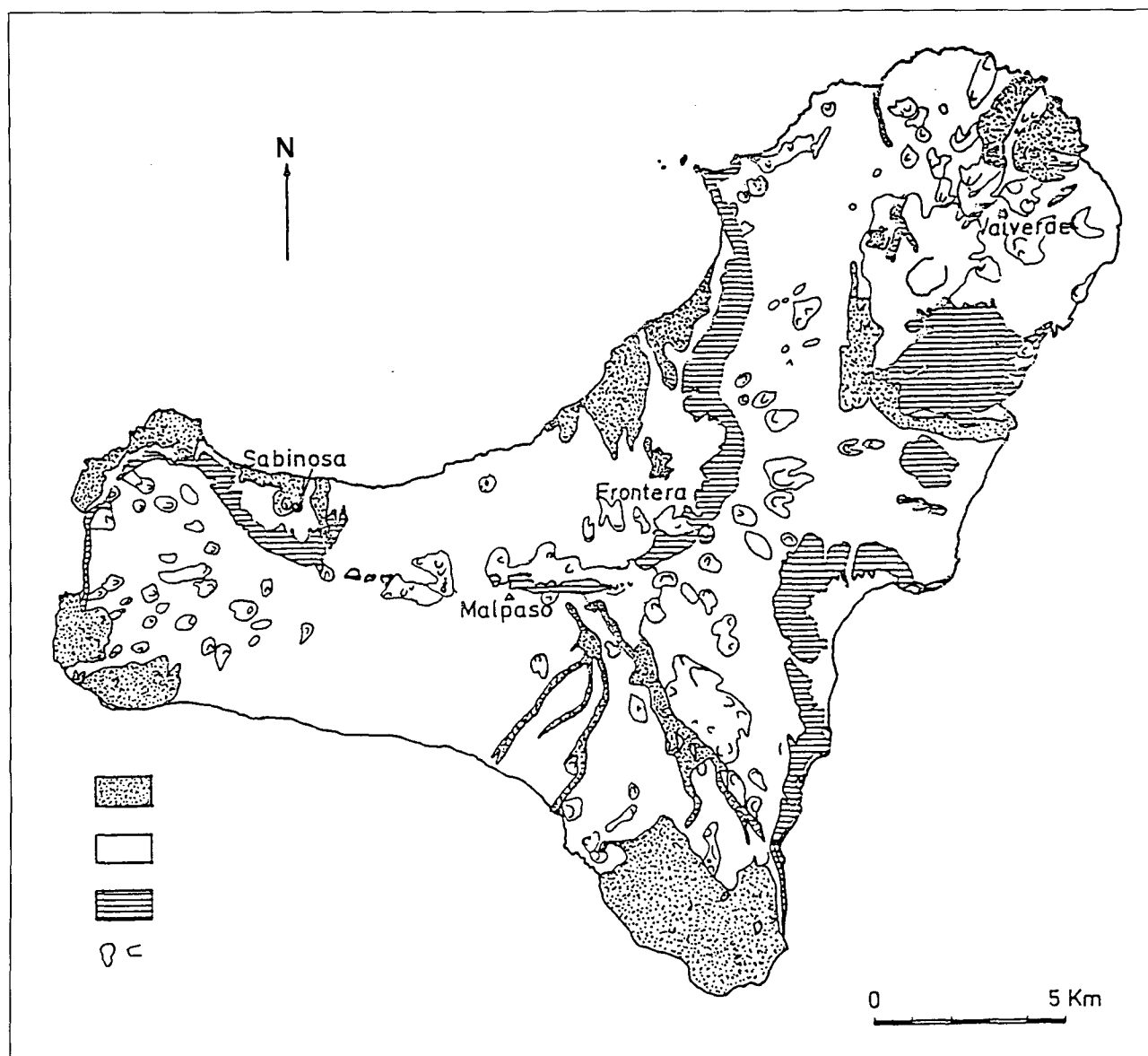


Figura 3. Esquema geológico de El Hierro (basado en PELLICER, 1977).

1.2. Series Antiguas

La series basálticas antiguas son comunes a las tres islas (y a todas las demás), si bien no tienen la misma edad, pues en La Gomera las dataciones realizadas por CANTAGREL et al. (1984) dieron edades de 6 a 12 millones de años, mientras que en La Palma y El Hierro las edades mayores son cercanas a 2 y 1 m. de años, respectivamente (FÚSTER et al., 1989; ANCOCHEA et al., 1994; ABDEL-MONEM, et al., 1972; FÚSTER et al., 1993). Haciendo esta importante salvedad, existen en dicha serie algunas similitudes en las tres islas por sus caracteres de campo. En La Gomera tienen más de 1.000 m. de potencia, en El Hierro más de 1.400 m. y en La Palma más de 1.500 m., es decir, en las tres se sobrepasan los 1.000 m. de potencia. En La Palma y La Gomera existen importantes episodios explosivos, como lo muestra la aparición de aglomerados volcánicos a lo largo de la serie; pero lo que realmente caracteriza la serie basáltica antigua es la sucesión monótona de coladas subhorizontales, y menos frecuentes depósitos piroclásticos y aglomerados, que se apilan unos sobre otros hasta formar enormes espesores, indicando actividad bastante continuada de emisiones lávicas, alternándose con algunos períodos explosivos.

En La Palma, las Series Antiguas están constituidas por cuatro edificios que se disponen al norte y centro de la isla, aunque también hay erupciones periféricas, algunas de carácter hidromagmático (QUESADA et al., 1988). Dichas Series Antiguas se componen de cuatro episodios de emisiones centrales que van emigrando en el tiempo de norte a sur. Son las series basálticas del Norte (Taburiente I o Serie Antigua Inferior), Pa-

red de la Caldera (Serie Antigua Superior), Cumbre Nueva-El Time y Bejenado (COELLO, 1987; NAVARRO, inédito; ANCOCHEA et al., 1994). Al menos, tuvieron lugar dos grandes deslizamientos que formaron dos paleocalderas (sin contar la actual Caldera de Taburiente), una excavada en la serie basáltica del Norte (Taburiente I) enterrada por las series de La Pared de La Caldera, y otra la paleocaldera de Cumbre Nueva, situada en el centro de isla.

La secuencia en La Gomera es de unos basaltos antiguos «inferiores», un episodio de aglomerados poligénicos, un complejo traquítico-fonolítico y otro de coladas basálticas «superiores» (RODRÍGUEZ, 1988). Encima de esta secuencia se sitúa un conjunto de extrusiones sálicas (Roque de Ojila, Agando, etc.), estando éstas en parte estratificadas con la serie subreciente (CUBAS, 1978).

Una formación que no tiene equivalente en ninguna de las islas Canarias es el complejo traquítico-fonolítico de La Gomera. Se apoya discordantemente en el Complejo Basal e intercalado entre las series basálticas antiguas. Dicha serie está compuesta por brechas, aglomerados, coladas, domos, diques, etc., de tipo traquítico y fonolítico, de varios episodios eruptivos, con relaciones muy complicadas entre sí, que se agravan por los procesos de alteración intensos de esta formación. La red filoniana forma un complejo de diques cónicos hacia el centro de la formación, acompañada por domos y diques-domo concordantes con dicha estructura (RODRÍGUEZ, 1988).

Los basaltos «horizontales» y subrecientes de BRAVO (1964), han sido considerados como una sola unidad: basaltos subrecientes con intercalaciones sálicas (CENDRERO, 1971), y es la formación más moderna de Gomera, donde no hay erupciones cuaternarias.

La serie antigua de El Hierro, dividida recientemente en dos subseries (A y B) por geocronología (FÚSTER et al., 1993), es algo más homogénea y no presenta episodios explosivos, excepto algunas erupciones freatomagmáticas, y escasas intercalaciones sálicas en tramos medio-altos de la serie. Es de destacar que en la base de estas emisiones basálticas antiguas se sitúa una formación brechoide-aglomerática no aflorante en superficie, que recuerda a formaciones del techo del Complejo Basal de La Palma o a la de las series antiguas de Tenerife (BRAVO, 1982).

1.3. Series Recientes

En cuanto al vulcanismo reciente, existe cierta diversidad en las tres islas occidentales. En La Palma está claramente delimitado de las series antiguas porque ocupa el S. de la isla (Cumbre Vieja), existiendo una serie basáltica en el acantilado O., un importante episodio de domos y coladas sálicas e intermedias (HERNÁNDEZ-PACHECO & DE LA NUEZ, 1983) y, por último, coladas y conos basálticos (basanitoides) subhistóricos e históricos. Hay siete erupciones históricas, que son las de Tacande (entre 1470-92), Tahuya (1585), Tigalate (1646-47), San Antonio (1676-77), El Charco (1712), San Juan (1949) y Teneguía (1971) (HERNÁNDEZ-PACHECO & VALLS, 1982).

En el Hierro existe una serie intermedia y una serie reciente, ambas cuaternarias, diferenciables entre sí por la diferente conservación de sus materiales y centros eruptivos, sin episodios explosivos o sálicos destacables. También en El Hierro las erupciones tienen continuidad a escala geológica hasta la actualidad. Para HERNÁNDEZ-PACHECO (1982) hay una erupción histórica en el año 1793 en Lomo Negro, al NO. de la isla. Es de destacar en esta isla la existencia de tres dorsales activas o ejes estructurales, que convergen hacia el centro, lo que explica la forma triangular de la misma. Dichos ejes estructurales muestran una densa red de aparatos volcánicos, y presentan un sistema de diques internos paralelos a cada eje (CARRACEDO, 1994).

Dicha disposición triangular en el Hierro ha sido truncada por el deslizamiento gravitacional de El Golfo, que ha hecho desaparecer la parte norte de la isla, aunque la actividad volcánica ha empezado a rellenar parte de la depresión formada (NAVARRO & SOLER, 1990; FÚSTER et al., 1993).

BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-MONEM, A.; WATKINS, N.D. & GAST, P.W. (1972). K-Ar ages, volcanic stratigraphy and geomagnetic polarity history of Tenerife, La Palma y Hierro. *Am. J. Sci.*, 272: 805-825.
- ANCOCHEA, E.; HERNÁN, F.; CENDRERO, A.; CANTAGREL, J.M.; FÚSTER, J.M.; IBARROLA, E. & COELLO, J. (1994). Constructive and destructive episodes in the building of young oceanic island, La Palma, Canary Islands, and genesis of the Caldera de Taburiente. *J. Volcanol. Geoth. Res.* 60: 243-262.
- BRAVO, T. (1964). Estudio geológico y petrográfico de La Gomera. *Estudios Geol.* 20, 93-108.
- BRAVO, T. (1982). Formaciones geológicas en la isla de El Hierro. *Inst. Estudios Canarios. L Aniversario*, 84-99.

- CANTAGREL, J.M.; CENDRERO, A.; FÚSTER, J.M.; IBARROLA, E. & JAMOND, C. (1984). K-Ar chronology of the volcanic eruptions in Canary Archipelago: Gomera Island. *Bull. Volcanol.* 47: 597-609.
- CARRACEDO, J.C. (1994). The Canary Islands: an example of structural control on the growth of large oceanic-island volcanoes. *J. Volcanol. Geoth. Res.* 60: 225-241.
- CENDRERO, A. (1971). Estudio geológico del Complejo Basal de la isla de La Gomera (Canarias). *Estudios Geol.* 27, 3-73.
- COELLO, J. (1971). Contribución a la tectónica de la isla de El Hierro (Canarias). *Estudios Geol.* 27, 335-340.
- COELLO, J. (1987). Las aguas subterráneas en la formaciones volcánicas del Norte de La Palma (Islas Canarias). Com. Simp. Int. Recursos Hidrául. Canarias Agua 2000, 19 pp.
- CUBAS, C.R. (1978). Estudio de los domos sálicos de la isla de Gomera (Islas Canarias). I. Vulcanología. II. Geoquímica. *Estudios Geol.* 34, 53-70 y 107-128.
- DE LA NUEZ, J. (1983). *El Complejo Intrusivo Subvolcánico de La Caldera de Taburiente (La Palma, Canarias)*. Tesis doctoral. Ed. Complutense. Madrid, 401 pp.
- DE LA NUEZ, J. & ARENAS, R. (1988). El metamorfismo hidrotermal de los gabros de La Caldera de Taburiente (La Palma, Islas Canarias). *Rev. D'Inv. Geol.* 44/45: 193-212.
- FÚSTER, J.M.; ANCOCHEA, E.; COELLO, J.; HERNÁN, F.; CANTAGREL, J.M.; JAMOND, C. & CENDRERO, A. (1989). Ensayo de cronoestratigrafía de la isla de La Palma. *ESF Meeting on Canarian Volcanism*. Lanzarote 111-115.
- FÚSTER, J.M.; HERNÁN, F.; CENDRERO, A.; COELLO, J.; CANTAGREL, J.M.; ANCOCHEA, E. & IBARROLA, E. (1993). Geocronología de la Isla de El Hierro (Islas Canarias). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 88: 85-97.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, A. (1982). Sobre una posible erupción en 1793 en la isla de El Hierro (Canarias). *Estudios Geol.* 38, 15-25.
- HERNÁNDEZ-PACHECO & IBARROLA, E. (1973). Geochemical variation trends between the different Canary Islands in relation to their geological position. *Lithos* 6: 389-402.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, A. & DE LA NUEZ, J. (1983). Las extrusiones sálicas de la isla de La Palma. *Estudios Geol.* 39, 3-30.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, A. & VALLS, M.C. (1982). The historic eruptions of La Palma Island (Canarias). *Arquipelago, Rev. Univ. dos Açores, C. Nat.* 111, 83-94.
- NAVARRO, J.M. (inédito). El agua en La Palma. Avance del Plan Hidrológico. Informe a la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Agua.
- NAVARRO, J.M. & SOLER, C. (1990). El agua en El Hierro. Resumen del Avance del Plan Hidrológico. Ed. Cabildo Insular Hierro y Obras Públicas, Vivienda y Aguas. 51 pp.
- PELLICER, M.J. (1977). Estudio volcanológico de la isla de El Hierro (Islas Canarias). *Estudios Geol.* 33, 181-196.
- QUESADA, M.L.; ALONSO, J.J. & DE LA NUEZ, J. (1988). Evolución submarino-subaérea del edificio hidromagmático de la Caldereta (La Palma, Canarias). *Com. II Congr. Geol. España Simp.*: 377-386.
- RODRÍGUEZ, J.A. (1988). *El Complejo Traquítico-fonolítico de La Gomera (Islas Canarias)*. Tesis doctoral U.C.M., 414 pp.
- STAUDIGEL, H. & SCHMINCKE, H.U. (1984). The Pliocene Seamount Series of La Palma (Canary Islands). *Jour. of Geoph. Res.* 89, 11195-11215.

TEMA 12

Análisis de la evolución geológica y la formación de los paisajes característicos de las islas de Fuerteventura y Lanzarote

Por José Mangas Viñuela (*)

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista geotectónico las Islas Canarias se localizan en el margen continental pasivo de la Placa Africana y sobre corteza oceánica cuya capa volcánica tiene una edad aproximada de 150 m.a. Por lo menos desde el Cretácico (80 m.a.) han existido anomalías térmicas y dinámicas (compresivas y distensivas) en la zona del archipiélago que han provocado principalmente generación, ascenso y emisión de magmas, y abombamiento litosférico. Fruto de esta situación ha sido la construcción de los edificios insulares que comenzaron con episodios ígneos submarinos para terminar con otros subaéreos. El paisaje actual que observamos en las islas es el resultado tanto de estos procesos geológicos internos como de los externos (erosión-sedimentación) desarrollados en este largo período de tiempo.

Si nos centramos en las islas de Fuerteventura y Lanzarote, éstas están situadas en el extremo oriental del archipiélago canario, presentando superficies de 1.662 Km² y 796 Km², y altitudes máximas de 807 m. y 679 m., respectivamente. Estas islas volcánicas forman parte de un único edificio con alineación NNE-SSO que se extiende más hacia el NE con volcanes submarinos en el Banco de La Concepción. En Fuerteventura y Lanzarote destacan principalmente dos unidades geológicas (Figuras 12-1 y 12-2): I) Complejo Basal representado por rocas plutónicas, volcánicas y sedimentarias submarinas, y II) Post-Complejo Basal caracterizado por rocas volcánicas (Series I, II, III y IV definidas por FÚSTER et al. 1968 a y b) y sedimentarias subaéreas.

1. UNIDAD DEL COMPLEJO BASAL (CB)

En Fuerteventura el CB está constituido por sedimentos pelágicos de edad Albense-Cenomanense con intercalaciones de rocas volcánicas alcalinas, lo que indica que el vulcanismo submarino pudo comenzar en el Cretácico Superior (80 m.a.), prolongándose los depósitos volcano-sedimentarios hasta el Oligoceno (LE BAS et al., 1986). Además, esta secuencia volcánica-sedimentaria submarina está intruida por varias generaciones de rocas plutónicas subsaturadas alcalinas, con composiciones variables entre ultramáficas a sálicas (piroxenitas, wehrilitas, gabros, melteigitas, ijolitas, sienitas, entre otras) y carbonatitas, y con edades comprendidas entre 60 y 20 m.a. (LE BAS et al., 1986). A nivel de afloramiento estas rocas plutónicas presentan las siguientes características:

(*) Dr. en Ciencias Geológicas. Catedrático de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

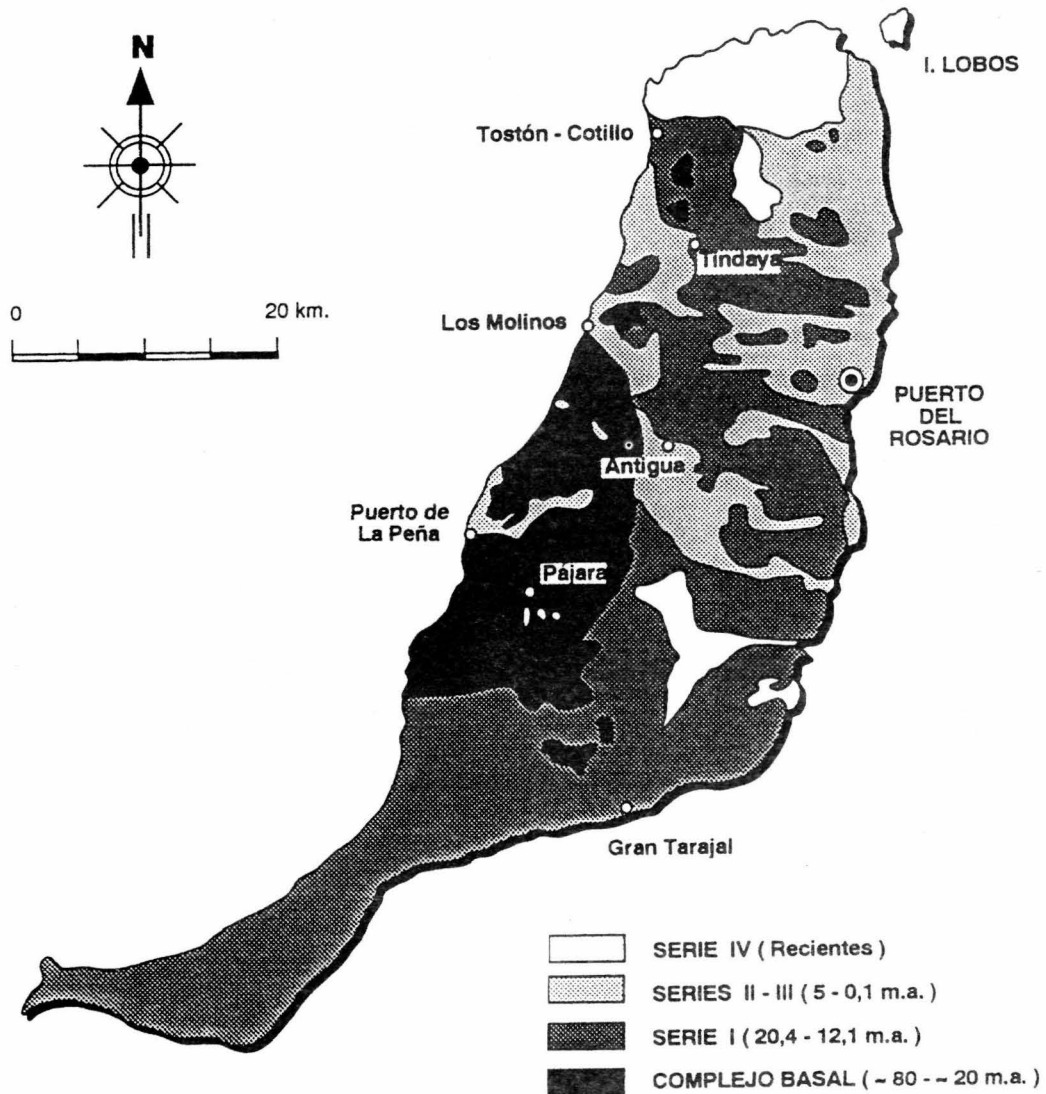


Figura 12-1. Mapa geológico de Fuerteventura.

- formas complejas, bien en stocks, apófisis, intrusiones anulares, diques y venas, de tamaños kilométricos a centimétricos.
- los contactos entre ellas pueden ser netos indicando intrusión pasiva o mal definidos con límites graduales y/o difusos, observándose a veces estructuras de asimilación entre diferentes cuerpos.
- las estructuras pueden ser migmatíticas, brechoides y zonadas, entre otras; d) las texturas varían de afaníticas a pegmatíticas en un mismo cuerpo o en cuerpos contiguos.
- efectos de metamorfismo térmico, metasomatismo alcalino y regional de bajo grado (facies esquistos verdes-epidota-albita). Es de resaltar que la intrusión de diques máficos y, en menor medida, sálicos, correspondientes a emisiones de edades variadas (CB y post-CB), ha sido tan intensa que puede alcanzar el 95 % en algunos afloramientos. Las primeras emisiones volcánicas subaéreas con una edad de 20,4 m.a. se encuentran discordantes sobre los materiales del CB.

Todas las rocas que constituyen el CB afloran en superficie puesto que esta isla ha sufrido importantes y prolongados procesos de levantamiento y de erosión. En general, estas rocas aparecen en el centro-oeste de la isla, en los alrededores de Pájara y Betancuria, y muestran un paisaje de formas alomadas, con cimas redondeadas y pendientes no muy fuertes, surcadas por una red variable de barrancos.

Por lo que respecta al CB de Lanzarote, este no aflora en superficie aunque se ha observado en un sondeo llevado a cabo en el centro de la isla (SÁNCHEZ-GUZMÁN & ABAD, 1986). Así, en este sondeo aparecen a 2.598 m. de profundidad sedimentos marinos (calizas, margas, arcillas, etc) con microfauna paleocena (65 m.a.), y posteriormente y hasta los 353 m. se encuentran tobas y lavas basálticas submarinas junto con sedi-

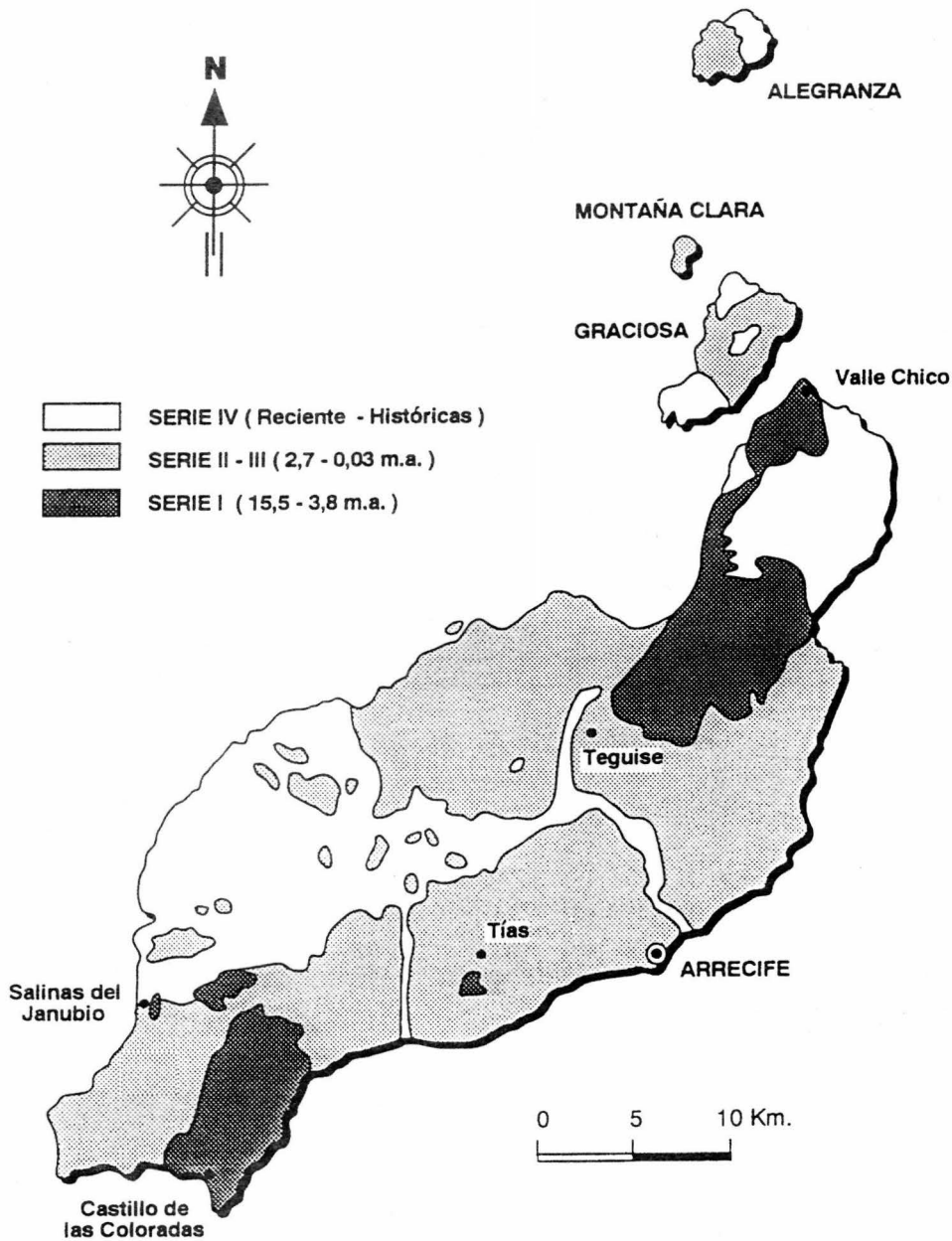


Figura 12-2. Mapa geológico de Lanzarote.

mentos del Oligoceno Medio-Inferior (35-28 m.a.). Esta construcción volcano-sedimentaria submarina continuó hasta el Mioceno donde se presentan las primeras emisiones subaéreas con una edad de 15,5 m.a.

2. UNIDAD POST-COMPLEJO BASAL

La actividad volcánica subaérea en estas islas está centrada en dos períodos de tiempo diferentes (COELLO et al., 1992): 1) una durante el Mioceno (Serie volcánica I) y 2) desde el Plioceno hasta la actualidad (Series II, III y IV). Según estos autores parece que existe un descenso de la actividad volcánica post-CB en Fuerteventura y Lanzarote con el tiempo y también una cierta polaridad SSO-NNE en el desarrollo temporal del vulcanismo.

2.1. El grupo volcánico Mioceno o Serie I

Está caracterizado por una sucesión tabular de lavas y piroclastos basálticos alcalinos con frecuentes acumulados ankaramíticos, diferenciados traquibasálticos y escasas traquitas, atravesada por numerosos diques

basálticos subverticales correspondientes a emisiones posteriores. Estos apilamientos, típicos de mecanismos eruptivos fisurales, configuran 5 volcanes en escudo con diferentes períodos de actividad eruptiva: Jandía (entre 17 y 14,2 m.a.), Central (20,4 y 13,2 m.a.) y Norte (16 y 12,1 m.a.) en Fuerteventura y, Ajaches (15,5 y 12,3 m.a.) y Famara (10,2 y 3,8 m.a.) en Lanzarote. Durante estos largos períodos eruptivos existen abundantes etapas erosivas representadas en los edificios por discordancias angulares, paleosuelos, sedimentos o materiales volcanoclásticos. Además, hay una etapa final de inactividad volcánica miocena, que es más importante en Fuerteventura que en Lanzarote, donde los edificios son erosionados profundamente quedando hoy en día solo restos de apilamientos de sus coladas basálticas y constituyendo un relieve con morfologías en cuchillo. Estos cuchillos son cerros alargados con vertientes empinadas y con cimas en cresta o amesetadas.

2.2. El grupo Plioceno-Reciente o Series II, III y IV

Contiene un menor volumen de materiales, está representada por edificios volcánicos estrombolianos, generalmente alineados según la dirección dominante NNE-SSO u oblicuamente a esta, y por lavas y piroclastos de composición basáltica alcalina que se apoyan en discordancia sobre materiales antiguos. Dentro de este grupo en Fuerteventura se distinguen varias etapas de actividad eruptiva: a 5 m.a., entre 2,9 y 2,4 m.a., entre 1,8 y 1,7 m.a., entre 0,8 y 0,4 m.a. y por debajo de 0,1 m.a. En Lanzarote, la actividad ha sido más o menos continua desde 2,7 m.a. hasta tiempos históricos (la última en el año 1.824), con un máximo en el Pleistoceno Inferior.

La actividad volcánica Plioceno-Reciente tiene gran desarrollo en estas islas, mostrando morfologías volcánicas perfectamente conservadas y, de gran interés científico y paisajístico. Entre las erupciones estrombolianas recientes de Fuerteventura destacan las de Bayuyo, Malpais Grande y Arenas, y en Lanzarote las históricas de 1.730-36 y 1.824 en la zona de Timanfaya (CARRACEDO & BADIOLA, 1991). También dentro de este grupo se han descrito abundantes erupciones hidromagmáticas, originadas por la interacción del magma con aguas freáticas o marinas, como por ejemplo en Lanzarote los edificios del Tinguatón o el Golfo, respectivamente.

Los materiales de las unidades anteriores se han erosionado bajo diversas condiciones climáticas desde el Mioceno hasta la actualidad, formándose diferentes generaciones de valles, llanuras, glaciares, conos de deyección, depósitos de barrancos y dunas, entre otros, algunos de ellos encalichados en fases subáridas (CRIADO, 1989). También, la acción geológica del mar y sus movimientos estáticos han dado lugar a una geomorfología litoral con formas acantiladas, plataformas de abrasión y depósitos de playas fosilíferos, algunas levantadas con relación al nivel del mar actual (MECO Y POMEL, 1975).

BIBLIOGRAFÍA

- CARRACEDO, J. C. & RODRÍGUEZ BADIOLA, E. (1991): *La erupción volcánica de 1730*. Ed: Servicio de Publicaciones del Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote. 183 pp.
- COELLO, J.; CANTAGREL, J. M.; HERNÁN, F.; FÚSTER, J. M.; IBARROLA, E.; ANCOCHEA, E.; CASQUET, C.; JAMOND, C.; DÍAZ DE TERAN, J. R. & CENDRERO, A. (1992): Evolution of the Eastern volcanic ridge of the Canary Islands based on new K-Ar data. *Journ. Volc. Geoth. Res.*, 53: 251-274.
- CRIADO, C. (1989): *Evolución geomorfológica de Fuerteventura*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de La Laguna. 63 pp.
- FÚSTER, J. M., CENDRERO, A.; GASTESI, P.; IBARROLA, E. & LÓPEZ RUIZ, J. (1968 a): *Geología y vulcanología de las Islas Canarias. Fuerteventura*. Inst. Lucas Mallada, CSIC, Madrid, 239 pp.
- FÚSTER, J. M., FERNÁNDEZ SANTÍN, S. & SAGREDO, J. (1968 b): *Geología y vulcanología de las Islas Canarias. Lanzarote*. Inst. Lucas Mallada, CSIC, Madrid, 177 pp.
- LE BAS, M. J., REX, D.C. Y STILLMAN, C.J. (1986): The early magmatic chronology of Fuerteventura, Canary Islands. *Geol. Magaz.*, 123 (3): 287-298.
- MECO, J. & POMEL, R. S. (1985): «Les formations marines et continentales intervolcaniques des Iles Canaries Orientales (Grande Canarie, Fuerteventura et Lanzarote): stratigraphie et signification paléoclimatique». *Est. Geol.*, 41: 223-227.
- SÁNCHEZ GUZMÁN, J. & ABAD, J. (1986): Sondeo geotérmico Lanzarote-1, significado geológico y geotérmico. *Anal. Física*, 84: 102-109.

TEMA 13

Volcanismo activo y medio ambiente en las islas Canarias

Por Juan Carlos Carracedo Gómez (*)

INTRODUCCIÓN

El Archipiélago Canario se ha formado como consecuencia de un proceso geológico cuya duración puede estimarse en varias decenas de millones de años. A diferencia de otros ambientes geológicos en que intervienen largos y complicados fenómenos formación de cuencas, sedimentación, plegamientos, etc., la formación de las Islas Canarias se produce de forma rápida y comparativamente sencilla, ya que el único agente que actúa es la actividad volcánica.

La naturaleza volcánica de las Islas Canarias y el dilatado período de construcción de los edificios insulares van a tener diferentes repercusiones de carácter medioambiental, tanto en el medio natural como en la ecología humana. En el primer aspecto da lugar a un medio muy peculiar y de fuerte personalidad: la amplia gama de formas y estructuras que se originan en los procesos volcánicos configura un paisaje muy variado y espectacular, fácilmente perceptible como diferente de lo habitual en los ambientes continentales.

Por otra parte, las sucesivas erupciones volcánicas, generadoras de «stress» sobre las especies que van poblando el substrato volcánico estéril, van a favorecer la acumulación de endemismos incluso en zonas de extensión reducida. El resultado es un medio natural de gran riqueza, que explica la abundancia de espacios naturales de gran interés en las Islas (hoy la mayoría protegidos por la Ley 12/87 de Espacios Naturales de Canarias) y que está en la base del atractivo del Archipiélago hacia el exterior y del espectacular desarrollo del sector turístico.

En el aspecto de la ecología humana, la naturaleza volcánica del Archipiélago impone serias restricciones que limitan la capacidad de carga, es decir, la población que puede albergar en condiciones de calidad de vida aceptable. La escasez de recursos naturales suelo cultivable, agua, materias primas y energéticas, etc., proverbiales por otra parte en todos los archipiélagos volcánicos oceánicos, hace que la población sea escasa en la mayoría de ellos. Canarias, clara excepción en este aspecto, supera estas restricciones por medio de mecanismos bien conocidos desalación de agua del mar, sustitución de los usos tradicionales del suelo, «gasto» del medio natural en desarrollos urbanísticos, dependencia total de fuentes energéticas ajenas, etc., que no es otra cosa que un procedimiento para romper el «sistema cerrado» que constituyen las islas, con un coste medioambiental que a la larga puede originar problemas estructurales de difícil solución.

Al ser el Archipiélago una zona volcánica activa, un factor consustancial es la existencia de riesgos ambientales asociados a la previsible reactivación de los procesos eruptivos. Estos riesgos inciden tanto en el medio natural como en la población. En el medio natural pueden originar efectos muy variados, como provocar incendios forestales, afectar hábitats y comunidades vegetales y animales, modificar sistemas de drenaje, paisajes, etc. En cuanto al riesgo para la población, en Canarias las probabilidades se inclinan de forma clara

(*) Dr. en Ciencias Geológicas. Investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Director de la Estación Volcanológica de Canarias (CSIC).

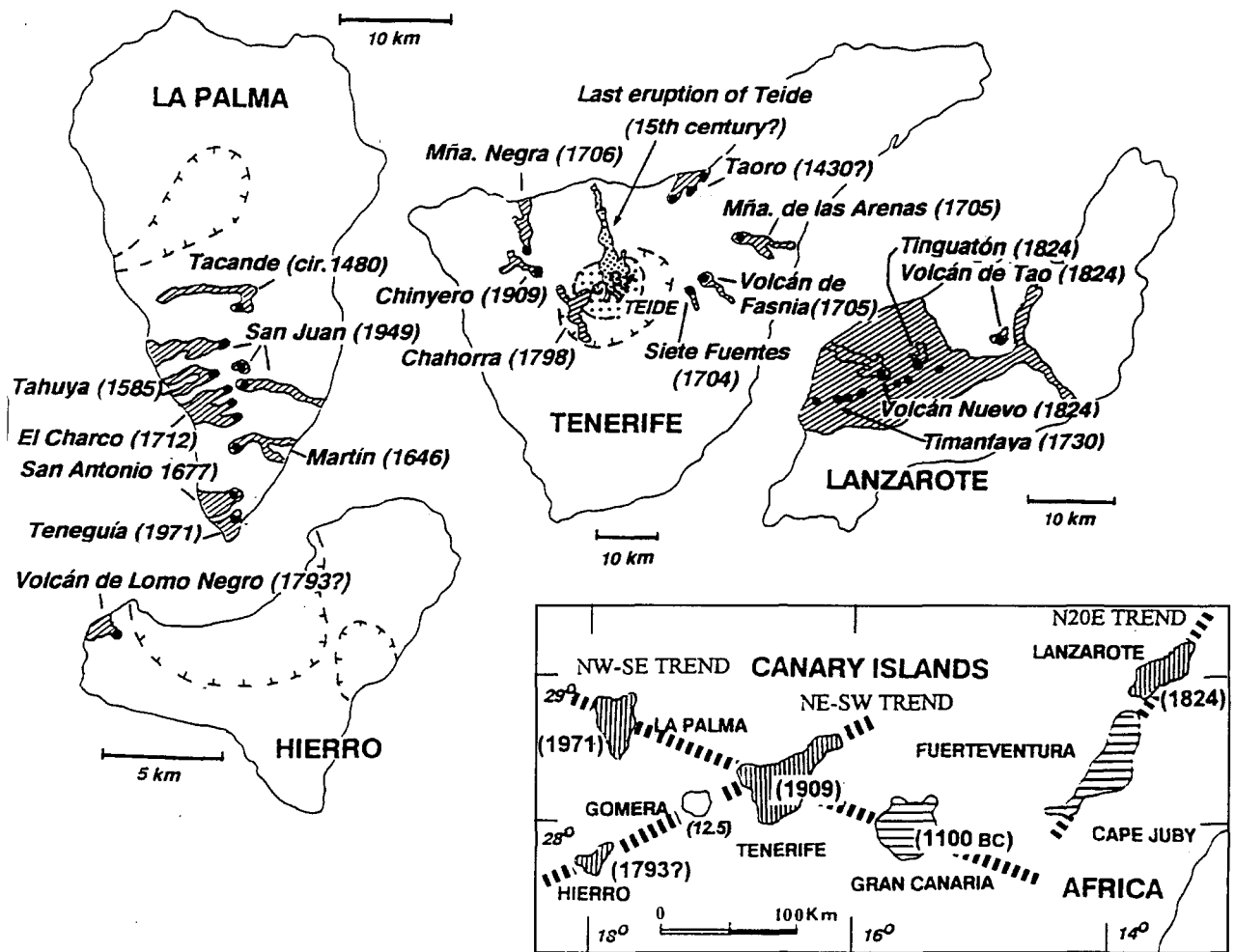


Figura 1. Mapa del Archipiélago Canario con la distribución del volcanismo histórico.

hacia erupciones futuras de magmas basálticos (fluidos) y mecanismos eruptivos de muy baja peligrosidad. Es preciso, sin embargo, contemplar la posibilidad muy poco probable a escala de tiempo humana pero no despreciable en términos estadísticos de que se produzcan erupciones fisurales de mayor magnitud, como la ocurrida en Lanzarote en 1730. La existencia de un complejo central sálico el estratovolcán Teide, en la isla de Tenerife, de historia volcánica en la que abundan episodios eruptivos mucho más peligrosos, es un factor digno asimismo de especial atención.

1. EL VOLCANISMO ACTIVO EN CANARIAS

El Archipiélago Canario es la única región de España con volcanismo activo, la única donde se han registrado erupciones volcánicas y donde el marco geodinámico es propicio para que éstas se reproduzcan en el futuro. Aunque el Archipiélago se ha formado por la actividad eruptiva a partir del Oligoceno medio-Mioceno la época más interesante desde el punto de vista del volcanismo activo y los riesgos eruptivos es la histórica, que comienza en Canarias con la colonización por España a principios del siglo XV. Durante este período se han registrado erupciones volcánicas en las islas de La Palma, Tenerife y Lanzarote y probablemente en El Hierro, indicando que el volcanismo está activo a lo largo de toda la alineación del Archipiélago (Fig. 1).

Se pueden separar las islas en tres categorías bien definidas (ver recuadro en la Fig. 1) en función de su nivel de actividad volcánica reciente y los riesgos potenciales asociados:

- Las islas de Tenerife, La Palma, Lanzarote y El Hierro, que han tenido erupciones históricas y son, por definición, volcánicamente activas.
- Las islas con volcanismo subhistórico —Fuerteventura y Gran Canaria—, especialmente reciente en Gran Canaria, donde se ha datado un centro de emisión (Montañón Negro, en las cumbres centrales de la isla en el año 1100 B.C.

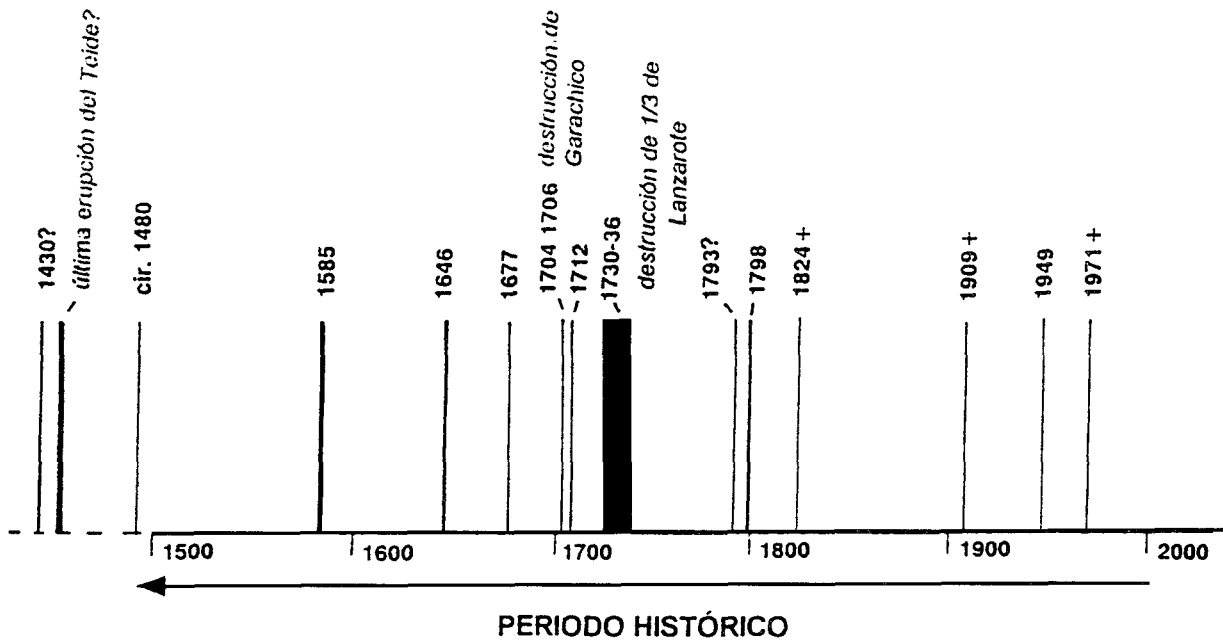


Figura 2. Distribución en el tiempo (frecuencia) de las erupciones volcánicas en el Archipiélago Canario desde el año 1400.

- c) La isla de La Gomera, que puede considerarse como volcánicamente extinta ya que no ha tenido erupciones volcánicas en el Cuaternario.

No parece existir pauta alguna en la distribución temporal de las erupciones históricas (Fig. 2). Los períodos de reposo presentan grandes variaciones desde 1 a 237 años-, con un valor promedio para el Archipiélago de unos 30 años. Puede en cambio observarse claramente una pauta bien definida en la distribución espacial del volcanismo en, este período, en asociación estrecha con zonas con grandes afinidades con los «rifts» presentes en otras islas oceánicas, particularmente activas y bien delimitadas en las islas de Tenerife, La Palma y El Hierro (Fig. 1 y 1 en la Fig. 3). Estas zonas estructurales «tipo rift» que hemos denominado *dorsales* (CARRACEDO et al., 1989; CARRACEDO Y RODRÍGUEZ BADIOLA, 1991) o *SRTZ* (CARRACEDO et al., 1992) o simplemente *rifts* (CARRACEDO, 1994), funcionan como verdaderos edificios volcánicos activos de carácter poligénico, al menos en lo que atañe a la vigilancia volcánica y la prevención de riesgos eruptivos, siendo, con gran diferencia, las zonas de mayor probabilidad de ubicación de la futura actividad volcánica del Archipiélago.

2. PRINCIPALES FACTORES DE RIESGO VOLCÁNICO

Los principales factores de riesgo asociados al volcanismo canario están indicados de forma esquemática en la Fig. 3. La mayor parte del volcanismo de los últimos cientos de miles de años y todo el histórico se concentra en las dorsales mencionadas (1 en la Fig. 3). El hecho de que sólo aquellas islas en que estas estructuras están bien desarrolladas presentan una importante actividad volcánica reciente parece sugerir que sean una manifestación de condiciones de generación y de alimentación de magma a la superficie capaces de mantener una actividad eruptiva de larga duración.

Estas estructuras coinciden con las crestas topográficas de las islas, denominadas en el lenguaje local dorsales. En superficie se identifican por la acumulación, en una banda relativamente estrecha, de la mayoría de los centros de emisión recientes (Fig. 4); en el subsuelo profundo, observable a través de cientos de galerías excavadas para la extracción del agua subterránea, se corresponde con un enjambre de diques de densidad creciente hacia el núcleo de la dorsal.

El origen de estas estructuras tipo rift podría estar relacionado con campos alineados de esfuerzos distensivos (2 en la Fig. 3) cuyo mecanismo de formación parece deducirse de su geometría simple, en estrella de tres puntas a 120° (la estrella tipo «Mercedes Benz» de Wyss, 1980). En la Fig. 5 se indica un modelo simplificado de la formación de una dorsal triple en asociación con los esfuerzos de empuje de un punto caliente localizado. Recientemente se ha demostrado el origen distensivo de estas fracturas a 120°, en realidad fracturas de «mínimo esfuerzo» en respuesta a empujes ascensionales del magma (CARRACEDO, 1996).

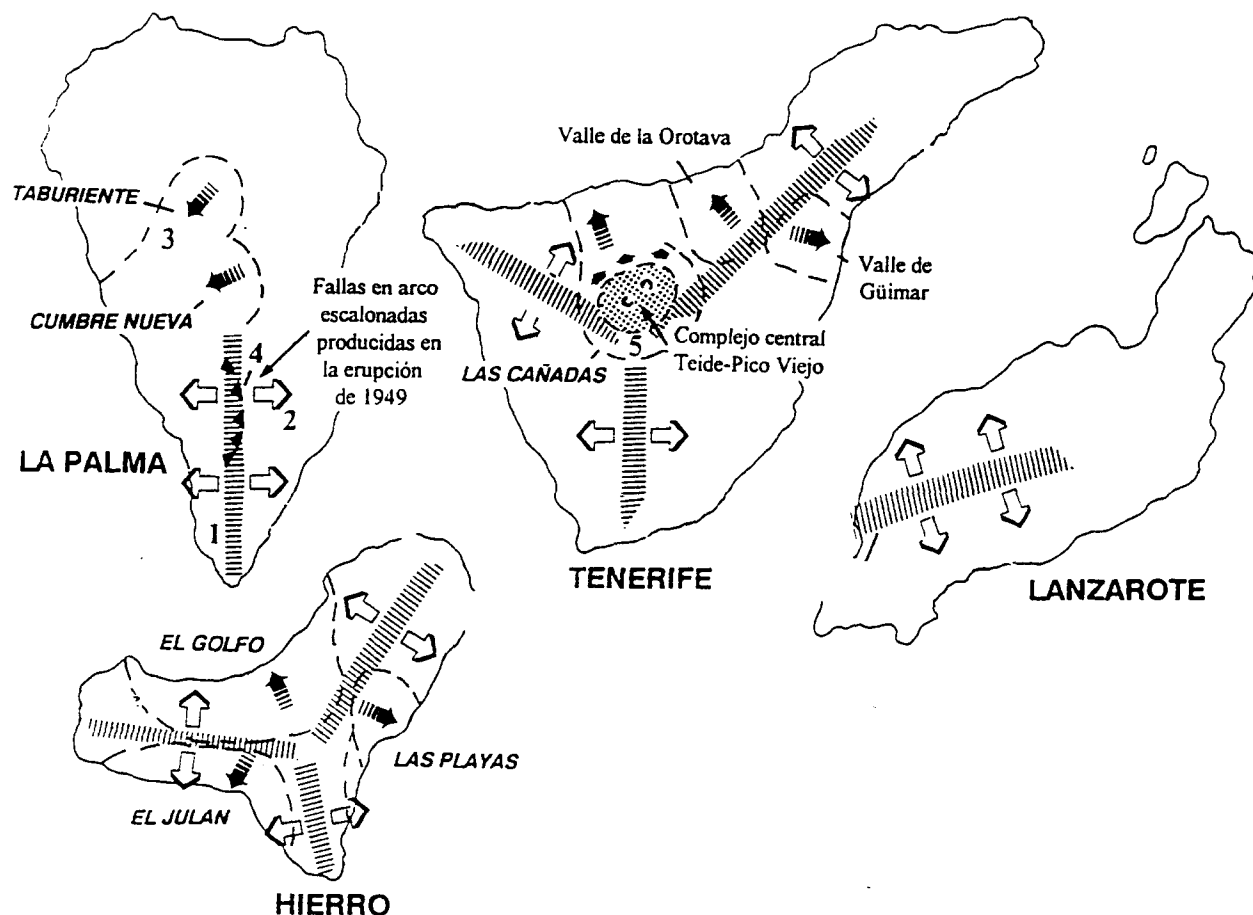


Figura 3. Representación esquemática de los principales factores de riesgo en relación con el volcanismo de las Islas Canarias. Explicación en el texto.

Un modelo genético alternativo que no requiere empujes ascensionales localizados se basaría en la relación de los esfuerzos causados por la intrusión forzada de diques en una dorsal lineal (sencilla) mediante la tendencia a la invención de otros diques en disposición aproximadamente ortogonal. Eventualmente, este proceso daría lugar igualmente a la formación de una tercera rama y a la adopción de la geometría del mismo esfuerzo en estrella triple con ángulos de 120° (tipo «Mercedes Benz»).

En cualquier caso, la existencia de actividad eruptiva coetánea a lo largo de la alineación del Archipiélago parece apoyar la existencia de un punto caliente más que otros modelos cinemáticos propuestos. Se origina así una extensa anomalía en que los sistemas volcánicos actualmente activos en La Palma, Tenerife y Lanzarote estarían dinámicamente mantenidos de forma simultánea por esta amplia pluma magmática.

La aparición de dorsales sencillas (una sola rama) o complejas (siempre de tres ramas a 120°) debe estar condicionada en gran parte por la estructura cortical de la zona y el marco geodinámico local, como se indica de forma simplificada en la Figura 6.

El riesgo volcánico asociado a las erupciones basálticas fisurales que se concentran en estas *dorsales activas* es, por lo general, de escasa magnitud. Los daños están frecuentemente originados por caída de piroclastos incandescentes en un radio de unos pocos centenares de metros alrededor del centro de emisión y por el flujo de coladas de lava, generalmente de baja velocidad y cuyo curso está estrechamente controlado por la topografía. Una clara excepción dentro de esta pauta normal en el volcanismo histórico canario es la erupción ocurrida entre 1730 y 1736 en la isla de Lanzarote. La emisión de productos basálticos con un volumen total de $3-5 \text{ km}^3$, durante un período de unos 6 años, tuvo como consecuencia la destrucción de un 23% de la superficie de la isla; la mayor parte de la tierra cultivable se perdió y la población, sin posibilidades de sustento, emigró en masa a otras islas (CARRACEDO et al., 1989).

Un fenómeno volcánico indirecto, de gran importancia en relación con los riesgos naturales y los procesos de modificación del relieve, es la tendencia al deslizamiento de grandes bloques de los edificios insulares, especialmente en fases de gran actividad eruptiva (CARRACEDO, 1995). La creciente inestabilidad de éstos, consecuencia del rápido crecimiento y la alta relación de aspecto (altura/base) que alcanzan los edificios volcánicos más activos, origina esfuerzos gravitatorios tensionales que tienden a desgajar partes del edificio y

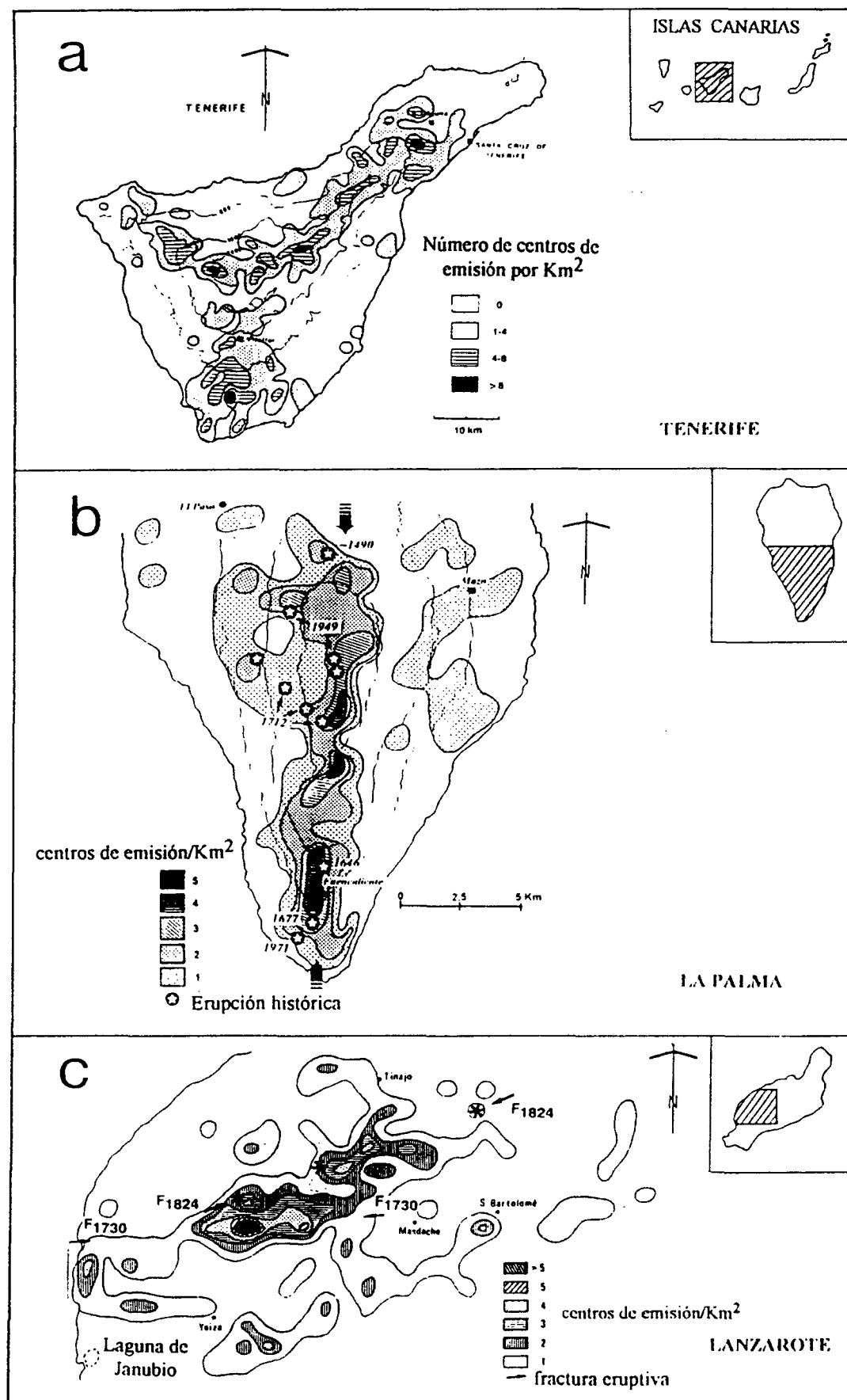


Figura 4. Concentración de los centros de emisión recientes en los «rifts» activos de Tenerife, La Palma y Lanzarote. Ver detalles en el texto.

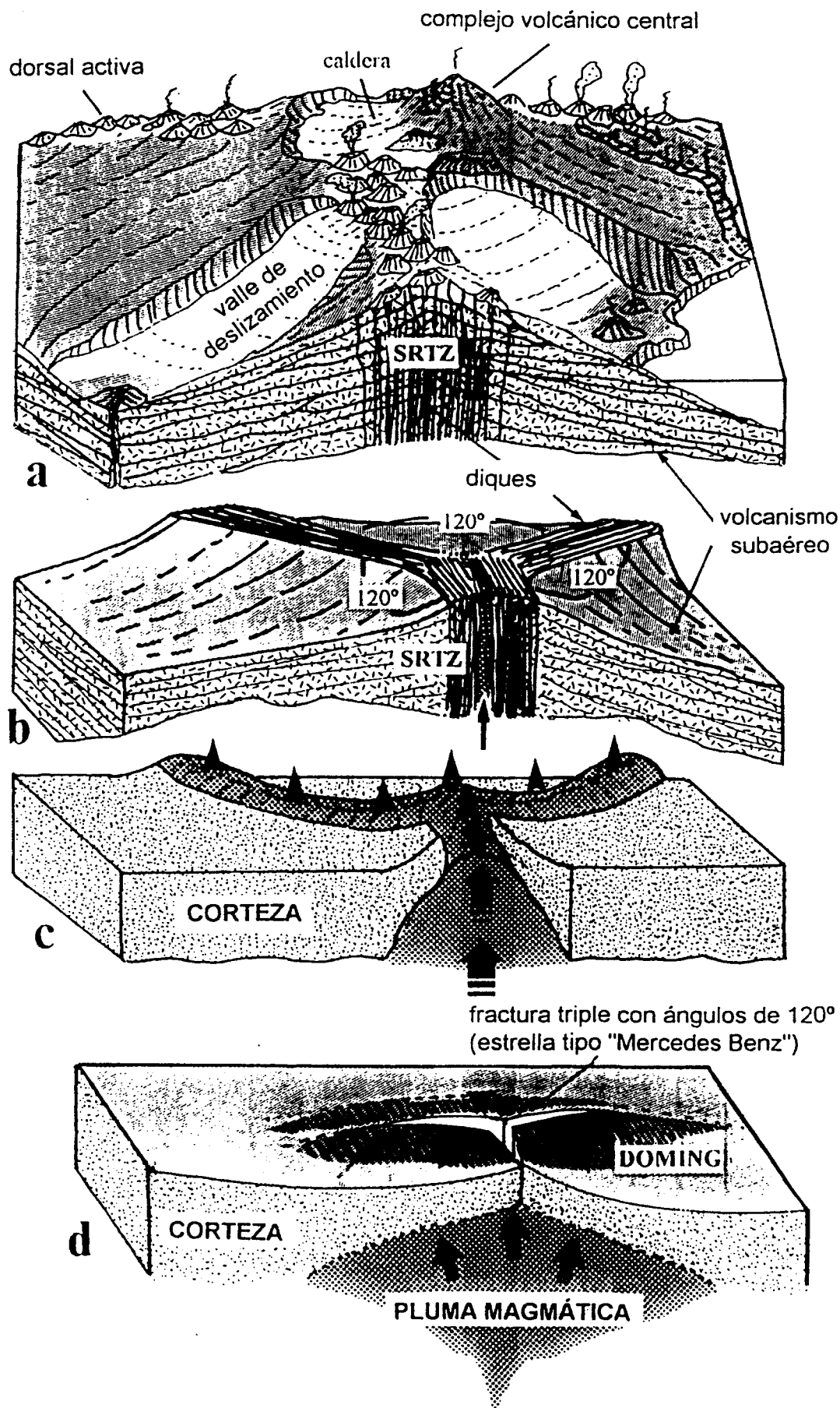


Figura 5. Modelo muy simplificado de la formación de una dorsal triple a 120°, en relación con el empuje ascensional del magma.

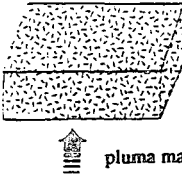
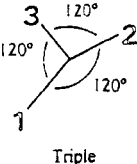
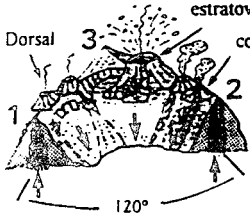
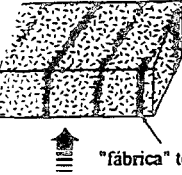

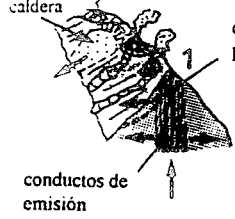
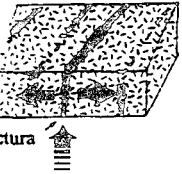

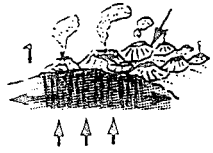
ESTRUCTURA CORTICAL	ASCENSO DEL MAGMA	RAMAS DE LA ZER	TIPO DE ZER	DORSAL RESULTANTE	EJEMPLO	TIPO DE MAGMAS
isotrópico 	"magmafracting" hidráulico		Triple y de alta relación de aspecto (frecuencia eruptiva media + baja tasa eruptiva)		DORSALES DE TENERIFE Y EL HIERRO	Magmas primitivos (basanitas, basaltos) en las ZERs. Magmas evolucionados (traquitas, fonolitas) en su intersección
anisotrópico 	"magmafracting" hidráulico controlado tectónicamente		Sencilla y de alta relación de aspecto (frecuencia eruptiva alta + baja tasa eruptiva)		DORSAL SUR DE LA PALMA	Magmas primitivos, profundos (basanitas, basaltos)
anisotrópico + distensión 	"magmafracting" hidráulico controlado tectónicamente + distensión		Sencilla y de baja relación de aspecto (frecuencia eruptiva baja + alta tasa eruptiva)		ALINEACIÓN VOLCÁNICA CENTRAL DE LANZAROTE	Magmas primitivos, profundos (basanitas, basaltos) y superficiales y evolucionados (toleitas olivínicas)

Figura 6. Relación entre las condiciones de la corteza en la zona de Canarias y el tipo de dorsal que se desarrolla.

provocar su deslizamiento hacia el mar. La inyección forzada de diques en las dorsales, especialmente en las fases eruptivas más intensas, refuerza este efecto. Las estructuras tipo caldera, tan frecuentes en Canarias (3 en la Fig. 3), han sido interpretadas como gigantescas avalanchas o deslizamientos por numerosos autores. Recientemente se han encontrado pruebas de una génesis parecida para la depresión de El Julan, en el SO de la isla de El Hierro (Fig. 3). Parece que son las avalanchas gigantescas asociadas a edificios volcánicos inestabilizados y bordeados por *rifts* muy activos las que constituyen el proceso responsable en gran medida de la destrucción y pérdida de masa de las islas volcánicas oceánicas (CARRACEDO, 1996).

Un último factor de riesgo importante es la presencia en la isla de Tenerife de un gran estratovolcán central, activo, al parecer, en fecha tan reciente como el siglo XV. En este edificio sálico han abundado las erupciones de mecanismos explosivos que, aunque con una probabilidad de ocurrencia extremadamente baja, no pueden descartarse totalmente. La magnitud del proceso eruptivo que en este caso podría producirse y la gran extensión que quedaría previsiblemente afectada aconsejan, por baja que sea esta probabilidad, prestar una especial atención al seguimiento de la actividad de este edificio volcánico. Por otra parte, el Complejo Teide está anidado en la caldera de deslizamiento gravitacional de Las Cañadas y bordeado por los *rifts* muy activos de la Dorsal de La Esperanza y de Teno. La altura alcanzada por este edificio volcánico (3718 m y 1700 m sobre el fondo de la caldera), su inestabilidad hacia el flanco norte de la isla (ver la Fig. 3) y los esfuerzos distensivos que pueden esperarse en el emplazamiento forzado («wedging») de diques de alimentación de cualquier nueva erupción en las mencionadas dorsales imponen un riesgo significativo para la isla y pone énfasis en la conveniencia de proceder a su adecuada observación y a la elaboración del mapa de riesgos correspondiente del estratovolcán y de las zonas de «rift» (dorsales activas) asociadas.

3. IMPACTO DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

El riesgo eruptivo sólo se puede entender en relación con la población humana y la infraestructura que permite su subsistencia, y nunca en conexión con el medio natural. Esto es lógico puesto que las islas se han formado por la repetición de episodios eruptivos que forman parte de la cadena de procesos naturales que constituyen su medio ambiente normal y al que se han adaptado de manera interactiva los sistemas físicos y

los ecosistemas a lo largo de la dilatada historia geológica del Archipiélago. En este sentido, sólo lo relacionado con la ocupación humana de las Islas —episodio, por otra parte, de escasa significación geológica— está en riesgo ante estos fenómenos naturales. Los procesos eruptivos funcionan más bien como «restauradores» del equilibrio natural, roto por el hombre. El riesgo es, pues, correlativo a la mayor o menor capacidad del hombre para adaptarse y convivir con el medio natural volcánico sin modificarlo o haciéndolo inteligentemente, asumiendo como parte del escenario el riesgo inherente y preparándose para afrontarlo. Esto ocurre igualmente con otros riesgos naturales, como terremotos, inundaciones, maremotos, tifones, etc., que frecuentemente devienen en desastres por la mala adaptación al entorno y la falta de una prevención adecuada.

3.1. Impacto sobre el medio natural

En el caso, más probable, de que se produzca una erupción basáltica fisural, tipo al que pertenecen todas las ocurridas en período histórico en Canarias, varios son los efectos que pueden esperarse sobre el medio natural, dependiendo su importancia de la magnitud y duración de la erupción. Una de las más inmediatas es la modificación del paisaje. Esta modificación puede ser más o menos «instantánea» en términos geológicos, como la que puede ocurrir en horas, o a lo más en unos años, en el transcurso de una erupción. Los cambios en la topografía, la creación de nuevos elementos del paisaje —conos volcánicos, campos de lavas, plataformas o deltas costero— son los más frecuentes. Si la magnitud y duración de la erupción son extraordinarias, como ocurre con la de Lanzarote de 1730, de magnitud y «duración» anómalas para la pauta normal del volcanismo histórico del Archipiélago, puede cambiar sustancialmente la entera fisonomía de una isla.

Las erupciones fisurales pueden, con el tiempo, originar figuras del relieve mucho más relevantes cuando están asociadas a dorsales en funcionamiento durante cientos de miles de años, concentrando las emisiones en alineaciones de creciente elevación, que acaban configurando las crestas topográficas que conforman las dorsales canarias, equiparables paisajísticamente a las alineaciones montañosas de ambientes continentales. Es posible que, como hemos visto al considerar los factores de riesgo en Canarias, la concentración de emisiones volcánicas en estos «rifts» activos sea finalmente el agente causante de los grandes deslizamientos, en la práctica «instantáneos», posiblemente el origen de otro de los elementos paisajísticos más relevantes: las depresiones calderiformes (Caldera de Las Cañadas, Valles de La Orotava y Güímar, etc.).

Otro efecto, mucho más directo, de las erupciones fisurales es la generación de incendios forestales. La mayor probabilidad de localización de los centros de emisión en las cumbres coincidiendo con las dorsales activas, precisamente en las zonas de mayor densidad forestal, hace que tanto la caída de piroclastos, como las coladas que se puedan generar y fluyan por la pendiente, originen incendios forestales potencialmente devastadores. La adaptación al fuego de las especies forestales autóctonas, especialmente el pino canario, ha podido producirse por la repetición frecuente de grandes incendios forestales relacionados con erupciones volcánicas.

Las erupciones juegan asimismo un relevante papel ecológico, especialmente si alcanzan una magnitud considerable. La generación de un medio físico esterilizado —ecosistemas «nuevos» producidos en cada erupción volcánica— sin soporte inicial para la vida, provoca complejos procesos de formación de substrato (suelo vegetal) y su colonización por especies de flora y fauna. Un buen ejemplo de esto lo constituye el extenso campo lávico de la erupción de Lanzarote de 1730, en su mayor parte formando el Parque Nacional de Timanfaya.

Las erupciones volcánicas aportan asimismo factores de diversidad, como pueden ser la amplia gama de morfologías volcánicas —diferentes condiciones— de fijación, de composición geoquímica de los materiales extruidos de accidentes morfológicos que originan hábitats muy especiales —cuevas y tubos volcánicos—, etc. Estos factores, añadidos a la partición del territorio por los productos (coladas) de las emisiones volcánicas, que configuran frecuentemente un mosaico de piezas más o menos aisladas entre sí, suponen un dinamismo inductor de diversidad genética que estimula la diversificación específica y la aparición de endemismos tan abundantes en el Archipiélago.

Un último aspecto a considerar entre los efectos del volcanismo en el medio natural es el producido por la emisión de productos volcánicos finamente fragmentados y gases. Los efectos sobre el clima local pueden ser significativos, afectando a la flora y la fauna de la zona, tanto por tapizar con un fino polvillo las hojas provocando la muerte de la planta, como por efectos parecidos a los de la «lluvia ácida», por la emisión de aerosoles con alto contenido en SO_4H_2 . En el caso de erupciones de magnitud considerable, como la de Lanzarote de 1730, se pueden producir cambios climáticos apreciables incluso a nivel mundial, al disminuir la radiación solar como consecuencia de perturbaciones en la distribución de aerosoles en la estratosfera. El análisis de anillos de crecimiento en bosques de Sierra Nevada (California, USA) y del avance de los glaciares indica un descenso global de la temperatura en relación con esta erupción en Canarias, con un valor máximo en el primer año de la erupción. Las erupciones basálticas parecen, por otra parte, liberar compuestos

volátiles de azufre (aerosoles) en volúmenes un orden de magnitud mayor que las silíceas de similar importancia, estimándose para ésta de Lanzarote un «fallout» ácido total de 60 x 106 toneladas métricas. La presencia de una persistente y extensa «niebla seca» en Europa en 1733 ha sido asociada con esta erupción de Lanzarote, lo que hace suponer que los efectos en el propio Archipiélago debieron ser considerables.

4. RIESGO VOLCÁNICO Y ECOLOGÍA HUMANA. PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN

La circunstancia de la existencia de riesgos asociados a procesos eruptivos previsibles no ha tenido reflejo alguno, como cabría esperar, en la planificación territorial en el Archipiélago. Es evidente que esto ocurre porque, aunque el riesgo es real, no se percibe adecuadamente. Sin percepción de un riesgo determinado éste no «existe», ni genera respuestas correlativas de defensa. Sin embargo, la falta de percepción de un peligro no conlleva necesariamente que éste no devenga en daño real, pero en este caso sin preparación alguna para mitigar sus efectos. Este problema de falta de una adecuada percepción de un riesgo real se puso de manifiesto de forma paradigmática en las erupciones del St. Helens (USA, 1980) y del Nevado del Ruiz (Colombia, 1985). En el primer caso se trata de una erupción de gran magnitud —una de las mayores que se conocen en época reciente—, en la que se produjeron mecanismos eruptivos no bien conocidos ni esperados y de enorme poder destructivo. La erupción del Nevado del Ruiz fue, en cambio, varios órdenes de magnitud inferior y los fenómenos que en realidad se produjeron habían sido previstos con suficiente antelación y un nivel de acierto cercano al 100%. Ahora bien, la prevención efectiva emprendida, adecuada en el primer caso y muy deficiente en el segundo, se pone en evidencia por el número de víctimas habido, 57 y unas 23.000 respectivamente. La comprensible tendencia a generar una falsa sensación de seguridad y el síndrome de «espera en la toma de decisiones hasta el último minuto» son lecciones a aprender para evitar su repetición (CARRACEDO, 1988).

La magnitud del riesgo volcánico (R) puede evaluarse en Canarias mediante la ecuación:

$$R = V \times V' \times H \quad [1]$$

donde H es la probabilidad (%) de que ocurra un determinado fenómeno potencialmente peligroso, en este caso una erupción volcánica; V es una medida de la población y recursos económicos totales de la zona, en este caso una isla, y V' la fracción de V que puede verse afectada si ocurre el fenómeno.

5. RIESGO VOLCÁNICO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

Es evidente que la medida de prevención del riesgo volcánico más efectiva es su contemplación en los planes de ordenación territorial de la zona potencialmente afectada. Esta medida, que parece muy razonable, no es realmente puesta en práctica (salvo en países muy desarrollados técnica y culturalmente como USA o Japón) ni siquiera en volcanes de riesgo eruptivo muy elevado (Etna, Vesubio, etc.). En el caso de Canarias, cuyo riesgo eruptivo es muy moderado en términos comparativos, tal factor ni siquiera se ha contemplado en los planes de ordenación del territorio. Esta «deficiencia» es, cuando menos, comprensible, y ello por varias razones. El largo período promedio de recurrencia del volcanismo en Canarias (unos 30 años) hace que se «pierda memoria» de este riesgo natural. Aunque en los últimos 40 años se han producido dos erupciones en Canarias (lo que hace que las personas mayores de unos 50 años hayan conocido dos erupciones volcánicas, frecuencia realmente alta para estos fenómenos), ambas lo han sido en una misma isla (La Palma) y en unas condiciones tan benignas que se ha extendido la falsa impresión de que no hay riesgo importante asociado a estos procesos. Sin embargo, las múltiples derivaciones, algunas muy peligrosas, que puede tomar todo proceso eruptivo, hace que esta falsa sensación de seguridad pueda ser contraproducente en una nueva ocasión. Es igualmente nocivo no percibir el riesgo, que percibirlo en forma infravalorada.

Otro problema para la estimación general del riesgo volcánico en su justa medida ha sido el concepto extendido, incluso entre especialistas, de que el volcanismo canario es difuso en su localización, de tal forma que una futura erupción puede localizarse en cualquier punto del Archipiélago. Esto no es en absoluto cierto, y menos en términos probabilísticos. Como hemos visto, algunas islas carecen en absoluto de riesgo eruptivo (en términos científicos) y otras lo presentan muy bajo, prácticamente en forma negligible. Sólo en Tenerife, La Palma y Lanzarote, y en mucho menor medida Gran Canaria y El Hierro, tiene entidad suficiente este riesgo natural como para requerir atención, y esto sólo en unas zonas determinadas: las dorsales activas y el estratovolcán Teide. En el resto, si bien no puede descartarse totalmente (lo que nunca puede hacerse con

ningún proceso), sí se puede relegar a un segundo plano en términos de probabilidad, y por lo tanto, de riesgo (ver ecuación 1).

Una medida moderada y pragmática en relación con el riesgo volcánico y la ordenación del territorio en las Islas Canarias sería contemplar este factor en dos supuestos concretos: a) En aquellas zonas donde el riesgo sea objetivamente elevado; b) Para aquellas instalaciones o actividades de tipo estratégico, o cuya afectación por un proceso eruptivo pudiera entrañar un gran peligro (refinerías, centrales térmicas, depósitos de materiales explosivos o combustibles, potabilizadoras insulares, redes arteriales de distribución de agua, etc.). Aunque para este segundo supuesto existe una figura adecuada: el estudio preceptivo de impacto ambiental, su elaboración requiere de una previa zonificación del riesgo volcánico, labor que precisa de un perfecto conocimiento de los diferentes edificios volcánicos activos, al que no se llega sino con años de investigación por especialistas y medios técnicos e instrumentales adecuados.

Existen numerosos ejemplos de zonificación de riesgos volcánicos, elaborados ya de forma más o menos completa y detallada para la casi totalidad de los edificios volcánicos activos en zonas de elevada población —St. Helens, Nevado del Ruiz, etc—. En Canarias, aunque se han realizado algunos mapas parciales relacionados con el riesgo en las dorsales activas de Tenerife y Lanzarote, este aspecto está aún prácticamente por abordar, especialmente en lo que respecta al estratovolcán Teide.

A un nivel general —al que más fácilmente puede incluirse este factor de riesgo en el planeamiento insular— se puede llegar a una determinación de los usos óptimos del suelo en función de ciertos criterios, entre los que se incluye la valoración del riesgo volcánico. Se obtienen así unas categorías que ayudan a la elección de la modalidad de uso más adecuada para cada zona en el planeamiento insular.

BIBLIOGRAFÍA

- CARRACEDO J. C. (1988): *El Riesgo Volcánico*. En: Riesgos Geológicos. *Serie Geología Ambiental*, Pub. Inst. Geol. Minero de España, Madrid: 83-97.
- CARRACEDO, J. C. (1979): *Paleomagnetismo e Historia Volcánica de Tenerife*. Aula Cultura de Tenerife: 1-82.
- CARRACEDO, J. C. (1994): The Canary Islands: an example of structural control on the growth of large oceanic-island volcanoes. *J. Volcanol. & Geotherm. Res.*, 60.
- CARRACEDO, J. C. (1995): Volcanismo activo y prevención de riesgos en Canarias. «Protección», *revista de la Dir. Gral. Prot. Civil Española*, 26: 15-21.
- CARRACEDO, J. C. (1996): A simple model for the genesis of large gravitational landslide hazards in the Canary Islands. In: W. McGuire, J. Neuberg & A. Jones (eds.) *Volcano Instability on the Earth and Terrestrial Planets. Geological Society Special Publication*, N.º 110: 125-135.
- CARRACEDO, J. C. & E. RODRÍGUEZ BADIOLA (1991): *La Erupción de Lanzarote de 1730*. Servicio Publicaciones del Cabildo Insular de Lanzarote, Las Palmas de Gran Canaria. 184 pp. (con un mapa a color a escala 1/25.000 de la erupción de 1730).
- FÚSTER, J. M., FERNÁNDEZ SANTÍN, S. & SAGREDO, J. (1968): *Geología y volcanología de las Islas Canarias, Lanzarote*. Instituto Lucas Mallada, CSIC, Madrid. 177 pp.

TEMA 14

El medio volcánico y la configuración del paisaje en las islas

Por Alex Hansen Machín (*)

INTRODUCCIÓN

Las preocupaciones recientes sobre conservación del territorio encuentran en Canarias un medio muy adecuado para ensayar formas de protección que tengan que ver con la concepción global del paisaje y no sólo de sus particularidades o especificidades. Esta visión global del paisaje debe tener muy en cuenta la importancia que el relieve adquiere en las Islas Canarias. El es el elemento más sobresaliente y diferenciador de la geografía insular.

El concepto de región surge aquí, no sólo como delimitación del espacio oceánico archipiélagico, sino también y aportando aún mayor singularidad, por su condición de región volcánica. Las localizaciones de esta naturaleza en los entornos continentales próximos no son frecuentes: en el entorno africano están muy alejadas y son poco accesibles; en el entorno europeo el volcanismo es un fenómeno que corresponde a tiempos pretéritos a excepción de algunos puntos de Italia y, las extensiones ocupadas por sus materiales en España se reducen a los campos volcánicos de Olot y Calatrava, ya inactivos.

Además el volcanismo insular es por esta propia condición, exento. El volcanismo continental es superpuesto a las estructuras y litologías que constituyen el sustrato rocoso. Así pues, el relieve volcánico canario es una originalidad morfológica en el entorno geográfico-cultural en el que el archipiélago se desenvuelve.

1. PAUTAS GENERALES Y EXCEPCIONES ESPECÍFICAS DEL RELIEVE

El relieve volcánico se caracteriza por la presencia puntual de conos y cráteres que salpican el paisaje obedeciendo a pautas dinámico-estructurales y, coladas de lavas y/o fragmentos, que se amontonan apilándose. Los apilamientos pueden alcanzar centenares o miles de metros de espesor, construyéndose así megaedificios que crecen por la superposición de estos materiales.

Los estratos volcánicos siguen las mismas reglas geomorfológicas que los estratos sedimentarios, es decir, obedecen al principio geológico de la superposición que permite hallar la secuencia geocronológica. Este se expresa afirmando que todo estrato —manto volcánico— es más joven que el que tiene inmediatamente debajo y más antiguo que el que se le ha superpuesto encima. Una geología desnuda como la canaria —es decir con suelos delgados y discontinuos y con mantos vegetales en general poco densos o con un grado de recubrimiento ba-

(*) Profesor de la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Dpto. de Arte, Ciudad y Territorio.

jo en amplias extensiones— pero con frecuentes escarpes y pendientes acentuadas, permite observar estas arquitecturas subhorizontales con total nitidez, convirtiéndose en un rasgo diferenciador y omnipresente del paisaje.

Los apilamientos nunca poseen en un sólo escarpe los materiales correspondientes a toda la historia volcánica insular. La actividad volcánica se muestra como un fenómeno migratorio, se desplaza de un lugar a otro siguiendo pautas tectovolcánicas y dinámicas aún no del todo conocidas en su funcionamiento, y por tanto no del todo predecibles a nivel de detalle. La erupción surge puntualmente originando modificaciones territoriales importantes, modificaciones que se registran en las columnas estratigráficas locales. La resultante de todo ello, es un relieve cuya geología es un verdadero rompecabezas, complejo y variable en sólo decenas o centenares de metros.

El principio de la superposición que rige con todo rigor en los medios sedimentarios sin que ningún proceso de esa naturaleza pueda contradecirlo (y sólo los plegamientos tectónicos puedan invertirlo), es roto en las regiones volcánicas por varios fenómenos. La intrusión de rocas subvolcánicas es uno de ellos. Mediante la inyección de diques y chimeneas se origina el hecho de que rocas y cuerpos geológicos posteriores en el tiempo se encuentren por debajo o en contacto con rocas de edades más antiguas. Para estos fenómenos se aplica el principio de que toda roca «encajada» (un dique p.e.) es más reciente que la roca que le sirve de caja (el roquedo preexistente). No rige el mismo para los conos de cenizas que son rodeados primero y sepultados después por emisiones posteriores, ya que es en estos casos, son anteriores a su envoltura. De la exhumación de estos cuerpos volcánicos (diques, conos y pitones descalzados) surgen igualmente geometrías de caracterización volcanopaisajística inequívoca, rompedoras con su verticalidad de las líneas horizontales impuestas por los, en apariencia, monótonos apilamientos subhorizontales que caracterizan al paisaje volcánico en general.

Otro fenómeno que rompe con el principio de la superposición de los materiales en las zonas volcánicas activas son los fenómenos de interferencia volcánica, que aportan diversidad de volúmenes, texturas y tonalidades de color a las morfologías preexistentes. Además, en su condición de flujos, los materiales volcánicos se depositan en las partes más deprimidas del entorno, inundando el fondo de barrancos y valles preexistentes colocándose en una posición estratigráfica inferior a su punto de salida, poniéndose en contacto con materiales cronológicamente mucho más antiguos. El relleno total o parcial de estas formas deprimidas por los flujos volcánicos, facilita procesos de inversión del relieve y por tanto, de la columna volcanoestratigráfica, permitiendo el establecimiento de formas exentas, de estructura tableada y techo plano, como las «mesas», que tanto caracterizan a los paisajes volcánicos evolucionados.

La combinación de diferentes litologías en un mismo apilamiento y la diferencia de potencia de cada una de las capas volcánicas favorece el modelado de «vertientes escalonadas», tan característicos de los famosos «valles en escalera» modelados en las grandes mesetas volcánicas del mundo. Estos escalones situados entre escarpes tan característicos del paisaje canario, reciben el nombre popular de «andenes» o «chapas». A estos dos factores de litología y potencia, se añaden otros como la particular estructura interna de los mantos lávicos en los que techo y muro son superficies escoriáceas más deleznable, la alternancia de mantos piroclásticos y lávicos, las diferencias texturales, granulometría de los fragmentos y de los cristales que los componen, las diferencias en el grado de soldadura o compactación de los mismos, en definitiva, su desigual resistencia y comportamiento frente a los agentes de la erosión, hacen que la morfología de detalle, la micromorfología, sea muy rica en estas islas volcánicas, aportando un grado de rugosidad textural difícilmente observable en territorios modelados sobre otras litologías y una gran variedad de entornos geomorfológicos armónicos en función de su especial tallado.

2. UNA VISIÓN DINÁMICA DE CONJUNTO DE LOS PAISAJES MORFOLÓGICOS INSULARES

La morfología del relieve canario en general, es consecuencia de la combinación de los fenómenos endógenos o constructivos, cuya paternidad se debe al volcanismo, y de los fenómenos exógenos o erosivos, que se encargan del desmantelamiento y modelado de las estructuras creadas por los primeros.

Pero en particular, la actividad constructiva se ha realizado mediante ciclos de actividad volcánica individualizados para cada isla. Esto supone edades diferentes para los materiales más antiguos de cada isla, así como para los emitidos en cada ciclo particular de cada una de ellas. Algunas islas se encontraban ya con sus morfoestructuras en estado de desmantelamiento cuando otras aún no habían surgido o se encontraban en fases de crecimiento intermedias. Cada ciclo ha evolucionado petrológicamente tendiendo a emitir materiales básicos en sus primeras fases, y sálidos en fases más avanzadas, en las que los magmas han tenido tiempo de diferenciarse. Esto ha ocurrido sobre todo en las islas de Gran Canaria y Tenerife, en donde se encuentran las litologías más variadas de Canarias. La mezcla de los magmas con agua ha provocado en muchos puntos del archipiélago la construcción de edificios freatomagmáticos con deposición de materiales y estructuras muy particulares y de gran interés científico que deben tenerse muy en cuenta a la hora del planeamiento territorial.

Los fenómenos de desmantelamiento se han producido durante y entre los ciclos volcánicos, a veces a lo largo de millones de años de inactividad volcánica y, otras veces, sin casi tiempo para actuar entre una erupción y la siguiente. El relieve actual de las islas, es el resultado inacabado, de la interacción entre el volcanismo y los procesos de desgaste y desmantelamiento erosivos. Estos han sido particularmente activos durante los dos últimos millones de años (período conocido como Cuaternario), en que los cambios de clima a nivel mundial y los alternantes ascensos y descensos del nivel del mar, han favorecido unas morfodinámicas con gran capacidad de transformación del relieve y el litoral.

Debe entenderse, que la morfogénesis es continua en el tiempo pero, los procesos erosivos implicados, es decir, la morfodinámica, es cambiante en función de las modificaciones climáticas por lo que, al variar los climas y, en consecuencia cambiar los parámetros o los agentes de la erosión, algunas morfoesculturas (valles, barrancos, superficies culminantes, superficies de erosión...) quedan fosilizadas en el tiempo o son parcial o totalmente desmanteladas por los procesos erosivos impuestos por las nuevas condiciones climáticas. Así pues, algunas morfologías son heredadas del Mioceno o del Plioceno, pero la mayor parte de las formas del relieve que observamos actualmente en Canarias fueron esculpidas durante el tránsito del PlioPleistoceno y Cuaternario Inferior y Medio.

Son los relieves canarios, a excepción de los construidos por el volcanismo durante el Pleistoceno Medio, Superior y Holoceno, morfologías heredadas de distintos momentos de la historia paleoclimática de la Tierra y por su localización de la historia paleogeográfica de Canarias. A la hora de valorar los elementos del relieve este hecho es importante porque considera a la «forma» no sólo como el resultado de una construcción volcánica directa y estática, sino que añade un criterio genético-evolutivo al considerarla como la resultante del modelado de una forma anterior, de la cual procede en un complejo evolutivo-dinámico-temporal.

El megapaisaje morfológico canario viene determinado primeramente por la modalidad de los megaedificios estructurales volcánicos (escudos, dorsales, estratovolcanes, y las posibles y múltiples articulaciones de estos tres tipos predominantes en Canarias), ya que este hecho posibilita la aparición de morfoislas estructurales diferenciadas. Se distingue por otra parte entre morfoislas en las que predominan actualmente las formas estructurales creadas directamente por el volcanismo (El Hierro, La Palma, Tenerife) y, aquellas otras (el resto) en las que predominan las formas derivadas del modelado erosivo (macizos antiguos de diferentes tipologías, rampas degradadas, cuencas hidrográficas, depresiones, etc...), originadas por el desmantelamiento morfoclimático y/o tectovolcánico.

El paisaje geomorfológico de las islas orientales está caracterizado por las de modelado erosivo maduro, encontrándose en ellas la mayoría de las morfoesculturas más evolucionadas del Archipiélago Canario. Lo mismo sucede con las islas de Gran Canaria y La Gomera en las que, predominando las formas derivadas y erosivas, sin embargo en cuanto a morfoevolución, considerando las teorías evolucionistas davisianas del relieve, se encuentran en un estadio a medio camino entre las morfoislas orientales y las morfoislas occidentales de construcción más reciente.

La morfodinámica actual depende del clima imperante. Todas las islas se encuentran en una misma banda latitudinal (entre los 27º y los 29º N aprox.) y sometidas por ello a un clima cuya característica principal quizá sea un régimen térmico moderado y la indigencia pluviométrica acompañada de torrencialidad junto a una estacionalidad de tipo mediterráneo. Este régimen queda atenuado o acrecentado según factores de exposición al sol y a los vientos dominantes y también en función de la altura. Esta distribución climática vertical ocasiona el establecimiento de regímenes morfoclimáticos que establecen predominios de procesos según bandas altitudinales.

A las condiciones morfoclimáticas semiáridas imperantes en el Archipiélago, se le ha venido a sumar desde el punto de vista geomorfológico una rotura de los distintos ecosistemas y un proceso subsiguiente de desertificación, motivado por las actividades del hombre. La presión sobre el espacio durante varios siglos ha ocasionado intensos procesos de deforestación, roturación, explotación, abandono de tierras y erosión inducida. No obstante, la buena gestión del espacio rural durante siglos por parte del campesino canario, abancalandó las vertientes, ha atenuado, un desastre de mayor cuantía en lo que se refiere a la pérdida de suelos. Además de esta función sustentadora del suelo, los bancales se integran en el paisaje volcánico canario a través de la creación de vertientes antrópicamente escalonadas, repitiendo el esquema estructural-horizontal de los apilamientos y las vertientes escalonadas. Su funcionalidad morfológica junto a su incuestionable interés estético-paisajístico, requieren medidas de conservación específicas.

3. CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL PAISAJE CANARIO

Los paisajes morfológicos constituyen un patrimonio de gran valor cultural y científico, cuya pérdida en la mayoría de los casos es irreparable. «La ordenación del territorio ha de prever la protección de los puntos de interés por su valor intrínseco, de forma paralela a la protección que otorga a las singularidades de flora y

fauna» (GÓMEZ OREA, 1994). Exponemos a continuación algunos criterios que permiten valorar el relieve canario desde distintos puntos de vista:

—*El relieve volcánico neto* es una originalidad de Canarias en el marco cultural europeo y en nuestro entorno geográfico euroafricano, en donde el volcanismo, ya viejo, ha sido siempre postizo, es decir, sobrepuesto a formas continentales y no exento.

—*La diversidad* de formas estructurales así como de formas de erosión, tanto de gran escala como a nivel de microformas, no tiene parangón alguno con las áreas continentales en las que los medios son más monótonos. Son sólo comparables en riqueza textural algunas áreas muy localizadas de roquedos calizos o también graníticos. La diversidad es el fundamento que explica el alto número de espacios naturales protegidos con fundamento en el relieve que existen en Canarias.

—*El relieve es nuestro sustrato*, sin él no existe geografía. Sobre sus volúmenes actúan los elementos climáticos, provocando, según combinaciones de altura y exposición diversidad de biotopos que a su vez condicionan la localización, el tipo y la extensión de las formaciones vegetales. Estas posibilitan los fenómenos de edafogénesis o aparición del suelo y, en parte, la gran biodiversidad canaria, que tiene base en este amplio número de biotopos creados a partir de los elementos condicionados por el relieve.

—*El relieve es un elemento dinámico de la Naturaleza*. Este dinamismo se manifiesta a dos escalas: a gran escala temporal, cientos de miles o millones de años, las formas evolucionan bien en función de nuevos elementos arquitectónicos o bien en función de sus estructuras previas, de su litología y del gradiente de sus vertientes originales. En este segundo caso las transformaciones se realizarán bajo la influencia de los sistemas morfoclimáticos imperantes, puesto que ellos también son dinámicos y cambiantes. Canarias, al encontrarse en una latitud subtropical, de tránsito entre la zona templada y la tropical ha soportado durante su historia climatogeológica modificaciones de los sistemas morfoclimáticos que están sin duda, en la base de esa diversidad de formas derivadas y de modelado.

—*El relieve canario es objeto del máximo interés científico*. Desde los comienzos de la investigación las Canarias han atraído el interés de muchos científicos nacionales y extranjeros. Es verdad, que ha sido la geología la rama que más trabajo ha suscitado y puede decirse que *grosso modo* estamos en una de las áreas geológicas mejor conocida del mundo es sus aspectos petrológicos, estructurales y geocronológicos. La geomorfología ha hecho su aparición mucho más tardíamente pero ha progresado mucho en el análisis e inventario de las formas así como en su evolución morfoclimática, estando en estos momentos en avanzado estado la realización de cartografías geomorfológicas a escala 1:100.000 y 1:50.000 y 1:25.000. En el estudio de procesos actuales y riegos se progresa también en estos momentos.

—*El relieve es un objeto sensible*. Puede ser modificado, alterado, degradado o desaparecido (desmontes, sorribas, carreteras, piconeras, canteras, explotaciones de áridos, construcciones que rompen los perfiles, rellenos de zonas deprimidas, ganancias de terrenos al mar, regeneración de playas, etc...). La mayor parte de estas actividades se han llevado a cabo con criterios economicistas de arbitrariedad y sin tener en cuenta el tipo de economía global que sustenta al Archipiélago, lo cual ha significado un deterioro en el mejor de los casos, un destrozo de nuestro patrimonio fisiográfico común y en algunos casos extremos, la desaparición o el desarticulamiento de la «arquitectura» referencial y/o simbólica de nuestro paisaje.

—*El relieve es objeto de sensibilidad social y depósito de la memoria histórica*. La identificación de la población con los elementos arquitectónicos fundamentales del relieve (Taburiente, El Teide, Timanfaya o la Cueva de los Verdes, campos de dunas de Gran Canaria y Fuerteventura, el Roque Nublo, los Roques de la Gomera, el Golfo en el Hierro...) hace que estos elementos tengan que ser especialmente bien protegidos y gestionados.

—*El relieve es un banco de datos* de la historia morfoclimática y paleontológica, acumula materiales en sus depósitos sedimentarios litorales y continentales, aportando mediante éstos informaciones geocronológicas y sobre las condiciones paleoambientales de incidencia no sólo regional sino también planetaria. En este caso, la pérdida de esta información está siendo acelerada por las extracciones de áridos sin el más mínimo control científico de los depósitos explotados.

—*El relieve como objeto de culto prehispánico* nos lega la cultura material-arquitectónica de los aborígenes canarios. Así, eran sagrados lugares como Roque Idafe en La Palma, Teide en Tenerife, Roque Nublo y Bentaiga en Gran Canaria, Tindaya en Fuerteventura, y otros muchos... en donde generalmente se conservan lugares rituales que son hoy a la vez objetos de atracción etnográfica-cultural y turística.

—*El relieve como escenario de la Historia*. Muchos topónimos de Canarias recuerdan hechos beligerantes, como La Matanza en Tenerife y Gran Canaria, Plaza Perdida, Bahía de Gando, Playa de Cabrón, Mtna. de Tamasite en Fuerteventura, Ansite, Cruz del Inglés... por no mencionar las bahías y puntas que han sido objeto de desembarcos y comercios. Todos ellos debían de ser considerados como espacios históricos en los que el marco morfológico es el escenario en donde ocurren los acontecimientos.

—*El relieve como riesgo*. El relieve canario es sujeto de varios tipos de riesgos. El volcánico es el más llamativo y espectacular y sobre su posibilidad algunas islas ya cuentan con planes y mapas de riesgo. El manto rocoso o edáfico sobre el que nos desenvolvemos tiende a su movilidad. Las actuaciones del hombre sobre el mismo, abriendo trincheras y creando taludes, deforestando y eliminando la cubierta vegetal, cultivando y abandonando los cultivos, inducen un buen número de procesos erosivos, que van desde los movimientos rápidos en masa, hasta los movimientos lentos de reptación o los fenómenos de acarcavamiento y pérdidas de suelos vegetales. En una gestión de desarrollo sostenible de estos recursos no renovables, la tendencia tendría que ser la de atajar los problemas creados (pérdidas de bancales y de los suelos que contienen p.e.) y la de evitar o corregir los impactos ambientales que las obras humanas han inducido o provocado.

—*El relieve como recurso económico*. En tanto que diferentes rocas poseen cualidades, estas son susceptibles de ser demandadas por el mercado. Esta actividad extractiva no afecta sólo a la roca sino que a través de ella transforma directamente el relieve. Este es un hecho incuestionable que debe ser tratado con el debido rigor en las tareas de planeamiento. Algunos recursos como los piroclastos son ya escasos en algunas islas, la arena se importa desde hace tiempo de las costas africanas, los cantos rodados y aluviones tamaño grava, canto y bloque, han sido barridos de los lechos de barrancos por las extracciones, las canteras en producción o abandonadas generan socavones que establecen con sus escarpes roturas de pendiente acentuadas induciendo otros procesos erosivos en ladera. Pero de forma general, el relieve canario constituye recurso económico en tanto él es en sí mismo, con sus formas y originalidades generando el paisaje morfológico, un recurso de primer orden desde el punto de vista turístico-paisajístico.

La gestión de cada espacio requiere estudios particulares. En Canarias hay que considerar la individualidad de cada isla puesto que el hecho insular eleva a la categoría de formas únicas o poco frecuentes algunas estructuras que quizá estén generalizadas en las otras islas. El ejemplo más claro en esta dirección es el de los conos volcánicos y sus coladas. Existen islas como Fuerteventura o Gran Canaria en la que el volcanismo reciente no ha sido demasiado pródigo por lo que el número de aparatos construidos es bastante reducido. Una explotación irracional de este recurso necesario ha llevado al absurdo en la más poblada Gran Canaria, de que no existe ningún cono significativo que no posea una piconera asociada. Desde la educación ambiental se entra en estos casos, en la contradicción de que viviendo en un territorio volcánico la población carece de los recursos necesarios para explicarse la génesis del paisaje morfológico.

BIBLIOGRAFÍA

- ARAÑA, V. & CARRACEDO, J. C. (1978;79): «*Los volcanes de las Islas Canarias*». Tomo I: Tenerife; Tomo II: Lanzarote y Fuerteventura; Gran Canaria. Ed. Rueda. Madrid.
- AROZENA CONCEPCIÓN, M. E. (1991): *Los paisajes naturales de La Gomera*. Ed. Excmo. Cabildo Insular de La Gomera. Sta. Cruz de Tenerife.
- CARRACEDO GÓMEZ, J. C. (1991): *Lanzarote. La erupción volcánica de 1730*. Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Estación volcanológica de Canarias. Servicio de publicaciones del Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote.
- CRIADO HERNÁNDEZ, C. (1984): El relieve erosivo. Las formas del modelado. *Geografía de Canarias*. I. 105-142. Interinsular Canaria.
- CRIADO HERNÁNDEZ, C. (1990): Rasgos geomorfológicos del Macizo de Anaga (Tenerife). *S.E.G. Jornadas de Campo de Geomorfología volcánica*. 77-74.
- CRIADO HERNÁNDEZ, C. (1992): *La evolución del relieve de Fuerteventura*. Cabildo Insular de Fuerteventura.
- FERNÁNDEZ-PELLO, L. (1989): *Los paisajes naturales de la Isla del Hierro*. Ed. Excmo. Cabildo Insular de El Hierro-Centro de la Cultura Popular Canaria. Sta. Cruz de Tenerife.
- GÓMEZ OREA, D. (1994): *Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España-Ed. Agrícola Española, S.A. Serie: Ingeniería Geoambiental.
- HANSEN MACHÍN, A. (1987): *Los volcanes recientes de Gran Canaria*. Ed. del Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Ed. Rueda.
- HANSEN MACHÍN, A. (1993): «*Bandama, paisaje y evolución*». Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria. Área de Política Territorial, Arquitectura, Medio Ambiente y Vivienda.
- HANSEN MACHÍN, A., SANTANA SANTANA, A. & PÉREZ CHACÓN-ESPINO, E. (1990): *Mapa de las formas del relieve de Gran Canaria. 1:100.000*. Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria.

- HOLLERMANN, P. (1980): *Microenvironmental studies in various ecosystems of the Canary Islands*. 24 International Geographical Congress. Japan. 28-31.
- LUIS GONZÁLEZ, M. (1990): El relieve del Macizo de Teno. *Jornadas de Campo de Geomorfología volcánica*. S.E.G.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. & QUIRANTES, F. (1981): *El Teide. Estudio Geográfico*. Ed. Interinsular. Santa Cruz de Tenerife.
- MARZOL JAÉN, V. (1988): *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Ed. Caja General de Ahorros de Canarias. Sta. Cruz de Tenerife.
- PÉREZ CHACÓN-ESPINO, E. (1995): La cartografía del potencial del medio natural. En *La geografía del territorio*. Rev. Materiales de Trabajo, nº9, 130-204. Departamento de Arte, ciudad y Territorio. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. ETS. Arquitectura.
- ROMERO RUIZ, C. (1991): *Las manifestaciones volcánicas históricas del Archipiélago Canario*. 2 tomos. Ed. Consejería de Política Territorial. Sta. Cruz de Tenerife.
- ROMERO RUIZ, C. (1991): *La erupción de Timanfaya (Lanzarote, 1730-36). Análisis documental y estudio geomorfológico*. Ed. Universidad de La Laguna. Secretariado de Publicaciones.
- ROMERO RUIZ, C. & al. (1987): *Los volcanes. Guía física de España, 1*. Alianza Ed. Madrid.
- ROMERO RUIZ, C. (1987): *Comentario al mapa geomorfológico de Lanzarote*. Rev. Geografía de Canarias. 2. 151-172.
- ROMERO RUIZ, C. (editor) (1990): *Jornadas de Campo sobre Geomorfología volcánica*. S.E.G. Monografía, nº5. Zaragoza.
- SÁNCHEZ DÍAZ, J. (1995): Metodologías para la evaluación del potencial del territorio. En *La geografía del territorio*. Rev. Materiales de Trabajo, nº9, 69-129. Departamento de Arte, ciudad y Territorio. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. ETS. Arquitectura.
- SANTANA SANTANA, A. (1994): *Paisajes históricos de Gran Canaria*. Ed. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Area de Política Territorial, Arquitectura, Medio Ambiente y Vivienda. Las Palmas de Gran Canaria.
- SANTANA SANTANA, A. & NARANJO CIGALA, A. (1993): *El relieve de Gran Canaria*. Ed. Librería Nogal. Las Palmas de Gran Canaria.
- VARIOS AUTORES (1984): *Geografía de Canarias*. Tomo I. Ed. Interinsular, Sta. Cruz de Tenerife.
- VARIOS AUTORES (1992-3): *Geografía de Canarias*. Ed. Prensa Ibérica, S.A. Las Palmas de Gran Canaria.
- VARIOS AUTORES (1995): *Cartografía del Potencial del Medio Natural de Gran Canaria. Memoria*. Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria-Universidad de Valencia-Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- YANES LUQUE, A. (1990): *Morfología litoral de las Islas Canarias Occidentales*. Universidad de La Laguna. Secretariado de Publicaciones. La Laguna.

TEMA 15

El relieve erosivo y las formas de modelado en Canarias

Por Constantino Criado Hernández (*)

INTRODUCCIÓN

Las formas de modelado son aquellas que se generan por la acción de los agentes exógenos actuando sobre las estructuras geológicas. Normalmente sus dimensiones y el tiempo necesario para su desarrollo son inferiores a las de las formas dependientes de la estructura geológica.

En el ámbito volcánico se dan una serie de circunstancias que permiten diferenciar los relieves, tanto los debidos directamente a los dinamismos volcánicos como a los derivados de las acciones exógenas sobre las estructuras volcánicas. Quizás lo más peculiar de la morfogénesis volcánica sea la extraordinaria velocidad con que se generan las morfoestructuras capaces de surgir en pocos días.

Una vez establecidas, las formas volcánicas directas van sufriendo los efectos de la morfogénesis para terminar conformando formas de modelado.

CONCEPTOS GENERALES. LA MORFOGÉNESIS PASADA Y ACTUAL DE LAS ISLAS CANARIAS

Para entender las formas de modelado de un territorio volcánico es necesario poner en juego los siguientes factores:

—*Las morfoestructuras*, que condicionan las formas de modelado por intermedio de la litología y disposición de los materiales volcánicos.

—*El clima y la vegetación*, que controlan la eficacia de los procesos de meteorización de las rocas y el carácter más o menos agresivo de los procesos de erosión. Dado que los climas han cambiado a lo largo del Cuaternario es necesario adoptar una visión paleoambiental para entender las influencias bioclimáticas en las morfogénesis pasadas.

—*El tiempo o la antigüedad* de las morfoestructuras parece determinante para entender las diferencias fisiográficas entre distintas áreas de las islas. No obstante, no es el tiempo el único factor que condiciona el grado de desmantelamiento de las morfoestructuras, ya que éste interactúa con las morfoestructuras y los agentes exógenos.

1. PROCESOS ELEMENTALES DE EROSIÓN Y SISTEMAS MORFOGENÉTICOS

Son los procesos simples que fragmentan y alteran la roca y transportan y depositan los fragmentos.

Los procesos se combinan para dar origen a los sistemas morfogenéticos, que difieren según el ambiente climático y la cubierta vegetal.

(*) Dr. en Geografía. Profesor Titular del Departamento de Geografía de la Universidad de La Laguna.

CLIMA			MORFODINÁMICA ACTUAL									PISO
N. DE MESES HÚMEDOS	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	TEMPERATURA MEDIA ANUAL	METEORIZACIÓN MECÁNICA	METEORIZACIÓN QUÍMICA Y EDAFOGÉNESIS	TAFOZIZACIÓN	MOVIMIENTOS RÁPIDOS DEL TERRENO	MOVIMIENTOS LENTOS DEL TERRENO	ARROYAMIENTO	PROCESOS PLUVIO-TORRENCIALES	PROCESOS EÓLICOS	MORFOGÉNESIS ANTRÓPICA	
?	?	0-4	3	•		1	1	•	•	•	1	Teide
3-6	300-600	4-10	3	1	1	1	2	1	2	1	1	Cumbres
4-7	400-700	10-18	2	2	1	•	•	1	3		2	Pinar
6-8	550-1.000	13-18	•	3		•		•	2		•	Monteverde
4-6	300-600	17-19	2	2		•		2	3		3	Costas de Barlovento
1-4	100-400	18-21	3	1		•		2	3	1	3	Costas de Sotavento
0-2	100-150	18-21	3	•				2	3	2	3	Áreas Semiáridas
<p>Intensidad del fenómeno:</p> <p> <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/> Presente localmente <input type="checkbox"/> De mediano a fuerte </p> <p> <input type="checkbox"/> 1 Suave <input type="checkbox"/> 2 De mediano a fuerte <input type="checkbox"/> 3 Muy intenso </p>												

Figura 1. Esquema general de la distribución y características de la morfodinámica de las islas Canarias. Basado en HÖLLERMANN (1980).

Los sistemas morfogenéticos podemos dividirlos en dos grandes grupos: los predominantemente mecánicos y los predominantemente físico-químicos y bioquímicos.

Los primeros se localizan en aquellas regiones en las que la escasez de agua (regiones áridas), o las bajas temperaturas (regiones polares y de alta montaña), bloquean los procesos de alteración química de las rocas, favoreciendo, en cambio, la fragmentación sin que se produzcan variaciones en su composición mineralógica. Los segundos son aquellos en los que una mayor disponibilidad de agua y una temperatura más elevada favorecen la descomposición química de los minerales.

En el primer grupo de sistemas morfogenéticos la cubierta vegetal es poco densa o inexistente, mientras que el segundo grupo se caracteriza por presentar cubiertas vegetales densas.

2. LOS SISTEMAS MORFOGENÉTICOS DE CANARIAS

Los importantes desniveles existentes en las islas Canarias provocan la aparición de variaciones en el clima y el tipo de vegetación a medida que se asciende, lo que genera la aparición de bandas con determinadas características de clima y vegetación. A estas bandas se les conoce como pisos climáticos y pisos de vegetación. Dado que en función del clima y la vegetación varían las combinaciones de procesos, es decir los sistemas morfogenéticos, podemos hablar de pisos morfogenéticos.

Höllermann ha sistematizado los pisos morfogenéticos de Canarias, construyendo un cuadro de gran sencillez y claridad (Fig. 1), en el que distingue 7 pisos y 9 procesos (incluyendo la morfogénesis antrópica) con cuatro intensidades de actuación, así como datos de temperatura media anual y precipitación media anual. El examen del cuadro permite conocer con cierto detalle las características morfogenéticas de cada piso, mientras que el examen comparado permite extraer algunas conclusiones de interés:

- La morfogénesis mecánica más intensa aparece en las regiones áridas y costas de sotavento, y en menor medida a barlovento, donde la fragmentación del roquedo es importante y la violencia de las precipitaciones ve incrementada su eficacia por la degradación antrópica de la cubierta vegetal.
- El piso del monte verde, con la cubierta vegetal más densa, es la banda altitudinal de morfogénesis menos intensa; la única actuación destacada es la de la meteorización química y la edafogénesis.
- Los procesos eólicos sólo son importantes en las regiones con déficit hídrico y escasa cubierta vegetal.

- d) Los sectores de cumbres y el Teide constituyen los enclaves donde se centraliza la morfogénesis fría del archipiélago, observándose un incremento de la fragmentación mecánica (gelifracción) y la aparición de movimientos lentos del terreno (gelifluxión).

3. LA PALEOMORFOGÉNESIS

A pesar de que en la actualidad se llevan a cabo investigaciones acerca de la evolución geomorfológica del archipiélago, todavía no estamos en condiciones de confeccionar cuadros similares al reseñado para las diferentes fases del Cenozoico. El estudio de estas condiciones paleomorfológicas se efectúa estudiando sus resultados que se plasman en el espacio como formas de relieve heredadas, formaciones superficiales y paleosuelos.

Las condiciones climáticas de nuestro planeta han experimentado importantes cambios a lo largo del Cuaternario: grandes inlandsis (glaciares regionales) cubrieron las latitudes medias de los dos hemisferios durante las épocas glaciares, mientras que hace sólo 7000 años el Sahara albergaba un paisaje de sabana en el que habitaba una fauna de grandes herbívoros. Estos casos nos ilustran acerca de las variaciones del clima a lo largo de los últimos 2 millones de años.

Tal y como ya se señaló, las condiciones morfogenéticas están en consonancia con el clima y la cubierta vegetal. En otras palabras, los cambios climáticos acaecidos durante el Cuaternario se han visto acompañados de cambios en el tipo e intensidad de los procesos morfogenéticos. De este modo algunas de las formas de relieve que hoy configuran nuestro territorio se han generado bajo condiciones morfogenéticas que ya han desaparecido (condiciones paleomorfológicas), tratándose, por tanto, de *formas heredadas*.

En Canarias las formas heredadas son abundantes y variadas, remitiéndonos a situaciones paleoclimáticas diferentes a las actuales. Se pueden reconocer dos tipos de paleoclimas con incidencia en el modelado:

a) *Paleoclimas con precipitaciones bien repartidas*

De una forma esquemática podrían definirse como «húmedos». Estaríamos ante unas situaciones de mayor pluviosidad que hoy y con un reparto regular; bajo estas condiciones las laderas estarían protegidas por la vegetación y se producirían importantes fases de excavación en los macizos antiguos.

A nivel geomorfológico, las consecuencias de estas fases húmedas son las formas de excavación constituidas por los barrancos (en especial los excavados sobre las series volcánicas cuaternarias), los mantos de arcillas rojas de las islas orientales y las costras calcáreas.

b) *Paleoclimas con un reparto pluviométrico contrastado*

Se trataría de situaciones en las que grandes períodos de sequía se verían interrumpidos por lluvias violentas y muy concentradas en el tiempo. Bajo esta situación climática, la cubierta vegetal sería escasa, con lo cual las laderas desnudas serían incapaces de absorber la gran cantidad de agua de lluvia; esto originaría violentas escorrentías en las laderas que arrastrarían fragmentos rocosos de las mismas transportándolos hasta el fondo de los barrancos. Una vez en los cauces, el desequilibrio entre caudal y carga conduciría al abandono de ésta con la consecuente formación de los depósitos torrenciales que tapizan los fondos de los barrancos.

En las Canarias occidentales y centrales se han constatado 3 situaciones paleomorfológicas bajo este tipo de situaciones climáticas que se situarían en el tiempo desde el Cuaternario Inferior al Pleistoceno Superior (hace unos 25000 años), coincidiendo con fases de acusada regresión marina correlacionables con glaciaciones. A estas fases paleomorfológicas se les deben las importantes acumulaciones torrenciales y de ladera presentes en las islas occidentales y centrales.

En las Canarias orientales, con un relieve menos vigoroso, las descargas de lluvia generaban una escorrentía que barría las laderas desnudas y que cuando alcanzaba áreas de menor pendiente decantaba los materiales generando conos de deyección y glaci-cono. Se reconocen varios niveles de conos de deyección y glaci-cono, los cuáles difieren por su posición y grado de encostramiento calcáreo; éste es tanto más intenso cuanto más antigua es la formación que empasta. La cronología de estas formas parece ser correlacionable con la propuesta para las islas occidentales y centrales.

LAS FORMAS DE MODELADO EN CANARIAS

1. El modelado sobre las formas volcánicas elementales

Una vez finalizada la actividad eruptiva, la nueva forma de relieve comienza a sufrir el ataque de los procesos morfogenéticos que conducirán a su destrucción.

Las formas de modelado difieren mucho en función de que estén labradas sobre morfoestructuras volcánicas terciarias o cuaternarias. Sobre éstas últimas aún es reconocible la morfología derivada de los dinamis-mos volcanológicos, mientras que en las primeras no se reconocen formas volcánicas directas si no formas derivadas y formas de modelado.

<i>Islas Orientales</i>	Costras calcáreas Abarrancamiento Arcillas rojas Estructuras de < 5000 años, buen estado de conservación. Volcanes Cuaternarios
<i>Piso Basal</i>	Conos conservados Lavas edafizadas Ash-flow con tafonis y barranqueras.
<i>Pisos forestales</i>	Conos con densa cubierta vegetal Coladas con suelos fersialíticos. Estructuras de < 40000 años con formas aun reconocibles.
<i>Cumbres</i>	Buena conservación.
<i>Pitones o necks</i>	Chimeneas de antiguos volcanes Exhumadas por la erosión diferencial en razón de su mayor dureza.
<i>Formas derivadas sobre estructuras, Diques de edad Terciaria</i>	Fisuras eruptivas rellenas de lava y resaltadas por erosión diferencial.
<i>Mesas</i>	Restos de coladas traquíticas o fonolíticas, que han circulado por los fondos de antiguos valles. La erosión torrencial entalla los bordes y la deja en resalte.

2. LAS GRANDES FORMAS DE DESMANTELAMIENTO

Hasta ahora hemos analizado formas de modelado sobre estructuras volcánicas en lapsos de tiempo del orden de los $3 \cdot 10^6$ años y con improntas espaciales de 10 km^2 . Las grandes formas de desmantelamiento, por su parte, se escalonan en un período de tiempo que oscila entre pocos 10^5 años y $12 \cdot 10^6$ años ocupando espacios de un orden de magnitud superior a 100 km^2 .

2.1. La llanura central de Fuerteventura

Se trata de una amplia depresión que se dispone desde Tefía, al norte, hasta el valle de Tarajal de Sancho, al sur. Esta depresión relativamente accidentada se inserta entre el macizo de Betancuria y los restos del macizo volcánico antiguo del este de Fuerteventura.

En nuestra opinión su génesis obedece a un proceso de unión de los valles que cortaban el primitivo macizo antiguo y que discurrían en dirección este. La detención de la erosión remontante al alcanzar el Complejo Basal provocó el ensachamiento lateral de las cabeceras con el consiguiente rebaje de los interfluvios que separaban las distintas cuencas; los rellenos volcánicos y detrítico-sedimentarios postpliocenos han enmascarado las crestas residuales contribuyendo a crear el aspecto de llanura.

2.2. Las grandes calderas de erosión

Son en realidad grandes cabeceras de barrancos labradas sobre macizos volcánicos antiguos de disposición cupuliforme.

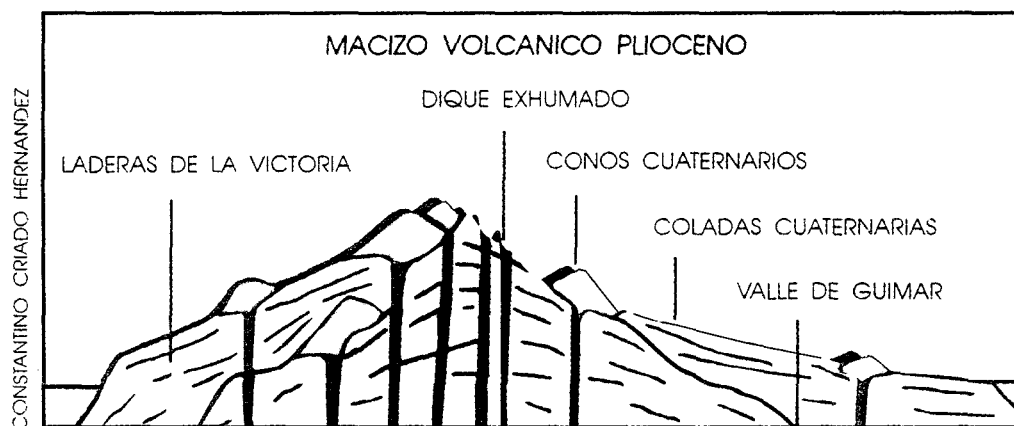


Figura 2. Macizo volcánico pliocénico. Corte esquemático de la Victoria a la costa de Güímar. Según este modelo el valle estaría constituido por los restos de un macizo volcánico modestamente retocado por el volcanismo cuaternario.

Su desarrollo se relaciona con factores litoestructurales que intensifican la morfogénesis; así, no es descartable la hipótesis de que las calderas se sitúan en el áreas de cruce de líneas de fracturación, al tiempo que la desigualdad litológica favorece fenómenos de erosión diferencial y grandes deslizamientos en masa.

2.3. Los valles intercolinares

Presentes en la isla de Tenerife (Güímar y La Orotava), su explicación ha sido objeto de varias hipótesis manteniéndose aún hoy la controversia científica acerca de su origen. Se trata de amplias superficies con pendiente suave dispuesta desde la línea de cumbre —a menudo por encima de los 2000 m— hacia el mar, mientras que sus límites laterales lo constituyen escarpes de varios cientos de metros de altura.

La explicación tectonicista suponía que estos valles eran en realidad bloques hundidos (fosa tectónica en «tecla de piano»), mientras que los escarpes se correspondían a saltos de falla.

La hipótesis de deslizamiento —hoy vuelta a reconsiderar— suponía que las depresiones eran el resultado de deslizamientos de gran envergadura.

La hipótesis del «valle intercolinar» consideraba que estos valles eran en realidad sectores en los que una menor eruptividad que en los sectores de borde generaba un aumento de altitud de estos, generándose, de esta forma, una depresión de origen estructural.

Para nosotros es difícil explicar formas complejas con una única hipótesis. En el estado actual de la investigación sólo podemos aportar algunos datos:

- El valle de Güímar parece haberse formado por la remodelación que el volcanismo cuaternario produjo sobre un macizo volcánico Plioceno (Fig. 2).
- El valle de La Orotava es más complejo y si bien es patente la remodelación volcánica cuaternaria, existen varias generaciones de movimientos en masa actualmente en fase de estudio.

2.4. Las redes hidrográficas y los tipos de barrancos

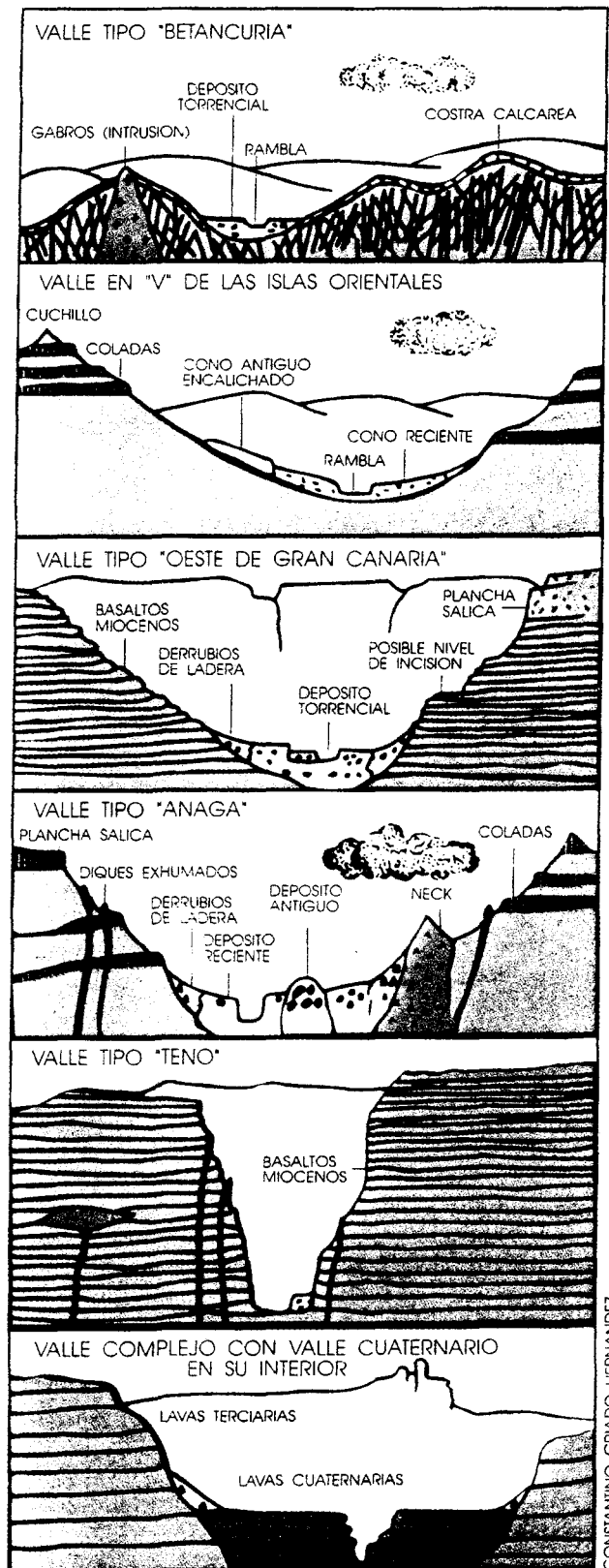
Por lo que se refiere a las redes hidrográficas de nuestras islas en ellas se hacen patentes las influencias litoestructurales.

Así, los edificios tipo dorsal van a desarrollar redes hidrográficas caracterizadas por barrancos paralelos entre sí y perpendiculares a la línea de cumbres; en las dorsales cuaternarias, en especial en aquellas que aún están en fase de construcción, las redes son embrionarias con cauces rectilíneos muy poco jerarquizados ó incluso sin jerarquizar.

En los macizos antiguos de tipo cupuliforme (norte de La Palma, La Gomera y Gran Canaria), las redes de drenaje se organizan radialmente.

Por lo que se refiere a los barrancos es necesario señalar la existencia de 7 tipos principales (Fig. 3), que resultan de interacción de las estructuras geológicas, el lapso de tiempo en el que se ha desarrollado la morfogénesis sin interferencias volcánicas y la incidencia de fases paleoclimáticas de diferente signo.

- Valle tipo Betancuria*: Labrados sobre el Complejo Basal. Laderas de escasa pendiente con interfluvios alomados recubiertos por potentes costras calcáreas. Fondos rellenos de limos rojos recortados por «ramblas».



CONSTANTINO CRIADO HERNANDEZ

Figura 3. Principales tipos de barrancos existentes en las islas Canarias.

- b) *Tipo en «U» de las islas orientales*: Labrados sobre series basálticas miocenas. Importante desmantelamiento; interfluvios reducidos a «cuchillos» y ausencia de cabeceras. Las laderas inferiores están ocupadas por conos de deyección de diferentes edades estando los más antiguos encostrados.
- c) *Tipo oeste de Gran Canaria*: Formas de gran magnitud. Las laderas superiores son escarpes asociados a espesos paquetes de aglomerados volcánicos o coladas fonolíticas. Las laderas medias presentan restos de lo que podrían ser antiguos niveles de incisión. Las partes bajas y los fondos aparecen rellenas de derrubios de ladera y depósitos torrenciales recortados por los cauces actuales.
- d) *Tipo Teno*: Labrados sobre apilamientos lávicos miopliocenos, son valles muy encajados y de poco desarrollo lateral; las acumulaciones detríticas son escasas.
- e) *Tipo Anaga*: Labrados sobre materiales lávicos y piroclásticos miopliocenos lo que favorece un mayor ensachamiento. El contexto litológico es más variado. Son abundantes las mesas, pitones y diques exhumados. Se reconocen al menos dos generaciones de depósitos torrenciales recortados por los cauces actuales.
- f) *Tipo valle cuaternario*: Labrado sobre series volcánicas cuaternarias son relativamente simples. Incisiones de anchura y profundidad variables separados por interfluvios que conforman amplias rampas. Los cauces pueden estar accidentados por cascadas asociadas a coladas de lava.
- g) *Tipo valle complejo*: Son una muestra de la dialéctica entre procesos morfogenéticos exógenos y procesos volcánicos. Así, antiguos valles que se han desarrollado sin interferencias volcánicas son de pronto invadidos por coladas que se asientan en su interior. De esta forma encontramos un valle amplio relleno por coladas más recientes incididas por el cauce actual.

BIBLIOGRAFÍA

- AROZENA CONCEPCIÓN, M. E. (1990): *Los paisajes naturales de La Gomera*. Cabildo Insular de La Gomera.
- CRIADO HERNÁNDEZ, C. (1984): El relieve erosivo. Las formas de modelado. *Geografía de Canarias*. I. 105-142. Interinsular Canaria.
- CRIADO HERNÁNDEZ, C. (1990): Rasgos geomorfológicos del macizo de Anaga (Tenerife). SEG. *Jornadas de Campo de Geomorfología Volcánica*. 77-94.
- CRIADO HERNÁNDEZ, C. (1992): *La evolución del relieve de Fuerteventura*. Cabildo Insular de Fuerteventura.
- CRIADO HERNÁNDEZ, C. (1993): Las formas de modelado. *Geografía de Canarias* (Prensa Ibérica). I. 69-84.
- HÖLLERMANN, P. (1980): Microenvironmental studies in various ecosystems of the Canary Islands. *24 International Geographical Congress*. Japan. 28-31.
- LUIS GONZÁLEZ, M. (1990): El relieve del macizo de Teno. SEG. *Jornadas de Campo de Geomorfología Volcánica*.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. & QUIRANTES GONZÁLEZ, F. (1981): El Teide. Estudio Geográfico. Santa Cruz de Tenerife. Ed. Interinsular.
- ROMERO RUIZ, C. (1987): Comentario al mapa geomorfológico de Lanzarote. *Revista de Geografía de Canarias*. 2: 151-172.

TEMA 16

Los suelos de Canarias

Por Antonio Rodríguez Rodríguez (*)

INTRODUCCIÓN

En el marco de este curso encaminado a conocer los recursos del medio físico de las Islas Canarias, la Sesión 11 se dedica al estudio de los suelos de las islas, consideradas como el soporte biofísico de todas las actividades que se realizan en ellas.

Se comenzará analizando el moderno concepto de suelo como una interfase entre varios subsistemas: biosférico, hidrosférico, geosférico, etc. y al mismo tiempo como un subsistema en sí mismo, abierto, estructural, multifásico y multifuncional y con numerosas e importantes funciones tanto productivas como ambientales.

Una vez conocido lo que significa el suelo en el contexto general del medio físico, se pasan a estudiar brevemente cuáles son los principales factores ambientales que intervienen en la formación del suelo y cómo la actuación diferencial de estos factores en el archipiélago da lugar a la extraordinaria variabilidad que se observa en los suelos de las islas.

El análisis de las características de los distintos suelos que aparecen en las islas es el objeto del siguiente apartado de la sesión. La distribución de los suelos sigue la misma pauta que los factores ambientales que le dan lugar, por lo que para una mejor comprensión de las interrelaciones suelos-otros factores ambientales, abordamos el estudio de sus características según las unidades biogeográficas, ecosistemas y agrosistemas normalmente citados para Canarias.

Al mismo tiempo que se discuten las características de los suelos, se harán una serie de consideraciones sobre las principales funciones productivas y ambientales que cada tipo de suelo ejerce en el contexto ambiental insular.

Finalmente se analizarán con cierto detalle los principales procesos de degradación que afectan a los suelos de Canarias, haciendo especial hincapié en aquellos que derivan de un mal uso de los suelos por el hombre y se señalarán las pautas a seguir para el establecimiento de medidas de conservación y regeneración, poniendo especial énfasis en cómo el conocimiento de las características del suelo y sus interrelaciones permite una mejor y más racional gestión de los recursos de tierras en las islas.

1. EL SUELO Y SUS FUNCIONES

A lo largo del Curso sobre los recursos naturales del medio físico de las Islas Canarias, se trataron suficientemente los recursos geológicos y geomorfológicos-paisajísticos. En la Sesión 11. se intentó dar a cono-

(*) Dr. en Ciencias Biológicas. Catedrático de Edafología y Química Agrícola del Departamento de Edafología y Geología de la Universidad de La Laguna.

cer otro recurso de considerable importancia como es el suelo, un factor ecológico de primera magnitud en todos los ecosistemas terrestres y como veremos con importantes funciones productivas y ambientales. Parece pues de interés, que cuando se habla de Gestión Ambiental, haya que tener muy presente la gestión y la valoración de los recursos en suelos de las islas.

Al suelo se le han dado numerosas acepciones a lo largo de la historia y la aproximación conceptual al mismo también ha sufrido numerosas variaciones.

Para los geólogos el suelo sólo ha sido el resultado final de la disgregación física de las rocas y con cierto sarcasmo, todo aquello que les impide observar los materiales geológicos.

Durante mucho tiempo, incluso para los agrónomos, el suelo no era mas que un soporte inerte de los cultivos y de las plantas en general.

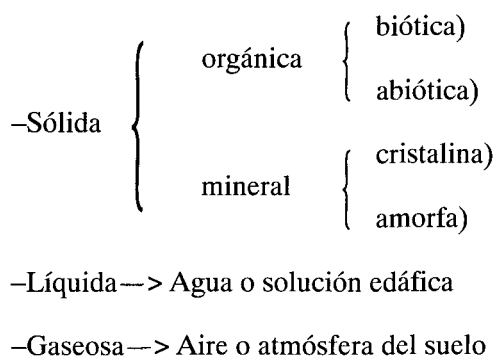
Cuando a finales del Siglo pasado se observó que los suelos y sus características seguían una distribución biogeográfica similar a la de los grandes ecosistemas bioclimáticos terrestres, ya se comenzó a considerar al suelo como «una formación viva en equilibrio con el resto de los factores ambientales», lo cual se ha dado en llamar «Ley de la zonalidad».

Actualmente puede considerarse al suelo como una formación biogeosférica viva que se manifiesta como el resultado de la acción combinada de cuatro factores ambientales a lo largo del tiempo: el clima, fundamentalmente temperatura y humedad, los organismos (plantas superiores, seres microscópicos y actividades humanas), la topografía y el relieve y la composición y edad de los materiales geológicos.

Estos son los principales condicionantes de la naturaleza del suelo, y de su particular incidencia derivan las diferencias cualitativas y cuantitativas de los suelos, no sólo en Canarias sino también en el resto de los ecosistemas terrestres del planeta.

Pero además el suelo es un recurso natural no renovable a corto y medio plazo y un importante componente biogeosférico como ya se ha dicho. En la siguiente figura (Fig. 1) podemos ver las interrelaciones entre la edafosfera y otros componentes biogeosféricos, incluyendo las actividades humanas que como veremos ejercen un importante papel condicionando las cualidades del suelo o edafosfera.

La cubierta edáfica de los ecosistemas terrestres o edafosfera (Fig. 2) constituye un sistema abierto y complejo y a su vez un sistema estructural, ésto es, jerarquizado y con una organización estructurada que va desde las partículas elementales a la edafosfera, pasando por los agregados, unidades estructurales, horizontes, perfiles y unidades cartográficas homogéneas. Además es también un sistema multifásico, donde se combinan tres fases fundamentales:



Y también como veremos más adelante constituye un sistema multifuncional.

El comportamiento ambiental del suelo es similar al de las biomembranas de los seres vivos, de modo que la edafosfera puede considerarse como una geomembrana epilitosférica que actúa como un filtro a través del que se producen los flujos de materia y energía y los intercambios entre diferentes subsistemas biogeosféricos, como ya hemos visto. Este papel de filtro está sujeto a contaminaciones y deterioros por las actividades humanas dejando así de cumplir algunas de sus funciones.

Entre las funciones que cumple el suelo o edafosfera, una de las principales es la función «productiva», la cual está en relación estrecha con una de las principales cualidades del suelo *la fertilidad*. En este aspecto se considera el suelo como productor de bienes de interés monetario y es ésta quizás una de las funciones del suelo más conocida y la que más se valora en el contexto económico imperante en la actualidad.

Sin embargo a la hora de gestionar el suelo como recurso ambiental, hay que tener en cuenta otras importantes funciones, denominadas «ambientales», que cumple el suelo, además de la meramente productiva.

«La función Biosférica». — El suelo soporta y regula la mayoría de los procesos bióticos que tienen lugar en los ecosistemas terrestres ya que la mayor parte de los elementos químicos biogénicos se acumulan en la

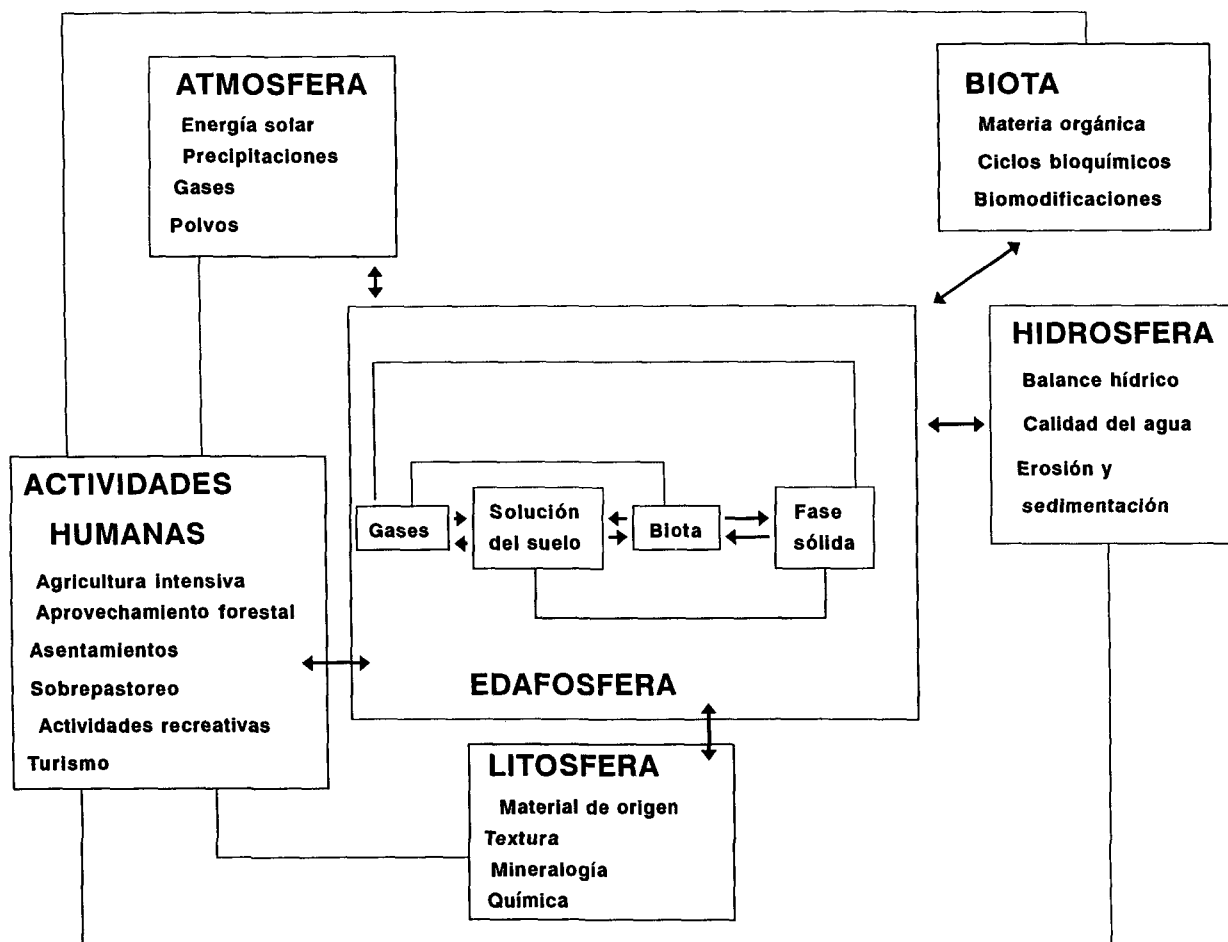


Figura 1

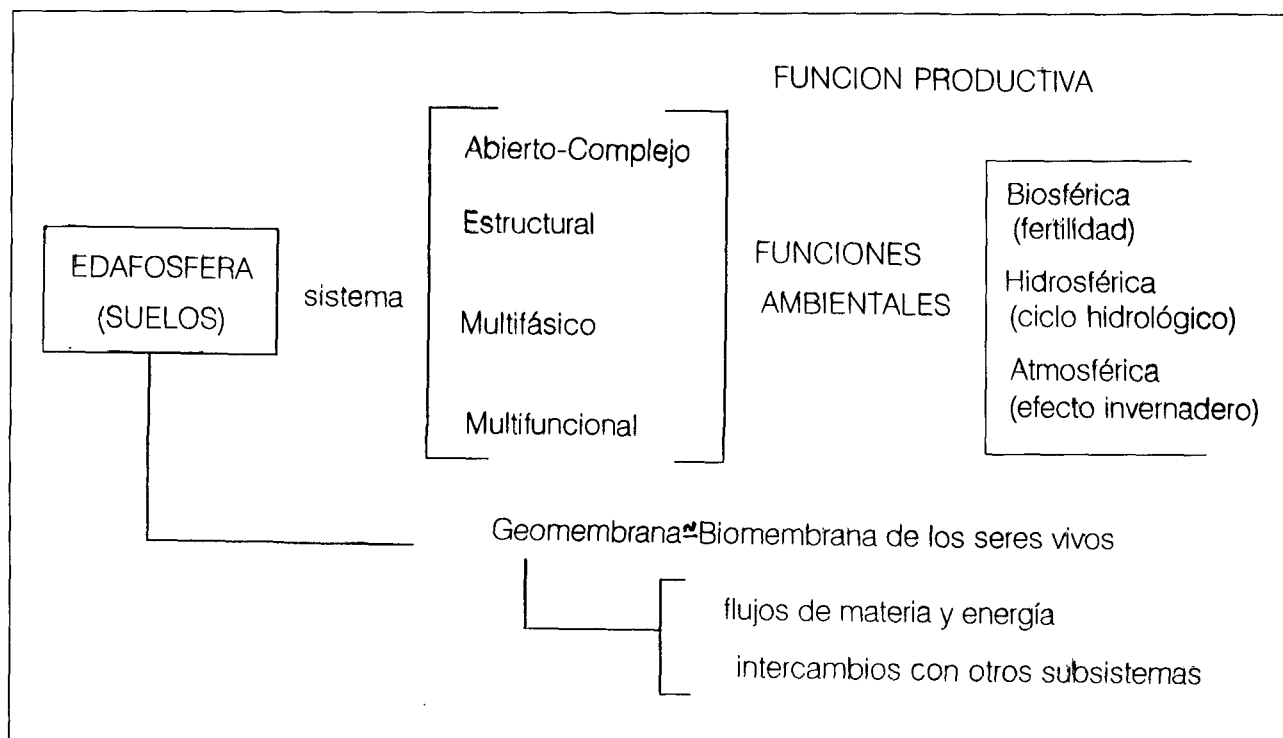


Figura 2

edafosfera y así las plantas para edificar su biomasa utilizan los nutrientes y el agua del suelo. Como veremos la distribución de las formaciones vegetales que caracterizan los ecosistemas terrestres canarios, está estrechamente relacionada con las características de los suelos, sin olvidar que es en la edafosfera donde se produce la acumulación de la materia orgánica activa y de toda la energía asociada a ella.

«La función Hidrosférica». — La edafosfera es la encargada en la mayoría de los casos de redistribuir el agua en los diferentes flujos hidrológicos. Dada la porosidad y permeabilidad de los suelos, éstos transforman las precipitaciones en agua de escorrentía superficial y en infiltración, lo que en definitiva supone regular la dinámica y funcionamiento de los acuíferos insulares.

Además la composición química del agua de lluvia, se ve alterada cuando entra en contacto con la superficie del suelo y percola a través de él.

La función hidrosférica de la edafosfera se debe pues, no sólo a la porosidad y permeabilidad de los suelos, sino también a su capacidad de adsorción y capacidad de cambio iónico, lo que hace que éstos filtren y adsorban muchas sustancias de las aguas que los atraviesan, contribuyendo así a establecer la composición de la hidrosfera en sí misma.

«La función Atmosférica». — En gran medida los suelos contribuyen a los balances químicos, de humedad y de calor de la atmósfera. Debido a la porosidad del suelo y a la intensa actividad biótica en él, la edafosfera intercambia varios gases con la atmósfera superficial.

De modo general se considera que el 30% del anhídrido carbónico, el 70% del metano y el 90% de los óxidos de nitrógeno que aparecen en la atmósfera superficial, tienen su origen en la actividad edáfica.

Estos son datos ciertos para los suelos de regiones húmedas con uso agropecuario intensivo. En Canarias, con muchas zonas áridas, suelos de baja actividad biológica y un elevado déficit de materia orgánica, la liberación de ciertos gases a la atmósfera es sin duda, mucho menor, pero del mismo orden de magnitud relativa.

2. FACTORES AMBIENTALES QUE CONDICIONAN LA FORMACIÓN DE SUELOS EN CANARIAS

En las Islas Canarias, por su origen volcánico, los materiales geológicos son relativamente uniformes en cuanto a su composición. Aunque estrictamente hablando existen diferencias importantes entre las diferentes rocas que conforman el esqueleto de las islas, desde el punto de vista de su influencia sobre las propiedades del suelo que sobre ellas se desarrolla, es más importante la edad de estos materiales.

En efecto, los materiales más antiguos (Miocénicos) (Teno-Anaga-Gomera) que han estado sometidos durante mucho tiempo a la acción de fenómenos climáticos y biológicos han originado suelos profundos, fértiles y ricos en condiciones naturales, mientras que las rocas emitidas por los fenómenos más recientes del volcanismo insular, se encuentran poco alteradas y los suelos son de poco espesor, pedregosos, pobres y de baja fertilidad (breñas, malpais, jables recientes, etc.).

Frente a la uniformidad relativa de los materiales geológicos, hay que destacar en Canarias, la extraordinaria variabilidad de mesoclimas. El relieve de las islas y la situación del archipiélago dentro de la zona de influencia de los vientos alisios originados por el anticiclón de las Azores, implica la existencia de pisos bioclimáticos altitudinales en las islas más altas, debido al efecto barrera de las zonas montañosas en la circulación de las masas de aire cargadas de la humedad oceánica, lo que origina asimismo considerables diferencias entre las vertientes a barlovento y a sotavento.

Los factores climáticos actúan sobre la formación y evolución del suelo, fundamentalmente a través de la temperatura y la humedad o agua de lluvia. La temperatura es bastante homogénea en todas las islas y en consecuencia su influencia en la diferenciación de los suelos es mínima. No ocurre así con la pluviometría, con importantes diferencias intra e interinsulares, que se constituye de ese modo y junto con la edad de los materiales geológicos, en los factores que más importancia revisten en la diferenciación cualitativa de los suelos y el medio natural.

La topografía y el relieve es otro factor con una considerable importancia en la génesis de los suelos de las islas. Dada la situación de las erupciones volcánicas que han originado las islas, la mayor parte de éstas se caracterizan por un relieve abrupto y joven sobre el cual el trabajo de las fuerzas naturales erosivas es muy enérgico. Esto ha dado lugar, como ya hemos visto, a un intenso proceso de abarrancamiento que frena y ralentiza los fenómenos naturales de formación de suelos.

De la combinación y actuación conjunta de todos estos factores, surge la riqueza cualitativa y la extraordinaria variabilidad de los suelos de Canarias cuyas características, veremos a continuación.

En zonas bajas costeras (por debajo de 300m. sobre el nivel del mar) y en las vertientes a sotavento de las islas centrales y occidentales, el régimen hídrico del suelo es árido, no superando la pluviometría media los

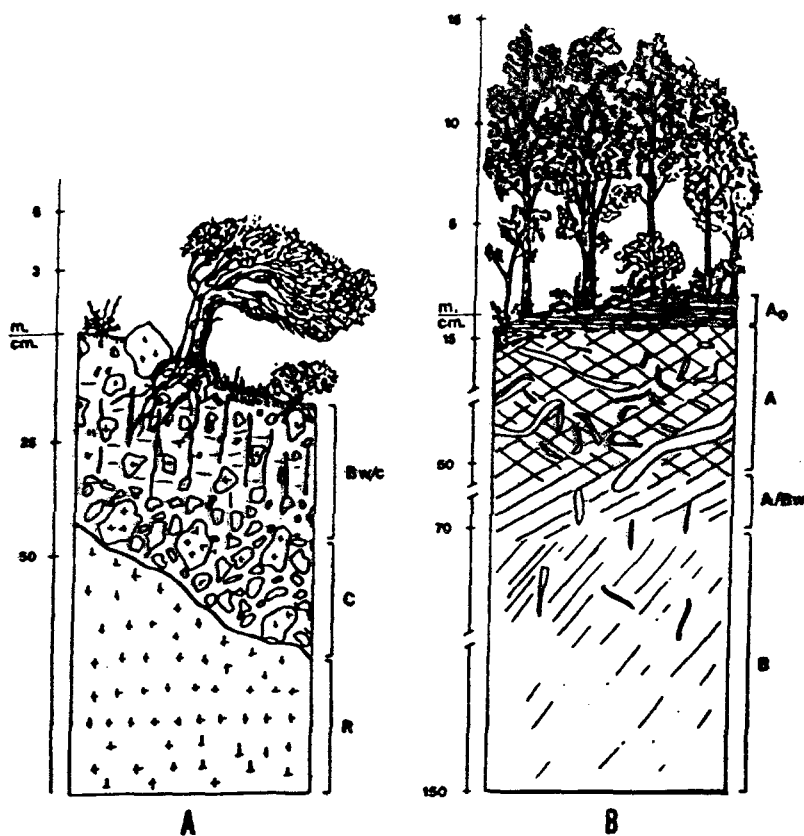
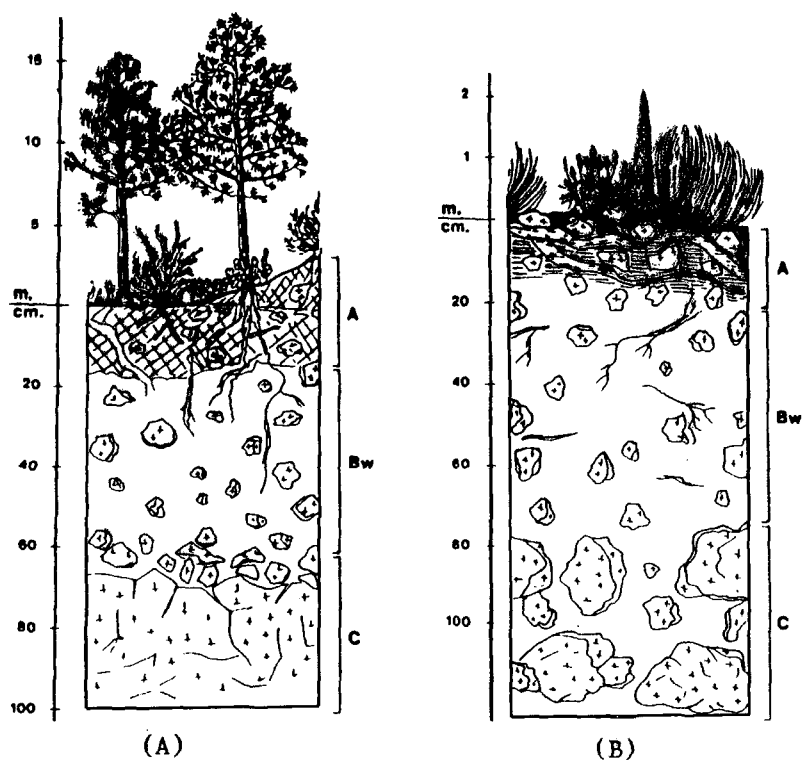


Figura 3

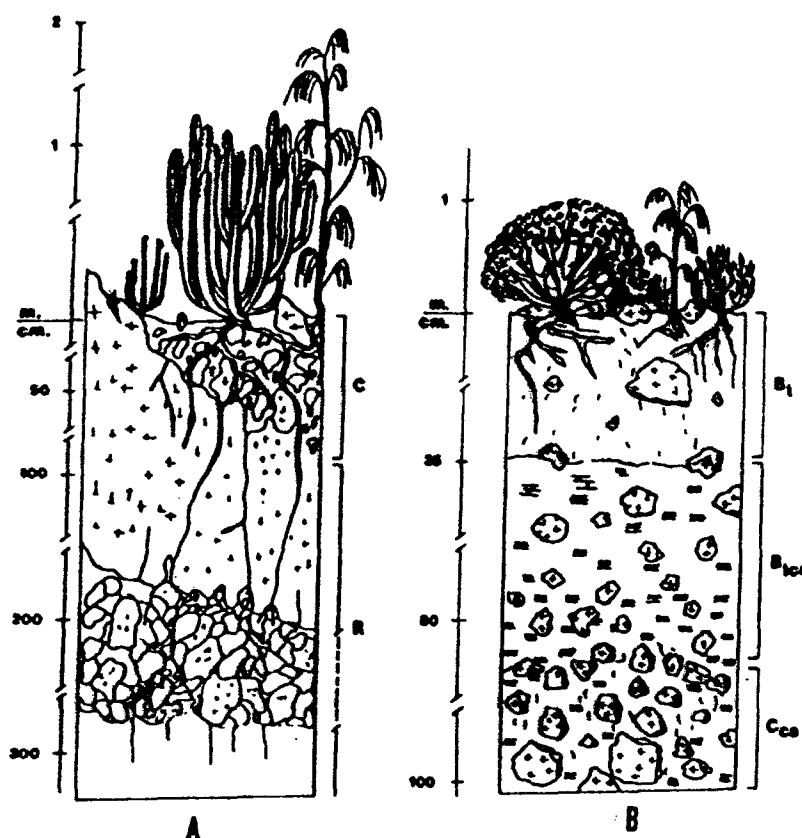


Figura 3 (cont.)

(A) entisoles.
(B) aridisoles calizos.

200mm. La vegetación la conforma un matorral xerofítico craso y espinoso, con una elevada biodiversidad, alto número de endemismos y un importante valor ecológico y paisajístico. Son los tabaibales y cardonales que crecen sobre aridisoles y vertisoles (Fig. 3).

Aridisoles: Se caracterizan por presentar un déficit hídrico durante todo el año. Se conocen también como suelos marrones, suelos sódicos, suelos salinos, calcisoles, gipsisoles, etc. Sus principales características son las siguientes:

- Bajo contenido en materia orgánica
- Alcalinos, salinos y a veces sódicos
- Acumulaciones de caliche o yeso
- Textura arcillosa y estructura dispersa
- Baja capacidad de infiltración de agua
- Color de tendencia rojiza

Vertisoles: Se conocen vulgarmente como «mazapé» y están muy extendidos en las zonas costeras de las islas. Son:

- Alcalinos y frecuentemente salinos ó sódicos y con presencia de caliche y yeso
- Muy arcillosos. Predominio de arcillas hinchables. Pesados y difíciles de trabajar
- Elevada densidad y baja permeabilidad en estado húmedo, lo que implica encharcamiento y asfixia radicular de la vegetación
- Colores gris oscuro

Sobre estos suelos se han construido la mayor parte de las sorribas de las islas, por lo que su extensión ha disminuido considerablemente.

En las zonas de medianías de las islas más altas (entre 300 y 700m.), el clima es más húmedo, la alteración de los materiales geológicos mucho mayor y los suelos más profundos, equilibrados y fértiles. Se trata de los alfisoles y ultisoles, sin limitaciones importantes para su uso intensivo y en consecuencia han sido los más utilizados para el aprovechamiento humano.

Alfisoles: Se conocen también como suelos fersialíticos o luvisoles y vulgarmente como suelos «de salón».

- Textura arcillosa y estructura prismática
- Alto contenido en nutrientes
- Color rojo intenso debido a la liberación de óxidos de hierro
- Son los suelos típicos de las medianías a barlovento de las islas. Profundos, fértiles e intensamente cultivados.

Ultisoles: Son suelos similares a los alfisoles y ocupan su mismo espacio geográfico. Sólo se diferencian de ellos químicamente ya que tienen un menor contenido en cationes básicos, por lo que son más ácidos y de menor fertilidad natural.

En estos suelos se desarrolla toda la actividad agrícola tradicional de las medianías insulares lo que ha llevado a la práctica desaparición de la vegetación natural de estas áreas, siendo sustituida por un paisaje agrario de terrazas y bancales en un terrazgo tremendamente humanizado. Las intervenciones humanas en este medio no siempre se han realizado teniendo en cuenta las aptitudes y vocaciones intrínsecas de los suelos y su medio, por lo que los fenómenos de degradación inducida son frecuentes, como veremos luego, llevando a un paulatino empobrecimiento de unos suelos con una elevada riqueza natural.

Los andisoles son los suelos más fértiles de las islas. Son los suelos clímax en las zonas permanentemente húmedas, donde se produce la condensación de los vientos alisios y se caracterizan por sustentar una vegetación exuberante, boscosa, de gran riqueza florística, como pinares, laurisilva, fayal-brezal y monte verde en general.

Andisoles: Son suelos conocidos vulgarmente como «tierra de monte» o «polvillo». Se caracterizan por:

- Elevado contenido en materia orgánica y nutrientes
- Alta capacidad de fijación de fósforo
- Elevada retención de humedad
- Baja densidad
- Textura equilibrada y estructura grumosa muy fina
- Color negro o pardo muy oscuro

Son suelos extremadamente frágiles y en equilibrio tremendamente inestable con la vegetación natural, de modo que cualquier acción antrópica sobre ellos, les somete a procesos degradativos que empobrecen su riqueza natural.

En zonas de altitud superior a los 1700-1800m., el clima es más seco y frío y la vegetación está constituida por el típico matorral de cumbres, codesares y retamares de alta montaña sobre suelos recientes y poco alterados. Son los entisoles y las coladas y piroclastos de las cumbres de las islas, de baja potencialidad para el uso agrícola, pero de una elevada riqueza ecológica.

Entisoles: Son conocidos también como leptosoles, litosoles y suelos minerales brutos. Son suelos de poco espesor, generalmente arenosos y pedregosos, poco estructurados, pobres en nutrientes y de baja fertilidad. Son los suelos típicos de las áreas de volcanismo reciente, con baja alteración o de zonas de pendientes elevadas, donde la formación de suelos está limitada por los fenómenos erosivos.

Las especiales condiciones orográficas, climáticas y de vegetación de las islas de Lanzarote y Fuerteventura, hacen que los suelos representativos de estas islas sean los aridisoles salinizados y con acumulaciones de yeso y caliche. La presencia en muchos de estos suelos de potentes horizontes argílicos, indica que se trata

de suelos antiguos, formaciones paleoedáficas, originados bajo unas condiciones diferentes de las que existen en la actualidad.

Son suelos que aunque en principio presentan algunas limitaciones importantes para su uso intensivo, éstas se han agravado debido a las duras condiciones ambientales que existen en estas islas y en la intensa presión humana que sobre ellos se ha realizado. De tal modo que actualmente son suelos tremendamente empobrecidos, casi estériles y donde los procesos de erosión acelerada y salinización-sodificación adquieren su máxima expresión.

Sin embargo y aunque el medio geográfico condiciona severamente, el uso de los suelos es sustancialmente distinto en ambas islas. En Fuerteventura la actividad humana es esencialmente ganadera con un elevado número de cabezas de ganado cabrío en régimen extensivo, sin ningún tipo de control en cuanto a sus actuaciones sobre el suelo.

En Lanzarote por el contrario, se desarrolla una importante actividad agrícola de secano, con técnicas de cultivo tradicionales: arenados, jables, gerías, gavias, nateros, etc. adaptados a las condiciones del medio y conservacionistas en cuanto al suelo y al agua, como ya veremos posteriormente.

Además de los suelos característicos de los principales ecosistemas de Canarias, existen otros suelos claramente azonales y de un elevado valor para la conservación por su singularidad o rareza o porque constituyen ecosistemas particulares:

- Suelos ferralíticos con corazas ferruginosas
- Entisoles arenosos de jables y sistemas dunares
- Aridisoles halomorfos de saladares costeros
- Entisoles aluviales de fondos de barranco
- Etc.

Podemos pues concluir este breve repaso sobre las características de los suelos canarios, con tres asertos fundamentales:

- a) En sus condiciones naturales los suelos de Canarias son cuantitativamente diversos y cualitativamente ricos.
- b) Al tratarse de un territorio con un espacio geográfico reducido y fragmentado, la superficie de suelos útiles para un adecuado aprovechamiento es escaso.
- c) Como consecuencia de lo anterior, el aprovechamiento de nuestros suelos ha requerido un enorme esfuerzo de numerosas generaciones de campesinos. Este esfuerzo tendente a lograr una mayor productividad, no siempre se ha realizado, consciente o inconscientemente en la misma dirección y las consecuencias han sido nefastas en todo lo que significa la riqueza ambiental de las isla, como trataremos de poner de manifiesto a continuación.

3. FACTORES Y PROCESOS DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS DE CANARIAS

En este contexto de los suelos de Canarias, creemos necesario repasar siquiera someramente, cuales son los principales procesos y factores de degradación que afectan a los suelos y que es necesario tener en cuenta e incorporarlos en la gestión y toma de decisiones sobre el medio natural.

Como ya se ha dicho, el esfuerzo realizado para lograr una mayor productividad de nuestros suelos no siempre se ha realizado en las condiciones adecuadas lo que hace que el archipiélago se encuentre inmerso en un proceso creciente de desertificación, originado en gran medida por la degradación de las cualidades agrícolas del suelo y por la pérdida de sus potencialidades como recurso natural. (Fig. 4).

- Pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica, la cual está ligada en muchos casos a las actividades humanas y al abandono de las tierras agrícolas.
- Asfaltización-Urbanización, generalmente ligada al fenómeno turístico, la autoconstrucción y a las grandes obras de infraestructura.
- Degradación de la calidad de los suelos por salinización-sodificación, acidificación, contaminación y otros (Fig. 5).

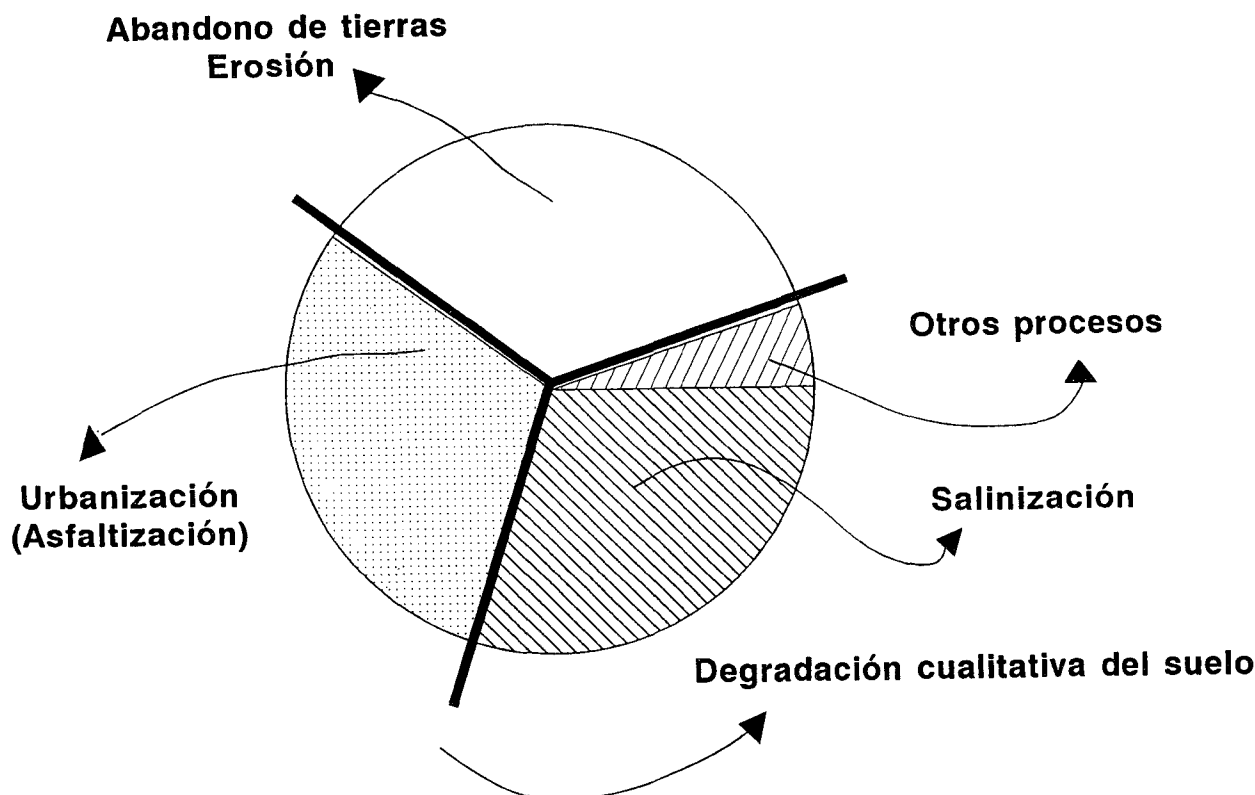


Figura 4. Desertificación agrícola en los suelos de Canarias.

Aunque existen determinados factores naturales que favorecen el proceso de degradación de suelos, son las presiones humanas sobre el territorio, las que han agravado el proceso.

Estos procesos y factores que acabamos de ver, tienen un grado de incidencia diverso en diferentes zonas del archipiélago, pero es su actuación conjunta y a veces sinérgica la que acentúa su gravedad.

La *erosión acelerada* (no geológica) implica la destrucción de la estructura u organización natural del suelo, la dispersión de las partículas y el arrastre de las mismas por agentes tales como el agua, el viento o la gravedad.

Estos procesos significan daños graves en los suelos al perderse las fracciones más fértiles, dinámicas y reactivas, a la vez que se provocan perjuicios «fuera de sitio», como la colmatación de presas y embalses y el deterioro de las vías de comunicación.

La *salinización-sodificación* se debe a la acumulación de sales en la solución del suelo y a un exceso de sodio en el complejo de cambio.

En los suelos no sometidos a cultivo, la salinidad tiene su origen en causas naturales tales como, la aridez climática, la baja infiltrabilidad de los suelos y la elevada evapotranspiración, lo que hace que las sales aportadas por la maresía no se laven del suelo y permanezcan en la zona de desarrollo de las raíces.

En los suelos agrícolas se produce un fenómeno diferente denominado salinización secundaria o salinización inducida debido a la intensificación de la agricultura que conlleva un notable incremento en el uso de agroquímicos y aguas de baja calidad agrícola, así como la generalización del monocultivo.

Esto hace que aumente la productividad y el rendimiento de los cultivos, pero también significa una «utilización de riesgo» de los suelos sin que se tenga un conocimiento claro de cual va a ser el futuro de los mismos.

La agricultura intensiva de exportación y alta rentabilidad, origina en todos los casos una degradación acusada del suelo por salinización-sodificación. Sin embargo la agricultura de secano, con sistemas de cultivo tradicionales, de bajos insumos y con una gestión del suelo de acuerdo con su vocación natural y sus características intrínsecas, aunque de menos rentabilidad monetaria, debe considerarse como conservacionista respecto a los recursos del suelo y el agua.

Evidentemente, existen soluciones técnicas para todos estos problemas, por lo que realmente obstaculiza, en la mayoría de los casos, la realización de programas de conservación de la calidad y cantidad de nuestros suelos, son las instituciones humanas: los hábitos y costumbres, la situación social y la economía, y una cierta actitud sesgada de entender nuestras relaciones con la naturaleza y sus recursos.

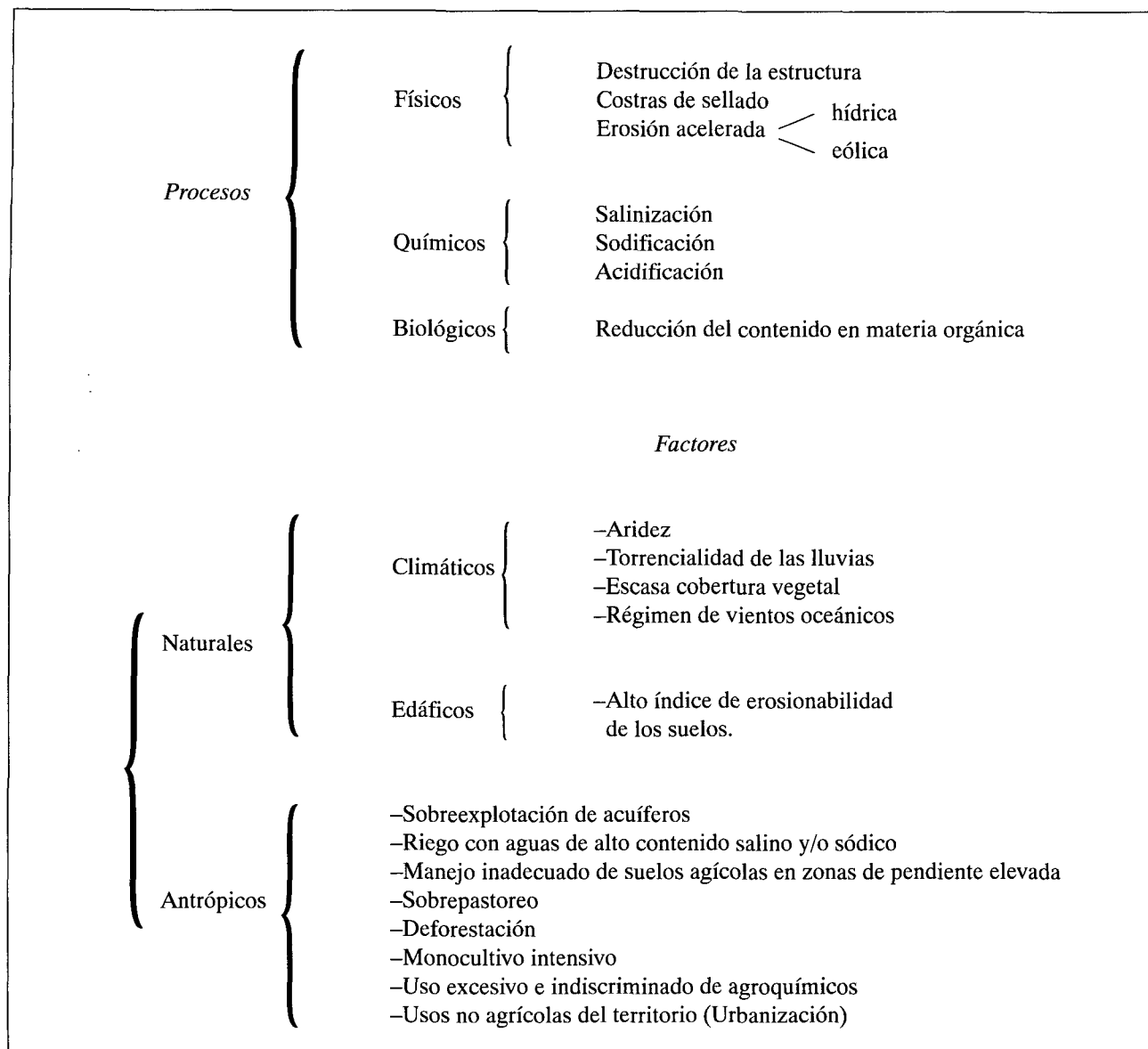


Figura 5

BIBLIOGRAFÍA

- DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA (1981). *Estudio de la fertilidad de los suelos de la isla de Tenerife*. Universidad de La Laguna. 2 Tomos. IRYDA.
- DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA (1983). *Capacidad de uso de los suelos de las Islas Canarias*. Universidad de La Laguna. 12 tomos+36 hojas 1:50.000. Dirección General de la Producción Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- DÍAZ RÍOS, R.E. (1986). *Suelos de la isla de La Palma. Tipología y Capacidad de Utilización Agronómica*. Tesis Doctoral. Departamento de Edafología. Universidad de La Laguna. 430p.
- FERNÁNDEZ CALDAS, E. & TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1975). *Andosoles de las Islas Canarias*. Serv. de Publ. de la Caja General de Ahorros de Santa Cruz de Tenerife. 207p.
- FERNÁNDEZ CALDAS, E.; TEJEDOR SALGUERO, M.L. & QUANTIN, P. (1982). *Suelos de regiones volcánicas*. Tenerife. Islas Canarias. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna. C.S.I.C. Colección Viera y Clavijo IV. 250p.
- JIMÉNEZ MENDOZA, C.C. (1986). *Suelos de la isla de La Gomera. Tipología y Capacidad de Utilización Agronómica*. Tesis Doctoral. Departamento de Edafología. Universidad de La Laguna. 358p.

- MARCOS DIEGO, C. (1982). *Capacidad de uso de los suelos de la isla de Lanzarote*. Memoria de Licenciatura. Departamento de Edafología. Universidad de La Laguna. 120p.+ Anexos.
- PADRÓN PADRÓN, P.A. (1993). *Estudio edafoambiental de la isla de El Hierro*. Tesis Doctoral. Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. 284p.+ Anexos y mapas.
- RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, C.M. (1976). *Vertisoles y suelos con carácter vértico de las Islas Canarias Occidentales*. Tesis Doctoral. Departamento de Edafología. Universidad de La Laguna.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, A. (1977). *Contribución al estudio de los suelos fersialíticos de las Islas Canarias Occidentales (Tenerife y La Palma)*. Tesis Doctoral. Departamento de Edafología. Universidad de La Laguna.
- RODRÍGUEZ, A.; JIMÉNEZ, C.C.; GONZÁLEZ, M.C.; HERNÁNDEZ, L.A.; ORTEGA, M.J.; PADRÓN, P.A.; TORRES, J.M. & VARGAS, G.E. (1991). *Agricultura de conservación en zonas áridas. Erosión-salinización de los suelos de Lanzarote. Guía memoria Sesión de Campo*. Curso: Erosión de suelos y procesos de desertización. Cursos Internacionales de Verano de la Universidad de La Laguna. Yaiza-Lanzarote. Julio 1991, 46p.
- RODRÍGUEZ, A.; GONZÁLEZ, M.C.; HERNÁNDEZ, L.A.; JIMÉNEZ, C.C.; ORTEGA, M.J.; PADRÓN, P.A.; TORRES, J.M. & VARGAS, G.E. (1992). *Degradación de suelos y desertificación en las Islas Canarias*. I Congreso Nacional del Medio Ambiente. Comunicaciones Técnicas. 21p. Madrid, 1992.
- SÁNCHEZ DÍAZ, J. (1975). *Características y distribución de los suelos en la isla de Gran Canaria*. Tesis Doctoral. Departamento de Edafología. Universidad de La Laguna. 396p.
- TORRES CABRERA, J.M. (1995). *El suelo como recurso natural: procesos de degradación y su incidencia en la desertificación de la isla de Fuerteventura*. Tesis Doctoral. Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna.

TEMA 17

El entorno marino en el área de Canarias

Por José Luis Pelegrí Llopart (*)

INTRODUCCIÓN

En esta sesión discutiremos el entorno marino en la Cuenca de Canarias partiendo de una visión global de la importancia de los océanos en el ecosistema terrestre, pasando por la dinámica a gran escala en el Océano Atlántico Norte y terminando con los fenómenos particulares característicos del entorno marino en el Archipiélago Canario. El conocimiento del comportamiento físico de los océanos nos permite optimizar las actividades de navegación (transporte y pesca), el diseño de estructuras costeras y marinas, y la eficacia de vertidos costeros, así como la predicción de derrames de petróleo y transporte de sedimentos. A mediano y largo plazo este conocimiento es fundamental para aprovechar el potencial energético de sus aguas y subsuelo, así como para utilizarlo adecuadamente como sumidero de los desechos xenobióticos.

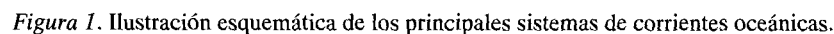
CONDICIONES GENERALES

Los océanos ocupan las dos terceras partes de la superficie terrestre, siendo su profundidad media de unos 3500 m y su masa 270 veces la de la atmósfera. La capacidad calorífica del agua es cuatro veces mayor que la del aire, de tal manera que una capa de apenas 3 m de agua es capaz de contener la misma cantidad de calor que toda la atmósfera. Estos valores ponen de manifiesto que los océanos son los grandes reservorios del exceso o defecto de calor en nuestro planeta. Las corrientes oceánicas superficiales son típicamente de 0,1 a 1 m/s, uno o dos órdenes de magnitud menores que los vientos en la atmósfera. Sin embargo, el transporte de calor en los océanos es comparable o mayor que el transporte de calor en la atmósfera. En particular, las corrientes oceánicas son responsables del clima moderado de algunas zonas a altas latitudes (GILL, 1981; PEIXOTO & OORT, 1992).

El tiempo de residencia (o renovación) del agua en zonas costeras es altamente variable. En algunas zonas costeras, donde las aguas se encuentran abiertas a un libre intercambio con las aguas oceánicas, el tiempo de residencia puede ser muy pequeño, del orden de horas o días.

Sin embargo, en otros cuerpos semicerrados de agua el tiempo de residencia puede aumentar considerablemente. El conocimiento del tiempo de residencia en una zona del océano costero es fundamental para predecir los niveles de contaminación que se pueden alcanzar, así como para anticipar el destino final de los residuos ahí lanzados. Para aguas oceánicas es más apropiado considerar su tiempo de respuesta, que puede definirse como aquel tiempo necesario para que se produzcan cambios significativos en sus características hi-

(*) Dr. en Oceanografía Física. Profesor Titular del Dpto. de Física de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



Las corrientes oceánicas son responsables del transporte y distribución no solo del calor sino también de los nutrientes, pudiendo así controlar los niveles de productividad primaria. La existencia de zonas, de mayor o menor extensión, que poseen un alto nivel de productividad es fruto de la interacción entre la hidrodinámica y la vida existente en sus aguas. Un claro ejemplo de ello son los altísimos niveles de productividad que se alcanzan en el Atlántico Norte durante la primavera, asociados al intenso transporte de nutrientes por la Corriente del Golfo (PELEGRÍ & CSANADY, 1991). Desde un punto de vista filosófico, en apoyo de la teoría Gaia de LOVELOCK (1978), se podría destacar el papel fundamental de este transporte localizado de nutrientes dentro del ecosistema terrestre, similar al de las arterias en un ser vivo. A menor escala, la importancia de la hidrodinámica sobre la productividad primaria es evidente en los procesos de afloramiento costero y en el ecuador. Los niveles existentes de productividad son responsables no solo de la liberación de grandes cantidades de oxígeno a la atmósfera, sino también, a través de la cadena alimenticia, del desarrollo de importantes pesquerías en zonas determinadas.

Uno de los aspectos mas resaltantes de la circulación oceánica superficial es la existencia de grandes giros en el Atlántico Norte, Atlántico Sur, Pacífico Norte, Pacífico Sur e Indico (Figura 1). Todos estos giros están caracterizados por flujos dominantes en la dirección zonal cerca del Ecuador (hacia el Oeste) y a latitudes templadas (hacia el Este), y recirculación en la dirección meridional, hacia los Polos en su margen occidental y hacia el Ecuador en su margen oriental. Una de las características de estos giros es su notoria asimetría zonal, pues las corrientes que se dirigen hacia los polos (corrientes de frontera Oeste) son muy localizadas e intensas, mientras que las corrientes que se dirigen hacia el ecuador (corrientes de frontera Este) son generalmente mucho mas difusas y débiles. La existencia y sentido de circulación de estos giros viene determinado por el sistema de vientos sobre el océano, provenientes del Oeste a altas latitudes y del Noreste (alisios) a bajas latitudes. La asimetría entre las corrientes de ambos márgenes se debe al sentido de rotación de la tierra, del Oeste hacia el Este. La circulación en la termoclina permanente también muestra una estructura similar, aún cuando la intensidad de las corrientes es normalmente un orden de magnitud menor. En las

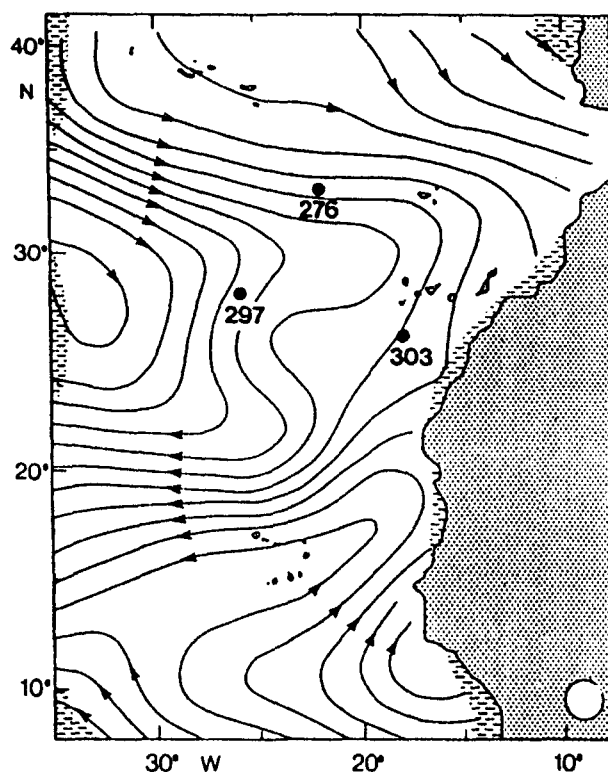


Figura 2. Líneas de flujo de la Corriente de Canarias (STRAMMA y SIEDLER, 1988).

capas de la termoclina superior (cuya profundidad es inferior a unos 1000 m) la circulación está controlada por el régimen de vientos a altas latitudes, donde estas capas alcanzan la superficie del océano. En la termoclina inferior (que llega hasta unos 2000 m de profundidad), la circulación se produce por transferencia de momento desde las capas superiores, a través de fricción interna.

Uno de los giros mas estudiados es el giro subtropical del Atlántico Norte (Figura 1). El sistema de corrientes que compone este giro está formado por las Corriente Norecuatorial, Corriente del Caribe (o de las Antillas), Corriente de Florida, Corriente del Golfo, Corriente del Atlántico Norte, Corriente de Las Azores y Corriente de Canarias. La Corriente del Golfo está ubicada en el margen occidental del océano, su dirección es hacia el Noreste y su ancho es de unos 100 km; su celeridad superficial típica es de 1 m/s, pero puede alcanzar mas de 2 m/s, llegando a transportar más de 150 Sv (1 Sverdrup equivale a un millón de metros cúbicos de agua por segundo). En el límite oriental de este giro se encuentra la Corriente de Canarias, la cual usualmente se ubica entre los 15 y 30 grados de latitud Norte, con una extensión de unos 1500 km (Figura 2). Hasta la década de los setenta, la Corriente de Canarias se suponía era muy débil y difusa, del orden de 0,01 m/s. Sin embargo, los programas realizados en la zona, principalmente durante la última década, han mostrado que el núcleo de la corriente tiene velocidades de 0,1 - 0,2 m/s, aunque su localización muestra gran variabilidad estacional (STRAMMA & SIEDLER, 1988).

LA CORRIENTE DE CANARIAS Y EL AFLORAMIENTO EN EL NOROESTE AFRICANO

Los afloramientos (o surgencias) y hundimientos costeros se producen en zonas costeras cuando existen vientos paralelos a la costa, su intensidad dependiendo en gran medida de la intensidad y/o persistencia de los vientos. Para que existan surgencias la costa debe encontrarse a la izquierda de la dirección del viento (en el hemisferio Norte, al revés en el hemisferio Sur), pues en caso contrario se produciría un hundimiento. En el caso de afloramientos las capas de agua más superficiales se desplazan hacia afuera de la costa, siendo reemplazadas por aguas más profundas (Figura 3). Estas aguas de origen mas profundo (y de menor temperatura) son ricas en nutrientes, y una vez expuestas a la zona fótica ocasionan un considerable aumento en la producción de fitoplancton.

La existencia de afloramientos puede apreciarse mediante mediciones hidrográficas y químicas durante campañas oceanográficas, así como con el auxilio de imágenes de satélite de temperatura (espectro infrarojo) y reflectividad (en la banda visible, que mide la concentración de los pigmentos, proporcionales a la abun-

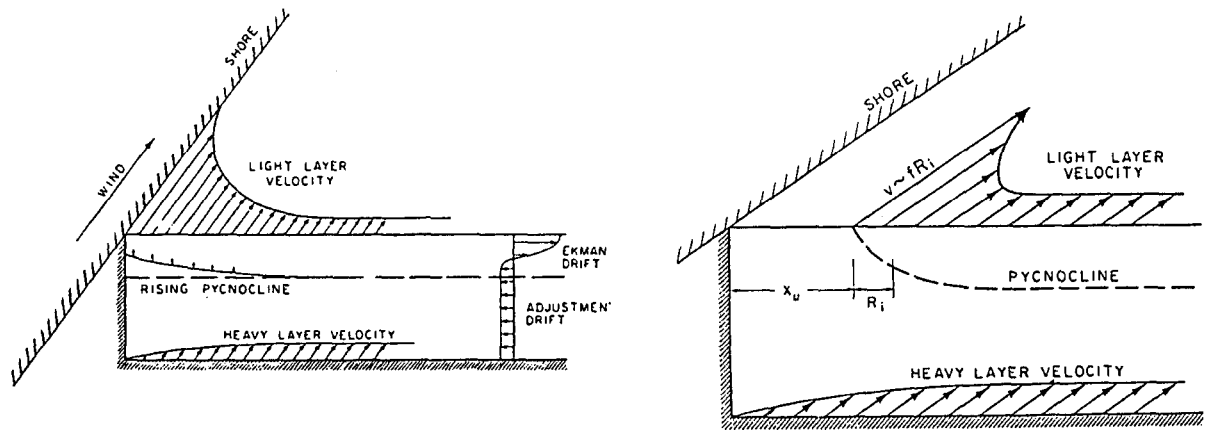


Figura 3. Ilustración esquemática del proceso de afloramiento costero (CSANADY, 1981).

dancia de fitoplancton). Un caso notable de afloramientos es el que ocurre en el Africa Noroccidental, el cual ha sido objeto de numerosos estudios durante las pasadas décadas. Durante los años setenta, diversos investigadores extranjeros y españoles intentaron caracterizar las condiciones hidrográficas medias de la zona (HEMPEL, 1982). En la década de los ochenta, se dedicó un gran esfuerzo a la recopilación y análisis de datos, con el fin de caracterizar la intensidad y variabilidad del afloramiento (ZENK et al., 1991; HERNÁNDEZ et al., 1993). En estos estudios, sin embargo, la Corriente de Canarias ha sido considerada solo marginalmente, como el límite oceánico del sistema de afloramiento.

Por otro lado, se han llevado a cabo numerosos estudios de las corrientes de frontera Este utilizando enfoques analíticos y de análisis de datos. El trabajo de (LUYTEN et al. 1983), sobre la ventilación de la termoclina, ha sido continuado por diversos autores, poniendo de manifiesto la importancia de utilizar apropiadas condiciones de borde en el límite oriental del giro (HUANG, 1990). En el ultimo decenio, diversos investigadores, principalmente alemanes, han realizado un notable esfuerzo en la recopilación de información para el margen oriental del giro subtropical del Atlántico Norte, lo cual ha proporcionado una imagen más clara del sistema de corrientes superficiales y termoclinas (STRAMMA & SIEDLER, 1988; FIEKAS et al., 1992). En la actualidad grupos norteamericanos, franceses, alemanes, ingleses, portugueses y españoles, están realizando programas de mediciones en el margen oriental del giro Noratlántico subtropical. Sin embargo, para todos estos estudios la dinámica de afloramientos en la costa africana ha permanecido de interés marginal, viéndose reducida a un proceso de circulación costera. Diversos aspectos, relacionados con la dirección y variabilidad del sistema de corrientes, apuntan a la importancia de un enfoque global del problema. Las características de la Corriente de Canarias deben estar moduladas por el afloramiento en la zona. El afloramiento sirve como mecanismo de transporte de flujo paralelo a la costa (a través del flujo costero asociado), y puede actuar como sumidero para la circulación de las capas termoclinas y fuente para las capas superficiales.

DINÁMICA DEL FLUJO ENTRE ISLAS

La Corriente de Canarias a su paso por el Archipiélago de Canarias es modificada por la presencia de las islas. Estas islas actúan como obstáculos al flujo medio en la zona, produciendo diversos fenómenos dignos de mención (SANGRÁ, 1995). El primero, y más obvio, de ellos es una aceleración del flujo en aquellas zonas donde las islas ocasionan una constricción del mismo. El segundo de ellos es la producción de una zona de alta turbulencia en la zona adyacente al Sur de las islas, asociada al fenómeno de separación de la capa límite. Otro proceso es la alteración a ambos lados de las islas, y de forma asimétrica, de las capas termoclinas. El mas llamativo de estos procesos es, sin embargo, la generación de una calle de remolinos ciclónicos (movimiento contrario a las agujas del reloj) y anticiclónicos (movimiento en la dirección de las agujas del reloj) a sotavento de las islas. La generación de estos remolinos está asociada a la creación de momento angular en los bordes sólidos del flujo, de tal manera que el momento angular de todo el flujo se mantiene constante. Esta calle de remolinos, o calle de Von Karman, ha sido ampliamente documentada para el caso de remolinos atmosféricos formados a sotavento de una montaña, gracias a observaciones de la estructura de las nubes localizadas en la capa de inversión atmosférica. En el caso de los vórtices oceánicos, el fenómeno ha sido observado a través de la distribución superficial de temperaturas, por medio de imágenes de satélite (HERNÁNDEZ et al., 1993) y de mediciones in situ desde buques y con sondas lanzadas desde aviones (ARÍSTEGUI et al., 1993). Estos últimos autores sugieren que el acercamiento de las capas termoclinas (ri-

cas en nutrientes) hacia la superficie es la causa de alta productividad asociada a los remolinos ciclónicos, lo cual resulta en un alto nivel de pescas al Sur de las islas.

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS NORMALES Y EXTREMAS

Las condiciones oceanográficas físicas de una zona usualmente se especifican por medio de los regímenes de corrientes, mareas y oleaje, y a través de la distribución horizontal y vertical de los campos de temperatura y salinidad. Los regímenes de corrientes, mareas y oleaje son los que determinan el transporte y difusión de contaminantes vertidos en la costa. Asimismo, las condiciones oceanográficas y meteorológicas son las que determinan el diseño de plataformas marinas y estructuras costeras. A continuación discutiremos brevemente las características generales de las mareas, corrientes y oleaje dentro de la plataforma continental de las islas del Archipiélago Canario. Las mareas más importantes son normalmente aquellas de tipo astronómico, las cuales tienen su origen en las componentes horizontales de la fuerza resultante de combinar la fuerza de atracción de la luna (sol) y la centrífuga de rotación alrededor del sistema tierra-luna (tierra-sol). Las componentes más importantes de la marea tienen periodicidad diurna y semidiurna. En algunas zonas las mareas meteorológicas, causadas por oscilaciones diurnas en la presión y los vientos, también pueden ser importantes. Las mareas se miden por medio de mareógrafos, que registran la variación en la elevación del nivel del mar (usualmente a partir de cambios en la presión). En las Islas Canarias la marea es predominantemente semidiurna, siendo su rango medio de alrededor de 1 m y su rango máximo algo superior a los 2 m (BRUNO, 1993).

Desde un punto de vista práctico es conveniente representar las corrientes como el resultado de la suma lineal de corrientes geostroficas, eólicas y de marea. Esta idealización puede proporcionar estimados adecuados para las corrientes medias y extremas. Las corrientes geostroficas cerca de la costa son usualmente extrapoladas a partir de aquellas calculadas fuera de la plataforma continental. De esta manera, de acuerdo a la discusión de los apartados anteriores, podemos estimar una contribución geostrofica media de 0,1 m/s, pudiendo alcanzarse valores varias veces mayores debido al aceleramiento del flujo a su paso entre las islas y a la generación de remolinos a sotavento de las islas. Por su parte, las corrientes eólicas (o generadas por el viento) pueden ser calculadas a partir de una relación empírica que sugiere que su magnitud es aproximadamente el 4% de la magnitud del viento, dirigidas 10 grados hacia la derecha de la dirección del viento. Así

CORRENTIMETRO (PUERTO_15M)
8- 4-79 al 21- 5-79 (1033 datos, 60 minutos)
Serie vectorial de corrientes

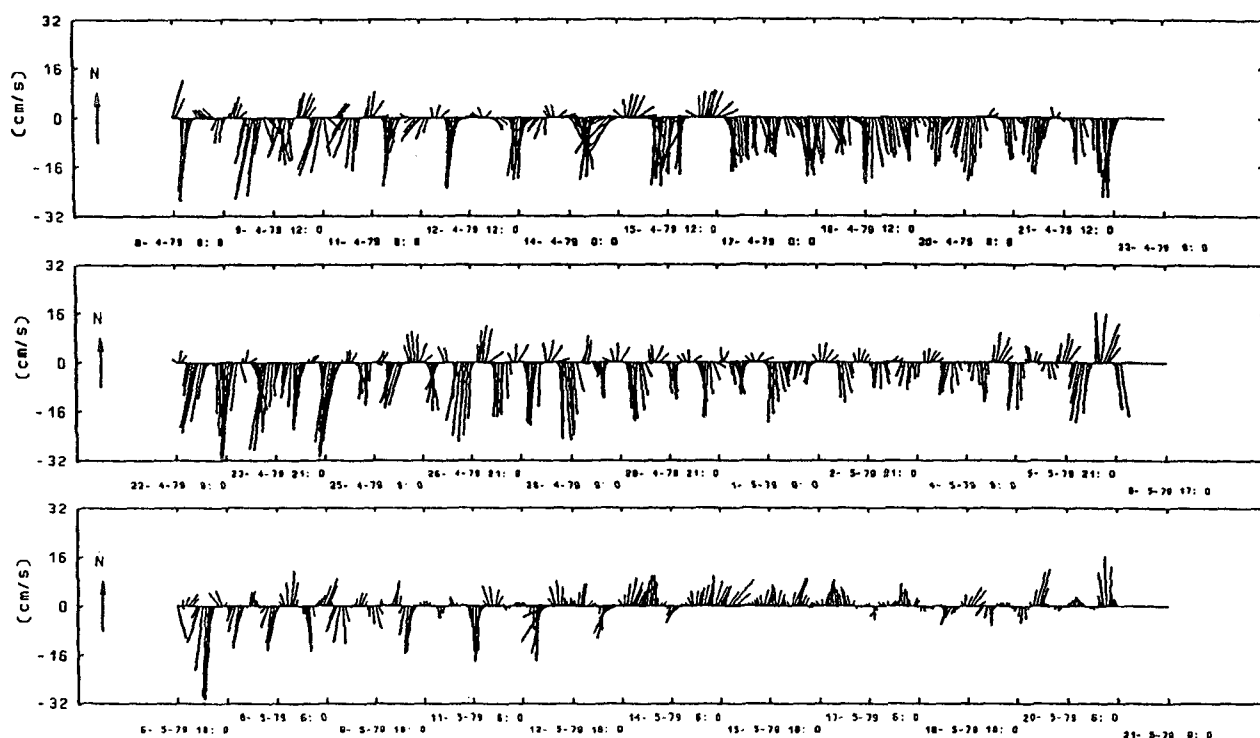


Figura 4. Registro de corrientes de un mes y medio en Gran Canaria (TEJEDOR, 1991).

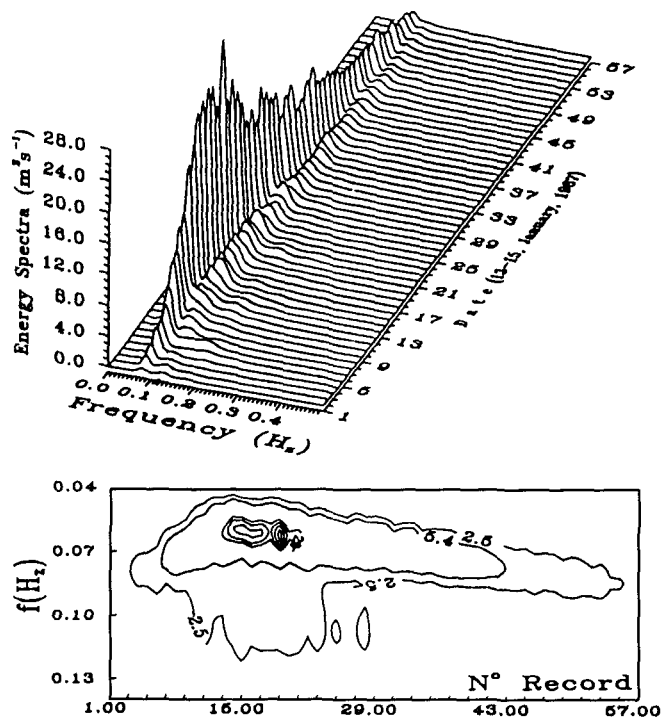


Figura 5. Distribución por frecuencias de la evolución temporal de la energía del oleaje (RODRÍGUEZ, 1992).

pues, para vientos alisios medios de unos 5 m/s, las corrientes eólicas se dirigirían hacia el Suroeste con una celeridad de 0,2 m/s. Para vientos mas intensos (o ráfagas) la respuesta de las corrientes superficiales dependerá de la duración de la ráfaga. Sin embargo, suponiendo vientos máximos de 20 m/s con suficiente duración, podemos estimar corrientes eólicas máximas de alrededor de 0,5 m/s. Las corrientes de marea son el resultado de los desplazamientos de agua asociados a los cambios de nivel de la marea. Estas corrientes son usualmente muy pequeñas en aguas profundas y se intensifican cerca de la costa. Ellas son calculables mediante el análisis armónico de registros de un mes de duración. Las corrientes de marea pueden cambiar considerablemente entre puntos relativamente cercanos, usualmente mucho más que las elevaciones de marea. Un análisis de este tipo para las corrientes medidas al Norte de Las Palmas de Gran Canaria (BRUNO, 1993) permite estimar su magnitud media en unos 0,06 m/s y máxima en 0,1 m/s.

La combinación de las corrientes geostróficas, eólicas y de marea sugiere que la celeridad típica de la corriente en la plataforma continental de las Islas Canarias es inferior a 0,3 m/s, mientras que la celeridad máxima puede ser superior a 1 m/s. Este estimado coincide con las observaciones realizadas con un correntímetro cercano a Las Palmas de Gran Canaria (TEJEDOR, 1991; Figura 4).

Finalmente, el régimen de oleaje en Canarias es esencialmente el resultado de la combinación del oleaje generado localmente y aquel generado por tormentas lejanas (denominado «swell»), normalmente localizadas en regiones nortefías del Atlántico Norte. Las condiciones normales en las islas corresponden al primero, mientras que el oleaje extremo corresponde a este último. Para la medición del oleaje se pueden utilizar diversos tipos de instrumentos, destacando los que miden los cambios de presión y las aceleraciones verticales asociadas al pasaje de las olas. RODRÍGUEZ (1992) reportó oleaje máximo, asociado a *swell* generado por una tormenta distante, de 9 m, con una altura significativa (definida como el promedio del tercio de las olas con mayor amplitud) de 5 m (Figura 5).

INTERCAMBIO ENTRE LA PLATAFORMA CONTINENTAL Y EL OCÉANO ABIERTO

El conocimiento de los procesos de intercambio entre las aguas someras de la plataforma continental y aquellas del océano profundo es vital para conocer los tiempos de residencia de estas aguas en zonas costeras. Sería deseable que estos procesos fueran lo suficientemente intensos para que los vertidos costeros llegasen rápidamente a zonas alejadas y profundas. Sin embargo, diversos factores (tales como la presencia de sistemas frontales casi permanentes en el borde de la plataforma continental) pueden inhibir el libre intercambio de agua y partículas entre la plataforma y el océano profundo.

En el caso de islas con un flujo medio usualmente en una dirección (tal como es el caso de las Islas Canarias) y donde no se ha documentado la existencia de sistemas frontales duraderos, podría suponerse que el

intercambio entre las aguas costeras y profundas debe ser rápido. Sin embargo, existe evidencia teórica que nos advierte que esta suposición debe ser objeto de un estudio cuidadoso, tanto observacional como teórico. La rotación de la tierra es posiblemente la mayor ligadura en la dinámica de fluidos geofísicos. Sobre distancias largas, y con velocidades relativamente bajas, esta ligadura es dominante y condiciona las características del movimiento. Por ejemplo, para un flujo controlado por distancias de unos 20 km, y con velocidades del orden de 0,2 m/s (que son escalas características de nuestras islas) tenemos que los efectos de rotación son importantes. En este caso el flujo se denomina cuasi-geostrófico y muestra la tendencia a desplazarse a lo largo de isóbatas (contornos de igual profundidad). Un ejemplo clásico de este fenómeno son las Columnas de Taylor (PEDLOSKY, 1979). Este consiste en un flujo que pasa por encima de un obstáculo en el fondo, y que se desvía siguiendo las isóbatas, tal como si el obstáculo llegase hasta la superficie. La extrapolación a la plataforma continental es directa: el flujo no será capaz de atravesar la «frontera» asociada al brusco cambio de profundidad en el extremo de la plataforma. La presencia de vientos sobre la zona tampoco altera necesariamente este resultado (CSANADY & SHAW, 1983). La única restricción para este resultado es que los cambios de densidad con la distancia a lo largo de la costa sean pequeños, una condición que parece aplicable para las Islas Canarias.

CONCLUSIONES

Los rasgos generales del entorno marino de nuestras islas son conocidos. Sin embargo, desconocemos todavía numerosos aspectos de su variabilidad espacial y temporal. Este conocimiento es fundamental si queremos aprovechar adecuadamente la capacidad depuradora del océano, sin sobrepasar un posible límite irreversible. Para alcanzar este conocimiento es necesario la realización de programas serios multidisciplinarios, donde las observaciones y modelización del ambiente marino físico sean una componente primordial.

BIBLIOGRAFÍA

- ARÍSTEGUI, J., P. SANGRÁ, S. HERNÁNDEZ, M. CANTÁN, A. HERNÁNDEZ J.L. & KERLING, 1994. Island-induced eddies in the Canary Islands. *Deep-Sea Research*, en prensa.
- BRUNO, M., 1993. *Un análisis de las causas que contribuyen a la distorsión de la señal semidiurna de marea en la costa Este de la isla de Gran Canaria*. Tesis doctoral, Universidad de Cádiz, 268 pp.
- CSANADY, G. T., 1982. Circulation in the Coastal Ocean. Reidel, 279 pp.
- CSANADY, G. T., P. T. SHAW, 1983. The insulating effect of a steep continental slope. *Journal of Geophysical Research*, 88: 7519-7524.
- PIEKAS, V., J. ELKEN, T. J. MULLER, A. AITSAM, & W. ZENK, 1992. A view of the Canary Basin thermocline circulation in winter. *Journal of Geophysical Research*, 97: 12495-12510.
- HEMPEL, G., editor, 1982. The Canary Current: Studies of an upwelling system. *Rapports et Proces-Verbeaux des Reunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 180: 455 pp.
- HERNÁNDEZ-GUERRA, A., J. ARÍSTEGUI, M. CANTÓN, & L. NYKJAER, 1993. Oceanographic features surrounding the Canary Islands as determined using Coastal Zone Color Scanner data. *International Journal of Remote Sensing*, 14: 1431-1437.
- HUANG, R. X., 1990. On the three-dimensional structure of the wind-driven circulation in the North Atlantic. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 15: 117-159.
- KUNDU, P. K., 1990. *Fluid Mechanics*. Academic Press, 638 pp.
- LOVELOCK, J. E., 1979. *Gaia: a new look at life on Earth*. Oxford University Press, 157 pp.
- LUYTEN, J., J. PEDLOSKY, & H. STOMMEL, 1983. The ventilated thermocline. *Journal of Physical Oceanography*, 13: 292-309.
- MITTELSTAEDT, E., 1991. The ocean boundary along the Northwest African coast: Circulation and oceanographic properties at the sea surface. *Progress in Oceanography*, 26: 307-356.
- PEDLOSKY, J., 1979. *Geophysical Fluid Dynamics*. Springer-Verlag, 624 pp.
- PEIXOTO, J. P. & A. H. OORT, 1992. *Physics of Climate*. American Institute of Physics, 520 pp.

- PELEGRÍ, J. L. & G. T. CSANADY, 1991. Nutrient transport and mixing in the Gulf Stream. *Journal of Geophysical Research*, 96: 2577-2593.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, G., 1992. Spectral and statistical characteristics of wind waves off Canary Islands. *Proceedings Civil Engineering in the Oceans V, College Station*. Texas, pp. 622-636.
- SANGRÁ, P., 1995. Perturbación de un flujo geofísico por un obstáculo: aplicación en la Isla de Gran Canaria. Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- STRAMMA, L. & G. SIEDLER, 1988. Seasonal changes in the North Atlantic subtropical gyre. *Journal of Geophysical Research*, 93: 8111-8118.
- TEJEDOR, M. B., 1991. *Contribución al estudio de fenómenos dinámicos de interacción atmósfera-océano en la costa oriental de Gran Canaria*. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 289 pp.
- VAN CAMP, L., L. NYKJAER, E. MITTELSTAEDT & P. SCHLITTENHGARDT, 1991. Upwelling and boundary circulation off Northwest Africa as depicted by infrared and visible satellite observations. *Progress in Oceanography*, 26: 357-402.
- ZENK, W., B. KLEIN & M. SCHRODER, 1991. Cape Verde frontal zone. *Deep-Sea Research*, 38, Suppl. 1: S505-S530.

TEMA 18

El clima de Canarias

Por M^a Victoria Marzol Jaén (*)

INTRODUCCIÓN

Para entender y explicar el clima de cualquier lugar de este planeta se precisa, primero, conocer los factores que intervienen, tanto los de carácter atmosférico como los geográficos; en segundo lugar, determinar el papel de cada uno de ellos y sus interrelaciones; y, por último, delimitar los efectos de estos factores sobre los elementos climáticos. La complejidad de estas relaciones dificulta, en algunos casos, la tarea de establecer dónde está el origen del fenómeno y dónde los efectos del mismo.

1. RASGOS CLIMÁTICOS DEL ARCHIPIÉLAGO

Los rasgos climáticos del archipiélago canario están definidos por dos tipos de factores. Uno de índole dinámica, consecuencia de la localización de estas islas en el planeta; otro, de condición estrictamente geográfica, a escala zonal, regional y local, que matizan y producen notables diferenciaciones climáticas espaciales entre unas islas y otras e, incluso, en una misma isla entre las vertientes de barlovento y sotavento (cuadro I).

1.1. Factores Dinámicos o Atmosféricos

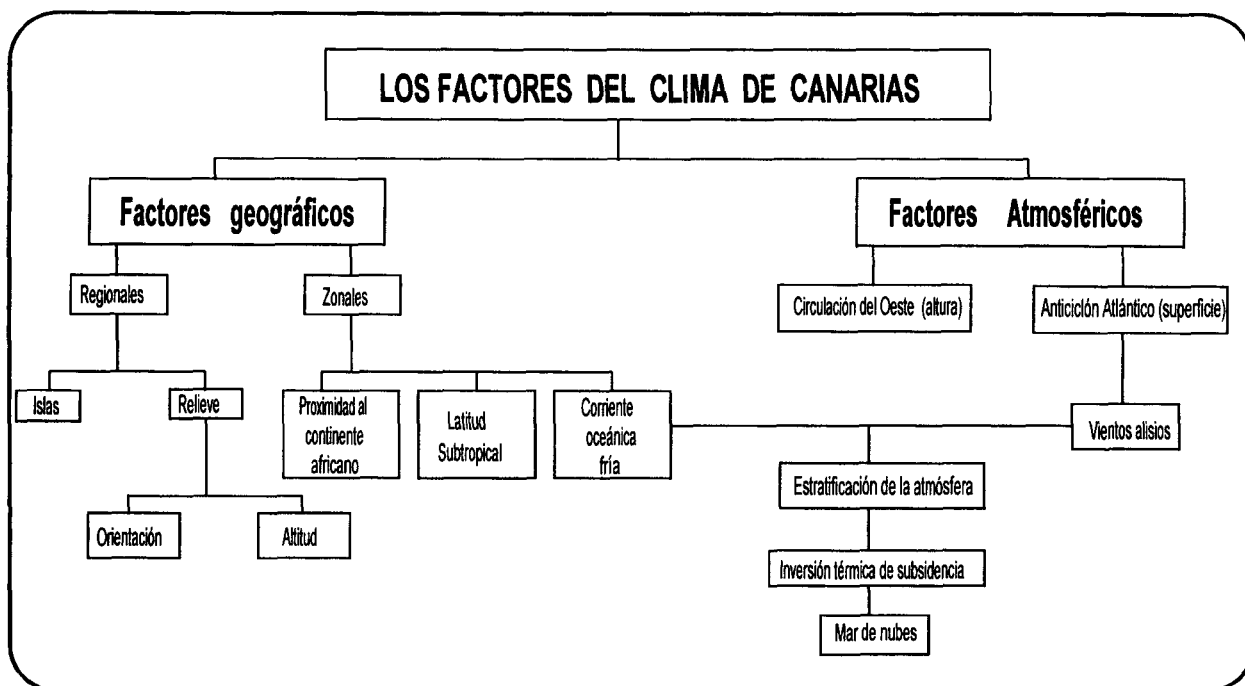
a) *La circulación de vientos del Este en las capas superficiales: el anticiclón atlántico y los vientos alisios.*

El predominio de vientos de componente Este es, quizá, el factor más característico del clima de Canarias. Estos vientos, llamados alisios, nacen en el flanco oriental del anticiclón del Atlántico nor-oriental.

La estructura de este anticiclón, también llamado de Azores porque gran parte del año su centro se halla sobre este archipiélago, es bastante compleja. Posee un origen dinámico pero también intervienen los efectos térmicos como consecuencia de la conexión de la atmósfera con la superficie terrestre, en este caso un océano por el que discurre una corriente de aguas frías.

En invierno, en superficie, su centro se sitúa más de la mitad de los días, el 57%, entre los 10º y 50º Oeste y los 25º- 40º Norte, adoptando una disposición zonal hasta aproximarse a las costas portuguesas; su presión media es de 1033 hPa. En primavera, mantiene su frecuencia y presión, tan sólo desciende en latitud. En

(*) Dra. en Geografía. Profesora Titular de Geografía Física del Dpto. de Geografía de la Universidad de La Laguna.



Marzol, M. V., 1996

Cuadro I

verano, mucho más habitual puesto que el 84% de los días se encuentra frente a las costas cantábricas y su presión media disminuye a 1026 hPa. En otoño, la frecuencia de este anticiclón disminuye hasta el 62%, y se sitúa más al Sur.

Del sector oriental de este núcleo anticiclónico parten unos vientos con dirección Noreste-Suroeste. Son los alisios, vientos mundialmente conocidos y utilizados en el pasado en el trazado de las rutas comerciales entre el Viejo y el Nuevo Mundo. Su rasgo más característico es la regularidad, tanto en la velocidad que tienen —de 20 a 25 km/hora— como en la dirección que poseen —del primer cuadrante— y en su frecuencia, sobre todo en los meses de verano en los que soplan cerca del 95% de los días.

b) La circulación de vientos del Oeste en las capas medias y altas de la troposfera.

Entre los 2.000 y 15.000 metros de altitud, los vientos predominantes en esta región del Atlántico no continúan siendo del Noreste, pasan a ser del Oeste. Esta circulación, típica de la latitud templada, varía en la frecuencia y en la velocidad de los vientos pero rara vez cambia su dirección.

El observatorio meteorológico de Izaña, a 2.367 metros, es un magnífico laboratorio para estudiar los rasgos de estos niveles atmosféricos junto con la información que ofrece el radiosondeo, que dos veces al día (a las 00.00 h y 12.00 horas T.M.G.) se hace desde el Centro Meteorológico Territorial de Canarias Occidental, a 36 metros de altitud.

c) Los centros de acción y masas de aire.

En síntesis, en la región de Canarias hay que distinguir los efectos de dos centros de acción permanentes y de otros tantos de carácter esporádico. Entre los primeros están los anticiclones dinámicos, atlántico y africano, que forman parte del cinturón de altas presiones subtropicales y que se manifiestan desde los 5.000 m hasta los 10.000 metros de altitud. Al primero de ellos, el atlántico, le corresponde en superficie otro anticiclón debido a las temperaturas frías del agua superficial del océano en esta parte del Atlántico; sin embargo, el segundo, al anticiclón sahariano, dependiendo de las temperaturas superficiales de este desierto se va a ver acompañado en los niveles próximos al suelo por una baja presión, cuando hace calor, o por otro anticiclón cuando se enfría la superficie terrestre.

La localización geográfica de Canarias en una latitud de transición entre el mundo templado y el tropical facilita que hasta ella puedan llegar masas de aire de ambas procedencias. La masa de aire más frecuente en estas islas es la *tropical marítima*, cuyo origen está en el anticiclón atlántico y da lugar a un tiempo estable y

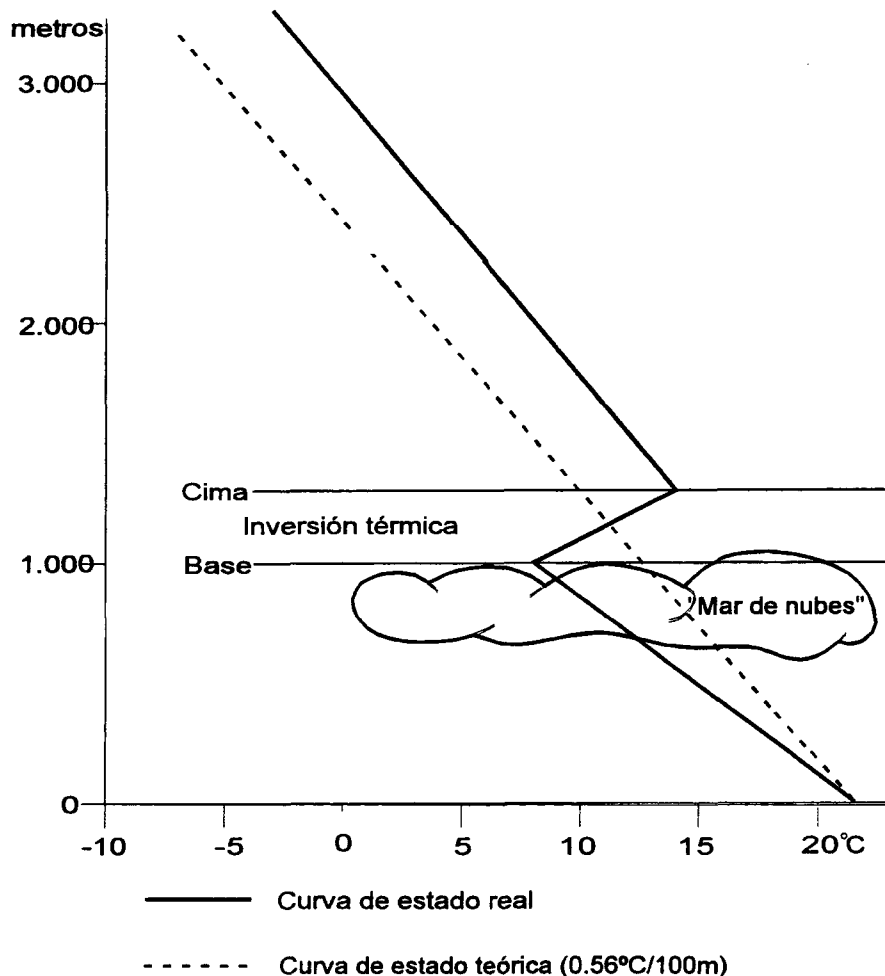


Figura 1

agradable. Le sigue en importancia la masa de aire *polar marítima*, que desciende por el Atlántico, se acompaña de frentes perturbados y es la causante de las lluvias y del mal tiempo en todas las islas. En verano, el archipiélago canario está sometido a esporádicas olas de calor como consecuencia de la llegada de *aire tropical continental*, originario del desierto del Sáhara, y en esta ocasión el aire es seco y cálido. Por el contrario, a comienzos de año, cuando más frío hace, hay posibilidades de que lleguen hasta el archipiélago masas de *aire polar continental*, e incluso *ártico*. Este aire frío y seco hace bajar bruscamente la temperatura de los termómetros y aparece la nieve en las cumbres más elevadas.

d) La inversión térmica de subsidencia.

Como consecuencia de la superposición de un anticiclón en superficie y otro en las capas medias de la troposfera, en el área de Canarias se produce una ruptura del gradiente térmico vertical conocida como inversión térmica de subsidencia; es decir, en lugar de disminuir la temperatura con la altitud, como es habitual, aquella aumenta. La explicación de este fenómeno es a la vez dinámico, por el predominio de la subsidencia del aire anticiclónico superior, y térmico, por el enfriamiento del aire superficial al estar en contacto con unas aguas oceánicas más frías de lo normal.

La altitud media a la que se produce esta inversión de la temperatura oscila entre los 800 m del verano y los 1.500 metros del invierno; su espesor, es decir la distancia entre la base y la cima, varía desde los pocos metros hasta los 1.500 m.; el gradiente medio es de unos 4.0°C pero ha llegado a ser de hasta 12.1°C y su frecuencia es tal que en verano está presente el 95% de los días y en invierno en torno al 80% (ver figura 1). Todos estos rasgos muestran una clara variación estacional, de manera que en verano la inversión térmica de subsidencia es muy frecuente, está a una altitud baja y posee una potencia muy importante, y en invierno es menos frecuente, está más alta y es menos intensa.

La inversión del alisio ocasiona que las temperaturas en las islas descieran de forma rápida entre el litoral y los 500 metros de altitud, en torno a 1°C cada 100 m, y lentamente entre las medianías y las cumbres, coincidiendo con la inversión térmica, alrededor de 0.4°C/100 m.

Tal como se indicaba al comienzo, el clima de Canarias no se puede comprender si no se cuenta con los factores geográficos, derivados de la localización del archipiélago en el planeta y de la topografía particular de cada una de las islas. Estos factores, de carácter tanto zonal, regional como local, matizan a los de índole atmosférico y dan como resultado ambientes y paisajes isleños muy diferentes. Entre los primeros destacan:

—*La corriente oceánica de Canarias.*

Todas las corrientes de agua de los océanos de este planeta dependen de las corrientes aéreas. Canarias, junto a otras regiones del planeta que reúnen las mismas condiciones —latitud subtropical y fachada occidental de una gran masa continental—, está bañada por una corriente oceánica fría. En este caso, es la rama meridional de la corriente de El Golfo que desciende en latitud desde las costas portuguesas hasta las mauritanas y se conoce como la corriente de Canarias. El agua superficial oceánica tiene una temperatura menor de la que le corresponde por su latitud, fruto del fenómeno upwelling, porque los alisios retiran este agua hacia el centro del Atlántico y permiten con ello el ascenso de las aguas más profundas y más frías.

El papel de este factor geográfico es muy importante, desde el punto de vista climático, porque aporta una superficie fresca que, por contacto, enfría al aire situado encima de ella. Esto explica la existencia de un aire más denso y pesado en las proximidades del suelo, por tanto la formación de un anticiclón, al que se le superpone otro más seco y ligeramente más templado; esta estratificación produce una notable estabilidad atmosférica en toda la región. Además, tiene el papel de regular y suavizar la temperatura del aire de los sectores litorales de todas las islas.

—*La proximidad del continente africano.*

El continente africano, a tan sólo 100 km de distancia del archipiélago canario, es el origen del aire tropical continental que, en ciertas ocasiones, llega hasta las islas. En esos momentos las condiciones atmosféricas de estabilidad se mantienen no así el ambiente que, de forma muy brusca, se convierte en más caluroso, sobre todo en verano, y mucho más seco de lo habitual; también cambia el viento que ahora será del Este y transportará en su seno partículas minúsculas de arena procedente del desierto del Sáhara.

—*El relieve de las islas.*

Las siete islas —con diferentes tamaño, forma, altitud y orografía— modifican notablemente la circulación del aire en las capas bajas y medias de la troposfera en esta zona del Atlántico oriental y se convierten en el factor geográfico local causante del diferente reparto espacial de los valores de cada elemento climático, sobre todo la precipitación, la temperatura, los vientos y la nubosidad.

La altitud elevada de las cumbres de ciertas islas y la disposición radial de los barrancos facilitan la penetración y canalización de las masas nubosas por éstos, y condiciona que las mayores cantidades de lluvia se recojan en las medianías. El trazado de las isoyetas medias anuales no se corresponden en su totalidad con la disposición de las curvas de nivel por la distorsión que supone la inversión térmica, de tal manera que la precipitación no aumenta de forma continuada entre la costa y la cumbre. La mayor pluviosidad se encuentra en las vertientes septentrionales, entre los 600 y 1.100 metros, con cantidades que se aproximan a los 1.000 mm/año. Por debajo, el sector litoral se caracteriza por una precipitación escasa, no superior a los 300 mm/año, sobre todo las laderas sureñas que no llegan a alcanzar los 100 mm anuales. Aquellas islas que superan los 1.500 metros de altitud poseen, además, un clima de montaña con bajas temperaturas, fuertes vientos y lluvias anuales entre 400 y 500 mm.

Aunque la temperatura disminuye desde el litoral hasta la cumbre (en las costas es de 18.5°C a 21.0°C, en las medianías rondan los 12°-15°C y en las cumbres más elevadas desciende a los 9.5°C de media anual), la existencia de la inversión térmica de subsidencia «trastoca» ese gradiente térmico vertical y ocasiona que entre la costa y las medianías la temperatura disminuya más lentamente que desde éstas hasta las cimas más altas.

La forma y tamaño de cada isla interfiere en el recorrido del viento tanto mecánica como térmicamente. En general, las vertientes orientales de todas las islas son las más ventosas porque los alisios les da de lleno. El trazado de la costa, a veces muy irregular, también provoca notables turbulencias y cambios locales en estos vientos.

Finalmente, el relieve modifica la distribución espacial de la nubosidad e insolación. Las cimas montañosas tienen el mayor número de horas de sol de todo el archipiélago, cerca de 12 horas al día en el verano;

en cambio, las medianías no llegan a 8 horas/día en verano y a 5 h durante el invierno. En este caso no es sólo el relieve el factor modificador también interviene la nubosidad provocada por la inversión térmica.

—*El mar de nubes: la nubosidad resultante.*

La combinación de dos factores, la altitud del relieve y la inversión térmica, provoca el estancamiento de la nubosidad estratiforme, que acompaña a los alisios, en las vertientes expuestas a estos vientos. El origen de esta nubosidad, conocida como «mar de nubes», está en el ascenso de un aire superficial, cargado de vapor de agua y cristales de sal, que tiene las condiciones térmicas necesarias para que se forme una nube pero, al encontrarse con la inversión térmica, no puede desarrollarse más arriba de los 1.000 metros. El resultado es la formación de un banco nuboso de estratocúmulos que queda estancado en las vertientes septentrionales de aquellas islas cuyo relieve posee una altitud superior al millar de metros.

La existencia del mar de nubes supone la atenuación del régimen térmico, por efecto de invernadero, de las localidades situadas por debajo de él; además, dificulta la propagación del vapor de agua hacia las capas superiores que siempre serán más secas. El choque muy frecuente de estas nubes con esas vertientes, entre los 800 y 1.500 metros, aporta una notable humedad ambiental y deposita gran cantidad de minúsculas gotas en las hojas de los árboles y arbustos. Estas gotas, al no tener el diámetro adecuado para caer en forma de lluvia son transportadas por las corrientes de aire hasta chocar con un obstáculo, con posterioridad al unirse varias de ellas y aumentar su tamaño y peso acaban por caer al suelo. Este tipo de precipitación minúscula tiene tal importancia que se puede considerar como la responsable de las diferencias de paisaje entre las vertientes septentrionales y meridionales de cada isla y de la pervivencia de un bosque relicto de laurisilva.

En definitiva, el clima de Canarias es consecuencia de la acción, a veces compleja, de los factores geográficos y atmosféricos sobre los elementos climáticos. Al ser un territorio fragmentado en islas e islotes, en ocasiones con altitudes significativas, cada una «funciona» desde el punto de vista climático como una montaña en medio del océano en la que se distingue muy bien el cambio de todos los elementos climáticos en función de esta doble variable geográfica: la altitud y la orientación del relieve.

BIBLIOGRAFÍA

- BARASOAIN, J. (1943). *El mar de nubes en Tenerife*. S.M.N. Madrid.
- DORTA, P. (1993). El clima: tipos de tiempo. En *Geografía de Canarias*, nº 8. La Provincia/Diario de Las Palmas. Las Palmas de Gran Canaria.
- DORTA, P. (1996). Las inversiones térmicas en Canarias. *Investigaciones Geográficas*, 15: 109-124.
- DORTA, P.; MARZOL, M^a V. & SÁNCHEZ, J. L. (1991). Los incendios en el Archipiélago Canario y su relación con la situación atmosférica. Causa y efectos. *XII Congreso Nacional de Geografía*. Valencia, pp. 151-158.
- DORTA, P.; MARZOL, M^a V. (1993). La degradación del medio natural: los incendios forestales en la isla de La Palma. *I Encuentro de Geografía, Historia y Arte de la isla de La Palma*. Santa Cruz de La Palma.
- DORTA, P.; MARZOL, M^a V. & VALLADARES, P. (1993). Localisation et fréquence des cellules de pression dans l'Atlantique Nord, l'Europe occidentale et le Nord de l'Afrique (1983-1992). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*. Tesalónica (Grecia), pp. 453-466.
- FONT TULLOT, I. (1955). Factores que gobiernan el clima de las Islas Canarias. *Estudios Geográficos*, 58: 5-21.
- FONT TULLOT, I. (1956). *El tiempo atmosférico en las Islas Canarias*. S.M.N. Madrid.
- HUETZ DE LEMPS, A. (1969). *Le climat des îles Canaries*. SEDES. París.
- MARZOL, M^a V. (1980). Problemas de las Fuentes Meteorológicas en las investigaciones de Geografía Climática. El caso de Canarias. *II Coloquio Ibérico de Geografía*, Tomo II, pp. 321-328. Lisboa.
- MARZOL, M^a V. (1987). El régimen anual de las lluvias en el Archipiélago Canario. *Ería*, 14: 187-194.
- MARZOL, M^a V. (1989). *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Caja General de Ahorros de Canarias. Santa Cruz de Tenerife.
- MARZOL, M^a V. (1989). Situaciones atmosféricas de lluvias intensas en Canarias. *En Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. Instituto Universitario de Geografía- UNESCO. Alicante., pp. 107-116.
- MARZOL, M^a V. (1993). El clima: rasgos generales. En *Geografía de Canarias*, nº 7. La Provincia/Diario de Las Palmas. Las Palmas de Gran Canaria, pp. 101-116.
- MARZOL, M^a V. (1993). Los factores atmosféricos y geográficos que definen el clima del archipiélago canario. En *Aportaciones en Homenaje al profesor Luis Miguel Albentosa*. Universidad de Tarragona, pp. 152-175.

- MARZOL, M^a V. (1993). Tipificación de las tres situaciones atmosféricas más importantes en las islas Canarias. En *Strenae Emmanuelae Marrero Oblatae*. Universidad de La Laguna, pp. 79-95.
- MARZOL, M^a V.; RODRÍGUEZ, J.; AROZENA, M. E. & LUIS, M. (1988). Rapport entre la dynamique de la mer de nuages et la vegetation au nord de Tenerife (Iles Canaries). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*. Aix-en-Provence (Francia), vol 1, pp. 273-283.

Módulo III

EL MEDIO BIÓTICO Y SUS RECURSOS

Coordinadores: Dr. Marcelino J. del Arco Aguiar
Dr. Pedro Oromí Masoliver

Conocido el *medio físico*, el objetivo de este Módulo es exponer, aunque en ciertos aspectos sólo sea someramente, el diverso y —sobre todo— singular *medio biótico* de las Islas Canarias, es decir el conjunto de seres vivos que las pueblan, ciñéndonos a la concepción más tradicional de «plantas» y «animales», incidiendo en las macrocomunidades y sus especies más características.

Tras esbozar el origen de la flora y la fauna y las principales vías de colonización biológica del Archipiélago, se analiza su *biodiversidad* y se describen las características generales de sus principales *hábitats*, atendiendo a uno de los múltiples significados que, como ya se dijo, se aceptan para el término.

Por último se destacan las interrelaciones flora-fauna, de gran interés en el funcionamiento de los ecosistemas y ciertos aspectos evolutivos de la flora vascular insular, de gran valor para comprender su extrema *singularidad*, *fragilidad* y la importancia de su *conservación*.

TEMA 19

Origen de la flora y fauna de Canarias

Por Marcelino J. del Arco Aguilar ¹, Luis F. López Jurado ²
y Marcos Báez Fumero ³

INTRODUCCIÓN

Las Islas Canarias constituyen uno de los cinco archipiélagos del Atlántico Oriental (Azores, Madeira, Salvajes, Canarias y Cabo Verde) que constituyen la «Macaronesia». La aplicación del término Macaronesia (islas afortunadas) no siempre se ha ceñido al territorio mencionado; algunos autores le asignan rango biogeográfico, difiriendo éstos en la categoría del rango y en la territorialidad asignada. En este tema utilizaremos el término para referirnos en sentido geográfico a los cinco archipiélagos citados. Los mecanismos por los que se ha producido su colonización son idénticos, variando los centros suministradores en función de la localización latitudinal de los archipiélagos.

El Archipiélago Canario, dentro de este contexto, es el más estudiado y nos proporciona un buen ejemplo de como ha tenido lugar la colonización vegetal de la Macaronesia.

1. MARCO GEOGRÁFICO (*)

El Archipiélago Canario, situado entre los 27°37'- 29°25' de Latitud Norte y 13°20'- 18°10' Longitud W, en el Atlántico Oriental, próximo al borde continental africano, se extiende a lo largo de una banda de 500 x 200 km² alargada de E a W, con una extensión superficial de 7.500 km². Tenerife 2.036 km², 3.718 m.s.m.; La Palma 706 km², 2.423 m.s.m.; La Gomera 373 km², 1.484 m.s.m.; El Hierro 278 km², 1.501 m.s.m.; Gran Canaria 1.532 km², 1.950 m.s.m.; Fuerteventura 1.662 km², 807 m.s.m.; Lanzarote 862 km², 671 m.s.m.

La isla más próxima al continente africano, Fuerteventura, dista del mismo unos 100 km. A pesar de esta escasa distancia las Islas muestran grandes diferencias geológicas, florísticas, faunísticas, humanas, etc. con él.

2. GÉNESIS DEL ARCHIPIÉLAGO

La construcción de las Islas se inicia a mediados del Terciario por acumulación de emisiones volcánicas sobre una corteza jurásica (155-180 m.a.) y está separada en el tiempo de la formación del continente africa-

¹ Dr. en Biología. Profesor Titular de Biología Vegetal (Botánica). Universidad de La Laguna.

² Dr. en Ciencias Biológicas. Profesor Titular de la Universidad de Las Palmas de Gran Canarias.

³ Dr. en Biología. Profesor Titular de Biología Animal (Zoología). Universidad de La Laguna.

(*) Características Generales y Flora por Marcelino J. del Arco Aguilar.

no, con el que nunca han tenido contacto. Son pues islas «oceánicas de origen volcánico» y no «continentales». Su origen coincide con la detención de la placa africana en su choque con Europa y el desencadenamiento de la orogenia alpina. El giro de la placa africana y la distensión en la dorsal centroatlántica provoca la generación y efusión del magma que constituirá el Archipiélago. La etapa de construcción subaérea de los edificios insulares es Miocénica-Pleistocénica, y ha tenido lugar en los últimos 20 m.a. Mediante dataciones radiométricas de los materiales volcánicos emergidos más antiguos de cada isla, se barajan en la actualidad edades que van desde los 19 Ma. de Lanzarote hasta los 0,7 Ma de El Hierro (CARRACEDO, 1980). Parece existir una progresión de envejecimiento de las Islas hacia el E, lo cual por otro lado es claro en el grado de erosión y dismantelamiento de los edificios insulares.

Los edificios insulares constituyen unidades independientes cuya base se asienta sobre un fondo oceánico que aumenta en profundidad hacia el W. Las Islas Orientales (Lanzarote y Fuerteventura) quedan separadas del continente por profundidades en torno a los 1000 m a las que le sigue una gruesa capa de sedimentos, mientras que entre las occidentales se alcanzan profundidades de 3.000 - 4000 m.

3. ACONTECIMIENTOS PALEOBIOTICLIMÁTICOS DURANTE LA GÉNESIS DEL ARCHIPIÉLAGO

La etapa de construcción subaérea de los edificios insulares, que tiene como fecha más antigua el Mioceno, coincide con grandes acontecimientos paleobioclimáticos. Ya en el Oligoceno ha comenzado un enfriamiento progresivo que conducirá al período glacial Cuaternario y comienzan a delimitarse paulatinamente las zonas climáticas actuales por reducción progresiva de la zona cálida ecuatorial y tropical. Durante el Mioceno transgresiones marinas recubren gran parte del África mediterránea y en el Sáhara Central y Occidental existen numerosos lagos. Incluso en el Plioceno, a pesar de existir un período de aridez creciente, las «hamadas» saharianas están cubiertas por lagos y mares temporales. El Cuaternario que se caracteriza en Europa por la existencia de un período glacial de seis fases interrumpido por fases interglaciales templado-cálidas o cálidas, afectó al continente africano con fases pluviales, correspondientes a las fases glaciales europeas, y fases interpluviales cálido-secas, a veces áridas, correspondientes a las fases interglaciales. Después del período glacial las floras africanas se empobrecen y desaparecen los lagos y mares del Sáhara (hace 5.000 años), el proceso de desertización se acentúa y poco se alcanza el estado actual.

La dinámica de la vegetación en los continentes europeo y africano durante el tiempo en que las Islas han estado emergidas nos dará la clave de los grandes centros suministradores de flora a ellas. Esto será considerado más adelante, con ocasión del análisis de los vegetales vasculares.

4. COLONIZACIÓN VEGETAL

La colonización de las Islas ha sido posible gracias a la puesta en marcha de los procesos y mecanismos biológicos que permiten los desplazamientos vegetales hasta consumar la migración. Esta colonización es lenta y tiene lugar mediante la diseminación de las diásporas vegetales por el agua, viento, animales y hombre. La *anemocoria* es la diseminación por el viento. De esta forma se trasladan diásporas ligeras como esporas, pequeñas semillas, etc. o diásporas con dispositivos especiales como alas, plumas, etc. La *zoocoria*, que es la diseminación por animales, reviste especial importancia en la colonización de las Islas a través de las aves: *ornitocoria*. Las aves pueden transportar diásporas tanto en su exterior, *epizocoria*, como en su interior *endozocoria*; en este último caso para que la diseminación sea efectiva se requiere que la resistencia de la diáspora a la digestión sea superior al tiempo de retención de ella en el cuerpo del ave. El transporte de diásporas por insectos, *entomosporia*, reviste importancia para las diásporas pequeñas, como las esporas de hongos. La *hidrocoria*, que es la diseminación por el agua, requiere la flotabilidad de las diásporas, que serán transportadas pasivamente o por acción del viento (*anemohidrocoria*). La Corriente de Canarias, rama oriental de la Corriente del Golfo, que baña las Islas y que corre hacia el S ha constituido sin duda una vía de aporte de diásporas a Canarias. Las «islas de vegetación» fragmentos de tierra desprendidos de las riberas de los ríos, que pueden trasladarse a lugares distantes, pueden haber tenido importancia en el aporte de diásporas a Canarias durante fases climáticas diferentes, como en las fases pluviales cuaternarias. La *antropocoria*, que es la diseminación por el hombre, comenzó antes de la llegada de los colonizadores hispanos a las Islas, puesto que éstas poseían población aborigen. Se disparó tras la conquista, en el siglo XV, propiciando la existencia actual de porcentajes altos de vegetales vasculares introducidos en las Islas (para algunos autores incluso superior al 50%).

La rapidez de la colonización vegetal ha dependido de la distancia a la fuente de suministro, de la actuación de los medios de diseminación y de la accesibilidad de los hábitats. A su vez la flora actual de las Islas

depende de la historia corológica de las plantas, de sus aptitudes de migración y de sus adaptaciones a los medios que alcanzan.

La riqueza de las Islas en especies depende de cuatro factores muy interrelacionados: su superficie; la diversidad fisiográfica, muchas veces ligada a la superficie, que condiciona el número de hábitats disponibles; distancia a la fuente de aprovisionamiento; edad, de la que depende el grado de endemismo alcanzado. Estos factores han de ser considerados conjuntamente. Así, por ejemplo, Fuerteventura, Isla más cercana a África, la segunda en extensión y a su vez la segunda en edad, en parte debido a su escasa diversidad fisiográfica es más pobre en especies que las Islas Occidentales, menores que ella y de menor edad (p. ej. La Palma). La isla que presenta mayor número de especies vegetales es Tenerife. La consideración actual del número de especies vasculares silvestres en cada Isla distorsiona las conclusiones a tomar a este respecto, pues las introducciones en los últimos tiempos han sido masivas y las Islas de mayor diversidad fisiográfica probablemente han soportado un mayor grado de asilvestramiento.

De las potencialidades intrínsecas de las plantas, relacionadas con su capacidad genética, y cambiantes a lo largo de la historia de ellas, ha dependido en gran medida la diversificación de las que han ido arribando a las Islas. Los primitivos inmigrantes en ocasiones han permanecido más o menos inmutables hasta la actualidad, pero otras veces, sus poblaciones han sufrido los procesos naturales de diferenciación y especiación. Un fenómeno, que entre la flora vascular canaria reviste gran importancia es el de la *radiación adaptativa*, gracias al cual a partir de un ancestro inmigrante preadaptativo en el discurrir del tiempo ha tenido lugar una diversificación de táxones, que muestran una clara diferenciación morfológica, como consecuencia de la explotación y adaptación a diversos hábitats. Por otra parte el fenómeno de *vicarianza*, como proceso pasivo de evolución divergente por aislamiento geográfico, parece haber tenido importancia en la evolución de la paleoflora canaria.

La colonización de las Islas se ha producido a medida que se han originado, es decir, no ha sido de forma masiva. El flujo de diásporas entre ellas se produce desde las Islas más viejas, de flora más equilibrada, hacia las más jóvenes, es decir desde el E hacia el W. Esta dirección puede invertirse como consecuencia de episodios volcánicos que implican empobrecimiento de la flora de las Islas más viejas. (WILDPRET & al., 1987).

La llegada de las diásporas vegetales a las Islas desde su formación ha sido constante y en función de la actuación de los mecanismos biológicos aludidos y de las barreras o filtros ecológicos que se oponen o frenan la migración, se ha llegado a la actual composición florística.

5. FLORA

Hagamos ahora un análisis de la composición florística resaltando algunos datos cuantitativos, los tipos de diásporas más comunes de los diferentes grupos vegetales y las afinidades florísticas de éstos. El análisis será más detallado y amplio en las plantas vasculares por ser los elementos más conspicuos del paisaje vegetal y por haber sido éstas tradicionalmente más estudiadas:

5.1. Algas

De 1981 data el último catálogo que sobre algas bentónicas se ha realizado en el Archipiélago; éste da una cifra de 434 especies. Posteriormente ha habido algunas nuevas adiciones y puede estimarse en unas 485 su número (35 cianofitas, 250 rodofitas, 100 clorofitas y 100 feofitas). El 60% de ellas son comunes con el Mediterráneo, el 53% crece también en las costas atlánticas europeas, un 54% es común con las costas de América Tropical y Subtropical y un 7% es endémico (AFONSO & GIL, 1982). Fundamentalmente las diásporas de estas algas bentónicas son transportadas pasivamente por las corrientes marinas. También pueden darse casos de ictiocoria.

5.2. Hongos

Sin considerar los parásitos del hombre y de las plantas cultivadas se cuenta con unas 900 especies, de las que aproximadamente un 6,5% pueden ser consideradas como endémicas (59 especies), porcentaje muy bajo en relación con el de la flora vascular. Son cosmopolitas el 30%, 14% son Holárticas principalmente de Europa y Norteamérica, 17% Mediterráneas, 1,5% Nofafricanas y 6% Tropicales (BELTRÁN in WILDPRET & al. 1987). El alto porcentaje de cosmopolitismo, se explica por la facilidad de transporte de las diásporas (principalmente esporas) por el viento a grandes distancias. Aparte de la anemosporia también es importante la entomosporia.

5.3. Líquenes

Se cuenta aproximadamente con unas 700 especies. Su distribución en elementos florísticos según FOLLMANN (1976) es la siguiente: Mediterráneos (49%), Subcosmopolitas (15%), Macaronésicos (12%), Pantropicales (11%), Arctoalpinos (6%), Paleotropicales (5%) y Neotropicales (2%). Es interesante señalar para los líquenes la importancia que juegan como elementos pioneros en la colonización de los campos de lavas. Su dispersión es fundamentalmente anemócora: tanto las esporas del hongo como las algas constituyentes de los mismos son fácilmente transportadas por el viento, y solamente tiene que darse el fenómeno de coincidencia de ambos en el lugar apropiado para que el líquen prospere. Asimismo los propágulos vegetativos (isidios y soralios) poseen una dispersión anemócora. La ornitocoria es también un posible método de dispersión.

5.4. Briófitos

DIRKSE *et al.* (1993), estiman la cifra de briófitos en las Islas en 449 especies, de las que 6 son antoceiros, 134 hepáticas y 309 musgos. De ellos 26 especies (5,8%) son endemismos macaronésicos, algunos canarios. En las zonas bajas de las Islas, piso Infracanario, destacan briófitos de afinidad africana; en el piso Termocanario húmedo, los atlánticos y de Europa Occidental; en los pinares, piso Mesocanario, mediterráneos y en el piso Supracanario, los atlánticos. Existe un bajo porcentaje de endemismos en todos los pisos de vegetación canarios. El cosmopolitismo es frecuente. Su dispersión es fundamentalmente anemócora. Al igual que los líquenes juegan un importante papel como elementos pioneros.

5.5. Vegetales vasculares

La cifra de plantas vasculares (helechos s.l., gimnospermas y angiospermas) según el catálogo de HANSEN & SUNDING 1985, ligeramente modificado, se eleva a 1.919 especies. De estas se consideran como autóctonas o nativas unas 1.000 especies, que incluyen a 502 endémicas (50,2%). De entre los métodos de dispersión utilizados para colonizar las Islas cabe destacar la anemosporeia en helechos y todos los tipos posibles, que parcialmente han sido ya analizados, en el resto de las plantas vasculares.

La flora vascular autóctona canaria se considera que deriva en gran parte de dos grandes contingentes florísticos suministradores.

El primero de ellos que podríamos denominar como «*contingente Mesógeno*⁴» es del Terciario. Se trata de la flora que bordeaba las costas N del mar de Tetis, de la región Tetiana-Terciaria, en el Plioceno. Esta flora, como consecuencia del enfriamiento de la temperatura que se había ya iniciado en el Oligoceno y de la sucesión de fases glaciales e interglaciales ocurridas en el Cuaternario se vió obligada a sufrir sucesivos avances y retrocesos en latitud. Gran parte del contingente florístico subtropical y tropical componente de la flora europea de esas épocas no soportó estos desplazamientos debido principalmente a la barrera geográfica creada por el mar Mediterráneo, que en gran parte impedía su escape hacia el Sur. Las vías terrestres de paso ocasionales pudieron establecerse a través de Gibraltar-Norte de África, Italia-Sicilia-Tunisia y Península del Sinaí-Egipto (actual canal de Suez) (SUNDING, 1979). Este contingente Mesógeno que ya llegó empobrecido al continente africano se empobreció aún más en el salto hacia las Islas, de forma que la representación actual del mismo en ellas no expresa la antigua riqueza existente en las formaciones Tetiano-Terciarias. Cabe resaltar que entre los elementos florísticos propios tetiano-terciarios coexisten también elementos florísticos más antiguos (Mesozoicos) (BRAMWELL, 1986), componentes de una flora macrocontinental de finales del Cretácico, previa a la separación de las placas tectónicas americana y europea. Este contingente Mesógeno tiene en su mayor parte refugio en las Islas en los ambiente nebulosos del monte verde del piso termocanario húmedo. Plantas tales como *Laurus azorica*, *Persea indica*, *Ocotea foetens*, *Viburnum tinus*, *Ilex canariensis*, etc. se presentan como fósiles o tienen sus ancestros en esta flora Tetiano-Terciaria.

El segundo suministrador florístico es el «*contingente africano*». La flora estrictamente africana, gondwánica, deriva de fuentes múltiples. Una de estas fuentes, muy antigua, que se puede considerar como fuente paleoafricana ha sido denominada «Rand Flora», y es propia de territorios con carácter árido o semiárido. La «Rand Flora» (QUEZEL 1965, 1979) es esencialmente xerófila, al contrario de lo que ocurre con las floras tropicales actuales y tiene su máximo exponente hoy en regiones marginales de África tales como Sudáfrica, donde tiene su óptimo, Madagascar, E de África, Macaronesia, etc. y algunas áreas de montaña africanas. En

⁴ El término Mesógeno designa a los territorios que bordean el antiguo mar existente entre el Océano Atlántico y Centro de Asia, del que el Mediterráneo es su reducto actual.

su antigua extensión la «Rand Flora» se extendió desde la Región del Cabo hasta el África Septentrional, en regiones donde las precipitaciones no eran las suficientes para que se desarrollase el bosque húmedo tropical o subtropical (BRAMWELL, 1986). Los periodos post-terciarios de sequedad que han causado extinciones masivas en la flora africana y han conducido a la desertización del Sáhara fueron también causantes del retroceso de la «Rand Flora». Una muestra a considerar del componente florístico de la «Rand Flora» existe en la actualidad en Canarias, sobre todo en los pisos Infracanario y Termocanario bajo ombroclimas áridos, semiáridos y secos. Nuestros *Aeonium*, *Dracaena*, *Ceropegia*, *Ephorbia*, *Bencomia*, *Marcetella*, *Dendriopoterium*, etc. parecen tener este origen.

La llegada del «contingente florístico Mesógeno», del «contingente florístico africano» y de otros componentes florísticos fue posible a través de una dispersión a larga distancia dado que se tuvo que salvar por las diásporas al menos 100 km de brazo de mar, ya que las Islas Canarias nunca han estado unidas al continente africano. Posteriormente a esta arribada, que ha sido continua, han tenido lugar tal y como mencionamos antes diversos procesos biológicos que han conducido a la creación de numerosos endemismos.

BRAMWELL (1986), ha estimado en base a los tipos de dispersión de la flora angiospérmica canaria y a estudios de evolución post-colonización, que de los ancestros de esta flora el 34% llegó por endozoocoria, el 19 % por epizoocoria, el 26% por anemocoria, el 4% por hidrocoria y el 17% restante bien por anemocoria (microdiásporas) o probablemente la endozoocoria.

Los endemismos canarios por su diversidad y en ocasiones antigüedad han llamado siempre la atención de los numerosos estudiosos de la flora de las Islas. Según WILDPRET & al.1987, los endemismos propios de una isla son consecuencia de la llegada a ella de ancestros inmigrantes que por los procesos naturales de diferenciación y especiación les han dado origen. A partir de un solo ancestro inmigrante, por vía de radiación adaptativa, pueden haberse originado diversos endemismos de una isla. Este proceso es especialmente notable en Canarias, donde se ofrecen ejemplos sorprendentes en los géneros *Aeonium*, *Echium*, *Argyranthemum*, *Micromeria*, etc. En el caso de endemismos de dos o más islas la hipótesis más probable para el origen de los mismos es el haberse originado en una de ellas y haber saltado a otras. Por razones de antigüedad parece lógico que las islas más viejas hayan sido suministradoras de las más jóvenes. Para los 57 endemismos macaronésicos que crecen en Canarias se postula la posibilidad de que se hayan originado en una isla y hayan saltado a otras sin haber alcanzado el continente, o como hipótesis más probable que tengan su origen en una vieja flora continental que se extinguió durante el Plioceno y Pleistoceno fuera de Macaronesia.

Al considerar las afinidades de los endemismos de las Islas, bien canarios o bien macaronésicos, se presentan casos de grandes disyunciones entre ellos y sus parientes más próximos. Tal es el caso por ejemplo de *Dracaena*, cuyos parientes más próximos se encuentran en la costa africana del Mar Rojo y en la Isla de Socotra, o el de *Justicia hyssopifolia*, endemismo canario cuyos parientes más cercanos están en Sudáfrica. En el momento actual ello resulta sorprendente, pero no lo es tanto si se profundiza en las antiguas áreas de distribución de los táxones y en las causas de su fragmentación.

En lo que respecta a las especies no endémicas que crecen en Canarias hay que considerar que una gran cantidad de ellas son de reciente introducción. Algunos autores han dado cifras respecto a estas introducciones; de entre ellas quizá sea ilustrativo el ejemplo que para Tenerife expresan WILDPRET & al, 1987, que consideran que la flora autóctona de la Isla ha de estar en torno a las 400 especies, siendo por tanto un 70% de las especies actuales introducidas. La flora introducida en Canarias muestra afinidades diversas. Gran parte de ella es de origen mediterráneo, como consecuencia del mayor tránsito existente entre las Islas y el área mediterránea, pero no son raros los neófitos de origen americano o africano y por supuesto tienen gran arraigo las plantas «cosmopolitas» sinantrópicas.

6. FAUNA VERTEBRADA TERRESTRE (*)

La fauna de vertebrados terrestres de Canarias es originaria en su totalidad del paleártico. Los grupos actualmente representados en las islas descenden de especies que hoy en día se encuentran generalmente en la cuenca mediterránea, tanto formas vivas como fósiles.

Los mecanismos de llegada de los vertebrados terrestres a las islas están claramente definidos según los grupos. Hay un punto de inflexión, no obstante, en cuanto a las cualidades de las especies existentes en un momento dado y que está definido por la llegada del hombre (*Homo sapiens*) a Canarias. Analizaremos pues, el origen de la fauna de vertebrados de Canarias antes y después de la llegada del hombre a las islas.

(*) Por Luis F. López Jurado.

Los animales vertebrados, desde el punto de vista de sus habilidades colonizadoras de islas oceánicas, pueden dividirse en dos grandes grupos: aquellas especies que poseen medios propios de dispersión (volar o nadar) y atraviesan activamente las distancias marinas y aquellas otras que no los poseen y para alcanzar una isla en mitad del océano necesitan ser llevadas allí por las fuerzas de la naturaleza combinadas adecuadamente. Estos últimos sistemas de dispersión se conocen en general como anemohidrocoria y consisten esencialmente en grandes balsas flotantes de vegetación enmarañada que se origina a partir del arrastre por lluvias torrenciales de la vegetación existente en las áreas próximas a los grandes barrancos africanos. Estas balsas salen al mar por las desembocaduras de estos grandes barrancos y quedan a merced de los vientos y corrientes marinas. Una tercera posibilidad se pone en juego cuando el hombre interviene transportando consigo a multitud de especies hasta llegar a los más remotos archipiélagos.

Por otro lado ciertas características de las islas son determinantes para la llegada de las especies:

—*La edad geológica*: Esta oscila desde los 20 millones de años para Lanzarote y Fuerteventura hasta menos de 1 millón para El Hierro y La Palma, lo que significa la posibilidad de diferentes destinos a lo largo del tiempo para las especies; menos al principio y más al final del período de formación del archipiélago.

—*Las distancias a las fuentes de aprovisionamiento*: De Fuerteventura a Tarfaya (Marruecos) hay menos de 100 kilómetros y las distancias entre las islas son oscilantes pero de baja amplitud, lo que facilita «a priori» tanto los saltos interinsulares como los originados en el continente africano.

—*La situación geográfica*: Dispuestas en un gradiente longitudinal manteniendo escasa amplitud latitudinal e inmersas en un mismo régimen de vientos y corrientes marinas.

Desde que hace unos 20 millones de años se formó la primera gran isla donde hoy se encuentran Lanzarote y Fuerteventura y sus islotes asociados, las especies comenzaron a llegar a Canarias. Hay que manifestar primeramente que los hallazgos fósiles en Canarias más antiguos que el Holoceno, son muy raros por las dificultades derivadas de los acúmulos de lavas.

La fauna más antigua que se conoce procede de las islas de Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife. En la primera de estas islas se han encontrado huevos de tamaños muy variados hallados en dunas fósiles de hace varios millones de años. Estos huevos pertenecen a diferentes especies no identificadas. Algunos de ellos son tan grandes como los actuales huevos de avestruz (*Struthio camelus*). En un primer momento fueron clasificados como pertenecientes a esta especie o incluso al ave elefante de Madagascar (*Aepyornis maximus*) en función de la estructura de su cáscara. Últimamente se ha especulado con la pertenencia de estos huevos a aves marinas gigantes. Desgraciadamente no se ha hallado en este yacimiento ni un sólo hueso que defina la especie de que se trata. Esta evidencia ha constituido uno de los principales enigmas arqueozoológicos de Canarias dado el contraste entre la incapacidad de volar de avestruces y aves elefante y el origen puramente volcánico oceánico de las islas.

En las islas de Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria se encontraron también huevos de tortugas gigantes terrestres de los que sólo en el caso de Gran Canaria pudo hallarse evidencia ósea, describiéndose una especie denominada *Geochelone vulcanica*. En Tenerife también se ha descrito una especie de tortuga terrestre gigante (*Geochelone burchardii*). Estas especies desaparecieron hace varios millones de años y su más moderno pariente parece ser la tortuga del Sahel *Geochelone sulcata* que hoy vive en los límites meridionales del desierto del Sáhara.

Los antecesores de estas dos especies llegaron sin duda a las islas bien en balsas flotantes de vegetación o bien nadando en el mar gracias a la gran flotabilidad que estos grandes quelonios manifiestan.

De todas estas especies puede decirse con certeza que no fueron conocidas por el hombre, pues se extinguieron hace varios millones de años por causas naturales entre las que se incluye el vulcanismo. Sin embargo no estaban solas en aquellos remotos tiempos, y aunque no se han hallado hasta la fecha otros fósiles antiguos más que los arriba mencionados, muy posiblemente algunas modernas especies ya cohabitaron con aquellas.

Desde estas edades geológicas hemos de saltar en el registro fósil hasta el holoceno (hace como máximo unos 10.000 años). El hombre llegó a Canarias hace alrededor de 2.000 años y su llegada determinó tanto la aparición de nuevas especies (perros, cabras, ovejas, cerdos, ratones), como la extinción de otras preexistentes.

Sabemos que al menos 3 especies de roedores se extinguieron tras llegar el hombre a las islas: *Malpaysomys insularis* en Lanzarote y Fuerteventura, *Canariomys tamarani* en Gran Canaria y *Canariomys bravoii* en Tenerife. No se conocen con absoluta certeza los ancestros de estas especies en el continente aunque se han propuesto ciertas especies fósiles halladas en Argelia como las más probables. Sean cuales sean, llegaron a Canarias por medios pasivos de dispersión, a bordo de grandes balsas de vegetación.

Otro mamífero endémico cuyo antecesor alcanzó el archipiélago por este último sistema fue la musaraña canaria (*Crocidura canariensis*) de las islas e islotes orientales; mientras que los murciélagos llegaron por sus propios medios incluyendo al ancestro del murciélago orejudo canario (*Plecotus teneriffae*).

En cuanto a los reptiles actuales, tienen un triple origen. Los lagartos (género *Gallotia*) conforman un grupo estrechamente emparentado que proviene de un mismo antepasado: un pequeño lagarto que vivió en la zona que hoy es gran parte de la península ibérica y noroeste de África. Este animal fue arrastrado por las corrientes a bordo de las balsas de vegetación hasta llegar a las islas de Lanzarote-Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife, aunque hay quien mantiene que llegaron sólo a las dos primeras islas, alcanzando el resto a partir de aquellas. Las diferenciaciones en las islas originaron varias especies incluyendo formas gigantes en parte extinguidas por el hombre aborigen al usarlas como alimento.

Las lisas y perenquenes (géneros *Chalcides* y *Tarentola*) asimismo provienen de especies presentes hoy en día con muy similares características en el noroeste de África.

Las aves por último, están en su totalidad emparentadas con las especies paleárticas de esta zona. A diferencia de las especies anteriores han llegado a Canarias por sus propios medios y una vez en las islas se han diversificado relativamente menos que los reptiles y mamíferos.

También la situación geográfica de las islas en cuanto a su disposición en la ruta migradora de muchas especies de aves, ha propiciado a lo largo del tiempo, la posibilidad de llegada a las islas de diferentes especies según las condiciones climáticas reinantes en un momento dado.

Por todo ello, la avifauna canaria es muy similar a la del sur de Europa y noroeste africano. Solamente algunas formas se han diversificado hasta alcanzar la endemidad absoluta (géneros *Columba*, *Fringilla* y *Saxicola*) y otras muchas mantienen un menor grado de diferenciación para con sus congéneres continentales.

En definitiva, puede decirse que todos los géneros de vertebrados terrestres de las islas, son compartidos con la región mediterránea y sólo en algunos casos muy aislados, los ancestros de algunas especies de mamíferos y reptiles desaparecidos, estaban emparentados con faunas que hoy en día se extienden por los ecosistemas saharianos o sahelianos.

7. FAUNA INVERTEBRADA TERRESTRE (*)

Hablar del origen de la fauna de invertebrados de Canarias, que comprende a más de 5500 especies, es una labor tan extensa que desborda los límites de esta contribución. En este amplio concepto de animales sin vértebras se incluyen filos como Nematodos, Nemertinos, Rotíferos, Anélidos, Moluscos y otros, pero el grupo que representa a más del 90% de dicha fauna es el de los Artrópodos, en especial el de los Hexápodos que incluye a más de 5000 especies de las señaladas.

Por otra parte, la elevada proporción de especies endémicas hace que grupos como los Artrópodos, y en menor cuantía, los Moluscos, incluyan casi la totalidad del patrimonio natural endémico que convierten a estas islas en uno de los enclaves de mayor riqueza biológica dentro de la región paleártica.

La mayor parte de las especies de invertebrados que pueblan el archipiélago tienen su origen geográfico en la zona mediterránea, y ahí tienen sus parientes más cercanos los neoendemismos. Por otro lado, las especies consideradas como paleoendemismos representan en muchos casos relictos de grupos que presentaban una distribución más amplia en el pasado, aunque ésta incluía por lo general a la zona mediterránea.

La proporción de elementos faunísticos de otro origen (afrotropicales, neárticos, etc.) es despreciable, aunque las especies cosmopolitas, introducidas muchas de ellas por el hombre, son relativamente frecuentes en la mayoría de los grupos.

Desde el punto de vista del poblamiento y, en general, desde un punto de vista faunístico, existen dos grupos de islas bien diferenciadas, por un lado Fuerteventura y Lanzarote —que zoogeográficamente pueden considerarse como una unidad— y por otro el grupo de islas occidentales. Aunque ambos núcleos comparten un poblamiento y una fauna común existen apreciables diferencias entre ellos, aunque hay que señalar que dentro del segundo grupo la isla de Gran Canaria presenta características faunísticas que la apartan un poco del resto de las islas occidentales.

La información detallada sobre los distintos aspectos del poblamiento, afinidades faunísticas, características biogeográficas y origen de la fauna invertebrada pueden consultarse en la bibliografía.

(*) Por Marcos Báez Fumero.

BIBLIOGRAFÍA

- AFONSO, L. 1984. *Geografía de Canarias I*. Ed. Interinsular Canaria. S/C de Tenerife. 334 pp.
- AFONSO, J. & M.C. GIL, 1982. Aspectos biogeográficos de la flora ficológica marina de las Islas Canarias. *Actas II Simp. Ibér. Est. Bentos Mar. III*: 41-48.
- AHL, E. 1925. Über eine ausgestorbene Riesenschildkröte der Insel Teneriffa *Z. Dt. Geol. Ges.* 77A (4): 575-580.
- BÁEZ, M. 1982. Consideraciones sobre las características zoogeográficas de la fauna de Canarias. *Instituto de Estudios Canarios, 50 Aniv.*, Tomo I, pp: 21-70.
- BÁEZ, M. 1983. Poblamiento animal de las Islas Canarias. In T. BRAVO *et al.*, *Canarias: origen y poblamiento*; pp: 25-84. Queimada Ed. Madrid.
- BRAMWELL, D. 1986. Contribución a la biogeografía de las Islas Canarias. *Botánica Macaronésica* 14: 3-34 (1985).
- BRAVO, T. 1953. *Lacerta maxima* n sp. de la fauna continental extinguida en el Pleistoceno de las Islas Canarias. *Est. Geol. Inst. Invest. Geol. Lucas Mallada* 9 (17): 7-34.
- CARRACEDO, J.C. 1980. *Canarias*. Ed. Anaga S.A., Madrid.
- CRUSAFONT-PAIRÓ & M. F. PETTER. 1964. Un Murine géant fossile des Iles Canaries *Canariomys bravo* gen. nov. spec. nov. (Rongeurs, Muridés). *Mammalia* 28 (4): 608-611.
- DEL-ARCO, M. 1986. Colonización vegetal de las Islas Canarias, in P.L. PÉREZ DE PAZ & F. VALDÉS (eds.) *Origen y evolución de la vida*. Secr. Publ. Univ. de La Laguna. Ser. Informes nº21: 105-124.
- DEL-ARCO, M. 1989. El origen de la flora canaria. *Quercus* 41: 14-21.
- DIRKSE, G.M., A.C. BOUMAN & A. LOSADA-LIMA. 1993. Bryophytes of the Canary Islands, an annotated checklist. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 14(1): 1-47.
- FOLLMAN, G. 1976. Lichen Flora and Lichen Vegetation of the Canary Islands, in G. KUNKEL (ed.): *Biogeography and Ecology in the Canary Islands*: 267-286.
- GARCÍA TALAVERA, F. 1989. Aves gigantes en el mioceno de Famara (Lanzarote). *ESF Meeting on Canarian Vulcanism*. Lanzarote, Nov. Dic. 1989: 349-350.
- HANSEN, A. & P. SUNDING. 1985. Flora of Macaronesia. Checklist of Vascular Plants. 3 rev. ed. *Sommerfeltia* 1: 1-167.
- HIRSCH, K. & L. F. LÓPEZ JURADO. 1987. Pliocene chelonian Fossil Eggs from Gran Canaria, Canary Islands. *J. Vert. Paleont.* 7 (1): 96-99.
- HUTTERER, R., N. LÓPEZ-MARTÍNEZ & J. MICHAUX. 1988. A new Rodent from Quaternary deposits of the Canary Islands and its relationships with Neogene and recent Murids of Europe and Africa. *Paleovertebrata* 18 (4): 241-262.
- KUNKEL, G. 1976. Notes on the introduced elements in the Canary Islands' Flora: 241-265, in KUNKEL (ed.): *Biogeography and Ecology in the Canary Islands*. Dr.W.Junk b.v. Publ. The Hague. 511 pp. The Netherlands.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. & L.F. LÓPEZ JURADO. 1987. Un nuevo múrido gigante del cuaternario de Gran Canaria *Canariomys tamarani* nov. sp. (Rodentia, Mammalia). Interpretación filogenética y biogeográfica. *Doñana Acta Vertabrata*, Ocas. Paper (2): 1-60.
- QUEZEL, P. 1965. *La végétation du Sahara*. Masson et Cie Ed. Paris. 333 pp.
- QUEZEL, P. 1979. Analysis of the Flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Ans. Mo. Bot. Garden* 65: 479-534 (1978).
- SAUER, E.G.F. & P. ROTHE. 1972. Ratite eggshell from Lanzarote, Canary Islands. *Science* 176: 43-45.
- SERHEL, R. & M. BÁEZ. 1990. On the Biotic Diversity of the Eastern Atlantic Islands and its Implication for the Theory of Island Biogeography. *Courier Forsch.-Inst. Senckenberg*, 129: 25-41.
- SUNDING, P. 1979. Origins of the Macaronesian Flora, in D. BRAMWELL (ed.): *Plants and Islands*: 13-40. Gran Canaria.
- VOLSOE, H. 1950. Spring observations on migrant birds in the Canary Islands. *Videsk. Medd. fra Dansk. naturh. Foren* 112: 75-117.
- VOLSOE, H. 1951. The breeding birds of the Canary Islands. I. Introduction and synopsis of the species. *Vidensk. Medd. fra Dansk. naturh. foren* 113: 1-153.
- VOLSOE, H. 1955. The breeding birds of the Canary Islands. II. Origin and History of the Canarian Avifauna. *Vidensk. Medd. fra Dansk. naturh. foren* 117: 117-178.
- WILDPRET, W., W. GREUTER & B. ZIMMER. 1987. XIV International Botanical Congress. Excursion nº35. The phanerogamic and cryptogamic flora and vegetation of Tenerife (Canary Islands). *Excursion guide*. Berlin. 54 pp.

TEMA 20

Flora marina de Canarias y su biodiversidad

Por Ricardo Haroun Tabraue¹ y Julio Afonso Carrillo²

INTRODUCCIÓN

El litoral del Archipiélago Canario se extiende por casi 1.478 km, siendo la segunda comunidad autónoma con mayor longitud de costa después de la gallega. A lo largo de sus costas se desarrollan multitud de plantas marinas, tanto en sustratos rocosos como en aquellos de tipo arenoso, de tal forma que dan carácter a la fisionomía y la estructura de las comunidades bentónicas de los ecosistemas costeros. En este sentido, las algas pardas, preferentemente del género *Cystoseira*, son las plantas dominantes en muchas costas rocosas, tanto en los charcos de la zona intermareal como en los primeros metros del submareal; mientras que la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* (más conocida como seba) es la especie más característica de los fondos submareales arenosos. Sin embargo, en estas comunidades fitobentónicas es posible reconocer multitud de otras especies asociadas y epífitas. La variabilidad de las condiciones oceanográficas en nuestras costas favorece el desarrollo de especies con diferentes ámbitos de distribución, desde aquellas con afinidades templadas a otras más tropicales.

Estas plantas desempeñan un importante papel en las cadenas tróficas litorales. Además, pueden ser utilizadas como bioindicadores de la calidad ambiental en nuestras costas. En los últimos años se están investigando diferentes especies con la finalidad de obtener un mejor aprovechamiento de estos recursos renovables.

El primer estudio detallado sobre la flora marina de las Islas Canarias se debe a MONTAGNE (1838) publicado en la *Phytographia Canariensis* de Webb y Berthelot. Más tarde, BØRGESEN (1925-1930) publicó una serie de monografías sobre algas recolectadas principalmente en Tenerife y Gran Canaria. Estos estudios han sido considerados como básicos para el conocimiento de las plantas marinas canarias. La creación en los centros de investigación canarios de grupos dedicados al estudio de los temas marinos ha propiciado la realización en las últimas décadas de numerosas contribuciones sobre la flora marina de Canarias.

1. FLORA Y ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS

Las macroalgas se desarrollan principalmente en las costas rocosas, desde el nivel de mareas hasta la profundidad a la que llegue suficiente luz para sostener la función fotosintética (aproximadamente el 1% de la luz superficial). Conforme descendemos en el mar, disminuye el número de especies adaptadas a esas con-

¹ Dr. en Biología. Profesor Titular del Dpto. de Biología. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

² Dr. en Biología. Profesor Titular del Dpto. de Biología Vegetal (Botánica). Universidad de La Laguna.

diciones peculiares de luz, de tal manera, que la mayoría de las macroalgas (y sobre todo sus mayores biomasas) están localizadas en los primeros 20 m de profundidad.

GIL-RODRÍGUEZ *et al.* (1992) contabilizaron un total de 458 macroalgas para todo el Archipiélago Canario, desglosadas de la siguiente forma: 264 Rhodophyta (algas rojas), 93 Chlorophyta (algas verdes), 79 Phaeophyta (algas pardas) y 22 Cyanophyta (algas verdeazules o cianobacterias). Posteriores investigaciones en tramos concretos del litoral, así como el estudio taxonómico de ciertos grupos conflictivos, han aumentado considerablemente el número de especies catalogadas (SANSÓN *et al.*, 1991; CHACANA, 1992; GIL-RODRÍGUEZ & HAROUN, 1992; SANSÓN, 1994). En la actualidad continúan apareciendo nuevas especies a partir de hábitats poco prospectados (BALLESTEROS *et al.*, 1992; HAROUN *et al.*, 1993) o como consecuencia de mayor intensidad de muestreos litorales (REYES *et al.*, 1993; BETANCORT-VILLALBA *et al.*, 1995). En este sentido es posible reconocer en las costas canarias más de 600 especies de macroalgas y 3 fanerógamas marinas (*Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* y *Halophila decipiens*), estando estas últimas restringidas a sustratos arenosos o incluso fangosos.

En los siguientes párrafos vamos a hacer una breve reseña sobre determinadas localidades del litoral canario, donde se han realizado estudios más o menos pormenorizados de su fitobentos.

A lo largo del litoral de La Graciosa, VIERA-RODRÍGUEZ (1987) identificó un total de 197 especies, principalmente a partir de recolecciones en la zona intermareal. En Lanzarote, el litoral de Arrecife fue analizado por GUADALUPE *et al.* (1995) quienes presentaron un catálogo de 200 especies, la mayoría de ellas también intermareales, sin embargo, esta localidad tiene una cierta relevancia por ser la única donde actualmente se pueden reconocer poblaciones relictuales de la fanerógama marina *Zostera noltii*.

En la isla de Fuerteventura son los trabajos de SOLER-ONÍS *et al.* (1994) para el litoral de Corralejo-Lobos y de GONZÁLEZ-RUIZ *et al.* (1995) para el litoral de Cutillo los que aportan un mayor número de especies para la flórmula insular, 268 especies el primero y 248 especies el segundo.

En la isla de Gran Canaria se ha analizado la composición florística de varias localidades, destacando el estudio de GONZÁLEZ-HENRÍQUEZ (1986) de la peculiar flora y vegetación marina de la Playa de Las Canteras donde se recogen 198 especies. Recientemente, VIERA-RODRÍGUEZ *et al.* (1993) presentaron un catálogo florístico de la Bahía de Santa Agueda con 143 especies en su mayoría procedentes de sustratos artificiales experimentales o de fondos arenosos cercanos.

En los últimos años se han llevado a cabo varios estudios florísticos en diferentes tramos del litoral de la isla de Tenerife, destacando los de PINEDO *et al.* (1992) en Puerto de la Cruz, ELEJABEITIA *et al.* (1992) en Punta del Hidalgo y REYES *et al.* (1994) en la bahía de El Médano. En este último trabajo se reconocen 253 especies posiblemente por la coexistencia de fondos rocosos y arenosos con una exposición media, mientras que en Puerto de la Cruz y Punta del Hidalgo, el sustrato rocoso con una exposición elevada permite el desarrollo de un número algo menor de especies.

El litoral de Los Organos en la isla de La Gomera fue estudiado por HAROUN *et al.* (1984). Se trata de una de las localidades orientadas al Norte con mayor exposición al oleaje de todo el Archipiélago Canario. Este fuerte hidrodinamismo condiciona no sólo el escaso número de especies presentes (59 macroalgas), sino también la plasticidad morfológica de las mismas, con una reducción general del tamaño de las diferentes especies como adaptación a la violencia de las olas. Información detallada sobre la flora litoral de localidades de La Palma o El Hierro no ha sido publicada hasta el presente.

El conjunto de macroalgas presentes en el Archipiélago Canario está formado por especies con rangos de distribución muy dispares, aunque se puede observar una clara predominancia de las algas rojas (más del 50% son rodófitas), como corresponde por su proximidad a los trópicos. Por su situación geográfica, además de la Corriente Fría de Canarias (una rama descendente de la Corriente del Golfo), las islas están afectadas por los afloramientos de aguas frías en la cercana costa africana; en este sentido, es posible observar un marcado gradiente en la temperatura superficial del agua de mar desde las islas más orientales (Lanzarote y Fuerteventura) hasta las islas más occidentales (La Palma y El Hierro), estas últimas con características más oceánicas.

En su conjunto, las mayores afinidades de nuestra flora marina se encuentran con la del Mediterráneo Occidental, siendo posteriormente la región del Caribe la más cercana y también las costas atlánticas europeas; sin embargo, hay una marcada diferencia con la cercana costa africana, la cual posee mayores afinidades boreales que la flora marina canaria (AFONSO-CARRILLO & GIL-RODRÍGUEZ, 1982). Un análisis biogeográfico más detallado de la flora marina canaria revela una cierta divergencia de la flórmula marina de Lanzarote y Fuerteventura respecto a la de las otras islas (PRUD'HOMME VAN REINE & VAN DEN HOEK, 1990), así como una mayor presencia de especies boreales en las estaciones orientadas al N de las islas, mientras que aquellas estaciones orientadas al S, por lo general, muestran una composición florística más tropical. Estas diferencias geográficas, se ven reforzadas por las variaciones de temperatura del agua de mar a lo largo del año. Como consecuencia de estas variaciones temporales, muchas especies solamente se encuentran durante periodos muy cortos y son sustituidas por otras especies mejor adaptadas a las condiciones climáticas vigentes.

2. PATRONES DE ZONACIÓN (DISTRIBUCIÓN VERTICAL)

Los vegetales bentónicos están limitados principalmente a las zonas costeras, desde el nivel de mareas hasta las profundidades a las que llega la luz suficiente para poder prosperar, en algunos casos hasta algo más de 200 m de profundidad. Las algas utilizan el sustrato tan solo para la fijación y no obtienen de él ningún elemento nutritivo. Los sustratos más adecuados son las rocas o acantilados costeros donde pueden fijarse firmemente y resistir con éxito los golpes de las olas y los temporales. Los callaos y las rocas de menor tamaño son menos favorables porque los temporales los desplazan y el efecto abrasivo de los golpes de unas piedras contra otras elimina las algas que las cubren. Por último, las arenas constituyen un sustrato poco propicio para muchas algas debido a su inestabilidad.

2.1. El Intermareal

En Canarias, la oscilación de las mareas no alcanza los 3 m de altura, pero puede afectar a una superficie bastante variable, en función de la inclinación de la costa. En las costas rocosas los organismos se disponen en bandas horizontales. Esta distribución vertical o *zonación* está presente en todas las costas del mundo y en ella intervienen aparte de las algas, líquenes y animales sedentarios. Un restringido número de grupos de plantas y animales definen bandas o zonas y pueden ser utilizados como básicos para caracterizar la zonación de diferentes costas. De acuerdo con LEWIS (1964) la *zona litoral* es la parte de la costa con organismos adaptados a soportar emersión/inmersión o sobrevivir con el spray. El límite superior de la zona litoral está marcado por la desaparición de organismos marinos (cianofíceas, litorínidos o líquenes). La *zona litoral* puede subdividirse en la *frontera litoral* que es la porción superior y que tiene su límite inferior en el nivel más alto del cirrípedo *Chthamallus stellatus*, y el *eulitoral* cuyo límite inferior lo marca el nivel más alto de la comunidad dominante en el *submareal* o *zona sublitoral*, en Canarias habitualmente *Cystoseira abies-marina*.

La zonación de las algas en las Islas Canarias ha sido objeto de numerosos estudios (ver recopilación por GIL-RODRÍGUEZ *et al.*, 1992). El factor más importante que modifica el modelo de zonación es el movimiento del agua, que afecta a la extensión vertical de las diferentes bandas y a su composición específica.

a) Zonación de ambientes expuestos

La zonación de las algas en el Roque de Los Organos, situado en el norte de La Gomera, fue estudiada por HAROUN *et al.* (1985). El acantilado, formado por columnas basálticas, cae casi verticalmente desde más de 80 m sobre el nivel del mar hasta 15 m de profundidad. Por su situación, Los Organos reciben un violento oleaje durante casi todo el año y los periodos de calma son escasos. En esta situación, la *zona litoral* puede alcanzar hasta 20 m de altura. La *frontera litoral* está dominada por la cianofícea *Calothrix crustacea*. Estas poblaciones pueden ser reconocidas con facilidad por su coloración negro-verdosa y aspecto de verdín, que forman un recubrimiento casi continuo de hasta 12 m de ancho. En el *eulitoral* pueden distinguirse tres bandas diferentes. La superior está dominada por el cirrípedo *Chthamallus stellatus* y la cianofícea *Brachytrichia quoyi*. El componente más evidente es *Chthamallus* que crece bastante agrupado y confiere una coloración beige clara muy característica que resalta sobre el negro del sustrato. En la parte inferior de esta banda es posible reconocer plantas de *Nemalion helminthoides*, al menos en primavera. La banda media está ocupada principalmente por talos costrosos de la feofícea *Ralfsia verrucosa* que forma placas delgadas de contorno irregular y color marrón y la rodofícea *Neogoniolithon orotavicum* que forma pequeñas costras a veces superpuestas de color rosa pálido o beige. Junto a estas algas crecen también *Scytosiphon lomentaria*, *Stichothamniom cymatophilum*, *Ceramium rubrum* y *Dasya* sp. La banda inferior está dominada por la coralinícea incrustante *Porolithon oligocarpum* que forma gruesas costras de color beige y márgenes blanquecinos. También interviene de manera significativa *Corallina elongata* con individuos de pequeño tamaño, densamente agrupados entre sí y que portan numerosos epífitos (*Ceramium* spp., *Crouania attenuata*, *Gastroclonium clavatum*). En el nivel inferior de esta banda *Laurencia perforata* y *Valonia utricularis* adquieren un cierto protagonismo. El comienzo del *submareal* está señalado por la presencia de tres estrechas bandas sucesivas. La más alta corresponde a *Cystoseira abies-marina*, de color pardo amarillento y con una ecoforma de pequeño tamaño, inferior a 10 cm, seguida por *Gelidium arbuscula* con sus talos de color rojo, que contrasta con la banda siguiente de *Gelidium canariensis* de color negruzco.

b) La zonación en ambientes semiexpuestos

La zonación en las costas de Montaña Pelada (sur de Tenerife) fue estudiada por AFONSO-CARRILLO *et al.* (1979). Estos ambientes, no sometidos habitualmente a un fuerte, oleaje son los más comunes en las costas de las Islas Canarias. En Montaña Pelada, la costa está formada por pequeños acantilados más o me-

nos verticales de piroclastos. En los puntos ligeramente inclinados, la *zona litoral* está reducida a apenas 3 m de altura y en ella se distribuyen las diferentes bandas de algas. La *frontera litoral* esta definida por la presencia de litorínidos y algunas cianofíceas limitadas a las fisuras de las rocas. En el *eulitoral*, pueden diferenciarse tres bandas sucesivas. La superior está caracterizada por la presencia de *Chthamallus stellatus* y diversas cianofíceas: *Brachitrichia quoyi*, fácilmente reconocible por formar agrupamientos de color negro, *Calothrix crustacea* con agrupamientos de color verde azulado, y *Entophysalis deusta*, que los forma pardo amarillentos. En los niveles más bajos de esta banda en algunos puntos es posible distinguir poblaciones de la feofícea *Fucus spiralis* que forma bandas muy bien delimitadas, y la rodofícea *Gelidium pusillum*, habitualmente limitada a las fisuras de las rocas. La banda media del eulitoral está dominada por la clorofícea *Dasycladus vermicularis*, que forma comunidades cespitosas, en las que con frecuencia intervienen también *Padina pavonica* y *Polyphysa polyphysoides*. La banda inferior es bastante heterogénea en su composición, y en ella intervienen diferentes especies de *Laurencia* y *Codium*, *Corallina elongata* y la ecoforma en roseta de *Cystoseira compressa*. El comienzo del *submareal* está marcado por la presencia de *Cystoseira abies marina*.

c) La zonación en ambientes protegidos

El litoral de Caleta del Sebo, en La Graciosa, fue estudiado por VIERA-RODRÍGUEZ & WILDPRET (1986). Está formado por unas plataformas de areniscas o rocas erosionadas poco accidentadas, que prácticamente presentan una inclinación similar a una playa de arenas. Habitualmente no existe otro movimiento del mar que el ligado a las mareas. La *zona litoral* abarca una altura inferior a los 2 m, de manera que los organismos marinos capaces de crecer más alto, están situados por debajo del nivel de pleamar. La *frontera litoral* está dominada por la cianofícea *Schizothrix calcicola* que cubre las superficies con agrupamientos de color pardo-verdoso. En el *eulitoral*, resulta muy patente la banda superior definida por *Chthamallus stellatus* acompañado por las cianofíceas *Calothrix crustacea* y *Schizothrix calcicola*. La banda media está ocupada principalmente por *Corallina elongata* que forma densas poblaciones entre las que se acumulan grandes cantidades de arenas y detritos. En algunos puntos, esta especie es sustituida por *Fucus spiralis*. Por debajo aparece una banda claramente definida, que se continua en el *submareal*, en la que la especie más evidente es la feofícea *Padina pavonica*, pero en la que también intervienen *Stypocaulon scoparium* y *Jania rubens*. Esta banda cespitosa es la que ocupa la mayor parte del intermareal y desciende sin modificaciones significativas, hasta que desaparece por la presencia de los fondos arenosos.

d) Los charcos de marea

En muchas zonas costeras, las condiciones orográficas permiten la formación durante la bajamar de charcos donde crecen algas marinas bentónicas. Estos charcos de marea presentan una diferente composición florística según la altura que ocupen en la costa. Aunque estas algas no están sometidas a la emersión, las condiciones ambientales se modifican significativamente en función del tiempo que permanecen aislados del mar.

—**Charcos supralitorales.**— Los charcos más altos se caracterizan porque su contenido en agua sólo es renovado durante los temporales o por las salpicaduras de las olas en pleamar. Estos charcos soportan una intensa insolación que eleva la temperatura del agua e incrementa la evaporación, elevando la salinidad. Estas condiciones extremas sólo son soportadas por algunas cianofíceas.

—**Charcos mesolitorales.**— Los charcos situados algo más abajo en la costa son renovados durante la pleamar, de manera que la mayor parte del día están aislados del mar. Estos charcos soportan incrementos en temperatura y salinidad de carácter diario, que se normaliza con cada pleamar. Estas particulares condiciones pueden soportarlas sólo un reducido número de algas. Estos charcos están ocupados típicamente por dos feofíceas del género *Cystoseira*: *C. humilis* y *C. foeniculacea*.

—**Charcos infralitorales.**— Los charcos más bajos quedan aislados del mar durante un corto espacio de tiempo durante la bajamar, de manera que sus condiciones no sufren modificaciones dignas de mención. Las algas que crecen en estos charcos, son las mismas que lo hacen en los primeros metros del submareal.

2.2. El Submareal

De acuerdo con WILDPRET *et al.* (1987) y BALLESTEROS (1993) el poblamiento vegetal marino en el submareal permite distinguir las siguientes situaciones:

a) Fondos rocosos

Los *ambientes superficiales* (aprox. 0-10 m de profundidad) pueden consistir en acantilados que descienden pronunciadamente en el mar. En estos casos los poblamientos vegetales suelen estar limitados a una

banda delgada de 1-3 m de ancho, dispuesta a partir del límite de la bajamar y ocupada por *Cystoseira abies-marina*, *Gelidium arbuscula* o *Gelidium canariensis*. En fondos más llanos se forman comunidades submarinas de dos tipos: (a) Poblamientos dominados por especies de *Cystoseira*, principalmente *C. abies-marina* que habitualmente forma comunidades muy densas y prácticamente uniespecíficas sobre las rocas bien iluminadas de los ambientes expuestos y semiexpuestos. En muchas ocasiones estas comunidades son mixtas y en ellas intervienen otras especies de *Cystoseira*, *Sargassum*, *Dictyota*, *Zonaria*, *Lobophora*, etc. Y (b) Poblamientos dominados principalmente por *Stypocaulon scoparium* son relativamente comunes en las islas más orientales. Ocupan fondos rocosos en aguas algo más protegidas donde existe cierto grado de sedimentación. Aunque *Stypocaulon* es dominante con frecuencia intervienen otras algas como *Padina pavonica*, *Haltilton virgatum* o *Hypnea spinella*. Por debajo de los 10 m de profundidad los poblamientos de algas en las Islas Canarias son bastante pobres. Cabe destacar la presencia ocasional de especies de géneros como *Dasya*, *Nereia*, *Sporochnus*, *Halymenia* o *Struvea*. En los ambientes profundos (aprox. 10-50 m de profundidad) los fondos poco inclinados albergan comunidades vegetales constituidas frecuentemente por un estrato costroso de coralináceas y otro erecto en el que dominan algas como *Halopteris filicina*, *Hypnea spinella*, *Microdictyon tenuis*, *Carpomitra costata* o *Lobophora variegata*, a veces ligados a las poblaciones del coral negro (*Antipathes wollastoni*). Las paredes verticales y extraplomos suelen estar ocupados por coralináceas costrosas y pequeñas algas rojas que comparten el sustrato con esponjas y cnidarios.

b) Fondos arenosos

En los ambientes superficiales de ambientes protegidos o semiexpuestos son frecuentes las praderas de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* («sebadales») con la que con frecuencia crecen algunas especies de *Caulerpa*. Las hojas de esta fanerógama se caracterizan por soportar un elevado epifitismo de pequeñas algas entre las que cabe destacar las incrustantes del género *Hydrolythum* y numerosas rodofitas de reducido tamaño (REYES, 1993). En los ambientes profundos aparecen pequeñas poblaciones de la fanerógama *Halophila decipiens*.

c) Fondos de maërl

Son relativamente comunes a partir de 25 m de profundidad y están constituidos por coralináceas arbusculares libres, principalmente *Lithothamnion corallioides*, que forman un estrato basal, sobre el que se desarrolla un estrato erecto muy diverso en el que intervienen principalmente *Hypnea spinella*, *Rytiphloea tinctoria*, *Halopithys incurvus* y *Gracilaria verrucosa*.

BIBLIOGRAFÍA

- AFONSO-CARRILLO, J. M. C. GIL-RODRÍGUEZ & W. WILDPRET. 1979. Estudio de la vegetación algal de la costa del futuro polígono industrial de Granadilla (Tenerife). *Vieraea* 8: 201-242.
- AFONSO-CARRILLO, J. & M. C. GIL-RODRÍGUEZ. 1982. Aspectos biogeográficos de la flora ficológica marina de las Islas Canaria. *Actas II Simp. Iber. Bentos Marino* 3: 41-48.
- BALLESTEROS, E., M. SANSÓN, J. REYES, J. AFONSO-CARRILLO & M.C. GIL-RODRÍGUEZ. 1992. New records of benthic marine algae from the Canary Islands. *Bot. Mar.* 35: 513-522.
- BALLESTEROS, E. 1993. Algunas observaciones sobre las comunidades de algas profundas de Lanzarote y Fuerteventura (Islas Canarias). *Vieraea* 22: 17-27.
- BETANCORT-VILLALBA, M.J. N. GONZÁLEZ-HENRÍQUEZ, R. HAROUN TABRAUE, R. HERRERA PÉREZ, E. SOLER ONÍS & M.S. VIERA RODRÍGUEZ. 1995. Adiciones corológicas a la flora marina de Canarias. *Bot. Macaronésica* 22: 75-89.
- BØRGENSEN, F. 1925-30. Marine algae from the Canary Islands. Chlorophyceae, Phaeophyceae & Rhodophyceae. Parts I, II & III. *Det Kgl. Dansk. Videns Selsk. Biol. Medd.* 5(3): 1-123, 6(2): 1-112, 6(6): 1-97, 8(1): 1-97 & 9(1): 1-159.
- CHACANA, M.E. 1992. El género *Codium* Stackhouse (Chlorophyta) en el Archipiélago Canario. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna (no publicada). 316 pp.
- ELEJABEITIA, Y., J. REYES & J. AFONSO-CARRILLO. 1992. Algas marinas bentónicas de Punta del Hidalgo, Tenerife (Islas Canarias). *Vieraea* 21: 1-28.

- GIL-RODRÍGUEZ, M. C., J. AFONSO-CARRILLO & R. HAROUN. 1992. Flora ficológica de las Islas Canarias. In G. Kunkel (coord.). Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 1 Parte. Edirca S.L. Las Palmas de Gran Canaria. pp: 95-121.
- GIL-RODRÍGUEZ, M.C. & R. HAROUN. 1992. *Laurencia viridis* sp. nov. (Ceramiaceae, Rhodomelaceae) from the Macaronesian Archipelagos. *Bot. Mar.* 35: 227-237.
- GONZÁLEZ-RUIZ, S., J. REYES, M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO. 1995. Flora marina de Cotillo, Noroeste de Fuerteventura (Islas Canarias). *Vieraea* 24: 13-38.
- GUADALUPE, E. M.C. GIL-RODRÍGUEZ & M.C. HERNÁNDEZ. 1995. Fitobentos de Arrecife de Lanzarote, Reserva de la Biosfera (Islas Canarias). *Cryptogamie, Algol.* 16: 33-46.
- HAROUN, R.J., M.C. GIL-RODRÍGUEZ, J. AFONSO-CARRILLO & W. WILDPRET. 1984. Estudio del fitobentos del Roque de Los Organos (Gomera). *Vieraea* 13: 259-276.
- HAROUN, R.J., M.C. GIL-RODRÍGUEZ, J. AFONSO-CARRILLO & W. WILDPRET. 1985. Vegetación bentónica del Roque de Los Organos (Gomera). *An. Biol. Univ. Murcia* 2 (secc. Esp. 2): 107-117.
- HAROUN, R.J., W.F. PRUD'HOMME VAN REINE D.G. MÜLLER, E. SERRAO & R. HERRERA. 1993. Deep-water macroalgae from the Canary Islands: new records and biogeographical relationships. *Helgolander Meeresunters* 47: 125-143.
- LEWIS, J.R. 1964. *The Ecology of Rocky Shores*. English University Press. London.
- MONTAGNE, C. 1938. Plantae cellulares. En: Webb et Berthelot, *Histoire Naturelle des Iles Canarias. Phytographia Canariensis*. 3(2) Secc. ult., París.
- PINEDO, S., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO. 1992. Algas marinas bentónicas de Puerto de la Cruz (antes Puerto Orotava) Tenerife (Islas Canarias). *Vieraea* 21: 29-60.
- PRUD'HOMME VAN REINE, W.F. & VAN DEN HOEK, C. 1990. Biogeography of Macaronesian Seaweeds. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg* 129: 55-73.
- REYES, J. 1993. Estudio de las praderas marinas de *Cymodocea nodosa* (Cymodoceaceae, Magnoliophyta) y su comunidad de epífitos, en El Médano (Tenerife, Islas Canarias). Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna (no publicada). 424 pp.
- REYES, J., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO. 1993. Notes on some interesting marine algae new from the Canary Islands. *Crypt. Bot.* 4: 50-59.
- REYES, J., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO. 1994. Algas marinas bentónicas de El Médano, S Tenerife (Islas Canarias). *Vieraea* 23: 15-42.
- SANSÓN, M., J. REYES & J. AFONSO-CARRILLO. 1991. Contribution to the seaweed flora of the Canary Islands: eight new records of Florideophyceae. *Bot. Mar.* 34: 527-536.
- SANSÓN, M. 1994. Notes on Ceramiaceae (Rhodophyta) from the Canary Islands: new records and observations on morphology and geographical distribution. *Bot. Mar.* 37: 347-356.
- SOLER-ONÍS, E., M.A. VIERA-RODRÍGUEZ & R.J. HAROUN. 1994. Estudio del fitobentos del Parque Natural de las Dunas de Corralejo e isla de Lobos, Fuerteventura (Islas Canarias). *Abstracts VIII Simposio Iberico de Estudios del Bentos Marino (Blanes)* 114-115.
- VIERA-RODRÍGUEZ, M.A. 1987. Contribución al estudio de la flórmula bentónica de la isla de La Graciosa. *Vieraea* 17: 237-259.
- VIERA-RODRÍGUEZ, M.A., E. SOLER-ONÍS & R.J. HAROUN. 1993. Study of the Phytobenthos from the Artificial Reef of Arguineguín (Gran Canaria, Canary Islands). *Abstracts I Symposium Fauna & Flora of the Atlantic Islands (Funchal)*, pp 34.
- VIERA-RODRÍGUEZ, M. A. & W. WILDPRET. 1986. Contribución al estudio de la vegetación bentónica de la isla de La Graciosa. Canarias. *Vieraea* 16: 211-231.
- WILDPRET, W., M.C. GIL-RODRÍGUEZ & J. AFONSO-CARRILLO. 1987. *Cartografía de los campos de algas y praderas de fanerógamas marinas del piso infralitoral del Archipiélago Canario*. Consejería de Agricultura y Pesca. Gobierno de Canarias.

TEMA 21

Fauna marina de Canarias y su biodiversidad

Por José M^a Lorenzo Nespereira¹ y Alberto Brito Hernández²

INTRODUCCIÓN

A grandes rasgos, las características y particularidades de las comunidades que conforman el espectro faunístico de las aguas marinas de las Islas Canarias están determinadas, además de por la situación del Archipiélago, por las condiciones oceanográficas y por la morfología y naturaleza de los fondos.

Las condiciones oceanográficas juegan, sin duda, un papel decisivo en la composición y constitución de la fauna marina del Archipiélago canario, en especial la Corriente de Canarias, rama descendente del sistema de la Corriente del Golfo, que influye de manera decisiva en el resto de las características. La Corriente de Canarias, que fluye en dirección sur-suroeste y transporta aguas relativamente frías procedentes de latitudes más septentrionales, pone en contacto a las Islas con las costas templadas europeas y las tropicales y subtropicales americanas. La temperatura superficial del agua oscila a lo largo del año entre 16 y 24 °C normalmente, pudiéndose encontrar para una misma época diferencias de hasta 2 °C entre los extremos del archipiélago, localizándose las aguas más frías en las Islas más próximas a la costa africana. La salinidad superficial, cuyos valores anuales se sitúan entre 36 y 37, también aumenta desde las Islas más orientales hacia las más occidentales, pudiendo alcanzar, para una misma época, una diferencia de 1 entre ambos extremos. Las concentraciones de nutrientes oscilan poco durante el año y son, por lo general, bajas, excepto en algunas áreas sometidas a determinados fenómenos hidrodinámicos submesoescalares. En resumen, se tiene un amplio espectro de condiciones ambientales, desde características templadas hasta casi tropicales, pero en un medio con una limitada capacidad de producción biológica, que influyen de manera importante en la distribución y densidad de las especies que viven en las aguas del Archipiélago.

La morfología y naturaleza de los fondos marinos canarios también condicionan, de manera importante, el asentamiento y diversidad de sus comunidades faunísticas. Las Islas, que emergen a modo de edificios volcánicos independientes de la zona comprendida entre la plataforma continental africana y el comienzo de la llanura abisal atlántica, están originadas por la acumulación de productos de múltiples erupciones volcánicas en los fondos oceánicos.

La naturaleza volcánica de las Islas, unida a su juventud, hace que las plataformas insulares sean, por lo general, de un ancho exiguo y vayan seguidas de un talud que gana profundidad rápidamente. La acusada inclinación de los fondos, característica que se refleja fielmente en las costas, hace que los sustratos duros sean predominantes, quedando las áreas de sedimentos restringidas a aquellas zonas donde la plataforma es más

¹ Dr. en Ciencias del Mar. Profesor Titular del Dpto. de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

² Dr. en Biología. Profesor Titular de Biología Marina del Dpto. de Biología Animal de la Universidad de La Laguna.

amplia. El sustrato rocoso es, en general, abrupto y rico en accidentes, lo que da lugar a una amplia diversidad de comunidades marinas.

En relación con esos dos conjuntos de factores y con la propia posición geográfica del Archipiélago, en una latitud subtropical y próximo a las costas atlánticas europeas y africanas, las Islas Canarias presentan una fauna marina muy diversificada y rica en especies, coexistiendo elementos atlántico-mediterráneos, anfiatlánticos tropicales y subtropicales, pantropicales, tropicales del Atlántico oriental, subtropicales y tropicales del Atlántico oriental, cosmopolitas, atlántico-mediterráneo-boreales, macaronésicos y endémicos.

Además, en correspondencia con la diversidad ambiental apuntada, incluso en el propio archipiélago se advierte una variación tanto cualitativa como cuantitativa de las especies que pueblan sus aguas marinas, de modo que se observa un gradiente de tropicalidad que va desde las Islas orientales a las occidentales, siendo estas últimas más ricas en elementos tropicales. Es más, existen casos de algunas especies que sólo se conocen de una zona muy concreta de las Islas.

Los ecosistemas marinos canarios tienen, como se ha indicado, una gran variedad específica, pero en contraposición poseen una baja abundancia en cuanto se refiere al número de individuos por especie, característica que es típica de las biocenosis de fondos rocosos, en relación al escaso espacio habitable y la baja capacidad productiva.

En lo que sigue, se da, para las Islas Canarias, una visión general de las biocenosis y comunidades faunísticas más representativas de las diferentes zonas de los dominios bentónico y pelágico para las que existe información. Téngase en cuenta que, en el mar, la naturaleza e intensidad de los factores ambientales varían con la profundidad y con la distancia a la costa, lo que da lugar a la existencia, tanto en la región bentónica como en la pelágica, de zonas con comunidades de organismos características, cuyos límites se aprecian por un cambio notable en la composición y estructura de las mismas.

1. EL DOMINIO BENTÓNICO

El dominio bentónico, que corresponde a la zona de fondo, es más heterogéneo que el pelágico, de ahí que presente una mayor diversidad. Sin duda, la morfología y naturaleza del sustrato contribuyen a crear una mayor diversidad de biotopos.

1.1. La zona supralitoral

Zona de salpicaduras que sólo queda cubierta durante las grandes pleamares equinocciales o fuertes temporales, es bastante pobre. Las comunidades faunísticas más significativas de esta franja se sitúan en las costas rocosas y, por lo común, están formadas por unas pocas especies muy bien adaptadas a la exposición aérea. En ese tipo de costas, la vida animal está caracterizada por la presencia de moluscos gasterópodos del género *Littorina* y del crustáceo isópodo *Ligia italica*, especies que efectúan incursiones alimentarias hacia la zona mesolitoral. Algunos organismos más propiamente terrestres, como insectos y ácaros, son también visitantes asiduos de estos lugares. En las costas escarpadas, el cangrejo rojo o cangrejo moruno *Grapsus grapsus*, siguiendo el movimiento de las mareas, penetra en la zona supralitoral. En los lugares arenosos donde se acumulan algas arrojadas por el oleaje, se pueden encontrar las denominadas pulgas de mar, que son anfípodos de los géneros *Talitrus*, *Orchestia* y *Talorchestia*. También pueden encontrarse insectos, como coleópteros y dípteros, y algunas aves, como los vuelvepedras, las garzas y los zarapitos.

1.2. La zona mesolitoral

Franja sometida al flujo de mareas, se caracteriza por ser más rica que la supralitoral y estar poblada por especies muy bien adaptadas a los cambios ambientales. En esta zona existen varios tipos de ambientes diferentes, cada uno de ellos con sus particularidades. Los biotopos más característicos, que se describen en los párrafos siguientes, son las rasas y charcos intermareales, los cantiles rocosos, las playas de cantos rodados y pedregales, y las playas de arena.

En los charcos y rasas intermareales, los ambientes más poblados y ricos en cuanto a diversidad específica se refiere de la zona mesolitoral, es evidente una estratificación vertical de los organismos, los cuales se disponen en función de su resistencia a la emersión o a los cambios en salinidad y temperatura. En los charcos de la parte alta, donde la renovación del agua es mínima, el poblamiento animal es escaso, encontrándose el camarón de charco *Palaemon elegans* y peces como el caboso *Mauligobius maderensis* o la barriguda *Parablennius parvicornis*. La diversidad aumenta notablemente al descender hacia la zona inferior de mareas.

Entre las especies fotófilas más representativas de la zona baja están los antozoos *Anemonia sulcata* y *Aiptasia mutabilis* (anémonas) y *Palythoa canariensis* (zoantídeo). También son frecuentes los erizos *Paracentrotus lividus* y *Arbacia lixula*, la estrella *Coscinasterias tenuispina*, los opistobranquios *Spurilla neapolitana*, *Favorinus branchialis*, *Peltodoris punctifera* y *Platidoris argo*, y los prosobranquios *Columbella rustica striata*, *Amyclina pfeifferi* y *Thays haemastoma*. Se encuentran, asimismo, los cangrejos ermitaños *Clibanarius aequabilis* y *Calcinus tubularis*, otros crustáceos decápodos de las familias *Xanthidae*, *Majidae*, *Hippolytidae*, *Alpheidae* y *Gnathophyllidae*, y peces de los géneros *Blennius*, *Gobius* y *Lepadogaster* (chupasangres). Entre las especies esciáfilas se encuentran el monocoral *Balanophyllia regia* y el pequeño cangrejo *Porcelana platichel* que ocupan los huecos de los charcos, comunidades formadas por esponjas, briozoos, ascidias coloniales y especies de hábitos nocturnos como la ofiura *Ophioderma longicaudum* que se refugian bajo las piedras, y especies endobiontes como el molusco bivalvo *Lithophaga caudigera* y la esponja incrustante *Terpios fugax* que colonizan los poros y huecos de las rocas. Sipuncúlidos, poliquetos y otros organismos, como la anémona *Telmatactis elongata*, también son frecuentes en las oquedades.

En los cantiles rocosos también se advierte un bandeo formado por diferentes comunidades animales, incluso más evidente que el observado en los charcos y rasas. La zona superior de mareas está ocupada principalmente por *Chthamalus stellatus* (sacabocao), crustáceo cirrípedo que forma densos poblamientos con numerosos individuos. Entre esa especie también pueden encontrarse la lapa *Patella piperata* y los burgados, *Osilinus atratus* en las zonas más abruptas y *Osilinus trapei*, en las más llanas. Debajo de la banda amarillenta que corresponde al poblamiento del cirrípedo aparece otra de algas cespitosas, dentro de las que se instalan numerosos invertebrados de pequeño tamaño tales como gusanos poliquetos, crustáceos anfípodos o moluscos gasterópodos. En la línea inferior de mareas pueden encontrarse los cirrípedos *Megabalanus azoricus* (claca) y *Pollicipes cornucopia* (percebe), la lapa *Patella ulyssiponensis aspera* y el mejillón *Perna perna*, que en las zonas más productivas puede aparecer más arriba. Además, desplazándose por todos los estratos o metidos en agujeros, pueden observarse frecuentemente diferentes especies de cangrejos, como el cangrejo blanco *Plagusia depressa*, el cangrejo de roca *Pachygrapsus marmoratus* o la jaca *Eriphia verrucosa*.

Las playas de cantos rodados y pedregales se caracterizan por ser más pobres que los cantiles rocosos y los charcos y rasas intermareales, a causa de la inestabilidad que suponen los cantos para el asentamiento de los organismos. Las especies animales típicas de estos biotopos son las anémonas *Anthopleura thallia* y *Actinia equina*, el gasterópodo *Gibberula coelata*, la pequeña estrella *Asterina gibbosa*, cangrejos del género *Xantho* y el pez *Lepadogaster zebrina*, endémico de la macaronesia. Entre la vegetación que tapiza las piedras pueden encontrarse invertebrados tales como la lapa *Patella candei crenata*, el pulmonado *Siphonaria grisea*, el burgado *Osilinus atratus* o el pequeño cangrejo *Pachygrapsus transversus*. Bajo las piedras, donde se dispone el mayor número de especies, es posible encontrar esponjas de las especies *Halichondria panicea* y *Plakortis simplex* y ascidias de los géneros *Botryllus* y *Botrylloides*. Cuando las piedras están sobre un lecho arenoso aumenta la diversidad, apareciendo diferentes especies de poliquetos de los géneros *Nereis* y *Perinereis*, y pequeños moluscos gasterópodos como *Hinia ferussaci*.

Las playas de arena son los biotopos más pobres que se pueden encontrar en la zona mesolitoral. Aunque sobre la arena es posible observar anfípodos como *Talitrus saltator* y *Talorchestia anchoides*, el poblamiento animal está restringido prácticamente al meiobentos y microbentos o fracción más pequeña de la infauna, formada de modo mayoritario por microorganismos tales como protozoos o pequeños gusanos que viven enterrados en la arena. En la zona inferior de mareas, se pueden encontrar, en ocasiones, especies de la macrofauna tales como el cangrejo paella *Portunus latipes* y los moluscos bivalvos *Ctena decussata* y *Glycimeris pilosa*. En sectores localizados fangosos, con sedimentos finos, aparecen, además de gusanos y poliquetos, el crustáceo *Upogebia pusilla*, que excava galerías.

1.3. La zona infralitoral

Comienza bajo la línea más baja de las mareas equinocciales y se extiende hasta el límite compatible con la vida de las fanerógamas y de las algas fotófilas (50 m de profundidad, aproximadamente), es, de todas, la que presenta mayor diversidad específica, pues al descender hacia ella desde la franja mesolitoral las condiciones se van estabilizando y, en consecuencia, el número de especies animales aumenta. En este sector es preciso diferenciar dos biotopos distintos, los sustratos duros y los sustratos blandos, cada uno de los cuales presenta su propia biocenosis, aunque muchas especies pueden encontrarse indistintamente en cualquiera de ellos. El hidrodinamismo y la penetración de la luz se convierten aquí en factores ambientales muy importantes en la organización de los poblamientos.

Los sustratos duros de la zona infralitoral, mucho más abundantes que los blandos, constituyen los sistemas más ricos en cuanto a diversidad específica se refiere. En los fondos iluminados en los que se desarrolla la banda algal conocida como biocenosis de algas fotófilas, hasta aproximadamente unos 15 m de profundi-

dad en general, la fauna es abundante y muy diversificada, encontrándose gran cantidad de fitófagos, zoófagos y filtradores, entre otros el antozoo *Corynactis viridis*, las holoturias *Holothuria sanctorii* (pepino de mar) y *Holothuria arguinensis* (pepino de mar picudo), el poliqueto *Hermodice carunculata* (gusano de fuego), cangrejos como *Percnon gibbesi*, *Maja squinado* (centollo) y otros del género *Pisa*, moluscos como *Coralliophila meyendorffii* y *Aplysia dactylomena* (vaca de mar), y peces como el pejeverde *Thalassoma pavo*, la fula negra *Abudefduf luridus*, el romero *Centrolabrus trutta* y la vieja *Sparisoma cretense*. En las superficies menos densamente cubiertas de algas de la misma zona vive una rica fauna, entre la que destacan las esponjas *Verongia aerophoba*, *Petrosia dura*, *Hemimyscale columella* y otras del género *Ircinia*, las estrellas *Marthasterias glacialis* y *Ophidiaster ophidianus*, el opistobranquio *Tylodina perversa* y el prosobranquio *Haliotis coccinea canariensis* (almeja canaria), especie que vive bajo las piedras. Por debajo de la banda de algas fotófilas y hasta el límite inferior de la zona infralitoral, marcado por la desaparición de la fanerógama *Cymodocea nodosa* o el alga verde *Caulerpa prolifera* que viven en los arenales, se encuentran el hidrozoo *Aglaophenia pluma*, el antozoo *Corynactis viridis*, el bivalvo *Spondylus senegalensis* (ostrón) y peces como la doncella *Coris julis*, la salema *Sarpa salpa*, el chopón *Kyphosus sectator*, el tamboril *Sphoeroides spengleri* y la gallinita *Canthigaster rostrata*. En determinados sectores, por debajo de la banda de algas fotófilas, aparecen los denominados blanquiales, fondos rocosos o pedregosos dominados por el erizo de lima *Diadema antillarum*, organismo voraz que consume algas, fanerógamas e invertebrados sésiles y que sólo tiene a su alrededor especies como el briozoo *Reptadeonella violacea*, las esponjas *Batzella inops* y *Anchinoe fictitius*, y el pequeño camarón *Tuleariocaris neglecta*, que vive sobre sus púas. Entre las piedras de esta franja o bajo ellas es posible encontrar los poliquetos *Anaitides madeirensis* y *Eurythoe complanata*, la ofiura *Ophiocomina nigra*, la comátula *Antedon bifida*, el prosobranquio *Charonia lampas*, los opistobranquios *Berthellina quadridens*, *Hypselodoris webbi* y *Chromodoris purpurea*, el bivalvo *Pinna rudis* (abanico), el pulpo *Octopus vulgaris*, la gamba *Pontonia pinophylax* y el cangrejito *Pinnotheres pinnotheres*. Por otro lado, las cuevas y anfractuosidades infralitorales sirven de hábitat a numerosos organismos esciáfilos, entre otros a los corales *Madracis asperula*, *Phyllangia mouchezii* y *Caryophyllia inornata*, el zoantídeo *Parazoanthus axinellae*, las esponjas *Chondrosia reniformis*, *Petrosia ficiformes*, *Spongionella pulchella* y otras del género *Ircinia*, la ascidia *Halocynthia papillosa*, la gran anémona *Telmatactis cricoides*, los camarones *Lysmata grabhami* (lady escarlata) y *Pontonia flavomaculata*, el cangrejo araña *Stenorhynchus lanceolatus*, la langosta canaria *Scyllarides latus* y especies de peces tales como el rascacio *Scorpaena maderensis*, el alfonsito *Apogon imberbis*, la catalufa *Heteropriacanthus cruentatus*, el mero *Epinephelus guaza*, la morena negra *Muraena augusti* y la morena morruda o murión *Gymnothorax unicolor*. El antipatario *Antipathes wollastoni*, el coral *Madracis pharensis*, la gorgonia roja *Lophogorgia ruberrima*, los espongiarios *Axinella damicornis* y *Rhaphidostyla incisa*, el camarón *Plesionika narval* y el pez denominado tres colas *Anthias anthias*, especies esciáfilas características de la zona circalitoral, también pueden encontrarse en los medios poco iluminados de la infralitoral.

Los sustratos blandos del sector infralitoral, consistentes en fondos de arena basáltica u organógena, son más pobres que los rocosos. Los representantes más típicos de este tipo de fondos son, entre los animales, los poliquetos de las familias *Sabellidae*, *Arenicolidae* y *Terebellidae*, los erizos *Brissus unicolor* y *Echinocardium cordatum*, los moluscos bivalvos *Rudicardium tuberculatum* (berberecho), *Venus verrucosa*, *Papillicardium papillosum* y *Linga columbella*, las gambas duende *Upogebia pusilla* y *Callianassa tyrrhena*, y algunas especies de peces como la anguila jardinera *Heteroconger longissimus*, el tapaculo *Bothus podas maderensis*, el salmonete *Mullus surmuletus*, la herrera *Lithognathus mormyrus*, el pejepeine *Xyrichtys novacula*, la araña *Trachinus draco* y el angelote *Squatina squatina*. En los fondos someros expuestos a la acción del oleaje se encuentran frecuentemente la estrella peine *Astropecten auranciacus*, el cangrejo cornudo *Portunus hastatus*, el cangrejo excavador *Cycloes cristata* y el prosobranquio *Mitra fusca* que vive semienterrado. En las praderas de *Cymodocea nodosa* y *Caulerpa prolifera*, a veces mezcladas con *Cymopolia barbata*, que comienzan a poca profundidad (1-2 m) en las zonas abrigadas y a cierta profundidad (unos 10 m) en las costas abiertas y se extienden hasta los 50 m aproximadamente, se asienta una fauna epibionte rica, entre la que destacan el hidrozoo *Aglaophenia pluma*, el opistobranquio *Oxynoe olivacea*, las gambas *Hippolyte inermis*, *Hippolyte longirostris* y *Latreutes fucorum*, y otros crustáceos como anfípodos e isópodos. Además, sobrenadando entre los frondes de esas plantas es frecuente encontrar nubes de misidáceos y bandadas de alevines de diferentes especies de peces, e instalados entre los rizoides otros organismos como el sipuncúlido *Phascolosoma stephensoni*, la ofiura *Amphipholis squamata*, opistobranquios del género *Haminaea* y muchos poliquetos sedentarios como *Ditrupa arietina* y *Fabricia sabella*. Otros animales observables en estas praderas son el gran ceriantario *Pachycerianthus cf. dohrni*, los erizos *Psammechinus microtuberculatus* y *Sphaerechinus granularis*, los opistobranquios *Bulla mabillei* e *Hydatina physis*, el prosobranquio *Conus pulcher*, los cangrejos ermitaños *Pagurus anachoretus* y *Dardanus calidus*, y algunos peces tales como el caballito de mar *Hippocampus ramulosus*, el pejepipa *Syngnathus typhle* y la mugarra *Diplodus annularis*. También se encuentran el choco *Sepia officinalis*, el lagarto *Synodus saurus*, y el angelote *Squatina squatina*, que son los principales predadores de este sistema.

1.4. La zona circalitoral

Franja escasamente iluminada que se extiende desde el límite inferior de la infralitoral hasta aproximadamente el borde de la plataforma (unos 200 m de profundidad), se caracteriza por la escasez de vegetales. La principal comunidad que configura la biocenosis de estos fondos es el coralígeno, formado fundamentalmente por especies del género *Dendrophyllia ramea*, proliferando entre él otras especies como las gorgonias *Ellisella paraplexauroides* y *Leptogorgia ruberrima*, el zoantídeo *Gerardia savaglia* y el coral negro *Antipathes wollastoni*. Estas dos últimas especies pueden también constituir formaciones especiales en paredes y fondos rocosos, albergando una rica fauna epibionte que se dispone fija a las partes muertas de la colonia, constituida por las esponjas *Ircinia dendroides* y *Cliona labyrinthica*, el bivalvo *Pygnodonta cochlear* y el briozoo *Sertella couchii*, además de otros organismos como los erizos *Cidaris cidaris* y *Genocidaris maculata* (ericito del cascabullo). En esta zona se encuentran, además, el cangrejo ermitaño *Dardanus arrosor*, el centollo de profundidad *Maja goldziana* y una rica fauna piscícola, conformada principalmente por el abade *Mycteroperca fusca*, la sama *Dentex gibbosus*, el bocinero *Pagrus pagrus*, el besugo *Pagellus acarne*, la breca *Pagellus erythrinus*, la chopá *Spondyllosoma cantharus*, los berrugatos *Umbrina canariensis* y *Umbrina ronchus*, el ochavo *Capros aper*, la papuda *Gymnothorax polygonius*, las cabrillas *Serranus cabrilla* y *Serranus atricauda*, los cazones *Mustelus asterias* y *Mustelus mustelus*, las rayas *Raja brachyura* y *Raja clavata*, el chucho *Dasyatis pastinaca*, la tembladera *Torpedo marmorata* y los ratones *Myliobatis aquila* y *Pteromylaeus bovinus*, además del tres colas mencionado anteriormente. En algunas zonas de esta franja, entre las formaciones coralinas, se pueden encontrar fondos de algas calcáreas libres con antipatarios (*Stycho-pathes*) y una rica fauna de esponjas, briozoos de vida libre, poliquetos, crustáceos y peces. En las cuevas de la zona circalitoral se encuentran, además de las especies esciáfilas nombradas al hacer referencia a la zona infralitoral, la langosta africana *Palinurus elephas* y la brota *Phycis phycis*.

1.5. la zona batial

Comprende los fondos no iluminados situados entre los 200 y 3000 m de profundidad aproximadamente, la fauna no es bien conocida, especialmente la sésil. La formación más característica de los fondos batiales parece ser la llamada biocenosis de corales blancos, cuya base son los corales ramificados *Madrepora oculata* y *Lophelia pertusa*. También son abundantes las gorgonias de los géneros *Paramuricea* y *Acanthogorgia*, los corales negros y las esponjas de gran tamaño. La fauna vágil se conoce mejor, siendo estos fondos ricos en especies de crustáceos y peces de interés comercial. Entre los crustáceos abundan los camarones de los géneros *Plesionika* y *Heterocarpus*, el langostino *Plesiopenaeus edwardsianus*, el cangrejo buey *Cancer bellianus*, el centollo de patas largas *Paromola cuvieri* y el cangrejo rey *Chaceon affinis*. Entre los peces, destacan por su abundancia, además de algunas especies señaladas para la zona circalitoral, el congrio *Conger conger*, el cherne *Polyprion americanus*, el candil *Epigonus telescopus*, la merluza *Merluccius merluccius*, la brota *Phycis phycis*, el jediondo *Mora moro*, el obispo *Pontinus kuhlii*, las fulas coloradas *Beryx decadactylus* y *Beryx splendens*, las morenas *Gymnothorax maderensis* y *Muraena helena*, y los condriictios de los géneros *Heptranchias*, *Hexanchus*, *Galeus*, *Centrophorus*, *Centroscymnus*, *Deania*, *Dalatias*, *Squalus* y *Raja*. También ciertos peces bentopelágicos son habituales en estas profundidades, como el pejesable negro *Aphanopus carbo*, el conejo *Promethichthys prometheus*, el sable *Lepidopus caudatus*, el escolar *Ruvettus pretiosus* y algunas especies de las familias Macrouridae y Halosauridae. En estos fondos, además, se encuentran las potas *Illex coindetii*, *Todarodes sagittatus sagittatus*, *Ommastrephes bartrami* y *Sthenoteuthis pteropus*, y los calamares gigantes (*Architeuthis*), especies que de noche son capaces de ascender a la superficie.

2. EL DOMINIO PELÁGICO

El dominio pelágico, que comprende el resto de la masa de agua, es mucho más homogéneo que el bentónico, lo que implica una menor diversidad en la macrofauna. Este medio está ampliamente dominado por pequeños organismos del plancton y las comunidades presentes en él están más directamente relacionadas entre sí que las del medio bentónico.

2.1. La zona epipelágica

Franja bien iluminada que abarca desde la superficie hasta unos 200 m de profundidad, destacan sobremanera, por su abundancia, los componentes del zooplancton, los cuales pertenecen a muy diversos grupos zoológicos, principalmente protozoos, apendiculariáceos, pequeños crustáceos y huevos y larvas de numero-

sas especies. Entre las especies pleustónicas (que viven en la interfase aire-agua) y neustónicas (que viven en los primeros centímetros de la columna de agua) más características destacan las medusas *Physalia physalis* (aguaviva o fragata portuguesa), *Pelagia noctiluca* (medusa luminiscente) y *Veleva velella* (velero), el ctenóforo *Beroe ovata* (dedal), el taliáceo flotante *Pyrosoma atlanticum* y los moluscos *Janthina janthina*, *Glaucus atlanticus* y *Fiona pinnata*. Además, sobre la superficie del agua es frecuente encontrar el insecto hemíptero patinador *Halobates micans* y sobre otros animales y objetos flotantes una fauna que está caracterizada por el cirrípedo *Lepas anatifera* (patacabra) y el decápodo *Planes minutus*. Entre los organismos neustónicos se tienen tanto invertebrados como vertebrados. Entre los primeros destacan algunos cefalópodos como la pota *Illex illecebrosus* y los calamares *Loligo forbesi* y *Loligo vulgaris*, y varias especies de gambas nadadoras de la familia Oplophoridae. Entre los vertebrados aparecen quelonios como la tortuga boba *Caretta caretta* y la tortuga laúd *Dermochelys coriacea*, diversos cetáceos como el delfín común *Delphinus delphis*, el delfín listado *Stenella coeruleoalba*, el delfín mular *Tursiops truncatus*, el calderón de los mares templados *Globicephala melaena*, el calderón de los mares tropicales *Globicephala macrorhynchus*, el zifio común *Ziphius cavirostris*, la orca común *Orcinus orca*, el cachalote pigmeo *Kogia breviceps*, el cachalote común *Physeter catodon* y el rorcual aliblanco *Balaenoptera acutorostrata*, y numerosos peces como la sardina *Sardina pilchardus*, la alacha *Sardinella aurita*, las agujas *Belone belone* y *Platybelone argalus*, la paparda *Scomberesox saurus saurus*, el trompetero *Macroramphosus scolopax*, el medregal *Seriola dumerili*, la palometa *Trachinotus ovatus*, el chicharro *Trachurus trachurus*, el dorado *Coryphaena hippurus*, la boga *Boops boops*, el peto *Acanthocybium solandri*, el bonito listado *Katsuwonus pelamis*, la sierra *Sarda sarda*, la caballa *Scomber japonicus*, el barrilote *Thunnus alalunga*, el rabil *Thunnus obesus*, la aguja azul *Makaira nigricans*, el peje espada *Xiphias gladius*, la bicuda *Sphyrna viridensis*, el lebranco *Liza ramada*, el guelpe *Atherina presbyter*, el marrajo *Isurus paucus*, el jaquetón *Carcharhinus brachyurus*, el cazón dentado *Galeorhinus galeus*, la cornuda *Sphyrna tiburo* y la maroma *Mobula mobular*. Algunas de estas especies realizan grandes migraciones y aparecen en aguas de Canarias en épocas concretas, mientras otras permanecen estables. En la zona epipelágica también desarrollan su actividad algunas aves marinas, entre las cuales merece ser destacada la pardela cenicienta *Calonectris diomedea borealis*, que tiene importantes colonias de crías en las Islas.

2.2. La zona mesopelágica

Se extiende aproximadamente entre los 200 y los 1000 m de profundidad aproximadamente, la fauna no es bien conocida y, en consecuencia, no puede ser tratada con detalle. Sí se sabe que los organismos de esta zona de transición hacia la oscuridad pueden, mediante migración vertical, inferir en la epipelágica y, así, aprovechar de forma más directa la producción del nivel superior. El zooplancton está compuesto, principalmente, por pequeños crustáceos, apendiculariáceos y organismos gelatinosos. Entre los organismos neustónicos se encuentran algunas especies de cefalópodos, otras de crustáceos decápodos de los géneros *Acantheephyra*, *Hymenodora*, *Oplophorus*, *Gennadas* y *Sergestes*, y numerosas de peces, principalmente de las familias Gonostomatidae, Photichthyidae, Stomiidae, Melanostomiidae, Myctophidae, Alepisauridae, Trichiuridae y Gempylidae. Muchos de los peces de esta zona presentan fotóforos. Algunas especies de aves marinas, como el petrel de bulwer *Bulweria bulwerii bulwerii*, se alimentan de organismos de esta zona, al migrar éstos de noche hacia la superficie.

2.3. La zona batipelágica

Comprendida entre los 1000 y 3000 m de profundidad, apenas se conoce su fauna. Por pescas comerciales y experimentales se sabe que en esta zona de oscuridad absoluta y bajas temperaturas habitan especies de crustáceos de las familias Oplophoridae, Sergestidae, Nematocarcinidae, Aristeidae y Penaeidae, y peces de las familias Sarsiidae, Gonostomatidae, Chauliodontidae, Stomiidae, Bathylagidae, Myctophidae, Paralepididae, Cetomimidae, Derichthyidae y Synphobranchidae. Con excepciones, los seres batipelágicos son de color oscuro y tienen los ojos pequeños o en regresión.

BIBLIOGRAFÍA

- BACALLADO, J. J., M. BÁEZ, A. BRITO, T. CRUZ, F. DOMÍNGUEZ, E. MORENO & J. M. PÉREZ (1984). *Fauna Marina y Terrestre del Archipiélago Canario*. Ed. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria: 356 pp.
- BRITO, A. (1991). *Catálogo de los Peces de las Islas Canarias*. Ed. F. Lemus. La Laguna: 230 pp.
- CARRILLO, M. & T. CRUZ (1990). *Estudio de las Comunidades Marinas y Poblaciones Faunísticas del Litoral del Parque Nacional de Timanfaya*. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias. Santa Cruz de Tenerife: 223 pp.

- FRANQUET, F. & A. BRITO (1995). *Especies de Interés Pesquero de Canarias*. Consejería de Pesca y Transportes del Gobierno de Canarias. Santa Cruz de Tenerife: 143 pp.
- GONZÁLEZ, J. A. (1995). *Catálogo de los Crustáceos Decápodos de las Islas Canarias*. Ed. Turquesa. Santa Cruz de Tenerife: 282 pp.
- GONZÁLEZ, J., C. HERNÁNDEZ, P. MARRERO & E. RAPP (1994). *Peces de Canarias. Guía Submarina*. Ed. F. Lemus. Santa Cruz de Tenerife: 223.
- PÉREZ, J. M. & E. MORENO (1991). *Invertebrados Marinos de Canarias*. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria: 335 pp.
- PIZARRO, M. (1984). *Peces de Fuerteventura*. Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria: 183 pp.

TEMA 22

Flora terrestre de Canarias y su biodiversidad

Por Águedo Marrero Rodríguez¹ y Pedro L. Pérez de Paz²

INTRODUCCIÓN

Dentro del concepto de flora se vienen recogiendo organismos bien distintos como Algas, Hongos, Líquenes, Musgos, Helechos o Plantas con Flores. En la Sistemática clásica todos estos grupos quedaban incluidos en el *Reino Vegetal*, pero actualmente y siguiendo el sistema de los cinco reinos de Whittaker (MARGULIS & SCHWARTZ, 1985), se tiende a incluir a las algas en el *Reino Protoctista*, a los hongos y líquenes en el *Reino de los Hongos* y a los musgos, hepáticas, helechos y plantas con flores en el *Reino de las Plantas*. Pero aquí consideraremos a todos estos grupos dentro del Reino Vegetal, en el sentido clásico.

Así, el Reino Vegetal se suele dividir en dos grandes grupos: plantas vasculares o *Cormófitos* (helechos y plantas con flores) y plantas no vasculares o *Talófitos* (musgos, hepáticas, líquenes, hongos y algas), donde los musgos constituyen el grupo intermedio con rasgos de uno y otro grupo. Pero es más frecuente, y desde el punto de vista de la sistemática moderna más riguroso, dividir a los vegetales en Fanerógamas (plantas con flores) y Criptógamas (plantas sin flores, donde quedarían incluidos los helechos). Desde esta perspectiva se han desarrollado las principales clasificaciones de las plantas, de las que la Tabla I es sólo una sinopsis, no la única, para los grandes grupos conocidos.

Recientemente y desde el punto de vista de la Cladística, se han venido proponiendo otras alternativas de clasificación, como por ejemplo la de BREMER & WANNTORP (1981) para plantas verdes. Para consultas y detalles de la sistemática de la flora canaria ver: ACEBES GINOVÉS *et al.* (1984), BRANWELL & BRANWELL (1990), que ofrecen claves de determinación; En GIL RODRÍGUEZ *et al.* (1992), BELTRÁN TEJERA *et al.* (1992), HERNÁNDEZ PADRÓN (1992), LOSADA LIMA & GONZÁLEZ MANCEBO (1992), KUNKEL (1991, 1992a-c), aparecen comentarios de la sistemática de los distintos grupos para la Flora Canaria.

1. CONCEPTO DE FLORA

En su acepción más generalizada y admitida, es el conjunto de especies vegetales autóctonas naturalizadas y subespontáneas de una determinada región geográfica. Con este criterio se han escrito prácticamente todas las «Floras» conocidas. En cualquier caso es muy raro encontrar un «tratado florístico» que incluya la totalidad de la flora existente, por el contrario normalmente se decantan o especializan en un grupo determinado:

¹ Biólogo. Técnico de Administración Especial. Jardín Botánico «Viera y Clavijo» de Gran Canaria.

² Dr. en Biología. Catedrático de Biología Vegetal (Botánica) de la Universidad de La Laguna.

TABLA I

REINO VEGETAL (en sentido clásico)	
Criptógamas (plantas sin flores) Ficófitos (algas) Micófitos (hongos) Micofotófitos (líquenes) Briófitos (musgos y hepáticas) Antocerotópsidas (hepáticas de cuernos) Marchantiópsidas (hepáticas) Briópsidas (musgos) Pteridófitos (helechos) Lycopodiópsidas (selaginelas) Equisetópsidas (colacaballos) Pteridópsidas (verdaderos helechos) Psilofitópsidas (mayoría fósiles)	Fanerógamas (plantas con flores) (Div. Spermatófitos) Gimnospermas (semillas desnudas) Coniferofitinas (coníferas) Ginkgoópsidas Pinópsidas Cicadofitinas (efedras o tepopotes) Cicadópsidas (cicas) Benetitópsidas (sólo fósiles) Gnetópsidas (efedras o tepopotes) Angiospermas (semillas en ovario) Dicotiledóneas (semilla con dos cotiledones) Monocotiledóneas (un sólo cotiledón)

- a) *zona geográfica*: «Flora de Canarias», «Flora Ibérica», «Flora Europaea», ...
b) *grupo sistemático*: «Flora Vascular», «Flora Criptogámica», ...
c) *tipo de plantas*: «Flora introducida», «Flora exótica», «Flora Silvestre», ...
d) *por el contenido*: «Tratado Florístico», «Catálogo Florístico», ...

Otras veces aparecen tratados conjuntos de «Flora y Vegetación», etc.

Como obras globales de Flora de Canarias merece señalar aquí la gran obra de WEBB & BERTHELOT (1836-50) «*Phytographia Canariensis*», incluida en su «*Histoire Naturelle des Îles Canaries*», pero esta obra, eminentemente de taxonomía y nomenclatura, resulta en todo caso poco accesible, además de desfasada por 150 años de estudios sobre nuestra flora (Figura 1). Más modesta, divulgativa y sobre todo actualizada, es la «*Flora del Archipiélago Canario, Tratado Florístico 1ª y 2ª parte*», coordinada por G. KUNKEL (1991, 1992). Pero una obra completa y actualizada sobre flora, una auténtica *flora canaria* en el sentido clásico, académico y científico, aún queda por hacer.

Aunque como hemos comentado más arriba la mayoría de autores entienden como Flora de una región la que comprende las especies nativas, las naturalizadas y las subespontáneas, otros prefieren considerar el término en sentido amplio, incluyendo también las especies introducidas, tanto naturalizadas como meramente cultivadas. Para una aproximación a la terminología empleada en este aspecto ver la Tabla II.

Para detalles sobre estas cuestiones se puede consultar entre otros a CASASAYAS (1988), y para casos particulares de la flora canaria ver KUNKEL (1969, 1971a), SANTOS (1988), WELSS & LINDACHER (1994), etc.

LISTADOS FLORÍSTICOS DE CANARIAS EN EL TRASCURSO DEL TIEMPO

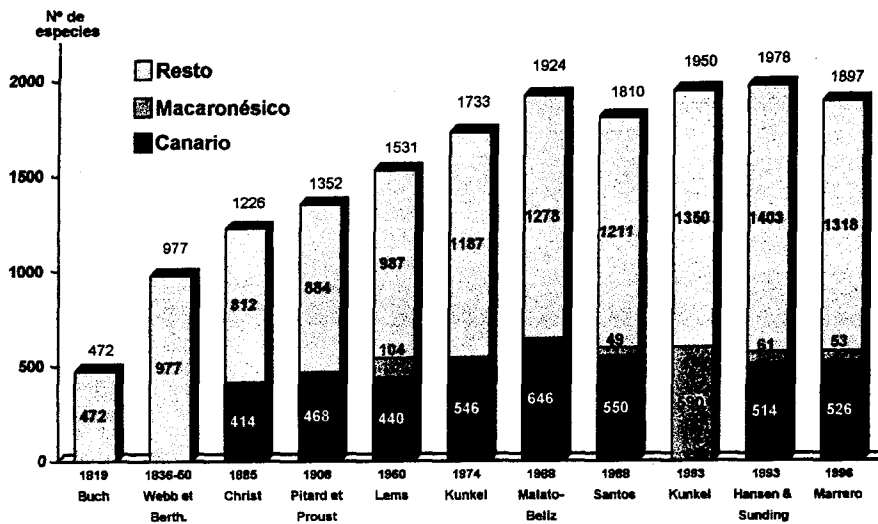


Figura 1. Flora terrestre de Canarias y biodiversidad.

TABLA II

ESPECIES VEGETALES

- A. **Autóctonas o nativas** (especies de la zona en cuestión)
1. **Endémicas** (exclusivas de una zona determinada, referidas a áreas reducidas) (endemismos locales, insulares, canarios, macaronésicos, etc.)
 2. **No endémicas** (no exclusivas, presentes también en otras áreas o zonas)
- B. **Alóctonas o exóticas** (introducidas)
1. **Adventicias** o no cultivadas (introducción involuntaria o no deseada)
 - 1.1. Naturalizadas (conviviendo con la flora natural)
 - 1.2. Sólo adventicias (en torno a cultivos)
 - 1.3. Accidentales
 2. **Hemerófitas o cultivadas** (introducción voluntaria o deseada)
 - 2.1. Sólo cultivadas
 - 2.2. Subespontáneas
 - 2.2.1. Naturalizadas
 - 2.2.2. Sólo subespontáneas

La sinopsis florística para distintos tratados o catálogos florísticos de Canarias se recogen en las tablas siguientes:

- a) HANSEN, A. & P. SUNDING, 1993.- Flora of Macaronesia. Checklist of vascular plants. *Sommerfeltia* 17. (Tabla III)

Tipo: **Catálogo florístico**. Incluye: flora vascular nativa, naturalizada y subespontánea, de la que aquí sólo recogemos la presente en Canarias (* especies, subespecies y variedades).

TABLA III

	Familias	Géneros	Taxones*
Pteridofitas	19	26	45+5+7 = 57
Fanerógamas			
Gimnospermas	3	4	9+1+0 = 10
Angiospermas			
Monocotiledóneas	24	167	321+19+6 = 346
Dicotiledóneas	110	561	1509+121+118 = 1748
TOTALES	156	758	1884+146+131 = 2161

- b) BRAMWELL, D. & Z. BRANWELL, 1990. *Flores Silvestres de las Islas Canarias*. (Tabla IV)

Tipo: **Tratado florístico**. Incluye: flora endémica y flora nativa de interés.

TABLA IV

	Familias	Géneros	Especies
Fanerógamas			
Gimnospermas	2	2	3
Angiospermas			
Monocotiledóneas	10	48	80
Dicotiledóneas	55	170	612
TOTALES	67	220	695

- c) KUNKEL, G. 1991-92.- *Flora del Archipiélago Canario. Tratado Florístico (1ª y 2ª parte)*. (Tabla V)

Tipo: **Tratado florístico**. Incluye: flora tanto nativa como exótica, naturalizada o cultivada, de la que recogemos aquí sólo la sinopsis de las plantas vasculares.

TABLA V

	Familias	Géneros	Especies
Pteridofitas	25	43	92
Fanerógamas			
Gimnospermas	10	26	58
Angiospermas			
Monocotiledóneas	44	306	521
Dicotiledóneas	178	1055	2270
TOTALES	257	1430	2941

2. FLORA TERRESTRE DE CANARIAS

Siguiendo el criterio más amplio de Flora, actualmente se podrían inventariar en Canarias más de 3000 especies de plantas vasculares y de 3200 especies de flora criptogámica no vascular: aproximadamente 500 especies de musgos, algo más de 1000 especies de líquenes, 458 especies de algas y unas 1160 especies de hongos. Datos globales de la Flora Canaria se pueden encontrar en SANTOS (1988)

Sin embargo una parte de esta flora sólo se encuentra en el medio acuático. La mayoría de las algas, ciertos grupos de hongos y algunas fanerógamas son plantas estrictamente acuáticas, tanto del medio marino como dulceacuícola. Aunque un buen número de algas viven sobre la corteza de árboles, en rocas rezumantes o como terrícolas, siempre dependen de la presencia de agua, viviendo en ambientes acuosos o mucilaginosos. En otros casos otras especies están asociadas o viven en la superficie del agua, como es el caso de ciertos helechos (azollas) o fanerógamas (lentejas de agua, nenúfares, etc.). Todos estos grupos de plantas asociados al medio acuático son tratados en un tema específico.

2.1. Hongos

Aunque constituyen un grupo controvertido y particular, los consideraremos aquí como parte de la «flora» terrestre. Dentro de los mismos se distinguen bien entre los mohos mucilaginosos, división *Mixomycota*, y los verdaderos hongos o *Eumycota*. Dentro del sistema de los cinco reinos los Eumycota y los Líquenes conforman el Reino de Los Hongos, mientras que los mohos mucilaginosos quedan sumergidos en el Reino de los Protoctistas, donde también estarían las algas. BELTRÁN TEJERA *et al.* (1992), dan una visión general de la importancia de este grupo en el Archipiélago.

2.2. Líquenes

Los líquenes constituyen una particular forma de simbiosis biológica entre un hongo (exhábite) y un alga (fotobionte), quedando en la clasificación de los cinco reinos de Whittaker, en el Reino de los Hongos. En cualquier caso la sistemática de los grandes grupos corre paralela a la de los hongos, reconociéndose dos grandes grupos: *Ascomycotina* y *Basidiomycotina*, según el tipo de exhábite (micobionte).

De igual modo que los hongos, los líquenes tienden a colonizar los más extremos y diversos ambientes, presentando en general un bajo nivel de endemismos. Un resumen de su diversidad florística y ecológica, acompañada de una relación bibliográfica exhaustiva lo encontramos en HERNÁNDEZ PADRÓN, (1992).

2.3. Musgos

Con los *Briófitos* entramos ya en el verdadero Reino de las Plantas. Clasificados normalmente entre los *Talófitos*, ocupan en realidad una posición intermedia entre éstos y los verdaderos *Cormófitos* o *Plantas Vasculares*. Como queda recogido en el cuadro sinóptico los Briófitos incluyen tres clases principales: *Antocerotópsidas* «hepáticas de cuerno», con unas pocas especies en Canarias; *Marchantiópsidas* «hepáticas», con cerca de 150 especies; y *Briópsidas* o «musgos» con más de 350 especies en nuestras islas. Los musgos de Canarias quedan todos incluidos en la subclase *Bríidas*. Para algunos detalles ver GONZÁLEZ-FRAGOSO *et al.* (1989), y para un tratamiento más completo referido a Canarias así como para una extensa bibliografía ver LOSADA LIMA & GONZÁLEZ MANCEBO (1992).

2.4. Plantas Vasculares

Las plantas vasculares incluyen a los *Pteridófitos* (helechos y afines) y a los *Espermatófitos* (plantas con flores). Estas a su vez se agrupan en *Gimnospermas* (coníferas y afines) y *Angiospermas* (restantes plantas con flores). Siguiendo el concepto más usual de Flora, es decir al conjunto de especies vegetales nativas, naturalizadas y subespontáneas, tendremos para la Flora Canaria cerca de 2000 especies: 1893 especies, 146 subespecies y 131 variedades. En las Tablas VI, VII y VIII se recogen los datos pormenorizados por: grupos sistemáticos y niveles de endemia, islas y grupos sistemáticos y por islas y niveles de endemia, de la flora vascular canaria. Otros datos similares, comparables y/o complementarios se pueden ver en KUNKEL (1974), SANTOS (1988), MALATO-BELIZ (1991), LA ROCHE & RODRÍGUEZ PIÑERO (1994) y WELSS & LINDACHER (1994).

En conjunto constituyen el grupo de mayor interés tanto en estudios florísticos como de vegetación, aportando la mayor biomasa a los ecosistemas canarios y la caracterización fisionómica de los mismos.

—Helechos

Los *Pteridófitos* agrupan a 4 clases distintas: *Pteridópsidas* (Filicópsidas) o «helechos», *Equisetópsidas* (Esfenópsidas) o «colas de caballo», *Licopodiópsidas* o «selaginelas» y *Psilofitópsidas*. Esta última, con la mayoría de especies fósiles, no se encuentra en Canarias. Las «colas de caballo» y las «selaginelas» sólo presentan una especie nativa cada grupo, con algunas otras introducidas, por lo que casi todos los *Pteridófitos* nativos presentes en Canarias son «helechos».

Datos complementarios se pueden encontrar en KUNKEL (1967, 1971b, 1992a) y GONZÁLEZ-FRAGOSO *et al.* (1989).

—Coníferas y afines

Las *Gimnospermas* presentan dos grandes grupos o Subdivisiones: las *Coniferofitinas* y las *Cicadofitinas*. El primer grupo viene representado en Canarias por 7 taxones, con una sólo especie endémica *Pinus canariensis*. Otras dos lo serían a nivel macaronésico: *Juniperus cedrus*, el «cedro canario», y *Juniperus turbinata* subsp. *canariensis*, la «sabina». Todas estas especies pertenecen a las *Pinópsidas*, de igual modo

TABLA VI
Taxones de la flora vascular por grupos sistemáticos y endemismos

		ENDEMISMOS			Taxones no endémicos	Total	% taxones
		insulares	canarios	macaronés.			
Pteridófitas	spp.	1	1	3	49	54	3,0
	subsp.	—	1	2	2	5	
	var.	2	2	3	—	7	
Gimnospermas	spp.	—	1	1	7	9	0,5
	subsp.	—	—	1	—	1	
	var.	—	—	—	—	—	
Monocotiledóneas	spp.	5	18	9	289	321	16,0
	subsp.	3	4	1	12	20	
	var.	2	1	—	3	6	
Dicotiledóneas	spp.	317	183	40	973	1513	80,6
	subsp.	51	19	7	45	122	
	var.	66	28	4	20	118	
Total Angiospermas	spp.	322	201	49	1262	1834	96,5
	subsp.	54	23	8	57	142	
	var.	68	29	4	23	124	
Plantas vasculares	spp.	323	203	53	1318	1897	taxones totales 2176
Totales	subsp.	54	24	11	59	148	
	var.	70	31	7	23	131	
% (taxones)		20,5	11,9	3,3	64,3		
% (acumulados)		20,5	32,4	35,7	100,0		

TABLA VII
Taxones de la flora vascular por islas y grupos sistemáticos

		Pterid.	Gimnos.	Monocot.	Dicotil	Angiosp.	TOTAL	%
Lanzarote	spp.	14	1	122	466	588	603	30,5
	subsp.	—	—	11	30	41	41	
	var.	—	—	—	19	19	19	
Fuerteventura	spp.	16	—	117	488	605	621	30,8
	subsp.	—	—	8	23	31	31	
	var.	—	—	—	19	19	19	
Gran Canaria	spp.	43	6	237	933	1170	1219	61,7
	subsp.	2	1	11	58	69	72	
	var.	2	—	3	46	49	51	
Tenerife	spp.	43	7	246	1033	1279	1329	67,3
	subsp.	5	1	13	57	70	76	
	var.	4	—	4	52	56	60	
La Gomera	spp.	32	6	153	606	759	797	40,4
	subsp.	2	1	7	39	46	49	
	var.	4	—	1	28	29	33	
El Hierro	spp.	25	4	82	447	529	558	27,9
	subsp.	5	1	5	21	26	32	
	var.	2	—	—	16	16	18	
La Palma	spp.	35	5	132	602	734	774	38,6
	subsp.	5	1	7	29	36	42	
	var.	2	—	—	22	22	24	

que otras tres especies de pinos y un ciprés, que se encuentran naturalizados. También pertenecen a este grupo otras especies cultivadas como es el caso de las «araucarias». En el otro grupo de Coniferofitinas estaría las *Ginkgópsidas*, con un único representante, cultivado ocasionalmente en Canarias, *Ginkgo biloba*.

Las Cicadofitinas comprenden tres clases: las *Cicadópsidas*, que incluye a *Cycas revoluta* y otras especies afines, que recuerdan a pequeñas palmeras; las *Benetetópsidas*, sólo conocidas en formas fósiles, y las

TABLA VIII
Taxones de la flora vascular por islas y niveles de endemia

		insulares	ENDEMISMOS canarios	macaronés.	Taxones no endémicos	Total Flora vasc.
Lanzarote	spp.	14	52	18	519	603
	subsp.	4	9	2	26	41
	var.	3	7	1	8	19
Fuerteventura	spp.	12	60	25	524	621
	subsp.	—	9	2	20	31
	var.	4	7	—	8	19
Gran Canaria	spp.	81	124	47	967	1219
	subsp.	15	10	7	40	72
	var.	18	16	3	14	51
Tenerife	spp.	122	170	50	987	1329
	subsp.	12	18	6	39	76
	var.	26	20	5	9	60
La Gomera	spp.	42	126	44	585	797
	subsp.	13	9	4	23	49
	var.	13	10	4	6	33
El Hierro	spp.	14	95	39	410	558
	subsp.	4	7	5	16	32
	var.	1	10	2	5	18
La Palma	spp.	39	121	48	566	774
	subsp.	6	8	6	22	42
	var.	5	11	3	5	24

Gnetópsidas, que presentan en Canarias tres especies nativas de la familia *Efedráceas*, pequeñas matas retamoides, de diminutas hojas, que recuerdan a las «colas de caballo».

—Angiospermas

Las *Angiospermas* o *Magnoliofitinos* constituyen el último gran grupo del Reino Vegetal. En éste a su vez existen dos importantes líneas evolutivas que quedan recogidas taxonómicamente en las clases: *Monocotiledóneas*, con una sóla hoja primordial o cotiledón, y *Dicotiledóneas*, con dos hojas primordiales. Constituyen el principal grupo de la Flora Vascular canaria, con el mayor número de especies exclusivas: 523 especies, 77 subespecies y 97 variedades endémicas, o lo que es igual, 697 taxones endémicos. El total para la flora vascular es de 705 taxones endémicos, lo que supone un 32,4 % de la nativa, naturalizada y subespontánea (Tabla VI). Si pudiéramos delimitar estos dos últimos grupos quedándonos sólo con la flora nativa el nivel de endemidad sería bastante más alto, pudiendo llegar hasta un 50 % (KUNKEL, 1974).

Para una aproximación o síntesis sobre las afinidades florísticas o biogeográficas de la flora canaria ver SANTOS (1988) o RODRIGO (1992), mientras que otros trabajos recogen información más específica (BRAMWELL, 1972, 1986; SUNDING, 1979; etc.)

3. BIODIVERSIDAD

Siempre resulta fácil tener una idea intuitiva de la complejidad de una comunidad o un ecosistema. El nivel de complejidad vendría dado por distintos aspectos como la estructura de la comunidad o estratificación, las formas biológicas que la componen, número de especies, etc., que en muchos casos se pueden traducir en parámetros concretos como la biomasa, biovolumen, densidad, riqueza, cobertura, etc. Uno de estos parámetros es la *diversidad*. En principio y como definición básica se puede establecer que un ambiente o grupo taxonómico sería más diverso que otro si tiene más elementos diferenciales, si contiene mayor información biológica.

Pero la diversidad, que en principio sería una cuestión específicamente ecológica, ha ido tomando cada vez más fuerza en el terreno de la genética y biología molecular, y en el terreno de la conservación y de la ética. A medida que nos acercamos al problema van surgiendo otros parámetros que de una forma u otra intentan ponderar el valor de cada especie, población o ecosistema. Desde esta perspectiva podemos distinguir al menos tres acepciones o campos del concepto de diversidad:

—*Diversidad Ecológica*: Que hemos visto más arriba y que de alguna manera intenta expresar de forma sencilla y comparable la diversidad en cualquier comunidad o ecosistema. Esta diversidad se puede establecer de forma jerarquizada para distintos niveles de complejidad dentro de un ecosistema, hablándose entonces de diversidad, α , β , etc.

—*Diversidad Genética*: Que intenta evaluar la cantidad de variabilidad dentro de las poblaciones, especies, grupos taxonómicos, etc., desde distintos aspectos como la variabilidad morfológica, cromosómica, fitoquímica, enzimática, alélica, etc.

—*Diversidad Biológica o Biodiversidad*: Aunque el término biodiversidad no implica el de conservación, recientemente se viene utilizando el mismo en este campo, especialmente en los foros de debate sobre el deterioro ambiental, sobre la fragilidad de los ecosistemas o del patrimonio biológico. En este sentido se intenta evaluar la diversidad teniendo en cuenta la rareza, endemidad, aislamiento taxonómico o geográfico, de las especies, o su valor como recurso potencial (alimenticio, forrajero, medicinal, industrial, etc.).

En función o bajo la óptica de estos tres aspectos de la diversidad intentaremos analizar, aunque de forma muy somera, la Flora Terrestre de Canarias.

3.1. Diversidad Ecológica

Que aquí entenderemos en dos aspectos, en cuanto a diversificación de ambientes o nichos como consecuencia de la situación geográfica de las islas, así como de factores geomorfológicos, orográficos, climáticos, etc.; y en cuanto a diversidad ecológica de cada ambiente concreto en el que se asienta una comunidad. Se incluyen algunas consideraciones que dan una idea intuitiva de los principales condicionantes de la diversidad ambiental potencial.

—Las Canarias pertenecen a una conjunto de tierras emergidas, islas, no muy significativo en cuanto a superficie global pero sí muy singular en cuanto a la biota que comportan. El archipiélago viene representado por 7 islas mayores, 4 islotes y diversos roques, por lo que conforman un territorio fraccionado.

—Pertenecen al conjunto de islas oceánicas, es decir que nunca estuvieron unidas al continente, al menos en forma emergente.

—Se encuentran próximas al continente, 100-400 km de la costa africana, en el océano Atlántico. Con distancias entre islas que van desde los 11 km entre Lanzarote y Fuerteventura, hasta los 82 km entre esta última isla y Gran Canaria.

—Se sitúan hacia el paralelo 28º N (27,4-29,3º N), por encima del trópico de Cáncer.

—Presentan una orografía muy accidentada, con alturas máximas entre 671 m s.m. (Lanzarote) y 3718 m s.m. (Tenerife), con una cota máxima media de 1790 m.

—La superficie total es de 7500 km², que le sitúa entre los grandes archipiélagos del mundo, con tamaños entre los 278 km² (El Hierro) y 2058 km² (Tenerife).

—Tienen una edad media considerable, 0,8-20 millones de años, con volcanismo histórico y activo.

—Desde el océano reciben la influencia directa de los vientos alisios húmedos del noreste, lo que genera un marcado contraste barlovento-sotavento.

—Están bañadas por la corriente fría de Canarias, que desciende por el este Atlántico, factor que junto al anterior suavizan bastante el clima de las islas.

—Periódicamente vienen afectadas por el tiempo sahariano con aportes importantes de polvo seco.

Tenerife, La Palma y El Hierro presentan edificios insulares en construcción, con rellenos volcánicos recientes o subrecientes en casi toda su superficie, y laderas escoriaceas de alta pendiente; Gran Canaria y La Gomera presentan edificios fuertemente erosionados al menos en buena parte de su superficie, con una orografía muy accidentada en redes de drenaje muy acentuadas y definidas en profundos barrancos; mientras Lanzarote y Fuerteventura presentan edificios generalmente llanos, en valles o páramos de escasa cota. La típica estructura geomorfológica paredón-andén-paredón-piederrisco, descrita con detalle por BARQUIN (1984), aparece en todas las islas, siendo frecuente en la mayoría de ellas. Estas estructuras constituyen un asiento especial para un importante contingente de flora endémica.

En cuanto a la diversidad ecológica de cada ambiente o comunidad, el tema se centraría en determinar un valor para la misma, tomando como base otros parámetros como la biomasa, riqueza de especies, cobertura, etc.

Uno de los índices más utilizados para medir la diversidad ecológica es el índice de Shannon-Wiener. En general y para la mayoría de las comunidades se obtienen valores comprendidos entre 1,5 y 3,5 bits (MAGURRAN, 1989) y raramente valores por encima de 5,3 bits (MARGALEF, 1991), aunque esto depende en cierta medida de la superficie o unidad de muestreo.

Para estudios más detallados sobre la diversidad ecológica en Canarias ver DE NICOLÁS (1991), DE NICOLÁS *et al.* (1991), FERNÁNDEZ-PALACIOS *et al.* (1992), etc.

3.2. Diversidad genética

Entendida en sentido amplio como vimos más arriba, abarca el estudio desde la variabilidad morfológica hasta la molecular. La principal información de la diversidad morfológica nos llega desde los estudios taxonómicos. Desde estos se pone de manifiesto el alto número de endemismos de la flora Canaria y el alto grado de diversificación de distintos grupos (géneros o familias). Desde el nivel de especies son significativos los distintos ejemplos de radiación evolutiva (adaptativa o no), de muchos grupos de plantas, como por ejemplo en los géneros *Aeonium*, *Argyranthemum*, *Sonchus*, *Sideritis*, *Echium*, *Micromeria*, *Lotus*, *Limonium*, etc. Para un tratamiento general sobre especiación y evolución ver MARRERO (1992a), donde también se recoge una extensa bibliografía específica. A nivel infraespecífico se puede constatar procesos similares, y son varios los ejemplos notables sobre esta diversificación, como es el caso de las magarzas: *Argyranthemum adauctum* y *A. frutescens*, cada una con siete subespecies; el tomillo salvaje *Micromeria varia*, con siete subespecies y otras variedades; o el escobón *Chamaecytisus proliferus*, con tres subespecies y cinco variedades.

A nivel cromosómico la diversidad es menos aparente y la mayoría de los grupos mantienen un número 2n constante: Recientemente se ha editado una lista compilatoria del número cromosómico de la flora vascular canaria (ARDÉVOL GONZÁLEZ *et al.* 1993), donde aparece una bibliografía exhaustiva del tema. En general el nivel de poliploides de la flora canaria es muy bajo, estimándose entre el 24-25 % de la flora endémica, aunque estos niveles varían mucho dependiendo del grupo taxonómico. Familias como Apiáceas, Boragináceas y Brasicáceas presentan niveles en torno o por debajo del 10%, mientras que en las Escrofulariáceas llega al 66,7% y en Rosáceas hasta el 100% (BRANWELL, 1972; BORGÉN, 1979).

Desde el punto de vista de la fitoquímica la flora canaria se muestra igualmente diversa, y en algunos casos ha resultado útil en la sistemática de distintos grupos como es el caso de *Sideritis* o *Geranium*, (GONZÁLEZ *et al.* 1979; GIL, *et al.* 1993; YEO & WIDLER KIEFER, 1990). La importancia de nuestra

TABLA IX

Porcentajes de endemismos por Islas

El porcentaje viene en función del total de taxones de la flora canaria actual (2176), incluyendo especies naturalizadas y subespontáneas.

Endemismos (especies, subespecies y variedades): datos acumulados						
	insulares	%	canarios	%	macaron.	%
Lanzarote	21	0,97	89	4,09	110	5,06
Fuerteventura	16	0,74	92	4,23	119	5,47
Gran Canaria	114	5,24	264	12,13	321	14,75
Tenerife	160	7,35	368	16,91	429	19,72
La Gomera	68	3,13	213	9,79	265	12,18
El Hierro	19	0,87	131	6,02	177	8,13
La Palma	50	2,30	190	8,73	247	11,35
TOTALES	447	20,54	705	32,40	776	35,66

flora como fuente de recursos fitoquímicos ha quedado recogida en múltiples trabajos (GONZÁLEZ, 1976, 1982).

Desde la biología molecular (estudios de isoenzimas, secuencias de ITS de ADN ribosomal, sitios de restricción de ADN de cloroplastos, etc.) se ha venido comprobando que los grupos de radiación de las islas oceánicas presentan una diversidad notablemente baja (CRAWFORD, 1990). Este es el caso de *Argyranthemum*, *Chamaecytisus*, *Crambe* o *Sonchus*, en comparación con la alta diversificación a nivel morfológico, ver por ejemplo FRANCISCO-ORTEGA, *et al.* 1992, 1995. En otros casos como en *Avena canariensis*, el grupo subtropical de *Dactylis glomerata*, o en las malváceas leñosas de canarias (*Lavatera-Navaea*) la diversidad es mayor, tanto a nivel de especie como en las poblaciones (MORIKAWA & LEGGETT, 1990; SAHUQUILLO & LUMARET, 1995; MARTÍN FORBES, 1995).

3.3. Diversidad biológica o biodiversidad

La diversidad biológica es la variedad y variabilidad de los seres vivos y de los complejos ecológicos que ellos integran, abarcando los ecosistemas, las especies y los genes y su abundancia relativa (MORRONE & CRISCI, 1993). Según estos autores es posible asignar valores a las especies según el peso taxonómico y los valores de divergencia y de dispersión taxonómica. El conjunto de los valores de las especies darían los valores de las áreas donde habitan.

Se han realizado distintas propuestas para la evaluación de las especies en razón de la amenaza, interés científico, ecológico o como recurso (MACHADO, 1989) y recientemente se vienen proponiendo métodos de valoración complementarios basados en la filogenética cladística, en la biogeografía cladística y en la pambiogeografía (HUMPHRIES *et al.* 1991; MORRONE *et al.* 1992; MORRONE & CRISCI, 1993). Todas estas propuestas o métodos tienen como objetivo evaluar la diversidad biológica y su grado de amenaza, para establecer las prioridades de conservación.

Como quedó recogido en las Tablas VI y VIII el número y porcentaje de flora endémica de nuestras islas es considerablemente elevado (el 32,4% de endemismos canarios y el 35,7% de macaronésicos), a pesar de no excluir del cómputo total a los taxones naturalizados o subespontáneos. En la Tabla IX se recogen datos de endemismos y relación porcentual para cada isla. El concepto de endemismo de alguna manera pondera la estima de la diversidad: no tiene igual peso o valor una especie ubiquista que una local o endémica.

La flora canaria cuenta a su vez con 22 géneros endémicos y comparte otros 16 con otros archipiélagos de Macaronesia (Tabla X). Las especies taxonómicamente aisladas o de géneros o secciones endémicas se considerarían con mayor peso (BRANWELL & RODRIGO, 1984).

Además buena parte de la flora canaria se entiende hoy como flora relictual, reservorio de viejas floras continentales, alejadas actualmente tanto en el espacio (distribuciones disjuntas) como en el tiempo.

Aunque muchas de las especies endémicas o géneros son consecuencia de procesos recientes de evolución (epibiontes activos), formando en la mayoría de los casos grupos monofiléticos, su relación con las especies o grupos taxonómicos del continente es muy variada y compleja (CRONK, 1992). Así la flora canaria presenta afinidades corológicas con diversas áreas fitogeográficas que WELSS & LINDACHER (1994) han recogido en 19 grupos fitogeográficos diferentes. Para estudios sobre fitogeografía y distribución disjunta

TABLA X
Géneros endémicos canarios (*), y macaronésicos presentes en Canarias

FAMILIA	GÉNERO	N.º spp.	Archipiélago				
Apiaceae	* <i>Rutheopsis</i>	1					Ca
	* <i>Tinguarra</i>	2					Ca
	* <i>Todaroa</i>	1					Ca
Asteraceae	* <i>Allagopappus</i>	2					Ca
	* <i>Argyranthemum</i>	26	Az	Ma	Sa		Ca Cv
	* <i>Babcockia</i>	1					Ca
	* <i>Gonospermum</i>	4					Ca
	* <i>Lactucosonchus</i>	1					Ca
	* <i>Lugoa</i>	1					Ca
	<i>Pericallis</i>	14	Az	Ma			Ca
	<i>Schizogyne</i>	2		Sa			Ca
	* <i>Sventenia</i>	1					Ca
	* <i>Vieraea</i>	1					Ca
Brassicaceae	* <i>Parolinia</i>	5					Ca
Caryophyllaceae	* <i>Dicheranthus</i>	1					Ca
Cneoraceae	* <i>Neochamaelea</i>	1					Ca
Crassulaceae	<i>Aichryson</i>	13	Az	Ma			Ca
	* <i>Greenovia</i>	4					Ca
	<i>Monanthes</i>	18			Sa		Ca
Fabaceae	* <i>Spartocytisus</i>	2					Ca
Gentianaceae	* <i>Ixanthus</i>	1					Ca
Lamiaceae	<i>Bystropogon</i>	7					Ca
	<i>Cedronella</i>	1	Az	Ma			Ca
Liliaceae	<i>Semele</i>	2		Ma			Ca
Malvacea	<i>Navaea</i>	1					Ca
Myrsinaceae	<i>Heberdenia</i>	1		Ma			Ca
	* <i>Pleioimeris</i>	1					Ca
Oleaceae	<i>Picconia</i>	2	Az	Ma			Ca
Rosaceae	<i>Bencomia</i>	4		Ma			Ca
	* <i>Demdriopoterium</i>	2					Ca
	<i>Marcetella</i>	2		Ma			Ca
Rubiaceae	<i>Phyllis</i>	2		Ma			Ca
	* <i>Plocama</i>	1					Ca
Santalaceae	* <i>Kunkeliella</i>	4					Ca
Scrophulariaceae	<i>Isoplexis</i>	4		Ma			Ca
Solanaceae	<i>Normania</i>	2		Ma			Ca
Theaceae	<i>Visnea</i>	1		Ma			Ca
Urticaceae	* <i>Gesnouinia</i>	1					Ca
Totales: 20 fam.	38 (22* + 16) gén.	139					Ca

consultar SUNDING (1979) y BRAMWELL (1972, 1986), y para una síntesis sobre el tema con una bibliografía detallada ver RODRIGO (1992).

El número de especies canarias con uso tradicional o potencial como plantas medicinales, forrajeras o industriales, es considerable (GONZÁLEZ, 1976, 1982; DARIAS *et al.* 1986; PÉREZ DE PAZ & MEDINA, 1988), y hacen que Canarias sea un auténtico centro de diversidad, en el sentido de Vavilov, asociado al área Mediterránea. Estos últimos autores recogen un total de 580 especies de las que un 13,5 % son endemismos canarios y un 18,3 % lo son macaronésicos.

Por otra parte, aproximadamente un 67% de la flora endémica es rara (R), vulnerable (V) o se encuentra en peligro (E) (según las categorías de vulnerabilidad establecidas por la UICN), lo cual resalta aun más el valor de la diversidad de la flora canaria (BRAMWELL, 1990).

Según distintas aproximaciones se estima que actualmente existen en Canarias unas 120 especies en peligro, además de otras con distintos grados de amenaza. El número y listados de estas especies, según los distintos criterios, se pueden consultar en BARRENO *et al.* 1984, BRANWELL & RODRIGO, 1984; Anexos I, II y III de la Orden 289/1991, sobre protección de especies de la flora vascular de la Comunidad Autónoma de Canarias; Anexo II de la Directiva 92/43/1992/CEE del Consejo, relativa a la conservación de las hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

En resumen la flora canaria presenta un alto nivel de endemismos a nivel de géneros, especies, subespecies y variedades, con un buen número de especies con un notable aislamiento taxonómico. El nivel de ploidía es relativamente bajo, con formas biológicas fundamentalmente arbustivo-leñosas. Ofrece numerosos ejemplos de distribución disjunta, constituyendo una excelente muestra de gran importancia biogeográfica, lo que la hace fundamental para una buena comprensión de la historia biogeográfica de los continentes próximos, especialmente del área Mediterránea, del área Saharo-Síndica y de la zona del Este de África, y en una dimensión histórica desde el entorno terciario tetiano hasta la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEBES GINOVÉS, J. R., P.L. PÉREZ DE PAZ & W. WILDPRET, 1984. *Clave analítica de las familias de plantas fanerógamas del archipiélago canario*. 2ª Ed. Sect. Publ. Univ. La Laguna, textos y pract. docent. vol. 5.
- AEDEVOL GONZÁLEZ, J. F., L. BORGÉN & P. L. PÉREZ DE PAZ, 1993. Checklist of chromosome numbers counted in Canarian vascular plants. *Sommerfeltia*, 18:1-59.
- BARQUIN, E., 1984. *Matorrales de la transición entre el piso basal y el montano de la isla de Tenerife, Canarias*. Universidad de La Laguna, 268 pp. Tesis Doctoral (no public.).
- BARRENO, E., *et al.*, 1984. Listado de plantas endémicas, raras o amenazadas de España. *Información Ambiental*, 3:1-24.
- BELTRÁN TEJERA, E., A. BAÑARES BAUDET & J. L. RODRÍGUEZ ARMAS, 1992. Flora Micológica de las Islas Canarias. In G. Kunkel (Coord.) *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 1ª parte*: 123-150. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria.
- BORGÉN, L. 1979. Karyology of the Canarian Flora. In D. Bramwell (ed.) *Plants and Islands*: 329-346. Acad. Press, London, ...: 329-346.
- BRANWELL, 1972. Endemism in the flora of the Canary Islands. In Valentine D.E. (ed.) *Taxonomy, Phylogeography and Evolution*: 141-159. Acad. Press, London, ...: 141-154.
- BRANWELL, D. & J. RODRIGO, 1984. Prioridades para la conservación de la diversidad en la flora de las Islas Canarias. *Bot. Macaronésica*. 10:3-17.
- BRANWELL, D. 1986. Contribución a la biogeografía de las islas Canarias. *Bot. Macaronésica*, 14: 3-34.
- BRANWELL, D. 1990. Conserving biodiversity in the Canary Islands. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 77:28-37.
- BRANWELL, D. & Z. I. BRANWELL, 1990. *Flores Silvestres de las Islas Canarias*. Rueda. Madrid: 376 pp.
- BREMER, K. & H.-E. WANNTORP, 1981. A cladistic classification of green plants. *Nord. J. Bot.* 1(1):1-3.
- CASASAYAS, 1988. Las especies hemerofitas naturalizadas en el N.E. de la Península Ibérica. *Lagascalia* 15:483-489.
- CRAWFORD, D. J., 1990. *Plant molecular systematics: macromolecular approaches*. Wiley. New York.
- CRONK, Q.C.B., 1992. Relict floras of Atlantic islands: patterns assessed. *Biol. Journ. Linn. Soc.* 46:91-103.

- DARIAS, V., L. BRAVO, E. BARQUIN, D. MARTÍN HERRERA & C. FRAILE, 1986. Contribution to the Ethnopharmacological study of the Canary Islands. *Journal of Ethnopharmacology*, 15:169-193.
- DE NICOLÁS, J. P., 1991. Evaluación de la biodiversidad y conservación de la naturaleza. In PINEDA *et al.* Ed. *Diversidad biológica/Biological Diversity*: 57-62. Fundación Ramón Areces. Madrid.
- DE NICOLÁS, J. P., J. M. FERNÁNDEZ-PALACIOS, F. J. FERRER & E. NIETO, 1989. Inter-island floristic similarities in the Macaronesian region. *Vegetatio* 84:117-125.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J. M., R. J. LÓPEZ, J. J. GARCÍA & C. LUZARDO, 1992. Descripción e interpretación ecológica de las diferencias entre el matorral de costa y de cumbre en Tenerife. *Bot. Macaronésica*, 19-20:87-104.
- FRANCISCO ORTEGA, J., M. JACKSON, J. P. CATTY & B.V. FORD-LLOYD, 1992. Genetic diversity in the *Chamaecytisus proliferus* complex (Fabaceae: Genisteae) in the Canary Islands in relation to *in situ* conservation. *Gen. Resour. Crop. Evol.* 39:149-192.
- FRANCISCO ORTEGA, J., D. J. CRAWFORD, A. SANTOS GUERRA & S. SA-FONTINA, 1995. Genetic divergence among Mediterranean and Macaronesian genera of the subtribe Chrysantheminae (Asteraceae). *Amer. Jour. Bot.* 82(10):1321-1328.
- GIL, M. I., F. FERRERES, A. MARRERO, F. TOMÁS LORENTE & F. A. TOMÁS BARBERÁN, 1993. Distribution of flavonoid aglycones and glycosides in *Sideritis* species from the Canary Islands and Madeira. *Phytochemistry*, 34(1): 227-232.
- GIL RODRÍGUEZ, M.C., J. AFONSO CARRILLO & R.J. HAROUN TABRAUE, 1992. Flora Ficológica de las Islas Canarias. In G. Kunkel (Coord.) *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 1ª parte*: 95-121. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria.
- GONZÁLEZ, A., 1976.— Natural products isolated from plants of the Canary Islands. In Kunkel (ed.), *Biogeography and Ecology of the Canary Islands*: 297-326. Dr. W. Junk B. The Hague.
- GONZÁLEZ, A., B. M. FRAGA, M.G. HERNÁNDEZ, J.G. LUIS & F. LARRUGA, 1979. Comparative phytochemistry of the genus *Sideritis* from the Canary Islands. *Biochem. Syst. & Ecol.* 7:115-120.
- GONZÁLEZ, A., 1982. Productos aislados de plantas de las Islas Canarias 1975-1981. 2ª parte. *Inst. Est. Canar. (C.E.C.E.L.)*, 50º Aniversario (1932-1982), 1:151-178.
- GONZÁLEZ-FRAGOSO, R. *et al.* 1989. Botánica. In Cabrera Latorre (Dir.) *Historia Natural*. Instituto Gallach, Barcelona.
- HANSEN, A. & P. SUNDING, 1993. Flora of Macaronesia. Checklist of vascular plants. 4ª revised ed. *Sommerfeltia*, 17:1-295.
- HERNÁNDEZ PADRÓN, C., 1992. Flora y Vegetación líquénica de las Islas Canarias. In G. Kunkel (Coord.) *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 1ª parte*: 151-170. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria.
- HUMPHRIES, C. J., R. I. VANE-WRIGHT & P.H. WILLIAMS, 1991. Biodiversity reserves: Setting new priorities for the conservation of wildlife. *Parks*, 2:34-38.
- KUNKEL, G., 1967. *Helechos cultivados. Descripción ilustrada de 40 especies cultivadas en las Islas Canarias*. Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. IV Ciencias 3:1-175.
- KUNKEL, G., 1969. Aliens to the Canary flora. Part I. Trees and Shrubs. *Cuad. Bot. Canar.* V:27-44.
- KUNKEL, G., 1971a. Aliens to the Canary flora. Part II. Creepers and Climbers (except succulants). *Cuad. Bot. Canar.* XII:8-21.
- KUNKEL, G., 1971b. Lista revisada de los pteridófitos de las Islas Canarias. *Cuad. Bot. Canar.* 13:21-46
- KUNKEL, G., 1974. La flora canaria, una estadística. *Cuad. Bot. Canar.* 20:25-31
- KUNKEL, G., 1991. *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 2ª parte: Las Dicotiledóneas (Magnoliophyta)*. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria: 312 pp.
- KUNKEL, G., 1992a. Los Helechos. In G. Kunkel (Coord.) *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 1ª parte*: 195-216. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria.
- KUNKEL, G., 1992b. Las Gimnospermas. In G. Kunkel (Coord.) *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 1ª parte*: 217-223. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria.
- KUNKEL, G., 1992c. Las Monocotiledóneas. In G. Kunkel (Coord.) *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 1ª parte*: 229-288. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria.
- LA ROCHE, F. & J. C. RODRÍGUEZ PIÑERO, 1994. Aproximación al número de taxones de la flora vascular silvestre de los archipiélagos macaronésicos. *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 6(2,3 y 4): 77-98.

- LOSADA LIMA, A. & J. M. GONZÁLEZ MANCEBO, 1992. Flora Briológica de las Islas Canarias. In G. Kunkel (Coord.) *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 1ª parte*: 171-190. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria.
- MACHADO, A., 1989. Planes de recuperación de especies. *Ecología*, 3:23-41.
- MAGURRAN, A.E., 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Vedral. Barcelona: 200 pp.
- MALATO BELIZ, J. 1991. O factor endemismo na flora dos arquipélagos macaronésicos. In Díaz, Carretas & Cordeiro Ed. *Comunicações das 1ª Jornadas Atlânticas de Protecção do Meio Ambiente*: 251-259. Angra do Heroísmo. 251-259.
- MARGALEF, R., 1991. Reflexiones sobre la diversidad y significado de su expresión cuantitativa. In Pineda et al. (Eds.), *Diversidad Biológica/Biological Diversity*. Fundación Areces-ADENA/WWF-SCOPE. Madrid.
- MARGULIS, L. & K.V. SCHWARTZ, 1985. *Cinco Reinos. Guía ilustrada de los phyla de la vida en la Tierra*. Labor. Madrid, I-XIII + 317 pp.
- MARRERO, A., 1992. Evolución de la Flora Canaria. In G. Kunkel (Coord.) *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 1ª parte*: 55-92. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria.
- MARTÍN FORBES, R., 1995. Systematics of *Lavatera* and *Malva* (Malvaceae, Malveae) -A new perspective. *Pl. Syst. Evol.* 198:29-53.
- MORIKAWA, T. & J.M. LEGEETT, 1990. Isozyme polymorphism in natural populations of *Avena canariensis* from the Canary Islands. *Heredity*, 64:403-411.
- MORRONE, J. J., M. M. CIGLIANO & J. V. CRISCI, 1992. Cladismo y diversidad biológica. *Ciencia Hoy*, 21(4):26-34.
- MORRONE, J. J. & J. V. CRISCI, 1993. Aplicación de métodos filogenéticos y pambiogeográficos en la conservación de la diversidad biológica. *Evolución Biológica*.
- PÉREZ DE PAZ, P. L. & I. MEDINA, 1988. *Catálogo de plantas medicinales de la flora canaria. Aplicaciones populares*. Viceconsejería de Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias e Instituto de Estudios Canarios. Santa Cruz de Tenerife: 132 pp. + láminas.
- RODRIGO, J., 1992. Origen de la Flora Canaria. In G. Kunkel (Coord.) *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico 1ª parte*: 33-54. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria.
- SAHUQUILLO, E. & R. LUMARET, 1995. Variation in the Subtropical Group of *Dactylis glomerata* L.— Evidence from Allozyme Polymorphism. *Biochemical Systematics and Ecology*, 23(4): 407-418.
- SANTOS, A., 1988. Flora y Vegetación (Capítulo XII). In L. Afonso (Dir.), *Geografía de Canarias. Geografía Física*: 257-294. Interinsular Canaria. Santa Cruz de Tenerife.
- SUNDING P. 1979. Origins of the Macaronesian flora. In Bramwell (ed.) *Plants and Islands*: 13-40. Academic Press. London
- WEBB, P.B. & S. BERTHELOT, 1836-1850, *Histoire Naturelle des Iles Canaries. III Botanique 2, Phytographia Canariensis*. Paris.
- WELSS W. & R. LINDACHER, 1994. Beiträge zur Chorologie und Florenstatistik der Kanarischen Inseln. *Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges.* 55: 845-857.
- YEO, P.F. & H. WIDLER KIEFER, 1990. The chemotaxonomy of *Geranium* (Geraniaceae). *Pl. Syst. Evol.*, 173:1-15.

TEMA 23

Fauna terrestre invertebrada de Canarias y su biodiversidad

Por Pedro Oromí Masoliver (*)

INTRODUCCIÓN

Los animales invertebrados constituyen sin duda el grupo de seres vivos más diversificado de Canarias. Las más de 6.000 especies citadas dan una idea de la gran biodiversidad existente en el archipiélago, que se verá aumentada con el tiempo a tenor de los continuos descubrimientos que se hacen de nuevas especies. Los invertebrados son animales menos conocidos popularmente por su reducido tamaño y sus hábitos a menudo ocultos, pero su biomasa y su papel en el funcionamiento de los ecosistemas insulares son de mayor relevancia que en los animales vertebrados.

En Canarias la insularidad ha limitado la presencia de numerosos grupos de invertebrados, que no han conseguido colonizar el archipiélago a lo largo de su historia geológica. Unos por imposibilidad física para llegar desde el continente, otros por no encontrar los nichos ecológicos adecuados (caso de grandes coprófagos y necrófagos, parásitos de grandes mamíferos, etc.). La reducida extensión de cada ecosistema también limita la diversidad del mismo, por dar cabida a comunidades menos variadas. En definitiva, en un archipiélago oceánico siempre hay una disarmonía faunística con respecto al continente, pues faltan muchos grupos de animales. A pesar de todo, esta disarmonía no es tan acentuada en Canarias como en otros archipiélagos oceánicos más distantes o geológicamente más modernos, ni como en la propia fauna canaria de vertebrados.

Uno de los aspectos más interesantes de los invertebrados canarios es la elevada tasa de endemismos; son especies exclusivas bien de varias de las islas o bien de una sola, a veces incluso únicos de un área reducida. Entre estos endemismos hay especies de las que no se conocen parientes próximos, o de haberlos están actualmente en regiones geográficas muy lejanas; a estas especies las denominamos *paleoendemismos*, y son relictos de una fauna más primitiva que ha quedado acantonada en el archipiélago. Suele tratarse de géneros a menudo endémicos, con una o muy pocas especies cada uno, como es el caso de las tijeretas del género *Anataelia*, las chinches cavernícolas del género *Collartida*, o los diversos coleópteros carábidos de los géneros *Pseudoplatyderus*, *Gomerina*, *Pseudomyas*, *Paraeutrichopus*, etc. Estos endemismos relictos suelen encontrarse muy ligados a hábitats determinados como las lavas, el medio subterráneo o la laurisilva, y su escasa plasticidad o competitividad les ha impedido ocupar otros ambientes.

En cambio una considerable mayoría de especies exclusivas podrían considerarse *neoendemismos*; se trata de taxones claramente relacionados con grupos continentales, que al colonizar el archipiélago han sufrido procesos de especiación relativamente rápidos. El aislamiento respecto a sus ancestros continentales, la gran diversidad climática —y por lo tanto ecológica— que hay en espacios relativamente reducidos, el fenómeno de vicariancia por fragmentación geográfica del archipiélago, y los nichos vacíos que encontraron al

(*) Dr. en Biología. Profesor Titular del Dpto. de Biología Animal (Zoología). Universidad de La Laguna.

colonizar las islas, les han conducido a menudo a procesos de radiación adaptativa muy llamativos. Casos destacados pueden ser los caracoles de los géneros *Hemicycla* (30 spp.) o *Napaeus* (30 spp.), las arañas del género *Dysdera* (46 spp.), los milpiés del género *Dolichoilulus* (45 spp.), o muchos géneros de coleópteros como *Calathus* (25 spp.), *Tarphius* (30 spp.), *Attalus* (52 spp.), *Laparocerus* (72 spp.), etc. Algunos de estos géneros tienen representantes en prácticamente todos los pisos bioclimáticos del archipiélago, que abarcan hábitats muy variados. La aparición de los neoendemismos ha llevado a la existencia de un elevado número absoluto de especies, que compensa en gran medida la inicial pobreza de colonizadores debida a la insularidad.

El origen de la fauna canaria de invertebrados es muy variado, aunque como ocurre con vertebrados o plantas, hay una predominancia de representantes con conexiones mediterráneas. Pero no faltan elementos etiípicos o circumtropicales que, aunque minoritarios, demuestran una cierta complejidad en la historia de la colonización del archipiélago. Hay un importante componente de especies importadas por la actividad humana, que obviamente no deben de tenerse en cuenta al hacer análisis biogeográficos de la fauna.

1. LOS INVERTEBRADOS EN CANARIAS

Los más de 6.000 invertebrados conocidos del medio terrestre en Canarias, se agrupan en una serie de *phyla* o grupos taxonómicos superiores. La riqueza en especies de cada uno de ellos está más o menos en consonancia con la que presentan en las zonas continentales cercanas. Ello dependerá de las dificultades particulares de cada grupo para colonizar islas oceánicas. No hay que olvidar, en cualquier caso, que el actual estado de conocimiento de nuestra fauna no es perfecto: hay grupos como los rotíferos, los ácaros o los himenópteros parásitos que están claramente infraestudiados; y falta bastante que saber de prácticamente cualquier otro grupo de invertebrados, como lo muestra la continua aparición de especies anteriormente desconocidas del archipiélago.

Ante la imposibilidad de hacer un repaso exhaustivo de una fauna tan compleja, en este curso se pretenden dar una idea de la situación de cada uno de estos *phyla*, analizando su relevancia desde el punto de vista tanto faunístico como ecológico, evolutivo o biogeográfico. A continuación hacemos un comentario sobre los distintos grupos, más o menos extenso dependiendo de la riqueza específica, porcentaje de endemismos y de especies introducidas (a menudo de importancia económica o conservacionista) y de ciertas peculiaridades ecológicas o zoogeográficas.

1.1. Platelminetos

Tan sólo se conocen dos especies de platelmintos libres, las planarias *Dugesia gonocephala* y *Archilop-sis unipunctata*. Son especies típicamente europeas, que se encuentran en charcas y arroyos de agua dulce. Hay platelmintos parásitos del hombre y animales domésticos, como solitarias y duelas del hígado, que son obviamente introducidos y no forman parte de la fauna silvestre.

1.2. Nemertinos

Grupo de invertebrados vermiformes típicamente marino, con algunos representantes terrestres. En Canarias se ha encontrado una única especie, *Geonemertes chalicophora*, en zonas fangosas.

1.3. Nematodos

Importante grupo de vermes no segmentados, de los que se conocen en Canarias unas 250 especies, aparte de las parásitas del hombre y animales domésticos (lombrices intestinales, filarias, oxiuros, etc.). Una gran mayoría viven en el suelo y en los tejidos de plantas, constituyendo plagas agrícolas importantes. Otras son especies muscícolas y liquenícolas, de reducidísimo tamaño y gran capacidad de dispersión. No hay ningún endemismo canario. Las fitoparásitas no suelen encontrarse en ambientes naturales, por lo que se consideran todas introducidas.

1.4. Anélidos

La mayoría de las aproximadamente 63 especies citadas de Canarias pertenecen a la clase **Oligoquetos**, que incluye las lombrices de tierra y otras pequeñas lombrices dulceacuícolas. A pesar de la escasa movilidad aparente de las lombrices de tierra, son animales que se dispersan fácilmente tanto de forma natural como

por actividades humanas. Ninguna especie es exclusiva del archipiélago y tan sólo se ha descrito una subespecie endémica, *Allolobophora moebi tenerifana*. Las pequeñas lombrices dulceacuícolas revisten mayor interés zoogeográfico por haber algunos endemismos locales, pero están mucho peor estudiadas.

La clase de los **Hirudíneos** incluye las sanguijuelas, de las que se han citado tres especies en Canarias, ninguna endémica. Viven en aguas dulces y se alimentan de pequeños invertebrados y de la sangre de animales superiores.

1.5. Moluscos

Dos clases de moluscos están representadas en la fauna terrestre canaria: un pequeño **Bivalvo** (*Pisidium* sp.) que vive en arroyos, y más de 200 especies de **Gasterópodos**, que incluyen las babosas y los caracoles. Entre estos últimos hay algunas especies claramente introducidas por el transporte humano, como la babosa *Lehmania valentiana* o el caracol *Otala lactea*. Pero entre la abundante fauna autóctona hay un elevado porcentaje de endemismos; este fenómeno es frecuente en las faunas insulares de moluscos terrestres, dado el gran aislamiento en que se encuentran los que consiguen llegar a cada una de las islas. Diversos géneros de gasterópodos son perfectos ejemplos de radiación adaptativa, destacando entre los caracoles las *Hemicycla* y *Canariella* (géneros endémicos) y los *Napaeus*, que tienen representantes en gran diversidad de biotopos; y en las babosas el género *Insulivitrina*, más limitadas a los ambientes arbolados y húmedos. Las *Parmacella* son interesantes babosas de mayor tamaño, que en las islas orientales subsisten en los pocos enclaves que restan con cierta humedad. Hay algunos gasterópodos de agua dulce, como las *Lymnaea*, que siguen siendo pulmonados y respiran del aire.

1.6. Artrópodos

Es el *phylum* más diversificado en cualquier fauna, superando ampliamente a todos los demás grupos taxonómicos juntos. En Canarias se han citado aproximadamente unas 5.700 especies, que suponen el 90% de la diversidad animal del archipiélago. Ocupan todos los hábitats posibles, y el número de individuos alcanza valores realmente inimaginables. Para hacer un comentario mínimamente representativo, debemos tratar por separado las diversas clases en que se subdividen.

a) Arácnidos

Esta importante clase de artrópodos está representada en Canarias por cerca de 600 especies, de las que 430 son del orden **Araneidos**. Estos últimos son las verdaderas arañas, que pueden encontrarse en todos los ambientes posibles, incluyendo las cuevas o las lavas recientes, desde la orilla del mar hasta el mismo cráter del Teide. Aunque no disponen de alas para el vuelo, muchas son capaces de desplazarse con el viento en sus fases juveniles, formando una estructura de seda a modo de paracaídas. La inmensa mayoría son inofensivas, pero al menos una, la viuda negra (*Latrodectus mactans*) tiene una picadura peligrosa y es relativamente frecuente en varias islas. Del orden del 70% de las especies son endémicas.

El siguiente orden de arácnidos en importancia es el de los **Ácaros**, que incluye garrapatas, arañas rojas y un sinnúmero de animalillos diminutos, la mayoría habitantes del suelo y el humus. Están muy poco estudiados, y debe haber muchas más que el centenar de especies citadas.

Los **Pseudoescorpiones** constituyen otro orden interesante, con unas 40 especies en Canarias, de ellas 18 endémicas. Son animales de pocos milímetros de tamaño, que viven en lugares húmedos y ocultos y que practican la foresia (se agarran a animales voladores y viajan con ellos).

La reducida representación del orden de los **Opiliones** es del máximo interés, con un 100% de endemici-dad. El género *Bunochelis*, con dos especies, se encuentra en casi todos los ambientes de las siete islas. Hay además dos casos claramente relikticos: *Parascleropilio fernandezi* de la laurisilva de Tenerife y La Gomera, y *Maioresus randoi* exclusivo de una cueva de Fuerteventura.

La única especie del orden de los **Solífugos** es endémica y está presente en variados ambientes de casi todas las islas.

Dos arácnidos introducidos por la actividad humana son el **Escorpión** *Centruroides gracilis* y el **Esqui-zómido** *Schizomus portoricensis*, ambos de origen centroamericano.

b) Crustáceos

Son los artrópodos que dominan en el medio acuático, aunque ciertos grupos han podido colonizar el medio terrestre adoptando formas de respiración aérea. Todas las aguas continentales de Canarias, bien sean

dulces o salobres, subterráneas o superficiales, corrientes o estancadas, permanentes o efímeras, tienen crustáceos diversos. Los de tamaño diminuto como **Cladóceros**, **Ostrácodos** y **Copépodos** forman parte del plancton, y suelen ser buenos viajeros (sobre todo en fase de huevo) por lo que hay pocos endemismos. Tan sólo se conocen tres crustáceos superiores (Malacostráceos) de aguas superficiales, los **Anfípodos** *Chaetogammarus chaetocerus*, *Rhipidogammarus rheophilus*, *R. nivariae* y *R. gomeranus*; pero hay una buena representación de especies de este mismo orden en aguas subterráneas, tanto dulces como anquialinas (ver capítulo «Habitats dulceacuícolas, aerolianos y subterráneos»). El único **Decápodo** de la fauna canaria es *Munidopsis polymorpha* del Jameo del Agua (Lanzarote), que de hecho es de origen marino.

Entre los crustáceos terrestres de la fauna canaria hay varios **Anfípodos**, siempre ligados a ambientes de elevada humedad atmosférica. En la laurisilva de La Gomera, Tenerife y Gran Canaria hay sendas especies de *Orchestia*, y en La Palma se encuentra el género endémico *Palmorchestia* con un representante en laurisilva y otro en tubos volcánicos. Pero el orden mejor representado es el de los **Isópodos**, con más de 100 especies plenamente terrestres, algunas adaptadas a vivir en ambientes tan áridos como las dunas litorales de Fuerteventura y Lanzarote, o tan húmedos como las cuevas del norte de Tenerife. Son las conocidas cochini-llas de humedad, y alrededor del 60% de las especies son endémicas.

c) Miriápodos

Son animales de cuerpo alargado multisegmentado y con gran número de patas, siempre ligados al suelo y con ciertas apetencias de humedad. Son de hecho cuatro clases diferentes.

Todos los **Sínfilos** parecen ser introducidos, y de los diminutos **Paurópodos** que viven en el suelo se conocen unas 14 especies, ninguna endémica.

Los **Quilópodos** o ciempiés están dotados de aparato picador, aunque solamente las escolopendras son peligrosas. Incluyen unas 22 especies con muy pocos endemismos, entre ellos dos interesantes animales cavernícolas.

Los **Diplópodos** son la clase más rica e interesante. Abarcan los diminutos Polixénidos, de los que se conocen especies que viven en la orilla del mar, en lavas recientes o en los ambientes más húmedos de laurisilva; los Gloméridos que se asemejan a cochini-llas de la humedad; los Polidésmidos también de zonas boscosas; y los Iúlidos o milpiés, entre los que destaca el género *Dolichoilulus* con representantes en todos los pisos bioclimáticos.

d) Hexápodos

Esta compleja clase de artrópodos reúne el 80% de la fauna invertebrada; incluye unos 24 órdenes distintos con unas 4.850 especies, aproximadamente el 50% de las cuales son endémicas. La enorme plasticidad de estos animales les ha llevado a evolucionar de tal forma que han ocupado casi todos los nichos imaginables.

El medio aéreo está plenamente ocupado por ellos, gracias a la capacidad de vuelo que originariamente tenían todos sus órdenes, excepto los más primitivos por ello llamados *apterigotas* (sin alas). De los insectos con ancestros alados o *pterigotas*, muchos conservan las alas y la aptitud para el vuelo; pero también muchos otros como pulgas, piojos y diversos representantes de cualquier otro orden, las han perdido secundariamente por adaptarse a formas de vida particulares. Ya Darwin había constatado que, en medios insulares, muchas especies de animales alados evolucionan hacia el apterismo.

El medio terrestre también está ocupado por insectos en cualquiera de sus habitats, desde los que viven sobre o dentro de las plantas y de otros animales, hasta los que están sobre el suelo (*epiedálicos*), en el mantillo (*humícolas*), dentro del suelo (*endogeos*) o incluso en el subsuelo (*hipogeos*).

El medio acuático es el único que ha supuesto un cierto freno a la expansión de los insectos, pero aún así está ampliamente ocupado por ellos en las aguas dulces. Hay grupos como libélulas, efémeras, frigáneas y mosquitos que tienen las fases larvianas obligatoriamente acuáticas; y muchas especies de escarabajos y de chinches son también acuáticas en fase adulta, aunque siempre dependiendo de una respiración aérea. El único medio realmente vetado para los insectos es el marino; en Canarias tan sólo hay algunos intentos de colonizarlo por parte de coleópteros como *Orzolina thalassophila* que vive en la franja intermareal en Lanzarote, y algunos hidrofílicos que están en charcas de marea de elevada salinidad.

Entre los *apterigotas* hay un orden de diminutos animales que viven sobre todo en el suelo, los **Colém-bolos**, que forman una variada y abundante fauna pero todavía muy poco conocida. Los únicos *apterigotas* conocidos popularmente son los pececillos de plata o **Tisanuros**, de los que hay algunos endemismos interesantes y otras especies banales, como las que ocupan rincones de nuestras casas.

Entre los *pterigotas* más primitivos figuran las **Efémeras** y las libélulas u **Odonatos**, siempre de larvas acuáticas. Ninguna de las 10 especies de libélulas canarias es endémica, probablemente debido a su potente

vuelo que les ha permitido mantener cierto intercambio génico con las poblaciones continentales. Entre las efémeras, de vuelo mucho más débil y vida muy corta de adultos, sí hay unos cuantos endemismos.

Los **Dictiópteros** —que incluyen las cucarachas y las santateresas o mantis— tienen especies endémicas interesantes, con marcados casos de apterismo, de adaptaciones subterráneas, etc., frente a la presencia de otras especies banales y cosmopolitas introducidas por el hombre. Obviando estas últimas, el porcentaje de endemismos es alto en este orden.

Los saltamontes, grillos y afines constituyen los **Ortópteros**, también relativamente abundantes y variados, aunque con una importante componente de especies continentales, quizás debido a su capacidad de vuelo. Son de gran interés las especies ápteras de los géneros *Arminda*, *Acrostira*, *Canariola*, *Calliphona*, etc., muchos de ellos endémicos del archipiélago. Visitantes asiduos del continente africano son las langostas migradoras, que antaño acudían masivamente formando plagas.

Las populares tijeretas son los **Dermápteros**, con similares ejemplos de géneros endémicos ápteros como *Anataelia* y *Canarilabis*, y alto porcentaje de especies exclusivas.

Los **Psocópteros** o piojos de los libros son diminutos insectos con especies cosmopolitas en el entorno humano, pero en la naturaleza hay también una fauna de interés biogeográfico nada desdeñable.

Entre los diminutos **Tisanópteros** o trips hay muchas especies interesantes, ligadas a plantas endémicas canarias, pero también encontramos muchas especies introducidas que constituyen plagas de ciertos cultivos.

Las chinches o **Heterópteros** constituyen un orden muy importante, con una mayoría de especies fitófagas en ocasiones muy ligadas a ciertas plantas, aunque también abundan las especies depredadoras. Algunas familias incluyen animales acuáticos, que sin embargo suelen tener medios de dispersión aéreos, siendo a menudo buenos voladores.

Los **Homópteros** constituyen un orden bastante complejo, que incluye pulgones, cochinillas y muchas otras familias de aspectos muy dispares. Se alimentan casi invariablemente de savia de plantas, y muchos de ellos constituyen serias plagas para la agricultura. Casi siempre son de tamaño pequeño a muy pequeño, sin potencia de vuelo para llegar hasta las islas por sus propios medios. Sin embargo son fácilmente traídos por el viento, y además el hombre ha introducido la mayoría de las especies que constituyen plagas. Entre la fauna autóctona (especies introducidas aparte) aproximadamente la mitad son endemismos.

Los **Neurópteros** son las hormigas león y las crisopas. Casi todas las especies tienen grandes alas, aunque su capacidad de vuelo es limitada.

El orden más importante de insectos lo constituyen los **Coleópteros**, con unas 1.600 especies distintas en Canarias y uno de los mayores porcentajes de endemismos. Los escarabajos responden a la imagen típica de un coleóptero, pero su enorme variedad (más de 60 familias distintas) incluye animales muy diversos como mariquitas, gorgojos, etc. Son animales esencialmente marchadores y las alas las usan sobre todo para su dispersión. La capacidad de vuelo no suele ser grande y hay multitud de especies que la han perdido, atrofiándose incluso sus alas voladoras del segundo par (el primer par forman los élitros y son protectoras). Hay especies adaptadas a casi todas las formas de vida y a todos los hábitats, incluyendo el agua dulce y el subsuelo. Hay bastantes géneros endémicos y especies relicticas.

Los **Tricópteros** son las frigáneas, que por estar ligados a las aguas dulces corrientes y bien oxigenadas, tienen posibilidades limitadas en Canarias. Aunque dotados de alas bien formadas, su vuelo no es muy activo y su dispersión limitada.

Los **Lepidópteros** son un vasto grupo que abarca mariposas y palomillas. Las verdaderas mariposas o Ropalóceros son solamente 24 especies, representación muy pobre en comparación con las faunas continentales; es un fenómeno corriente en las islas oceánicas. El porcentaje de endemismos es relativamente bajo, probablemente debido a la gran capacidad de vuelo: algunos casos como el de *Cynthia cardui* son migrantes que recorren grandes distancias, llegando puntualmente cada año a las islas. Entre los Heteróceros o lepidópteros «nocturnos» (no todos lo son) hay una riqueza mucho mayor y también más endemismos. Es muy significativo que de la familia de los Sphingidae, entre los insectos con el vuelo más potente, ninguna de las especies de nuestra fauna sea endémica.

Otro gran orden es el de los **Dípteros**, con cerca de 1.000 especies distintas de moscas y mosquitos. Comparables a los coleópteros por su gran plasticidad y variedad de formas de vida, son sin embargo mejores viajeros y han originado menos endemismos en la fauna canaria. También se observa en ellos un mayor espectro ecológico, de forma que cada especie puede encontrarse en hábitats más variados que otros insectos más estenoicos.

Un último gran grupo es el de los **Himenópteros**, que incluye avispas, abejas y hormigas. Son insectos casi siempre buenos voladores, aunque algunos son tan diminutos que su capacidad dispersora es limitada. Muchos de los himenópteros parásitos están todavía poco conocidos, y tras su estudio aumentará el número de especies de la fauna canaria. La tasa de endemismos no es muy alta, y entre las hormigas desciende aún más habiendo pocas especies exclusivas.

BIBLIOGRAFÍA

- BACALLADO, J. J. 1982. Adiciones y correcciones al catálogo de los macrolepidópteros (Ropalóceros y Heteróceros) del archipiélago canario. En: *Instituto de Estudios Canarios, 50 Aniversario 1932-1982*. Tomo 1. Inst. Estudios Canarios, La Laguna, pp 1-19.
- BÁEZ, M. 1985. Las libélulas de las Islas Canarias. *Enciclop. Canaria*, 28. Aula Cultura Tenerife, Sta. Cruz Tenerife, 48 pp.
- BARQUIN, J. 1981. *Las hormigas de Canarias. Taxonomía, ecología y distribución de los Formicidae*. Univ. La Laguna, Secretariado Publicaciones, Serie Monografías 3.584 pp.
- BELLO, A. 1969. Estudio de las nematocenosis de las Islas Canarias e influencia del factor antropógeno sobre las mismas. *Bl. R. Soc. esp. Hist. Nat. (Biol.)*, 67: 35-52.
- EASON, E. H. & H. ENGHOFF. 1992. The lithobiomorph centipedes of the Canary Islands (Chilopoda). *Ent. Scand.*, 23: 1-9.
- ENGHOFF, H. 1992. Macaronesian millipedes (Diplopoda) with emphasis on endemic species swarms on Madeira and the Canary Islands. *Biol. J. Linnean Soc.*, 46: 153-161.
- FREY, R. 1936. Die Dipterenfauna der Kanarischen Inseln und ihre Probleme. *Comm. Biologicae*, 6 (1): 1-234.
- HEISS, E. & M. BÁEZ. 1990. A preliminar catalog of the heteroptera of the Canary Islands. *Vieraea*, 18: 281-316.
- KALTENBACH, A. 1979. Die Mantodea der Kanarischen Inseln. Kritische Übersicht und ergänzende Beschreibungen. *Ann. Naturhistor. Mus. Wien*, 82: 517-531
- HOHMANN, H., F. LA ROCHE, G. ORTEGA & J. BARQUIN. 1993. *Bienen, Wespen und Ameisen der Kanarischen Inseln*. Übersee-Museum, Bremen, 894 pp..
- LINDBERG, H. 1953. Hemiptera Insularum Canariensium. *Commentationes. Biologicae*, 14 (1): 1-304.
- MACHADO, A. 1992. *Monografía de los carábidos de las Islas Canarias (Insecta, Coleoptera)*. Instituto de Estudios Canarios, La Laguna, 723 pp.
- MEINANDER, M. 1973. The Psocoptera of the Canary Islands. *Notulae Ent.*, 53: 141-158.
- OROMI, P. 1982. Los Tenebriónidos de las Islas Canarias. En: *Instituto de Estudios Canarios, 50 Aniversario 1932-1982*. Tomo 1. Inst. Estudios Canarios, La Laguna, pp. 265-292.
- ORTEGA, G. 1988. *Los Icneumonidos de las Islas Canarias (Insecta: Hymenoptera, Ichneumonidae)*. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna, 525 pp.
- RODRÍGUEZ SANTANA, R. 1991. *Estudio taxonómico y faunístico de los isópodos terrestres del archipiélago canario*. Tesis Doctoral (sin publicar), Universidad Autónoma de Barcelona, 515 pp.
- VARIOS. 1984. *Fauna marina y terrestre del archipiélago canario* (Ed. J. J. Bacallado). EDIRCA, Las Palmas de Gran Canaria, 356 pp.
- WOLLASTON, T.V. 1865. *Coleoptera Atlantidum, being an enumeration of the coleopterous insects of the Madeiras, Salvages and Canaries*. London: Taylor & Francis, 47 + 526 pp.
- WUNDERLICH, J. 1991. Die Spinnen-fauna der Makaronesischen Inseln. Taxonomie, Ökologie, Biogeographie und Evolution. *Beiträge Araneologie*, 1: 1-619.
- ZUR STRASSEN, R. 1983. Internationales Forschungsprojekt Makaronesischer Raum. Fransenflügler-Arten von den West-Kanaren (Insecta: Thysanoptera). *Vieraea*, 12 (1-2): 135-172.

TABLA I

Invertebrados terrestres de Canarias. (1) No se incluyen parásitos del hombre y de los animales domésticos

Taxa	Taxa	Taxa	Taxa
Ph. PLATELMINTOS (1)	2	—	—
Ph. NEMERTINOS	1	—	—
Ph. ROTÍFEROS	?	—	—
Ph. NEMATODOS (1)	±250	—	—
Ph. ANÉLIDOS		—	—
Oligoquetos	±25	—	< 2
Hirudíneos	3	—	intr
Poliquetos	1	1	100
Ph. MOLUSCOS			
Gasterópodos	±250	212	±85
Bivalvos	1	—	—
Ph. ARTRÓPODOS			
<i>Arácnidos</i>	±578	359	±62
Escorpiones	1	—	intr
Pseudoscorpiones	40	18	45
Opiliones	4	4	100
Ácaros	? 100	36	? 36
Araneidos	430	300	70
Solífugos	1	1	100
Palpígrados	1	—	—
Ezquizómidos	1	—	intr
<i>Crustáceos</i>	178	90	50
Cladóceros	16	—	—
Copépodos	18	5	28
Ostrácodos	18	1	5
Isópodos	102	61	60
Antípodos	24	23	95
<i>Miriápodos</i>	121	61	50
Diplópodos	79	54	68
Paurópodos	14	—	—
Quilópodos	79	54	68
Sínfilos	6	—	—
<i>Hexápodos</i>	±4.850	2.312	50
Colémbolos	±200	?	?
Dipluros	4	—	—
Tisanuros	15	6	40
Efémeras	6	2	33
Odonatos	10	—	—
Dictiópteros	31	20	65
Ortópteros	81	30	37
Embiópteros	1	—	intr
Dermápteros	23	16	69
Psocópteros	30	10	66
Malófagos	11	—	—
Anopturos	?	—	intr
Tisanópteros	92	25	27
Homópteros	±300	125	±42
Heterópteros	±330	105	±32

TEMA 24

Fauna terrestre vertebrada de Canarias y su biodiversidad

Por Luis F. López Jurado (*)

INTRODUCCIÓN

Las islas volcánicas son muy pobres en especies, si se comparan con similares superficies en los continentes. Esto es debido a la escasa diversidad de hábitats que sólo se vé algo compensada cuando la altitud favorece la variedad de ambientes ecológicos.

Las Islas Canarias no son una excepción a esta regla y el número de especies de vertebrados terrestres que en ellas viven es bastante reducido.

1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS DISTINTOS GRUPOS E ISLAS

De un modo general puede decirse que las islas más monótonas desde el punto de vista ecológico (y las de menor altitud) son Lanzarote y Fuerteventura, en las que las especies son pocas a excepción de las aves, debido a la posición geográfica de estas islas en las rutas migratorias.

Esta pobreza está en parte compensada por su posición geográfica que por ejemplo facilita la instalación de especies únicas en las islas como el halcón de Eleanor (*Falco eleanorae*) y por su edad geológica (la mayor del archipiélago) con la presencia de algunos endemismos tanto de aves (tarabilla canaria, *Saxicola dacotiae*) como de mamíferos (musaraña canaria, *Crocidura canariensis*) o reptiles (lisneja, *Chalcides simonyi*) entre otros.

Por el contrario, las islas de mayor altitud y en general menor edad geológica poseen un mayor número de especies, pero relativamente menos endemismos. Además estas islas pueden clasificarse en dos grupos: las de edad geológica intermedia (Gran Canaria, Tenerife, La Gomera) y las más jóvenes (El Hierro y La Palma). En estas islas además de los reptiles, entre las aves sólo las dos palomas de la laurisilva (*Columba trocaz* y *Columba bollii*) y el pinzón azul (*Fringilla teydea*) han llegado a diversificarse endémicamente.

Un tercer factor que interviene también es el tamaño de las islas y así, La Gomera y El Hierro, por ser las menores, poseen menos especies que Tenerife o Gran Canaria pese a presentar también altitudes considerables.

La orografía compleja ha determinado a su vez, mayores posibilidades de diversificación. En este contexto la extensión de los hábitats es crucial para ello. Así, la isla de Tenerife ha sido quizás, la que más ha contribuido a la diversidad biológica en vertebrados terrestres de todo el archipiélago. En este carácter ha influido también su posición central en el archipiélago y la influencia y orientación de los vientos y corrientes

(*) Dr. en Ciencias Biológicas. Profesor Titular de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

(*) En La Laguna el tema fue impartido por el Dr. Aurelio Martín Hidalgo, que renunció a su participación en la publicación.

dominantes. Como consecuencia de ello, las especies de reptiles y muchas aves de las islas de La Gomera, El Hierro y La Palma, derivan de ancestros que se originaron en Tenerife.

Este fenómeno es especialmente perceptible cuando se analiza el caso de los reptiles. En Tenerife se ha descrito la existencia entre fósiles y actuales de 5 especies de lagartos mientras que en La Palma, La Gomera y El Hierro 3; y en Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura 1 solamente.

Este grupo es el único que ha llegado al máximo grado de endemidad pues todos sus representantes son endémicos a excepción de un perinquin introducido en las dos capitales canarias (la salamanquesa rosada, *Hemidactylus turcicus*). Son un total de 12 especies pertenecientes a 3 grupos: los lagartos (género *Gallotia*), las lisas (género *Chalcides*) y los perinquenes (género *Tarentola*).

En el caso de los mamíferos, desgraciadamente la mayor parte de las especies endémicas han desaparecido. Sólo han llegado hasta nuestros días una musaraña (*Crocidura canariensis*) y un murciélago (*Plecotus teneriffae*), mientras que se han descrito 3 formas extinguidas (*Canariomys bravori*, *C. tamarani* y *Malpaisomys insularis*). Otras especies de murciélagos (mamíferos voladores) han llegado también a las islas por sus propios medios.

El grupo de los mamíferos sin embargo ha venido a incrementarse gracias a la presencia de las especies introducidas que incluyen, sin contar a las formas domésticas, al conejo (*Oryctolagus cuniculus*), las dos especies de ratas (*Rattus rattus* y *R. norvegicus*), el ratón (*Mus musculus*) y la ardilla moruna (*Atlantoxerus getulus*).

Las especies de anfibios están representadas en las islas por dos especies. Ambas son introducidas por el hombre sin que se sepa con exactitud el momento exacto de ello. La ranita verde (*Hyla meridionalis*) presenta además la peculiaridad de que fue descubierta para la ciencia en el Valle de la Orotava (Tenerife) antes que en el resto de su área de distribución (península ibérica y Marruecos). La rana común (*Rana perezi/saharica*) es algo más rara y parece estar emparentada con algunas formas africanas.

Por último las aves son el grupo más numeroso. Una estimación conservativa cifra en 63 especies el número total de aves nidificantes en Canarias. Muchas de estas han sido descritas como subespecies de las formas euroafricanas, y otras 235 especies de aves han sido citadas como de paso, tanto en primavera como en invierno (aves invernantes).

Las especies nidificantes han ocupado todos los hábitats disponibles en las islas, desde los arenales a la alta montaña, pasando por los ecosistemas volcánicos juveniles (malpaíses) y por los bosques de laurisilva y pinares. Ya hemos mencionado las formas endémicas de las islas. A esta lista habría que añadir otras desgraciadamente extinguidas, como el milano real (*Milvus milvus*), el ostrero unicolor (*Haematopus meadewaldoi*) y a nivel subespecífico la tarabilla canaria de Alegranza (*Saxicola dacotiae murielae*) y el mosquitero común de Lanzarote (*Phylloscopus collybita exsul*).

También en este grupo, otras especies foráneas se han aclimatado perfectamente a los ambientes ecológicos del archipiélago como la pintada africana (*Numida meleagris*), cotorra de Kramer (*Psittacula krameri*), estrilda común (*Estrilda astrild*) y otras de reciente aparición. Estas especies han ocupado estrictamente nichos de transición (ecotonos) que nunca lo habrían sido de no intervenir la mano del hombre para facilitar la llegada de estas especies a las islas.

En definitiva, el número de especies de vertebrados terrestres en Canarias es bajo como corresponde a islas de origen volcánico. El nivel de endemismos es de prácticamente el 100% en reptiles, muy bajo en mamíferos especialmente si se contabilizan las especies domésticas y las introducidas y muy alto si se excluyen éstas y se añaden las endémicas extinguidas. Para las aves es también muy bajo, incluyendo a las extinguidas, dadas las condiciones intrínsecas a la capacidad dispersora del grupo y a las escasas distancias a recorrer desde el continente y entre las islas.

BIBLIOGRAFÍA

- AHL, E. 1925. Über eine ausgestorbene Riesenschildkrote der Insel Teneriffa. *Z. Dt. Geol. Ges.* 77A (4): 575-580.
- BANNERMAN, D. A. 1963. Birds of the Atlantic islands. Vol I. A History of the Birds of the Canary Islands and of the Selvagens. Oliver & Boyd. Edinburgh and London. 358 pp.
- BRAVO, T. 1953. *Lacerta maxima* n. sp. de la fauna continental extinguida en el Pleistoceno de las Islas Canarias. *Est. Geol. Inst. Invest. Geol. Lucas Mallada* 9 (17): 7-34.
- CRUSAFONT-PAIRÓ, M. & F. PETTER. 1964. Un Murine géant fossile des Iles Canaries *Canariomys bravori* gen. nov. spec. nov. (Rongeurs, Muridés). *Mammalia* 28 (4): 608-611.
- GARCÍA TALAVERA, F. 1989. Aves gigantes en el mioceno de Famara (Lanzarote). *ESF Meeting on Canarian Volcanism*. Lanzarote, Nov. Dic. 1989: 349-350.

- HIRSCH, K. & L. F. LÓPEZ JURADO. 1987. Pliocene chelonian Fossil Eggs from Gran Canaria, Canary Islands. *J. Vert. Paleont.* 7 (1): 96-99.
- HUTTERER, R., LÓPEZ JURADO, L. F. & P. VOGEL, 1987. The shrews of the eastern Canary Islands: a new species (Mammalia: Soricidae). *J. Nat. History* 21: 1347-1357.
- HUTTERER, R., N. LÓPEZ-MARTÍNEZ & J. MICHAUX. 1988. A new Rodent from Quaternary deposits of the Canary Islands and its relationships with Neogene and recent Murids of Europe and Africa. *Paleovertebrata* 18 (4): 241-262.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. & L.F. LÓPEZ JURADO. 1987. Un nuevo múrido gigante del cuaternario de Gran Canaria *Canariomys tamarani* nov. sp. (Rodentia, Mammalia). Interpretación filogenética y biogeográfica. *Doñana Acta Vertabrata*, Ocas. Paper (2): 1-60.
- LÓPEZ JURADO, L. F. 1991. Synopsis of the canarian herpetofauna. *Rev. Esp. Herp.* (6): 107-118.
- LÓPEZ JURADO, L. F. & J. A. MATEO. 1995. Origin, colonization, adaptative radiation, intrainular evolution, and specific substitution processes in the fossil and living lizards of the Canary Islands. *Scientia Herpetologica*, Llorente, G. et al., eds. pp. 81-91.
- SAUER, E.G.F. & P. ROTHE. 1972. Ratite eggshell from Lanzarote, Canary Islands. *Science* 176: 43-45.
- TRUJILLO, D. 1991. *Los murciélagos de las Islas Canarias*. Monografías del ICONA. Colección Técnica. Madrid.
- VOLSOE, H. 1950. Spring observations on migrant birds in the Canary Islands. *Videsk. Medd. fra Dansk. naturh. Foren* 112: 75-117.
- VOLSOE, H. 1951. The breeding birds of the Canary Islands. I. Introduction and synopsis of the species. *Vidensk. Medd. fra Dansk. naturh. Foren* 113: 1-153.
- VOLSOE, H. 1955. The breeding birds of the Canary Islands. II. Origin and History of the Canarian Avifauna. *Vidensk. Medd. fra Dansk. naturh. Foren* 117: 117-178.

TEMA 25

Hábitats de Canarias: matorral xérico y bosques termófilos

Por Octavio Rodríguez Delgado¹, Águedo Marrero Rodríguez²,
Miguel Á. Peña Estévez³, Marcelino J. del Arco Aguilar⁴
y Francisco J. González Artiles⁵

INTRODUCCIÓN

Con este tema se inicia el estudio de los principales hábitats de Canarias, siguiendo una secuencia altitudinal ascendente, y en el mismo nos vamos a centrar exclusivamente en la zona baja de las islas, el territorio ocupado por los matorrales xéricos y los bosques termófilos. En primer lugar se tratan los aspectos botánicos, referidos a las unidades de vegetación que caracterizan fisionómicamente el territorio (cinturón halófilo-costero de roca, vegetación halo-psamófila, saladares, bosquetes de tarajales, tabaibal-cardonal y bosques termófilos). Luego se estudian los aspectos zoológicos, analizando la distribución de la fauna en el piso basal (islotas y acantilados costeros, bajíos litorales, playas y saladares, zonas arenosas, llanos terrosos y pedregosos, y matorrales de cardonales y tabaibales) y en los reiterados bosques termófilos, lo que se acompaña de una tabla en la que se relacionan algunas especies características de cada hábitat, así como una relación de la fauna vertebrada fósil de estas islas.

1. ASPECTOS BOTÁNICOS (*)

En este apartado pretendemos situarles ante el paisaje vegetal terrestre de la zona baja de Canarias. Inicialmente haremos un recorrido histórico por algunas de las zonaciones propuestas para la misma por diferentes naturalistas de los siglos XIX y XX, para recordar luego los factores bioclimáticos que van a condicionar dicha zonación. A continuación nos centramos en el estudio de la secuencia catenal de la vegetación en este tramo inferior de las islas, con el estado actual de conocimientos que se poseen.

1.1. Zonación altitudinal

Por zonación altitudinal se entiende la distribución de la vegetación en pisos o cinturas en función, fundamentalmente, de la temperatura cambiante con la altitud. Es un caso particular del fenómeno catenal; por lo tanto, con el mismo sentido se emplea el término de catena o cliserie altitudinal.

¹ Dr. en Biología. Profesor Titular de Biología Vegetal (Botánica) de la Universidad de La Laguna.

² Biólogo. Técnico de Administración Especial. Jardín Botánico «Viera y Clavijo» de Gran Canaria.

³ Biólogo. Viceconsejería de Medio Ambiente (U.I. de Gran Canaria). Gobierno de Canarias.

⁴ Dr. en Biología. Profesor Titular de Biología Vegetal (Botánica) de la Universidad de La Laguna.

⁵ Biólogo. Investigador del Jardín Botánico «Viera y Clavijo» de Gran Canaria.

(*) Por Octavio Rodríguez Delgado, Águedo Marrero Rodríguez, Marcelino J. del Arco Aguilar y Francisco J. González Artiles.

En Canarias, la rareza de lo aislado, aumentada aquí por el carácter volcánico de las islas, siempre constituyó un incentivo para los naturalistas. Por ello, han sido numerosos los viajeros y hombres de ciencia que han abordado las cuestiones canarias, muchos de los cuales comenzaron a darse cuenta muy pronto de que la vegetación en las Islas se distribuía de forma catenal en pisos, zonas o regiones; cambio fisionómico que enseguida atribuyeron a razones de índole climática.

Entre estos estudiosos vamos a recordar a los que hicieron aportaciones más novedosas, aunque otros muchos dedicaron también su atención a este fenómeno. Todos ellos hicieron su propuesta de zonación en la Isla de Tenerife, la más completa altitudinalmente del Archipiélago. Vamos a analizar cada propuesta siguiendo siempre una secuencia catenal ascendente:

—Humboldt (1807)

En 1799 llegó a Tenerife el célebre naturalista y viajero alemán Alexander von HUMBOLDT, acompañado del médico-botánico y explorador francés Aimé BONPLAND. Aunque el fin último de la expedición era América del Sur, durante los cuatro o cinco días que permanecieron en Tenerife tuvieron la oportunidad de subir al Teide; con motivo de este ascenso HUMBOLDT describió por primera vez la zonación altitudinal de la vegetación de la Isla de Tenerife, lo que asimismo constituyó la primera observación seria de este fenómeno realizada hasta entonces en el planeta, origen de la ciencia de la Geobotánica. La publicación de ese rápido paso de HUMBOLDT por el Archipiélago marcaría a partir de entonces la atracción de los investigadores europeos por las Islas, en especial por Tenerife.

HUMBOLDT reconoció cinco zonas de vegetación para esta Isla, fijando para cada una de ellas sus límites altitudinales y las especies más características, pero sólo una corresponde a la franja que estamos estudiando:

Zonas de vegetación	Altitud (m.s.m. ⁶)	Características
1) Zona de las Viñas	0-365 ó 549	Caracterizada por especies arborescentes de <i>Euphorbia</i> , <i>Dracaena</i> , <i>Sempervivum</i> , y por especies arbustivas de <i>Sonchus</i> .

—Leopold von Buch (1825)

BUCH hizo una distribución fitostática de Tenerife en cinco regiones, para las que fijó sus límites altitudinales y térmicos, clima más análogo conocido y la vegetación dominante. De ellas nos interesan dos:

Regiones fitostáticas	Altitud (m.s.m.)	T (°C)	Clima	Vegetación
1) La Región Subtropical o de las formas africanas	0-365	21,25-22,5	Análogo al de Egipto o de «Berbería»	Plátanos y palmeras
2) La Región Mediterránea o de los cultivos europeos	365-762	17,5	Análogo al mediodía de Francia o de la Italia central	

—Sabino Berthelot (1842)

En su *Geographie Botanique* incluida en la magna obra *Historia Natural de las Islas Canarias*, escrita conjuntamente con WEBB, BERTHELOT reconoció seis regiones de vegetación incluidas en tres tipos de clima. Para cada uno de éstos fijó los valores de altitud y temperatura, diferenciándolos según las vertientes insulares, e hizo hincapié en su aprovechamiento agrícola, incluyendo dos regiones de vegetación en cada uno de ellos. En este tema sólo abordamos el primer clima:

⁶ Abreviatura aceptada de la expresión latina «metra supra mare».

Clima	Altitud (m.s.m.)	T (°C)	Cultivos	Regiones de vegetación
1 ^{er} clima	N: 0-457 S: 0-762	N: 16'1-30 °C Diferencia diurna de T: 1-2 °C S: 18'8-33'3 °C Diferencia diurna de T: 1-2'5 °C	Existen cultivos en todos los lugares accesibles.	1.ª Región: Plantas de las partes inferiores o Región de las Euforbias en los terrenos de la primera clase (playas bordeadas de acantilados, costas marítimas cortadas por los barrancos). 2.ª Región: Plantas de los barrancos o Región de las plantas rupestres en los terrenos de 2ª clase (barrancos profundos, a menudo recorridos por los torrentes, laderas escarpadas).

—Herman Christ (1885)

Dividió la Isla en tres grandes regiones altitudinales, de fácil comprensión y apreciación en el paisaje, siendo la primera:

Regiones altitudinales	Altitud (m.s.m.)	Vegetación
1) Región Costera o litoral (bajo las nubes)	0-700	Dominada por vegetación litoral, suculentas y <i>Dracaena</i> . Caracterizada por <i>Opuntia</i>

—Wildpret (1967, inéd.)

Desde su incorporación a la docencia de la Botánica en esta Universidad, con motivo de la creación de la Sección de Ciencias Biológicas, Wolfredo WILDPRET difundió una zonación que ha tenido un uso muy extendido y arraigado entre los biólogos canarios. Según esta nomenclatura se reconocen en las islas tres «pisos de vegetación», introduciendo por primera vez este término, de los cuales sólo nos concierne por el momento el primero:

Pisos de vegetación	Altitud (m.s.m.)	Vegetación
1) Piso Basal	N: 0-600 S: 0-1.000	Engloba —Tabaibal-cardonal —Bosques termófilos

1.2. Factores bioclimáticos que condicionan la zonación altitudinal

Con el desarrollo de la Bioclimatología, ciencia que trata de poner de manifiesto las estrechas relaciones existentes entre los seres vivos y el clima, se han estudiado más a fondo los factores bioclimáticos que van a condicionar la distribución altitudinal de la vegetación. Estos factores son fundamentalmente dos, la temperatura y la precipitación, por lo que cada región tiene unos peculiares termotipos u ombrotipos, que condicionan dicha distribución. De este modo, las formaciones vegetales se repiten en todas las islas cuando aparecen las mismas condiciones ombrotérmicas.

De acuerdo con la nueva clasificación bioclimática de la Tierra (RIVAS-MARTÍNEZ *et al.* 1993), la diagnosis bioclimática o piso bioclimático de una localidad dada es la frase o fórmula que expresa el zono-clima, el termotipo y el ombrotipo:

Piso bioclimático de una localidad = zonobioclima + termotipo + ombrotipo.

Si nos referimos a las franjas ocupadas por el matorral xérico y los bosques termófilos, los parámetros bioclimáticos en los que se localizan son los siguientes:

—Zonobioclimas

Todas las Islas Canarias se encuadran en el macrobioclima Mediterráneo, es decir el tipo de bioclima extratropical que tiene aridez, ($P < 2T$), al menos dos meses tras el solsticio de verano. Entre los ocho subtipos

o zonobioclimas que la citada clasificación reconoce en el seno del macrobioclima mediterráneo en el Mundo, dos de ellos se corresponden con las formaciones vegetales que nos ocupan: Mediterráneo xerofítico-oceánico y Mediterráneo desértico-oceánico. Sus valores ombroclimáticos límite son los siguientes.

Zonobioclima	Ic	Io	Meses P > 2T	Ombrotipo
Mediterráneo xerofítico	< 21	0.6-1.9	1-5	Semiárido
Mediterráneo desértico	< 21	0.1-0.6	0-1	Árido

—Termotipos

En las Islas Canarias están representados casi todos los termotipos bioclimáticos mediterráneos que existen en la Tierra, de los que nos interesan para este tema dos de ellos, cuyos valores límite del Itc (índice de termicidad compensado)⁷ y Tp (temperatura positiva) son los siguientes:

Termotipos	Valor Itc	Valor Tp	Horizontes
1. Inframediterráneo	650 a 450	> 2200	Superior 450 a 550*
2. Termomediterráneo	450 a 350	> 1700	Inferior 400 a 450* / Superior 350 a 400*

—Ombrotipos

Entre los siete ombrotipos que se distinguen en la Tierra, cinco de ellos tienen representación en las Islas Canarias (los valores de la precipitación se expresan en milímetros de lluvia por metro cuadrado), de los que nos interesan tres para el presente tema:

En cada uno de los ombrotipos pueden reconocerse los horizontes superior (más lluvioso) e inferior (menos lluvioso), únicamente dividiendo entre dos el valor en milímetros de P del intervalo.

1.3. Vegetación

En todos los estudios de vegetación que se realizan actualmente en Canarias, se establece la zonación altitudinal en función de los pisos bioclimáticos propuestos por RIVAS-MARTÍNEZ, que son aceptados mayoritariamente.

Ombrotipos	Itc > 350	Horizontes
2. Árido	30-200 mm	Inferior 30-115 mm / Superior 115-200 mm
3. Semiárido	200-400 mm	Inferior 200-300 mm / Superior 300-400 mm
4. Seco	400-650 mm	Inferior 400-525 mm / Superior 525-650 mm

Siguiendo este criterio, a continuación vamos a estudiar las principales unidades de vegetación que caracterizan fisionómicamente la zona baja de las islas, ordenándolas según una catena altitudinal ascendente. En cada unidad se analiza someramente su estructura, piso bioclimático, distribución, origen y afinidades, estado de conservación y tipología fitosociológica⁸ hasta el nivel de alianza. Dichas unidades son las siguientes: cinturón halófilo costero de roca, vegetación halo-psamófila, saladares, bosquetes de tarajales, tabaibal-cardonal y bosques termófilos; las cuatro primeras se consideran edafófilas, pues están ligadas a sustratos especiales, mientras que las otras dos son climatófilas, dependientes de las condiciones climáticas del territorio.

⁷ Para conocer el significado y cálculo tanto de éste como de los restantes índices bioclimáticos que figuran en el presente apartado, se puede consultar a Rivas-Martínez *et al.* (1993).

⁸ Según la escuela de Braun Blanquet, que establece los siguientes rangos o categorías principales: clase (mayúscula), orden (+), alianza (*) y asociación.

—Cinturón halófilo costero de roca

Estructura: Vegetación vivaz, halófila y rupícola, que puebla preferentemente los acantilados litorales sometidos a una acusada maresía aerohalina. En general constituyen comunidades (matorrales) permanentes de pequeña o mediana cobertura, en las que son preponderantes los caméfitos almohadillados y los hemi-criptófitos en roseta.

Las especies⁹ más características son: *Crithmum maritimum* (perejil de mar), *Limonium pectinatum* (siempre viva de la mar), *Astydamia latifolia* (servilleta o lechuga de mar), *Frankenia* spp. (tomillos de mar), *Reichardia crystallina*, etc.

Piso bioclimático: Inframediterráneo desértico-xerofítico árido-semiárido.

Distribución: 0 - 50 (150) m.s.m. Superprovincia canaria (L,F,C,T,G,H,P), con mejor representación en la provincia canaria occidental, y litoral atlántico de Marruecos.

Origen y afinidades: Óptimo en la región Mediterránea, alcanzando las Islas Canarias y la superprovincia cántabro-atlántica de la región Eurosiberiana.

Estado de conservación: Fuerte presión antrópica: urbanística y viaria (desarrollo turístico).

Tipología fitosociológica:

CRITHMO-STATICETEA Br.-Bl. 1947

+ *Crithmo-Staticetalia* Molinier 1934

* *Frankenio-Astydamion latifoliae* A.Santos 1976

—Vegetación halo-psamófila

Estructura: Se desarrolla sobre sustratos arenosos de playas o jables y se puede desglosar en tres tipos de comunidades, en función de la ecología y de la composición florística:

—Comunidades fruticosas, dominada por nanofanerófitos suculentos y caméfitos, más o menos nitrófilas de las dunas litorales o interiores y de suelos arenosos móviles. La caracterizan especies africanas, como *Traganum moquinii* (balancón), *Polycarpha nivea* (lengua de pájaro), *Atriplex ifniensis* (saladillo), *Zygo-phylum fontanesii* (uva de mar), etc.

—Comunidades vivaces, dominadas por hemi-criptófitos o caméfitos, sobre sustrato arenoso inestable, con aporte salino por maresía. Las especies más características son: *Euphorbia paralias* (lechetrezná de costa), *Cyperus capitatus*, *Ononis tournefortii*, *Polygonum maritimum*, etc.

—Comunidades halo-nitrófilas y psamófilas, constituidas esencialmente por terófitos de talla media. Están caracterizadas por: *Cakile maritima*, *Salsola kali*, *Euphorbia peplis*, *Polygonum balansae*, etc.

—Piso bioclimático: Inframediterráneo desértico árido.

—Distribución: 0 - 50 m.s.m. Canarias (L,F,C,T), sobre todo bien representada en la provincia canaria oriental, y Sahara oceánico.

Origen y afinidades: Vegetación de origen holártico. El carácter africano-sahariano es dominante, teniendo sus mayores afinidades florísticas en el poblamiento del Sahara occidental u oceánico.

Estado de conservación: Fuerte presión antrópica: acción directa del hombre y desenfrenado desarrollo turístico.

Tipología fitosociológica:

PEGANO-SALSOLETEA Br.-Bl. & O. Bolós 1958

+ *Forsskaoleo angustifoliae-Rumicetalia lunariae* Rivas-Martínez et al. 1993

* *Traganion moquinii* Sunding 1972 em. Rivas-Martínez et al. 1993

AMMOPHILETEA Br.-Bl. & Tüxen 1943

+ *Ammophiletalia* Br.-Bl. (1931) 1933

* *Agropyro-Minuartion peploidis* Tüxen in Br.-Bl. & Tüxen 1952

CAKILETEA INTEGRIFOLIAE Tüxen & Preising in Tüxen 1950 corr. Rivas-Martínez, M.Costa & Loidi 1992

+ *Cakiletalia integrifoliae* Tüxen ex Oberdorfer 1949 in Tüxen 1950 corr. Rivas-Martínez, M.Costa & Loidi 1992

* *Euphorbion peplis* Tüxen 1950

⁹ La nomenclatura de los taxones citados a lo largo de este tema corresponde mayoritariamente a la adoptada por Hansen & Sunding (1993), con algunas excepciones recogidas en Rivas-Martínez et al. (1993).

—Saladares

Estructura: Vegetación halófila vivaz y leñosa, en general de cobertura elevada, pero bastante pobre en especies, en la que dominan los caméfitos sufrutescentes y nanofanerófitos suculentos, de los géneros *Arthrocnemum*, *Sarcocornia* y *Suaeda*, que ocupan suelos de elevada salinidad (de meso- a euhalinos) y húmedos, inundados periódicamente por aguas saladas o salobres (la humedad siempre se mantiene, al menos en profundidad), tanto en el litoral (localizadas dentro de la cintura intermareal en sus horizontes medio y superior) como en el interior.

Las especies más características son: *Arthrocnemum glaucum*, *Halimione portulacoides*, *Limonium ovalifolium* subsp. *canariense*, *Sarcocornia fruticosa* (salado o mato), *Sarcocornia perennis* y *Suaeda vera* (brusca).

Piso bioclimático: Inframediterráneo desértico árido.

Distribución: 0 - 50 m.s.m. Superprovincia canaria (L,F,C,G?), con su óptimo en la provincia canaria oriental, incluyendo los islotes.

Origen y afinidades: Óptimo en la región Mediterránea, alcanzando las costas de Normandía y el sur de las Islas Británicas, en la región Eurosiberiana, siendo también común en las regiones Irano-Turánica y Sáhoro-Arábica.

Estado de conservación: Drástica reducción por la fuerte presión antrópica: urbanística y viaria (desarrollo turístico).

Tipología fitosociológica:

SALICORNIETEA FRUTICOSAE Br.-Bl. & Tüxen 1943

+ *Salicornietalia fruticosae* Br.-Bl. 1931

* *Salicornion fruticosae* Br.-Bl. 1931

—Bosquetes de tarajales

Estructura: Comunidad oligoespecífica caracterizada por *Tamarix canariensis* (tarajal), y en ocasiones por *Tamarix grex africana*, que se caracterizan por claras apetencias edafohigro-halófilas. Por lo general se desarrolla en desembocaduras de barrancos, playas y llanuras endorreicas próximas al mar. En Fuerteventura y Gran Canaria constituye además «bosquetes de galería», que ascienden por los cauces de los barrancos hacia el interior, aprovechando el agua edáfica; en algunas localidades conviven con los palmerales, que también presentan aquí un marcado comportamiento edafohigrófilo.

Piso bioclimático: Inframediterráneo desértico-xerofítico árido-semiárido inferior.

Distribución: 0 - 500 m.s.m. Islas Canarias (L,F,C,T,G,P).

Origen y afinidades: Afinidades florísticas mediterráneo-norafricanas.

Estado de conservación: En la actualidad la mayoría de los tarajales canarios han desaparecido debido a que los biotopos costeros han sido fuertemente transformados. No obstante, *Tamarix canariensis* crece en muchos lugares costeros y del interior al haber sido utilizada como pantalla protectora contra el viento en algunos cultivos.

Tipología fitosociológica:

NERIO-TAMARICETEA Br.-Bl. & O. Bolós 1958

+ *Tamaricetalia africanae* Br.-Bl. & O. Bolós 1958 em. Izco, F.Fernández González & A.Molina 1984

* *Tamaricion boveano-canariensis* Izco, F.Fernández González & A.Molina 1984

—Tabaibal-cardonal

Estructura: Comunidades xerofíticas abiertas, de aspecto estepario suculento, que constituyen la vegetación potencial instalada sobre litosuelos o suelos poco desarrollados (aridisoles y vertisoles), altamente erosionados, que suelen asentarse tanto sobre substrato pumítico como basáltico, con frecuentes caliches. Representan la etapa madura tanto climatofila como edafoxerófila de las series de vegetación inframediterráneas desérticas áridas (tabaibales dulces), presentes en todas las islas, infra-termomediterráneas xerofíticas semiáridas inferiores (cardonales), más exigentes en humedad y ausentes de Lanzarote, y edaxero-aerófilas infra-termomediterráneas xerofíticas semiáridas (tabaibales de tolda), limitadas a las islas centrales (C,T,G). En ellas predominan las plantas crasicaulas del género *Euphorbia* (*E. canariensis*, *E. balsamifera*, *E. aphylla*, *E. regis-jubae*, etc.), además de otros nanofanerófitos, lianas y caméfitos xerofíticos de franca influencia africana.

Las especies características más frecuentes son: *Asparagus arborescens* (esparragón), *Asparagus pastorianus* (espina blanca), *Asparagus umbellatus* (esparraguera), *Campylanthus salsoloides* (romero marino),

Ceropegia fusca (cardoncillo), *Euphorbia aphylla* (tolda), *E. balsamifera* (tabaiba dulce o mansa), *E. canariensis* (cardón), *E. berthelotii*, *E. otusifolia* y *E. regis-jubae* (tabaibas amargas o salvajes), *Helianthemum canariense* (jarilla), *Kickxia scoparia* (pico pajarito), *Kleinia neriifolia* (verode), *Neochamaelea pulverulenta* (leña santa o leña buena), *Periploca laevigata* (cornical), *Plocama pendula* (balo), *Reseda scoparia*, *Scilla haemorrhoidalis* (cebolla almorrana), *Atalanthus* spp. (balillos), etc.

Dinámica: Las etapas de sustitución están dominadas por tabaibales amargos, así como por matorrales de *Pegano-Salsotea* (saladares-ahulagares, magarzales, incienses, etc.), en lugares muy alterados y antropizados, y pastizales de *Lygeo-Stipetea* (cerrillares y panascales), en suelos profundos. Con frecuencia sus dominios están ocupados por especies agresivas exóticas, como *Opuntia* spp. (tuneras) y *Agave americana* (pitiera).

Piso bioclimático: Inframediterráneo desértico-xerofítico árido-semiárido inferior.

Distribución: N: 0 – 300 m.s.m.; E: 0 – 400 m.s.m.; S: 0 – 600 (1.000) m.s.m. Superprovincia Canaria (L,F,C,T,G,H,P). Sólo de un modo desviante y finícola alcanzan las Islas de Madeira (provincia Madeirense).

Origen y afinidades: En estas comunidades es donde se manifiestan las mayores conexiones entre el mundo macaronésico y el africano, en ambos territorios con un origen bastante primitivo (Rand Flora).

Estado de conservación: Fuerte presión antrópica: auge urbanístico (turismo), red viaria, expansión de los cultivos intensivos y pastoreo.

Tipología fitosociológica:

A) Vegetación potencial:

KLEINIO-EUPHORBITEA CANARIENSIS (Rivas Goday & Esteve 1965) A. Santos 1976

+ *Kleinio-Euphorbietalia canariensis* (Rivas Goday & Esteve 1965) A.Santos 1976

* *Aeonio-Euphorbion canariensis* Sunding 1972

B) Matorrales y pastizales de sustitución:

PEGANO-SALSOLETEA Br.-Bl. & O. Bolós 1958

+ *Forsskaoleo angustifoliae-Rumicetalia lunariae* Rivas-Martínez et al. 1993

* *Artemisio thusculae-Rumicion lunariae* Rivas-Martínez et al. 1993

* *Launaeo arborescentis-Schizogynion sericeae* Rivas-Martínez et al. 1993

LYGEO-STIPETEA Rivas-Martínez 1978

+ *Hyparrhenietalia podotrichae* Rivas-Martínez 1978 corr. Rivas-Martínez, M.Costa & Loidi 1993

* *Saturejo-Hyparrhenion podotrichae* O.Bolós 1962 corr. Rivas-Martínez, M.Costa & Loidi 1992

—Bosques termófilos

Estructura y dinámica: Bosquetes abiertos y matorrales perennifolio-esclerófilos, a veces bastante densos, que prosperan sobre suelos bien estructurados pero poco profundos, entre los que destacan los «sabinas», «acebuchales», «almacigales», «lentiscales», «palmerales» y «retamonares», comunidades fisionómicas caracterizadas por *Juniperus turbinata* subsp. *canariensis* (sabina), *Olea europaea* subsp. *cerasiformis* (acebuche), *Pistacia atlantica* (almácigo), *Pistacia lentiscus* (lentisco), *Phoenix canariensis* (palmera) y *Retama raetam* (retamón), respectivamente. Desde un punto de vista ómbrico ocupan en el piso termocanario una posición intermedia entre la vegetación árido-semiárida de los tabaibales y cardonales de los litosuelos y la seco-subhúmedo-húmeda de los andosoles y cambisoles profundos del monte verde; por eso se los conoce como «vegetación de la transición».

Otras especies características son: *Dracaena draco* (drago), *Maytenus canariensis* (peralillo), *Rhamnus crenulata* (espinero), etc.

Dinámica: Las etapas de sustitución también están dominadas por matorrales de *Pegano-Salsotea* (magarzales, incienses, vinagrerales, etc.), en lugares muy alterados y antropizados, pastizales de *Lygeo-Stipetea* (cerrillares y panascales), en suelos profundos, y matorrales de *Cisto-Micromerietalia* (jarales, jaguarzales y tomillares), en suelos decapitados. Al igual que en los tabaibales cardonales, sus dominios están ocupados con frecuencia por especies agresivas exóticas, como *Opuntia* spp. (tuneras) y *Agave americana* (pitiera).

Piso bioclimático: Infra-termomediterráneo xerofítico semiárido superior.

Distribución: N: 300 - 500 m.s.m.; E: 400 - 800 m.s.m.; S: 600 - 1.100 m.s.m. Su óptimo está en el Archipiélago Canario (L,F,C,T,G,H,P) y de un modo algo desviante alcanza el archipiélago de Madeira.

Origen y afinidades: Afinidades florísticas mediterráneo-norafricanas, teniendo su origen probable en el Terciario medio del Sur de Europa.

Estado de conservación: Fuerte presión antrópica: asentamiento de hábitats humanos, terrenos de cultivo, pastoreo. Es la formación más degradada de la vegetación canaria, estando casi desaparecida en las islas orientales.

Tipología fitosociológica:

A) Vegetación potencial:

KLEINIO-EUPHORBIA CANARIENSIS (Rivas Goday & Esteve 1965) A.Santos 1976

+ *Oleo-Rhamnetalia crenulatae* A.Santos 1983

* *Mayteno-Juniperion canariensis* Santos & Fern.Galván ex A.Santos 1983 corr. Rivas-Martínez et al. 1993

B) matorrales y pastizales de sustitución:

+ *Cisto monspeliensis-Micromerietalia hyssopifoliae* P.Pérez, del Arco & Wildpret 1991

* *Cisto monspeliensis-Micromerion hyssopifoliae* P.Pérez, del Arco & Wildpret 1991

PEGANO-SALSOLETEA Br.-Bl. & O.Bolós 1958

+ *Forsskaoleo angustifoliae-Rumicetalia lunariae* Rivas-Martínez et al. 1993

* *Artemisio thusculae-Rumicion lunariae* Rivas-Martínez et al. 1993

LYGEO-STIPETEA Rivas-Martínez 1978

+ *Hyparrhenietalia podotrichae* Rivas-Martínez 1978 corr. Rivas-Martínez et al. 1993

* *Saturejo-Hyparrhenion podotrichae* O.Bolós 1962 corr. Rivas-Martínez, M.Costa & Loidi 1992

2. ASPECTOS FAUNÍSTICOS (*)

Intentar aplicar un criterio botánico, como es el de los pisos de vegetación, a la distribución de las comunidades animales es, cuanto menos, arriesgado. La gran capacidad de dispersión de ciertas especies animales, especialmente aves y determinados artrópodos, obligan a adoptar ante esta «licencia académica» las necesarias precauciones. Algunas aves, como el caminero, podemos encontrarlas a pocos metros sobre el nivel del mar, en los cultivos y cardonales, y a 2.000 metros de altitud, en el matorral de cumbre; otras especies por el contrario han quedado confinadas a extensiones muy limitadas, como el escarabajo de las Dunas de Maspalomas *Pimelia sparsa albohumeralis*, cuya área de distribución apenas alcanza los 100 x 100 m. Sí que parece evidente que ciertas especies animales den carácter a la fauna de determinadas comunidades vegetales, bien por su abundancia, bien por ser exclusivas de ellas, bien por que su presencia es muy conspicua.

2.1. El piso basal

Desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 400 m de altitud en la banda de barlovento, y los 600 en la de sotavento, se define en Canarias el denominado piso basal de vegetación. Este cinturón de terreno se caracteriza por tener un régimen de lluvias escasas (menos de 300 mm anuales), altas temperaturas (media superior a los 18° C), alta insolación y vientos de fuerza mediana a fuerte durante los meses del estío. La conjugación sincrónica de estas condiciones conlleva una evapotranspiración elevada, y una respuesta a ello por parte de los animales mediante el desarrollo de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y etológicas.

Entre las modificaciones del comportamiento destacan los cambios de los ritmos circadianos de numerosos invertebrados, de manera que su actividad es básicamente nocturna o crepuscular, cuando las pérdidas de agua son menos importantes. De las adaptaciones morfológicas cabe señalar las coloraciones crípticas que le ayudan a camuflarse con su medio, especialmente en aves. Finalmente, las adaptaciones fisiológicas están muy relacionadas con la termo-regulación y con el control del nivel hídrico corporal, tal es el caso de las narinas tubulares usadas para expulsar la sal en pardelas y paños, o la existencia de estructuras especiales en los espiráculos de los insectos destinadas a evitar las pérdidas de agua por evaporación excesiva.

Otra característica de estas zonas xéricas es la escasez de formaciones arbóreas, lo cual se manifiesta en la fauna ornítica por una mayor proporción de especies que nidifican en el suelo, con nidos poco o nada elaborados, huevos crípticos y pollo nidífugos que evitan ser descubiertos. Otras especies utilizan para la nidificación los huecos entre las piedras o se valen de huras y madrigueras, o bien aprovechan las pequeñas plataformas colgadas de los cantiles para encontrar refugio frente a sus enemigos.

Las zonas xéricas están representadas en todas las islas del Archipiélago por una orla próxima al mar, alcanzando a cubrir en Lanzarote y Fuerteventura la mayor parte de su superficie.

A pesar de las características comunes que identifican y separan al piso basal de otras formaciones, cabe señalar algunas diferencias que permiten subdividirlo en: islotes y acantilados costeros; bajíos litorales, playas y saladares; zonas arenosas (móviles y fijas); llanos terrosos y pedregosos; y matorrales de tabaibales y cardonales.

(*) Por Miguel A. Peña Estévez.

—Islotes y acantilados costeros

Constituyen un seguro refugio para la nidificación y el descanso de varias especies de aves marinas gravemente amenazadas, como los petreles, el águila pescadora o el halcón de Eleonor, y que en numerosos casos se han visto desplazadas hasta enclaves inaccesibles por la actividad humana. Un caso especialmente relevante es el del extinto lagarto gigante de Salmor, que hasta principios del presente siglo encontró refugio en aquellos islotes del norte del Hierro.

—Bajíos costeros, playas y saladares

Con un carácter totalmente diferente, aunque también sometidos al efecto de la maresía, constituyen un lugar de descanso y alimentación de numerosas aves migratorias, de nidificación del chorlito patinegro y de cinco especies de tortugas. También es residencia de una numerosa fauna de invertebrados halo-resistentes e, incluso, de las dos únicas especies de escarabajos (*Orzolina talassophila* y *Aepus gracilicornis*), cuyos adultos son capaces de vivir sumergidos en el agua marina durante la pleamar.

—Zonas arenosas

Pueden ser de arenas fijas o móviles, de estas destacan las formaciones dunares. Cobijan a especies de elevado interés científico como son la ortega, el corredor o la hubara canaria. Esta especie es junto al lagarto gigante del Hierro, los dos únicos vertebrados canarios declarados oficialmente como en peligro de extinción. Diversas especies de esfécidos fosores, carábidos, tenebriónidos o dermápteros que se desarrollan en este hábitat constituyen un material biológico muy adecuado para el estudio de los mecanismos de adaptación de los seres vivos a las condiciones extremas de la vida.

—Llanos terrosos y pedregosos

Ocupan las vertientes meridionales de las Islas, y la mayoría de Fuerteventura y Lanzarote. Aunque con poca biomasa, cobijan a buena parte de la población de tarabilla canaria o caldereta, a una subespecie endémica de Canarias de la terrera marismeña y a varios insectos de origen norteafricano.

—Matorrales de tabaibales y cardonales

Constituyen la imagen más típica del piso basal. Albergan una rica fauna ornítica (alcaudón real, bisbita caminero, camachuelo trompetero, etc.) y, como en el resto de la zona xérica, abundan los lagartos, todos endémicos. Son el asiento de una de las artropocenosis más peculiares de Canarias, que gira en torno al cardón canario (*Euphorbia canariensis*). Esta planta da cobijo a una rica comunidad de artrópodos, que varía conforme sus restos atraviesan las diferentes etapas de su ciclo de descomposición.

2.2. Bosques termófilos

Los bosques termófilos se distribuyen por todas las islas mayores por encima de la zona xérica. Su pluviometría es inferior a los 500 mm, la temperatura media está entre los 16 y 18° C y la insolación es moderada. Presenta diferentes aspectos según que la especie predominante sea el acebuche, la palmera, la sabina, drago, etc., pero en cualquier caso su porte es arbóreo, lo cual aumenta la biomasa vegetal y diversifica los nichos ecológicos explotables por los animales. Esta formación es línea de encuentro de la fauna montana con la procedente de las formaciones xéricas. Su composición faunística es muy ecléctica, dependiendo de la especie vegetal dominante. Así, las sabinas son refugio de un interesante Cerambícido que vive exclusivamente en sus ramas, y los cuervos son abundantes en sus formaciones, mientras que en los palmerales son frecuentes los insectos xilófagos.

En algunos casos, el bosque termófilo se refugian en los barrancos y constituyen pasillos por donde se produce un copioso flujo de material genético, así como asiento de una abundante población de tórtolas, canarios y, en aquellos caso donde hay corrientes permanentes de agua superficial, anfibios e invertebrados acuáticos.

Para ilustrar con algunos ejemplos la fauna de las zonas xéricas, presentamos una tabla en la que se relacionan algunas especies características del hábitat correspondiente, sin que necesariamente tengan que ser exclusivas de él. Los taxones señalados en la columna de geonemia por *, son endemismos macaronésicos; por **, se indican las especies endémicas de Canarias; por ***, las subespecies endémicas de Canarias, y por (las no endémi-

Algunas especies características de los hábitats xéricos

Hábitat / Nombre común de la especie	Nombre científico	Geonemia	Nivel de amenaza	Categoría de protección
ISLOTES Y ACANTILADOS COSTEROS				
Águila pescadora	<i>Pandion haliaetus haliaetus</i>	(	E	II
Halcón de Berbería	<i>Falco pelegrinoides pelegrinoides</i>	(	E	II
Halcón de Eleonor	<i>Falco eleonora eleonora</i>	(	V	II
Pardela cenicienta	<i>Calonectris diomedea borealis</i>	(	NA	II
Pardela chica	<i>Puffinus assimilis baroli</i>	*	V	II
Petrel de Bulwer	<i>Bulweria bulwerii bulwerii</i>	(	E	II
Lagarto tizón del Roque de Fuera	<i>Gallotia galloti insulanagae</i>	**	V	Ii
Lagarto gigante del Hierro	<i>Gallotia simonyi machadoi</i>	**	E	I
BAJÍOS COSTEROS, PLAYAS Y SALADARES				
Chorlito chico	<i>Charadius dubicus coronicus</i>	(	E	II
Chorlito patinegro	<i>Charadius alexandrinus alexandrinus</i>	(	E	II
	<i>Aepus gracilicornis meridionalis</i>	***	n	n
	<i>Gietella fortunata</i>	**	n	n
	<i>Halophilascia conchii</i>	(	n	n
	<i>Orzolina talassophila</i>	**	n	n
ZONAS ARENOSAS				
Alcaraván	<i>Burhinus oedicephalus distinctus</i>	***	V	II
Corredor	<i>Cursorius cursor bannermani</i>	(	R	II
Hubara canaria	<i>Chlamydotis undulata fuerteventurae</i>	***	E	I
Ortega	<i>Pterocles orientalis aragonica</i>	(	R	II
	<i>Arthrodeis byrhoides</i>	**	n	n
	<i>Cymindis moralesi</i>	**	n	n
	<i>Eulipus elongatus</i>	**	n	n
	<i>Hegeter subrotundus</i>	**	n	n
	<i>Masoreus orientalis nobilis</i>	***	n	n
	<i>Pimelia estevezi</i>	**	n	n
	<i>Pimelia fernandezlopesi</i>	**	n	n
	<i>Pimelia granulicollis</i>	**	n	n
	<i>Porcellio spiniae</i>	**	n	n
	<i>Scarites buparius</i>	(	n	n
LLANOS TERROSOS Y PEDREGOSOS				
Alimoche	<i>Neophron pernocterus pernocterus</i>	(	E	II
Tarabilla canaria	<i>Saxicola dacotiae dacotiae</i>	**	R	II
Terrera marismeña	<i>Calandrella rufescens rufescens</i>	***	V	II
	<i>Amathistis rufescens</i>	(	n	n
	<i>Cymindis marginella</i>	**	n	n
	<i>Syntomus lancerotensis</i>	**	n	n
TABAIBAL-CARDONAL				
Alcaudón real	<i>Lanius excubitor koenigi</i>	***	NA	II
Camachuelo	<i>Bucanetes githaneus amantum</i>	***	R	II
Bisbita caminero	<i>Anthus bertheloti</i>	*	NA	II
	<i>Acrostira euphorbiae</i>	**	n	n
	<i>Calathus gonzalezi</i>	**	n	n
	<i>Nesarpalus micans</i>	**	n	n
	<i>Pelleas crotchi</i>	**	n	n
	<i>Pimelia sparsa serrimargo</i>	**	n	n

cas. En la columna de nivel de amenaza se refiere a la categoría que tiene la especie en el Archipiélago, sin entrar en diferencias entre islas, y conforme a los criterios establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (U.I.C.N.): NA, no amenazada; E, en peligro de extinción; V, vulnerable; R, rara. En la columna de categoría de protección se denota el régimen de protección legal a que está sometida la especie según el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, a falta de un catálogo regional que adecue mejor las categorías a nuestra realidad. Así I, se refiere al anexo I del citado Catálogo, y por lo tanto la especie se declara como «en peligro de extinción» y deberá ser objeto de un Plan de Recuperación; las señaladas con II, lo son porque se encuentran en este anexo del Catálogo, y por lo tanto han sido declaradas como «de interés especial». El símbolo n situado en cualquiera de las columnas denota la ausencia de catalogación oficial.

Sorprende que los invertebrados no hayan sido hasta el momento objeto de una clasificación en cuanto al nivel de amenaza a que están sometidos, ni que se hayan declarado oficialmente catalogados en ninguna de las categorías de protección. Téngase en cuenta que la actual ley 4/1989, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, no hace distinciones entre especies vertebradas e invertebradas; sin embargo, su desarrollo reglamentario en el ya citado Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, sólo se ocupa de la fauna vertebrada. Esta ausencia de protección es particularmente grave en los ecosistemas xéricos de las Islas, dada la rápida degradación que están sufriendo las poblaciones de estas especies.

Los asentamientos humanos de las islas Canarias se han realizado fundamentalmente en estas zonas xéricas y de bosque termófilo. En consecuencia, no es extraño que el impacto sobre su fauna haya sido significativa. A título de ejemplo de esta incidencia, podemos observar en la tabla adjunta como la mayoría de los vertebrados que han desaparecido en Canarias vivían en este hábitat, o cuando no se poseen datos históricos de su presencia y la única referencia es el yacimiento paleontológico, éste se encuentra en alguna zona xérica o de bosque termófilo.

Lamentablemente esta situación continúa, ahora agravada por la explotación turística irracional que altera la necesaria tranquilidad para la vida animal y modifica la vegetación, alimento y cobijo para muchos animales. En este sentido, la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos está llamada a cumplir una misión de primer orden, preservando los recursos necesarios para que los nichos ecológicos estén completos y la autosubsistencia de la fauna silvestre de las zonas xéricas y el bosque termófilo, no sólo se conserve, sino que se regenere.

Especie	Endemismo	Nombre común	Isla
<i>Gallotia simonyi simonyi</i>	+	Lagarto gigante de Salmor	H
<i>Gallotia goliath</i>	+	Lagarto	T
<i>Lacerta maxima</i>	+	Lagarto	T
<i>Geochelone buchardii</i>	+	Toruga	T
<i>Carduelis triasi</i>	+	Verderón	P
<i>Sturthio sp.</i>	?	Avestruz	L
<i>Aepyornis sp.</i>	?		L
<i>Sp. indet.</i>	?	Paloma de Gran Canaria	C
<i>Haematopus meadewaldoi</i>	+	Ostrero unicolor	L F
<i>Saxiola dacotiae murielae</i>	+	Tarabilla canaria de Mña. Clara y Alegranza	Mña. Clara Alegranza
<i>Phylloscopus collybita exsul</i>	+	Mosquitero común	L
<i>Puffinus holeae</i>	+	Pardela	F
<i>Puffinus olsoni</i>	+	Pardela	F
<i>Halilaeetus sp.</i>	?	Pigargo	F
<i>Canariomys tamarini</i>	+	Rata gigante de Gran Canaria	C
<i>Canariomys bravoii</i>	+	Rata gigante de Tenerife	T
<i>Malpaisomys insularis</i>	+	Rata	L F
<i>Monachus monachus</i>	+	Foca monje	L F

BIBLIOGRAFÍA

- BACALLADO, J. J. (ed.), 1984. *Fauna (marina y terrestre) del Archipiélago Canario*. Las Palmas: Edirca Ediciones. 356 pp.
- BÁEZ, M., T. BRAVO & J. F. NAVARRO MEDEROS, 1983. *Canarias. Origen y poblamiento*. Madrid: Queimada Ediciones. 96 pp.
- BERTHELOT, S., 1835 - 1842. *Histoire naturelle des Iles Canaries. III. Botanique. 1. Géographie botanique*. 184 pp. Paris.
- BUCH, L.V., 1825. *Physicalische Beschreibung der Canarischen Inseln*. 408 pp. Berlín.
- CEBALLOS, L., & F. ORTUÑO, 1976. *Estudio sobre la vegetación y la flora forestal de las Canarias Occidentales*. (Reed. corr.). Cabildo Insular de Tenerife. 433 pp.
- CHRIST, D.H., 1885. Vegetation und Flora der Canarischen Inseln. *Bot. Jahrb.*, 6: 458-526.
- ESTEVE CHUECA, F., & O. SOCORRO, 1977. Estudio fitosociológico de los prados áridos y otras comunidades vegetales de Lanzarote (Islas Canarias). *Bot. Macaronésica*, 3: 85-97.
- FERNÁNDEZ-GALVÁN, M., 1983. Esquema de la vegetación potencial de la isla de La Gomera. *Proceedings II congreso Internacional pro-flora Macaronésica*: 269-293. Funchal.
- FERNÁNDEZ-GALVÁN, M., & A. SANTOS, 1984. La vegetación litoral de Canarias. I. *Arthrocnemetea*. *Lazaroa* 5 (1983): 143-155.
- GARCÍA, R., & M. A. PEÑA, 1996. Contribución al conocimiento de la fauna coleopterológica en los ecosistemas dunares de Gran Canaria (Islas Canarias). *Anuario de Estudios Atlánticos* 41.
- GONZÁLEZ, M. N., J. RODRIGO & C. SUÁREZ, 1986. *Flora y vegetación del archipiélago canario*. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria. 355 pp.
- HANSEN, A. & P. SUNDING, 1993. Flora of Macaronesia. Checklist of vascular plants. 4ª rev. ed. *Sommerfeltia* 17: 1-295.
- HUMBOLDT, A.V. & A. BONPLAND, 1807. *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent*, I-II. Paris.
- MACHADO, A., 1992. *Monografía de los carábidos de las islas Canarias*. La Laguna: Instituto de Estudios Canarios. 734 pp.
- MARTÍN HIDALGO, A., E. HERNÁNDEZ YANES, M. NOGALES HIDALGO, V. QUILIS FIGUEROA, O. TRUJILLO & G. DELGADO CASTRO, 1990. *El libro rojo de los vertebrados terrestres de Canarias*. Santa Cruz de Tenerife: Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias. 135 pp.
- MENIER, J.J., 1974. *Les entomocénoces des Euphorbiacées cactiformes et dendroïdes des Iles Canaries, du Maroc et de l'est-africain*. Université de Paris, Thèse 3e Cycle, 61 pp.
- MONTELONGO, V., J. RODRIGO & D. BRAMWELL, 1986. Sobre la vegetación de Gran Canaria. *Bot. Macaronésica*. 12-13 (1984): 17-50.
- MORENO, J.M., 1988. *Guía de la aves de las Islas Canarias*. Santa Cruz de Tenerife: Editorial Interinsular Canaria, S.A. 231 pp.
- OBERDORFER, E., 1965. Pflanzensoziologische Studien auf Teneriffa und Gomera (Kanarische Inseln). *Beitr. Naturk. Forsch. SW-Deutschl.*, 24: 47-104. Karlsruhe.
- OROMÍ, P., 1982. Los Tenebriónidos de las Islas Canarias. *La Laguna: Instituto de Estudios Canarios, 50 aniv.* Tomo I. Ciencias, pp. 265-292.
- OROMÍ, P., J.J. BACALLADO, T. CRUZ & J.L. MARTÍN, 1988. Fauna. In *Geografía de Canarias (I)*. Santa Cruz de Tenerife. 334 pp.
- PÉREZ DE PAZ, P. L., M. DEL ARCO AGUILAR & W. WILDPRET DE LA TORRE, 1981. Contribución al conocimiento de la flora y vegetación de El Hierro (Islas Canarias). I. *Lagascalia*, 10(1): 25-57.
- RIVAS GODAY, S., & F. ESTEVE CHUECA, 1965. Ensayo fitosociológico de la Crassi-Euphorbietea macaronésica y estudio de los cardonales y tabaibales de Gran Canaria. *Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles*, 22: 220-339.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España. 1:400.000*. Ed. ICONA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Serie Técnica. Madrid.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., W. WILDPRET DE LA TORRE, T.E. DÍAZ GONZÁLEZ, P. L. PÉREZ DE PAZ, M. DEL ARCO AGUILAR & O. RODRÍGUEZ DELGADO, 1993. Excursion guide. Outline vegetation of Tenerife Island (Canary Islands). *Itinera Geobot.* 7: 5-167.

- RIVAS-MARTÍNEZ, S. W. WILDPRET DE LA TORRE, M. DEL ARCO AGUILAR, O. RODRÍGUEZ, P.L. PÉREZ DE PAZ, A. GARCÍA GALLO, J. R. ACEBES GINOVÉS, T. E. DÍAZ GONZÁLEZ & F. FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, 1993. Las comunidades vegetales de la Isla de Tenerife (Islas Canarias). *Itinera Geobot.* 7: 169-374.
- SANTOS GUERRA, A., 1976. Notas sobre la vegetación potencial del Hierro (1). *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 33: 249-261.
- SANTOS GUERRA, A., 1980. *Contribución al conocimiento de la flora y vegetación de la isla de Hierro (I. Canarias)*. Fundación Juan March, ser. universitaria. 114. Madrid. 51 pp.
- SANTOS GUERRA, A., 1983. Vegetación de la región macaronésica. *Proceedings II congreso Internacional pro-flora Macaronesica*: 185-202. Funchal.
- SANTOS GUERRA, A., 1983. Ensayo sintaxonómico de la vegetación de las islas canarias. *Proceedings II congreso Internacional pro-flora Macaronesica*: 205-220. Funchal.
- SANTOS GUERRA, A., 1983. *Vegetación y Flora de La Palma*. Interinsular Canaria. Santa Cruz de Tenerife. 348 pp.
- SUNDING, P., 1972. The vegetation of Gran Canaria. *Skr. Norske Vidensk. Akad. Oslo I. Matem. Naturv. Kl. n.s.*, 29: 1-186 + LIII lám. Oslo.
- WILDPRET, W. & M. J. DEL ARCO AGUILAR, 1987. España Insular: Las Canarias. In PEINADO, M., & S. RIVAS-MARTÍNEZ (eds.), *La Vegetación de España*: 517-544. Universidad de Alcalá de Henares, Secretariado de Publicaciones. Colección «Aula Abierta» N° 3. Madrid.

TEMA 26

Hábitats de Canarias: monteverde, pinares y alta montaña

Por Marcelino J. del Arco Aguilar¹, Águedo Marrero Rodríguez²,
Pedro Oromí Masoliver³, Octavio Rodríguez Delgado⁴
y Francisco J. González Artiles⁵

INTRODUCCIÓN

Este tema es continuación del estudio catenal de los principales hábitats de Canarias emprendido en el tema anterior. Se consideran en primer lugar los aspectos botánicos de las medianías húmedas y zonas de montaña y cumbre del Archipiélago, que se completan posteriormente con las consideraciones zoológicas.

1. ASPECTOS BOTÁNICOS (*)

En primer lugar se hacen unas consideraciones acerca de la zonación altitudinal y bioclimáticas y posteriormente se describen el monteverde, pinar y matorral de cumbre, comunidades que completan la sucesión catenal de la vegetación terrestre de las Islas Canarias. Aunque por su carácter azonal quedan excluidas de esta catena, no podemos dejar de hacer, al final del texto, unas consideraciones acerca de la importante vegetación rupícola canaria.

1.1. Zonación altitudinal

A continuación analizamos algunas de las propuestas de zonación altitudinal formuladas por cuatro naturalistas del siglo XIX y un conocido profesor de esta Universidad, maestro de los botánicos actuales de las islas, siguiendo siempre una secuencia catenal ascendente:

¹ Dr. en Biología. Profesor Titular de Biología Vegetal (Botánica), Universidad de La Laguna.

² Biólogo. Técnico de Administración Especial. Jardín Botánico «Viera y Clavijo» de Gran Canaria.

³ Dr. en Biología. Profesor Titular de Biología Animal (Zoología), Universidad de La Laguna.

⁴ Dr. en Biología. Profesor Titular de Biología Vegetal (Botánica), Universidad de La Laguna.

⁵ Biólogo. Investigador del Jardín Botánico «Viera y Clavijo» de Gran Canaria.

(*) Por Marcelino J. del Arco Aguilar, Águedo Marrero Rodríguez, Octavio Rodríguez Delgado y Francisco J. González Artiles.

—Humboldt (1814)

Zonas de vegetación	Altitud (m.s.m.)	Características
2) Zona de los Laureles o del Monte Verde	549 - 1.646	Donde crece el laurel, el madroño, el mocán, la <i>Myrica faya</i> , etc.; en un suelo «cubierto de musgos y de una yerba fina».
3) Zona de los Pinos o del Pinar	1.646 - 2.377	Dominada por <i>Pinus canariensis</i> , con <i>Myrica faya</i> y <i>Erica arborea</i> .
4) Zona de las Retamas y 5) Zona de las Gramíneas	Por encima del límite de los árboles (2.377 - 3.200 m.s.m.)	Dominadas por la retama (<i>Spartocytisus</i>), acompañada por unas pocas plantas herbáceas y gramíneas.

—Buch (1825)

Regiones fitostáticas	Altitud (m.s.m.)	T (°C)	Clima	Vegetación
3) La Región Siempre verde o de los bosques	762-1.250	13'7		Laurel, ardisia, mocanera, <i>Ilex perado</i> , <i>Olea excelsa</i> , <i>Myrica Faya</i> , <i>Digitalis</i> , <i>Dracocephalum</i> , <i>Sideritis</i> , <i>Ranunculus Teneriffae</i> , <i>Geranium anemifolium</i> , <i>Convolvulus canariensis</i> .
4) La Región del Pinar o del pino canario	1.250-1.798	10	Análogo al del N de Francia, Escocia y el N de Alemania.	<i>Pinus canariensis</i> y <i>Erica arborea</i> .
5) La Región de la Cumbre o de la retama blanca	1.798-3.164	5	Análogo al del N de Escocia y de Drontheim.	<i>Spartium nubigenum</i> .

—Berthelot (1842)

Clima	Altitud (m.s.m.)	T (°C)	Cultivos	Regiones de vegetación
2.º clima	N: 457-1.524 S: 762-1.220	N: húmeda. Diferencia diurna de T: 2-8° C. S: cálida y seca. Diferencia diurna de T: 3-6° C.	Existen cultivos en los espacios descampados.	3.ª Región: Región de los laureles y de las plantas nemorales. 4.ª Región: Región de los brezos y de los <i>Cistus</i> .
3.º clima	N: > 1.524 S: > 1.220	cálida y seca por el día, fría y algo húmeda por la noche. Diferencia diurna de T: 9-18° C.	Los terrenos son incultos.	5.ª Región: Región de los pinos y otras plantas forestales. N: 1.120-2.520 m.s.m. S: 840-2.240 m.s.m. 6.ª Región: Región de las leguminosas frutescentes y otras plantas alpinas.

—Christ (1885)

Regiones altitudinales	Altitud (m.s.m.)	Vegetación
1) Región Costera o litoral (bajo las nubes)	0-700	Dominada por vegetación litoral, suculentas y <i>Dracaena</i> . Caracterizada por <i>Opuntia</i> .
2) Región de las Nubes	700-1.600	Dominada por los bosques de laureles.
3) Región de la Cumbre o alpina (sobre las nubes)	Sobre la franja de nubes(1.700-2.800)	Dominada por: Pinar + <i>Cistus</i> + <i>Cytisus</i> . Codezo (<i>Adenocarpus</i>) + <i>Spartocytisus</i>

—Wildpret (1967, inéd.)

Pisos de vegetación	Altitud (m.s.m.)	Vegetación
1) Piso Basal	N: 0-600 S: 0-1.000	Engloba: -Cinturón halófilo. -Tabaibal-cardonal. -Sabinar.
2) Piso Montano	a) Piso montano húmedo	N: 600-1.500
	b) Piso montano seco	N: 1.500-2.000 S: 1.000-2.000
3) Piso cacuminal o de la alta montaña canaria (piso subalpino)	N y S: > 2.000	Engloba: -Retamar de cumbre. -Poblaciones de la violeta del Teide.

1.2. Bioclimatología

En adición a la información bioclimática presentada en el tema anterior, exponemos a continuación los datos complementarios que delimitan las comunidades que serán objeto de nuestro estudio:

Zonobioclima	Ic	Io	Meses P > 2T	Ombrotipo
Mediterráneo mesofítico	< 30	> 2.0	6 - 10	Seco-hiperhúmedo

Termotipos	Valor Itc	Valor Tp	Horizontes
3. Mesomediterráneo	350 - 210	> 1.300	Inferior 280 - 350 Superior 210 - 280
4. Supramediterráneo	210 - 80	900 - 1.600	Inferior 145 - 210 Superior 80 - 145
5. Oromediterráneo	80 - 10	600 - 900	Inferior 35 - 80 Superior -10 - 35

Ombrotipos	Itc > 350	Itc 350 - 100	Itc < 100
4. Seco	400 - 650 mm	350 - 500 mm	250 - 400 mm
5. Subhúmedo	650 - 1.200 mm	500 - 900 mm	400 - 600 mm
6. Húmedo	1.200 - 2.400 mm	900 - 1.600 mm	600 - 1.100 mm

1.3. Monteverde

El constante aporte de aire húmedo arrastrado por el alisio, que al ganar altitud se condensa en forma de niebla, de espesor variable según las estaciones del año, es el factor climático fundamental que determina las condiciones apropiadas para la existencia en las fachadas norte, nordeste y este, así como por la topografía local en determinadas situaciones microclimáticas de las vertientes Sur de las islas centrales y occidentales, del llamado «monteverde», formación forestal en la que tradicionalmente se diferencia a la laurisilva y al fayal brezal. Potencialmente, este monteverde ocupó en su día una franja comprendida entre el límite superior de la vegetación xerofítica de las medianías y el pinar, en aquellas islas con altitud suficiente para su desarrollo.

Los testimonios actuales de este tipo de vegetación, fuertemente degradada por su constante aprovechamiento como recurso económico básico desde los tiempos de la Conquista, se encuentran distribuidos en las vertientes septentrionales entre los 500 y 1.500 m de altitud y en el Este entre los 800 y 1.250 m, con oscilaciones notables debidas a condiciones topográficas, edáficas y climáticas locales que provocan introgresiones profundas de esta formación con las colindantes, desde el piso bioclimático termomediterráneo mesofítico seco hasta el mesomediterráneo mesofítico húmedo.

Algunos autores han considerado al monteverde canario como una paleoflora viviente, reliquia de una vegetación subtropical húmeda que a finales del Terciario (Mioceno-Plioceno) se distribuía en gran parte por la Europa mediterránea y norte de África. Fósiles semejantes a las plantas que actualmente crecen en Canarias han sido hallados en determinadas localidades de la Península Ibérica, Francia, Italia, Hungría, etc.

Los mejores restos del monteverde se encuentran en las islas de Tenerife (Anaga, Monte del Agua), La Gomera (Garajonay) y La Palma (Los Tilos). En las islas restantes sólo existen escasas manifestaciones, habiendo sufrido este ecosistema en la isla de Gran Canaria el máximo grado de destrucción (resta menos del 1% de su distribución original). Las islas de Lanzarote y Fuerteventura carecen de este tipo de vegetación, aunque en sus cumbres más elevadas existen algunos enclaves microclimáticos que albergan elementos típicos de la misma.

Aunque bastante homogéneo en apariencia, pueden distinguirse en el mismo diversas comunidades arbóreas y matorrales que exceden a lo que normalmente referimos como «laurisilva» (bosque —*Pruno-Lauretalia*—) y «fayal brezal» (matorral —*Andryalo-Ericetalia*, *Fayo-Ericion arboreae*—).

El bosque es de carácter húmedo, con diferentes árboles laurifolios y perennifolios, con algunas lianas (*Semele androgyna* —gibalbera—, *Hedera helix* —yedra—, *Smilax spp.* —zarzaparrilla—), helechos, y abundantes hongos, musgos y líquenes, principalmente sobre las ramas de los árboles. Ciertas especies como *Myrica faya* (faya o haya), *Erica arborea* (brezo), *Ilex canariensis* (acebiño) y *Laurus azorica* (loro o laurel), tienen amplia distribución en el monteverde, y constituyen en buena medida la matriz en la que se intercalan otras especies que permiten diferenciar las comunidades arbóreas del bosque, ligadas a peculiares condiciones medioambientales. Así, se conoce como «**monteverde húmedo**», al bosque desarrollado en la zona de influencia más frecuente del mar de nubes, que crece sobre laderas y llanos con suelos bien desarrollados, y en el que son comunes aparte de los árboles antes mencionados, *Persea indica* (viñátigo), *Prunus lusitanica* subsp. *hixa* (hija) o *Apollonias barbujana* (barbuzano). Como «**monteverde higrofítico**» al bosque que crece sobre suelos bien desarrollados, en zonas también de alta incidencia de las nubes y con abundantísima precipitación horizontal o en fondos de barrancos por donde discurre el agua o que mantienen el suelo húmedo durante casi todo el año; el árbol que sirve para caracterizarlo es *Ocotea foetens* (til) y es también frecuente *Ilex perado* subsp. *platyphylla* (naranjero salvaje), pero el bosque también se caracteriza por la gran abundancia de helechos muy exigentes en humedad, tales como *Diplazium caudatum*, *Culcita macrocarpa* y *Vandeboschia speciosa*. Como «**monteverde seco**» al bosque que crece a menor altitud, en zonas donde la influencia de las nieblas es menor, y que puede ascender por los roquedos y lomos con poco suelo a los dominios del monteverde húmedo; es un bosque de menor talla que los anteriores, caracterizado por especies arbóreas bastante resistentes a la sequía entre las que cabe destacar *Arbutus canariensis* (madroño), *Visnea mocanera* (mocán), *Picconia excelsa* (paloblanco) y *Heberdenia excelsa* (aderno), siendo también común *Apollonias barbujana* (barbuzano); son frecuentes en el sotobosque o en sus márgenes arbustos, generalmente más propios de otras comunidades, tales como *Hypericum canariense* (granadillo), *Cistus symphytifolius* (jara), *Jasminum odoratissimum* (jasmín) o *Daphne gnidium* (trovisca). El **monte verde de cresterías**, asentado sobre crestas venteadas, como las de Anaga, Tenerife, o Inchereda en La Gomera, donde a la vez que se produce una gran captación de la humedad atmosférica, que se constata por la gran cantidad de briófitos y líquenes en los estratos inferiores, existe un efecto desecante por el viento que tiene su reflejo en la cantidad de tejos y brezos, plantas de carácter xerófilo; el porte tortuoso y el abanderamiento de las plantas por efecto del viento son característicos. Además de estos tipos de bosque, puede distinguirse en el monte verde los **sauzales** (*Rubio-Salicetum canariensis*) que, de carácter heliófilo, tendencia azonal y óptimo en los barrancos de las medianías por los que discurre el agua, se introducen por aclareo. Cuando estos últimos se degradan, los **zarzales** (*Rubio-Rubetum*) ocupan su lugar haciendo impracticables los cauces.

El **fayal-breza** constituye el típico matorral arborescente, de degradación del monte verde, y está ampliamente extendido en la actualidad como consecuencia de la actividad antrópica del pasado, que se puede centrar en la roturación de terrenos parra su cultivo, aprovechamientos forestales, pastoreo e incendios. Es un matorral denso, de talla baja, con arbustos de tallo recto y numerosos rebrotes de tocón propiciados por las talas frecuentes, constituido esencialmente por *Erica arborea* (brezo), *Myrica faya* (faya), *Ilex canariensis* (acebiño), *Daphne gnidium* (trovisca), *Pteridium aquilinum* (helechera), etc., en el que además abundan arbustos heliófilos tales como *Bystropogon canariensis* (poleo) o *Cedronella canariensis* (algaritofe).

Unas comunidades arbustivas típicas de las orlas del monte verde y lugares degradados del mismo son los retamares y codesares (*Teline canariensis-Adenocarpion foliolosi*) de diversas especies endémicas de leguminosas conocidas como retamón, gildana o gacia (*Teline spp.*), codesos de monte (*Adenocarpus foliolosus*), escobones y tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*). Se presentan de forma natural en los roquedos soleados en el seno del bosque, constituyendo la segunda orla, manto o prebosque xerofítico natural del monte verde, y de forma secundaria en lugares abiertos, alterados por cultivos, pastoreo e incendios.

Aparte de las comunidades mencionadas cabe destacar la vegetación herbácea vivaz de la orla natural semisombria, húmica y no nitrófila del bosque (*Trifolio-Geranieta*). Plantas tales como *Brachypodium sylvaticum* (hierba fina), *Calamintha sylvatica* (nauta), *Carex divulsa*, *Clinopodium vulgare* subsp. *arundarum*, *Geranium canariense* (geranio de monte), *Myosotis latifolia* (nomeolvides), *Origanum virens* (orégano), *Pericallis spp.* (encimbas y flores de mayo), *Pimpinella dendrotragium*, *Ranunculus cortusifolius* (morgallana), *Rumex maderensis*, *Scrophularia smithii* (fistulera), tienen su óptimo en estas comunidades.

—Tipología fitosociológica:

PRUNO-LAURETEA AZORICAE Oberdorfer ex Rivas-Martínez, Arnáiz, Barreno & Crespo 1977

+ *Pruno-Lauretalia azoricae* Oberdorfer ex Rivas-Martínez, Arnáiz, Barreno & Crespo 1977

* *Ixantho-Laurion azoricae* Oberdorfer ex Santos in Rivas-Martínez, Arnáiz, Barreno & Crespo 1977

+ *Andryalo-Ericetalia* Oberdorfer 1965

* *Fayo-Ericion arboreae* Oberdorfer 1965

* *Teline canariensis-Adenocarpion foliolosi* Rivas-Martínez & al. 1993

* *Rubio periclymeni-Rubion ulmifolii* (Oberdorfer 1965) Rivas-Martínez & al. 1993

TRIFOLIO-GERANIETEA Th. Müller 1962

+ *Origanetalia* Th. Müller 1962

* *Ranunculo cortusifolii-Geranium canariensis* Rivas-Martínez & al., 1993

1.4. Pinar

El pinar canario (*Cisto-Pinon canariensis*) es una formación arbórea característica del piso bioclimático mesomediterráneo mesofítico seco. Queda caracterizado por la portentosa especie arbórea *Pinus canariensis* (pino canario), de la que se conocen fósiles del Terciario en la Cuenca Mediterránea y cuya especie más afín, *Pinus roxburghii*, crece en las estribaciones del Himalaya. *Pinus canariensis* constituye un pirófito con gran capacidad de rebrote tras los incendios, que suele estar acompañado de un cortejo oligoespecífico de microfanerófitos, nanofanerófitos y caméfitos, y en menor grado geófitos y terófitos; otro elemento arbóreo característico es *Juniperus cedrus* (cedro canario), que debió ser mucho más frecuente en el pasado, pero por ser sensible al fuego y poseer una excelente madera hoy día es escaso y se halla casi siempre refugiado en roquedos y zonas abruptas poco accesibles a los incendios. Constituye una formación abierta que crea un sotobosque poco sombrío, apto para el desarrollo de las mismas especies fruticasas y arbustivas que prosperan en ausencia de *Pinus canariensis*. El pino canario, de excelente madera y bello porte, se recupera fácilmente tras los fuegos; su pinocha y resina ha sido tradicionalmente explotada por el hombre. Son plantas características del pinar, aparte de las mencionadas, varios taxones infraespecíficos de *Chamaecytisus proliferus* (escobón), *Cistus symphytifolius* y *C. osbaeckiaefolius* (jaras, jarones), *Descurainia lemsii* (pajonera), *Lotus spp.* (corazoncillos), *Bystropogon origanifolius* (poleo), *Argyranthemum adauctum* subsp. *dugourii* (magarza), *Sideritis oroteneriffae*, *S. soluta*, *S. dasygnaphala* (chahorras, salvia blanca), etc.

Los límites naturales altitudinales del pinar se establecen entre 1.500 y 2.000 m en la vertiente norte y de 1.250 a 2.000 m en el Este, por encima del mar de nubes, y entre los 1.100 y 2.200 m en vertiente sur, por encima de los bosques termófilos. Estas cotas son frecuentemente rebasadas por el pino tanto por su límite superior como inferior a favor de corrientes de lava histórica y afloramientos de carácter sálico. *Pinus canariensis* crece de forma natural como primocolonizador en todos los malpaíses que descienden hacia el mar llegando hasta el piso inframediterráneo. También puede germinar y hallarse de modo natural en las cotas superiores del monte verde puro o en sus codesares o fayal-breza sustituyentes. Por otro lado como resultado de plantaciones en los suelos profundos del monte verde, es frecuente hallar parcelas densas de pino canario en general a altitudes entre 900-1.500 m.s.m. El pino también desciende bastante de forma natural hacia sota-

vento, a los ambientes semiáridos del piso termomediterráneo xerofítico, sobre todo en su horizonte superior más lluvioso (300 - 400 mm). En tales situaciones forma parte de pinares mixtos con sabinas, acebuches, cardones, tabaibas amargas y jaras, que pese a su aspecto de «pinar» pertenecen fitosociológicamente a comunidades de *Kleinio-Euphorbietea*. También *Pinus canariensis* suele hallarse en los espolones y cornisas de casi todos los roques y cantiles fonolíticos en ambientes termomediterráneo mesofíticos seco-subhúmedos, áreas que por su mayor precipitación poseen vegetación de series climatofílicas de monte verde. Las áreas propias del pinar, así como las de los matorrales de cumbre que le suceden en la cliserie altitudinal, se hallan casi siempre bajo la incidencia de los alisios del NO, cálidos y secos, por encima del mar de nubes de barlovento, lo cual aumenta considerablemente la continentalidad. Ello determina que durante el invierno haga más frío por irradiación y en verano más sequedad y calor por efecto de la insolación.

Los pinares climácicos del archipiélago se encuentran en las islas de Gran Canaria, Tenerife, La Palma y El Hierro, donde cubren todavía vastas extensiones. En la isla de La Gomera la presencia de pinos aislados en roques inaccesibles no parece ser testimonio de la existencia pretérita de una formación climácica amplia de pinar.

La profunda alteración a la que han sido sometidos los pinares canarios (incendios, aprovechamientos forestales de diversa índole, extracción de resina, obtención de pez, repoblaciones y pastoreo) ha transfigurado su paisaje natural. A la hora de delimitar y distinguir las superficies cubiertas actualmente de modo espontáneo por el pinar canario, de las repobladas o parcialmente transformadas, sobre todo en estos últimos cincuenta años, se plantean grandes dificultades. Por otro lado, no debe confundirse el área natural del pinar con las diversas plantaciones principalmente de *Pinus radiata* y *Pinus halepensis* en diversos pisos bioclimáticos de las islas.

Un aspecto fisionómico reseñable del pinar es la facies arbustiva de escobonal, que queda caracterizada por la dominancia de *Chamaecytisus proliferus*. Esta facies tiene significado juvenil frente al pinar adulto, que incluso cuando se hace añoso y excelso no llega nunca en condiciones naturales a excluir por completo al escobón. Por tanto, ambas comunidades representan facies dinámicas de una misma asociación.

Además del pinar, en el mismo piso bioclimático crece una comunidad arbustiva caracterizada por *Teline stenopetala* subsp. *spachiana* (escobonillo) en la Isla de Tenerife.

— Tipología fitosociológica:

CYTISO-PINETEA CANARIENSIS Rivas Goday & Esteve ex Sunding 1972

+ Cytiso-Pinetalia canariensis Rivas Goday & Esteve ex Sunding 1972

* Cisto-Pinion canariensis Rivas Goday & Esteve ex Sunding 1972

1.5. Matorral de cumbre

En las cumbres de la isla de La Palma y más extensamente en las de la isla de Tenerife, crecen los codesos, caracterizados por *Adenocarpus viscosus* (codeso de cumbre) y retamares, dominados por *Spartocytisus supranubius* (retama del Teide), que constituyen matorrales más o menos abiertos de nanofanerofitos y caméfitos con característico porte pulvinular (*Spartocytisus nubigeni*).

Este tipo de vegetación responde a un modelo clásico de las montañas de los países mediterráneos y del Norte de África, donde diversas *Genisteae* dan carácter al paisaje vegetal. Junto a este aspecto mediterráneo, algunos autores han puesto de manifiesto el parecido morfológico que presentan algunos endemismos de estas cumbres con plantas características de los macizos centroafricanos y andinos. Tal es el caso de las especies endémicas *Echium wildpretii* (tajinaste rojo) y *E. auberianum* (tajinaste azul), que recuerdan a algunas especies de los géneros *Senecio*, *Lobelia* y *Ezpeletia*.

Este tipo de vegetación se ubica en los pisos bioclimáticos supra y oromediterráneo mesofítico secos, donde ya se puede considerar un cierto grado de continentalidad, con heladas frecuentes desde octubre a mayo. Los límites altitudinales de este tramo de vegetación se establecen por media entre los 2.000(2.200)-2.700(3.000 en las laderas meridionales del Teide) m.s.m.

En La Palma está caracterizada por la dominancia del codeso, cuya extensión se ha visto favorecida por la acción antrópica (incendios y sobrepastoreo). Dispersos entre ellos se observan algunos ejemplares de *Genista benehoavensis* (retamón de cumbre), endemismo palmero característico de una asociación local. Otros endemismos palmeros vicariantes de los de la cumbre tinerfeña son, entre otros: *Viola palmensis* (violeta), *Echium wildpretii* subsp. *trichosiphon* (tajinaste), *Micromeria lasiophylla* subsp. *palmensis* (tomillo), etc. Por su parte, *Echium gentianoides* (tajinaste) es un endemismo insular exclusivo de esta cumbre.

En Tenerife está caracterizada por la dominancia de *Spartocytisus supranubius* (retama del Teide). La comunidad se desarrolla sobre cambisoles o suelos rankeriformes de muy lenta formación, debido a las condiciones ómblicas de la cumbre, muy árida en verano, que motivan que muchas áreas relativamente jóvenes de malpaíses y lapillis no estén aún colonizados por este tipo de vegetación. En ellas, las comunidades más llamativas son la comunidad primocolonizadora camefítica caracterizada por *Pterocephalus lasiospermus*

(rosalito de la cumbre) y *Erysimum scoparium* (alhelí del Teide), y la comunidad herbácea vivaz, más escasa, en pedregales y lapillis de *Viola cheiranthifoliae* (violeta del Teide).

Otras plantas características de esta vegetación de cumbre son: *Andryala pinnatifida* subsp. *teydensis* (estornudera), *Argyranthemum teneriffae* (magarza de cumbre), *Arrhenatherum calderae*, *Bencomia exstipulata*, *Cheirolophus teydis* (cabezón), *Descurainia bourgeauana* (hierba pajonera), *Erigeron cabreriae*, *Helianthemum juliae*, *Micromeria lachnophylla* (tomillo), *Nepeta teydea* (tonática), *Pimpinella cumbrae*, *Scrophularia glabrata* (fistulera), *Sideritis eriocephala* (chahorra), *Silene nocteolens*, *Stemmacantha cynaroides* (cardo de plata) y *Tolpis webbii*.

Por último, es interesante señalar la existencia de una comunidad terofítica de *Helianthemion guttati* constitutiva de un micropastizal terofítico en el que crecen *Vulpia myuros* y *Gnaphalium teydeum*, con algunos briófitos xerorresistentes, que crece tanto en las fumarolas del Teide como en ambientes glerícolas calientes de La Rambleta, en torno a los 3.500 m de altitud. Típicamente bordea las salidas del vapor de agua o está en ambientes de elevada humedad edáfica, sobre suelos oligotróficos gleyizados semiinundados por el agua dulce procedente de dicho vapor, pero exudados durante el estiaje a causa de la elevada insolación, alta temperatura y nula precipitación de esa estación.

—Tipología fitosociológica:

CYTISO-PINETEA CANARIENSIS Rivas Goday & Esteve ex Sunding 1972

+ *Cytiso-Pinetalia canariensis* Rivas Goday & Esteve ex Sunding 1972

* *Spartocytisium nubigeni* Oberdorfer ex Esteve 1973

HELIANTHEMETEA GUTTATI (Br.-Bl. ex Rivas Goday 1958) Rivas Goday & Rivas-Martínez 1963

+ *Helianthemetalia guttati* Br.-Bl. 1940 em. Rivas-Martínez 1978

* *Helianthemion guttati* Br.-Bl. 1931

1.6. Vegetación rupícola

La vegetación rupícola tiene amplio desarrollo en las Islas. De ella, la más notable es la perteneciente a la clase endémica de la Subregión Canaria *Greenovio-Aeonietea*, en la que dominan plantas camefíticas, suculentas, en general arrosetadas, con carácter de casmófitos o casmo-comófitos. Su importancia es manifiesta debido a que en sus comunidades se albergan buena parte de los endemismos canarios. Los biótotos que colonizan son tanto los riscos, malpaíses recientes, y sustratos inclinados naturales como ambientes artificiales de muros y tejados. Son particularmente importantes las *Crassulaceae*, con *Aeonium* —aprox. 40 especies— (bejeques, gón-ganos, gomereta, pastel de risco, etc.), *Aichryson* —aprox. 12 especies— (orejas de ratón), *Monanthes* —aprox. 20 especies— (arroz), *Greenovia* —4 especies— (beas, pastel de risco), y las *Compositae*, con *Sonchus* —aprox. 25 especies—, *Sventenia* —1 especie—, *Babcockia* —1 especie—, *Prenanthes* —1 especie— (cerra-jas, cerraiones), *Tolpis* —aprox. 10 especies—, *Vieria* —1 especie—, *Hypochoeris* —1 especie—, etc.

En general puede reconocerse en su seno dos grandes grupos de asociaciones con rango de alianza: *Soncho-Sempervivion*, termófila, distribuida en el infra y termomediterráneo, en la que preponderan especies de *Aeonium*; y *Greenovion aureae*, distribuida preferentemente en el meso y supramediterráneo, caracterizada en general por especies de *Greenovia*.

—Tipología fitosociológica:

GREENOVIO-AEONIETEA Santos 1976

+ *Soncho-Sempervivetalia* Rivas Goday & Esteve ex Sunding 1972

* *Soncho-Sempervivion* Sunding 1972

* *Greenovion aureae* Santos in Rivas-Martínez et al. 1993

2. ASPECTOS FAUNÍSTICOS (*)

2.1. Introducción

Las condiciones climáticas, edafológicas, florísticas y de vegetación que concurren en estos tres grandes hábitats montanos son bastante dispares, por lo que, como es de esperar, tienen faunas distintas en bastantes aspectos. Sin embargo, los modelos faunísticos de cada uno de ellos no son cerrados, habiendo diversos ca-

(*) Por Pedro Oromí Masoliver.

sos de solapamientos, intercambios de especies, sustituciones, etc., que a menudo varían dependiendo de las islas e incluso de las zonas de una misma isla.

Hay animales más o menos ubiquestas que pueden encontrarse en dos o incluso en los tres hábitats mencionados; esto ocurre de forma particular entre el monteverde y el pinar, ambos aptos para especies silvícolas sin exigencias muy marcadas. Por otra parte, ciertas aves o insectos de vuelo potente, con movilidad para salvar fácilmente las cortas distancias que hay entre distintas altitudes de una isla, realizan migraciones estacionales de un hábitat a otro. Esto ocurre sobre todo desde las zonas xéricas basales y desde el pinar hacia el matorral de alta montaña; con menos frecuencia se llevan a cabo desde el monteverde, donde viven especies más adaptadas a un ambiente umbrío y húmedo que les cuesta adaptarse a los ambientes superiores más xéricos. También hay desplazamientos «sin retorno» cuando los vientos arrastran pequeños invertebrados en dirección ascendente, de forma que en las cumbres más altas podemos encontrar fauna propia de otros pisos inferiores.

Un fenómeno habitual en el archipiélago es que ciertas especies animales, debido a la eventual ausencia de otros competidores, ocupen nichos más amplios cuando tienen oportunidad; de este modo el papel desempeñado por ellas puede ser distinto en unas islas que en otras. Es clásico el ejemplo del **pinzón vulgar**, que en Gran Canaria y Tenerife es propio del monteverde mientras en otras islas donde no hay **pinzón azul** ocupa también el pinar. Ejemplos similares hay también entre los insectos y otros invertebrados: los escarabajos del género *Broscus* abundan en la masa forestal de La Gomera, pero en Gran Canaria y Tenerife quedan relegados a zonas marginales más abiertas, mientras en el bosque se encuentra el género *Carabus*. Finalmente, cabe tener en cuenta que los límites entre los grandes hábitats aquí tratados son a menudo imprecisos, con la consiguiente mezcla de fauna que puede enriquecerse por el consabido efecto **ecotono**.

2.2. Monteverde

El monteverde se caracteriza, en términos generales, por tener elevada humedad relativa, temperaturas con variaciones anuales no muy marcadas, poca luminosidad en su interior, gran diversidad florística, alta productividad, suelos ricos y profundos, etc. Todo ello trae consigo una gran diversidad de especies animales gracias a la disponibilidad de múltiples nichos distintos. Por otra parte, su notable aislamiento ecológico por estar entre pisos bioclimáticos considerablemente más secos, y el hecho de haber permanecido bastante estable durante gran parte de la historia geológica del archipiélago, hace del monteverde un ecosistema muy rico en especies exclusivas.

Los vertebrados están representados sobre todo por aves y murciélagos, dado que los reptiles no son amantes de hábitats húmedos y sombríos. Destacan la **paloma rabiche** y la **paloma turqué** como elementos endémicos exclusivos del monteverde, y son típicos también el **mirlo** y la chocha perdiz (localmente **gallinuela**). Se hallan en estos bosques otras aves silvícolas representadas por subespecies endémicas como el **pinzón vulgar**, el **mosquitero**, el **reyezuelo**, **currucas**, etc. El predador por excelencia de las aves forestales es el **gavilán**, también con una subespecie canaria. Especies de vertebrados introducidas como las **ratas** y la **ranita meridional** también se encuentran actualmente en estos bosques.

La fauna de invertebrados es muy rica, no siendo posible enumerar aquí siquiera todos los grupos. Hay una considerable representación de caracoles y babosas muy interesantes, y la variedad de artrópodos es superior a la que se halla en otros ecosistemas canarios. En general los insectos son poco vistosos y llevan vida oculta, debiéndose buscar entre el follaje, bajo la hojarasca, dentro de madera muerta, bajo cortezas, en hongos, en el suelo, bajo piedras, etc. Únicamente hay una fauna más vistosa en los claros de bosque, donde mariposas, moscas, abejas y otros insectos alados revolotean por las plantas de flores más llamativas. La gran diversidad de nichos ecológicos que proporciona este bosque húmedo, ha conducido a la radiación adaptativa de muchos invertebrados; géneros como *Napaeus*, *Calathus*, *Tarphius*, *Laparocerus*, etc. incluyen multitud de especies que conviven en un mismo lugar (simpátricas) pero con formas de vida sutilmente distintas.

De la misma forma que el monteverde ha sido considerado como una paleoflora viviente, en algunos de sus componentes faunísticos ocurre algo parecido. Ciertos géneros endémicos de invertebrados considerados como relictos subsisten únicamente dentro de esta formación vegetal; así ocurre por ejemplo con diversos coleópteros carábidos (ver capítulo de Fauna de Invertebrados).

2.3. Pinar

El pinar tiene una diversidad florística bastante inferior, es más seco y tiene temperaturas más extremas. Una parte considerable de su fauna está directamente ligada al pino canario, especie vegetal predominante. Entre las aves exclusivas del pinar está el **pinzón azul**, endémico de Tenerife y Gran Canaria, y el pico **pica-pinos**, presente también sólo en estas dos islas. Más representantes de esta clase de vertebrados son el **herre-**

rillo, el **petirrojo**, y otras especies que comparte con el monteverde como el **gavilán**, el **reyezuelo** o el **mosquitero**. De forma muy general, podemos decir que las aves del pinar son de tendencias insectívoras, mientras que en el monteverde son más frugívoras.

Entre los murciélagos que pueblan los pinares están el **murciélago de Madeira**, el **nóctulo pequeño** y el **orejudo canario**, especies que de hecho se encuentran también en el monteverde e incluso en altitudes superiores al pinar. Los lagartos encuentran mejores condiciones de insolación y menor humedad en el pinar, y lo frecuentan mucho más que el monteverde. Quizás el mamífero introducido con más éxito en el pinar sea el **ratón común**, aunque en las cotas más altas de esta formación vegetal se adentran también el **muflón** en Tenerife y el **arrui** en La Palma.

El suelo más pobre, la falta de hojarasca adecuada (la pinocha es muy ácida y forma un mantillo compactado) y la mayor sequía traen consigo una fauna de invertebrados epiedáfica más reducida, aunque siempre algo más rica en vertientes húmedas. Los invertebrados fitófagos del pinar son ya distintos a los de zonas inferiores húmedas, sobre todo si están ligados al pino canario. Muchos insectos xilófagos como *Buprestis bertheloti*, *Eremotes crassicornis*, *Aulonium sulcicolle* y tantos más son endemismos exclusivos de esta conífera, y están presentes en todas las islas con pinar sin formar especies o subespecies locales. Entre los insectos que devoran las acículas del pino destacan la oruga de *Dasychyra fortunata* y los coleópteros del género *Brachyderes*, estos últimos con una especie local en cada isla con pinar autóctono. Un coleóptero introducido que causa daños a estos árboles es *Pissodes notatus*.

Los insectos voladores más llamativos pueden pulular por cualquier parte, dado que este bosque es más abierto que el monteverde. Esta mayor insolación permite también la presencia de animales más heliófilos como las **santateresas** (*Pseudoyersinia* spp.), ausentes en el monteverde. Los pinares de repoblación y los pinares mixtos de vertientes norte, más cerrados y con humedad considerable, albergan a menudo especies comunes con la laurisilva, en especial las epiedáficas. Los pinares más secos del sur y de las cotas altas del norte, suelen tener diferencias más marcadas con el piso el monteverde. La estacionalidad del pinar es más acentuada que en cotas inferiores, de forma que la fauna se empobrece en pleno verano por la sequía, y en pleno invierno por el frío.

2.4. Matorral de cumbre

En la alta montaña este último fenómeno se acentúa todavía más, con una predominancia de actividad animal en la primavera, coincidiendo con la floración, y en algunos aspectos prolongándose durante el verano. La falta de bosque y la gran insolación y luminosidad, permiten que muchas de los vertebrados ausentes en las zonas boscosas, reaparezcan aquí en altitud. Tal es el caso de los **lagartos**, el **erizo** y el **conejo** como especies sedentarias, las dos últimas introducidas. Algo parecido ocurre con varias aves como el **canario**, el **alcaudón**, el **caminero** y el **cernícalo**, aunque están más sometidas a fluctuaciones poblacionales con las estaciones, pues llevan a cabo migraciones altitudinales importantes. El **cuervo** frecuenta también este hábitat, aunque su gran movilidad le permite aprovechar casi cualquier ambiente montano. El **muflón** en Tenerife y el **arrui** en La Palma son grandes mamíferos introducidos en la alta montaña, aunque ya se ha dicho que también frecuentan los pinares de altitud. El gato cimarrón es otro elemento importante aquí, aunque de hecho se encuentra en casi todos los ambientes silvestres del archipiélago.

Las especies de invertebrados, en cambio, suelen ser endemismos por lo general exclusivos de esta zona, o compartidos con el pinar si se trata de insectos ligados a plantas comunes a ambos ecosistemas; hay que hacer excepción de los insectos de vuelo potente (abejas, abejones, grandes moscas y algunas mariposas), que también suben desde cotas inferiores. Los invertebrados ligados al suelo suelen estar presentes todo el año, aunque en invierno permanecen ocultos; es notable la abundancia de escarabajos del género *Pimelia*, que en primavera se hacen fácilmente visibles y es resto del año están inactivos al menos de día. Hay una única especie de caracol presente de forma regular en la alta montaña, debido a la falta de humedad; es el pequeño *Xerotrichia nubivaga*, endémico de Tenerife. Los xilófagos son también de vida prolongada en fase larvaria, y de adultos suelen eclosionar en primavera o verano, y mueren rápidamente tras reproducirse; el codeso es quizá la planta que alberga mayor variedad de estos últimos, aunque también hay vistosos endemismos de otras plantas, como *Cyphocleonus armitagei* de las compuestas.

Como norma es en primavera y verano cuando se hace visible la mayoría de insectos y otros artrópodos de actividad diurna, pues la mayoría de especies fitófagas y sus principales predadores suelen ser animales estacionales que desarrollan su ciclo en la corta primavera y estío de estas altitudes. Dado que la floración está particularmente concentrada en un corto período de tiempo, las poblaciones de insectos polinizadores como mariposas, moscas, abejas y avispas tienen un claro pico primaveral; la mariposa *Euchloe belemia* de las Cañadas del Teide llega a ser muy abundante, pero sólo durante mes y medio al año. Los insectos devoradores de hojas, en cambio, suelen desarrollarse a lo largo de la primavera y es bien entrado el verano cuando

abundan los adultos; tal es el caso de los saltamontes y de muchos lepidópteros nocturnos. Entre los predadores de insectos voladores primaverales, destacan por su abundancia y vistosidad las arañas atigradas del género *Aculepeira* y la santateresa *Pseudoyersinia teydeana*. Son espectaculares las explosiones demográficas de algunas especies como los saltamontes y la mariposa endémica *Cyclyrius webbianus*, y de la araña *Aculepeira annulipes* que los captura con sus telarañas. Tal como se indicó anteriormente, en la alta montaña hay a menudo artrópodos arrastrados por el viento, que accidentalmente pueden llegar a encontrarse en la misma cumbre del Teide. En estas cotas superiores al límite de vegetación arbustiva, se desarrollan unas comunidades animales que viven a expensas de este plancton aéreo depositado en altura (ver comunidades aerolianas).

Especies de vertebrados exclusivas y compartidas en los hábitats estudiados

MONTEVERDE		ALTA MONTAÑA		
		PINAR		
Paloma rabiche	Gavilán	Picapinos	Cernícalo	
Paloma turqué	Reyezuelo	Pinzón azul	Mosquitero	Alcaudón
Chocha perdiz	Pinzón vulgar		Canario	Caminero
Mirlo	Mosquitero		Curruca	Perdiz
	Petirrojo		Muflón	Erizo
	Herrerillo		Arrui	Conejo
	Curruca		Gato	
	Gato		Lagarto	
	Nóctulo		Perenquén	
	M. orejudo		M. orejudo	
	M. de Madeira		M. de Madeira	

BIBLIOGRAFÍA

- ASHMOLE, M. & P. ASHMOLE, 1989. *Natural history excursions in Tenerife*. Kidston Mill Press, Escocia, 252 pp.
- CAMPOS, C.G. & P. OROMI, 1990. Variabilidad y modelos de distribución espaciales de las poblaciones de coleópteros de superficie en la vertiente NE del Teide (Tenerife, Islas Canarias). *Vieraea*, 18: 153-160.
- CEBALLOS FERNÁNDEZ DE CÓRDOBA, L., & F. ORTUÑO MEDINA, 1951. *Estudio sobre la Vegetación y la Flora Forestal de las Canarias occidentales*. 465 pp. Madrid.
- DEL ARCO AGUILAR, M.J., P.L. PÉREZ DE PAZ, W. WILDPRET DE LA TORRE, V. LUCÍA SAUQUILLO & M. SALAS PASCUAL, 1990. *Atlas cartográfico de los pinares canarios: La Gomera y El Hierro*. Viceconsejería de Medio Ambiente y Conservación de la Naturaleza. Consejería de Política Territorial. Gobierno de Canarias. S/C de Tenerife. 90 pp. + 17 mapas.
- DEL ARCO AGUILAR, M.J., P.L. PÉREZ DE PAZ, O. RODRÍGUEZ DELGADO, M. SALAS PASCUAL & W. WILDPRET DE LA TORRE, 1992. *Atlas Cartográfico de los Pinares Canarios: II. Tenerife*. Dirección General de Medio Ambiente y Conservación de la Naturaleza, Consejería de Política Territorial, Gobierno de Canarias. 228 pp. + 44 mapas.
- DEL ARCO, M.J., J.R. ACEBES & P.L. PÉREZ DE PAZ, 1996. Bioclimatology and climatophilous vegetation of the Island of Hierro. *Phytocoenologia* 26(4): 445-479.
- FERNÁNDEZ GALVÁN, M., 1983. Esquema de la vegetación potencial de la Isla de Gomera. *Proc. II Congr. Int. Fl. Macar.* (19-25 de Junho de 1977): 269-293. Funchal.
- GARCÍA GALLO, A. & W. WILDPRET DE LA TORRE, 1991. Estudio florístico y fitosociológico del bosque de Madre del Agua en Agua García (Tenerife). *Homenaje al Profesor Dr. Telesforo Bravo*. Tomo I: 307-348. Secretaría de Publicaciones Universidad La Laguna.
- MACHADO, A., 1976. Introduction to a faunal study of the Canary Islands' laurisilva, with special reference to the ground beetles (Coleoptera, Caraboidea). En Kunkel (Ed.) *Biogeography and ecology in the Canary Islands*. W. Junk Publ., La Haya.
- MACHADO, A., 1992. *Monografía de los carábidos de las Islas Canarias (Insecta, Coleoptera)*. Instituto de Estudios Canarios, La Laguna, 723 pp.

- NOGALES, M., P. OROMÍ & J.M. PERAZA, 1990. Datos sobre la fauna corticícola del tronco del pino canario (*Pinus canariensis* Chr.Sm. ex DC.). *Vieraea*, 18: 143-148.
- OROMÍ, P., J.J. BACALLADO, T. CRUZ & J.L. MARTÍN, 1984. Fauna terrestre y marina. En: *Geografía de Canarias. Geografía Física*, vol 1: 296-328. Ed. Interinsular Canaria, Sta. Cruz de Tenerife.
- OROMÍ P., M. IBÁÑEZ, J.J. BACALLADO, M. BAEZ & K. EMMERSON, 1990. El mundo animal de Garajonay. En *Parque Nacional de Garajonay, Patrimonio Mundial* (Ed. P.L. PÉREZ DE PAZ). ICONA y Cabildo Ins. Gomera, 350 pp.
- PERAZA, J.M., R. GARCÍA, C. CAMPOS & P. OROMÍ, 1986. Estudio de las poblaciones de coleópteros de superficie en dos zonas de pinar de Tenerife (Islas Canarias). *Act. VIII Jorn.Asoc.Esp. Entomol.*: 600-608.
- PÉREZ DE PAZ, P.L., M. DEL ARCO AGUILAR & W. WILDPRET DE LA TORRE, 1981. Contribución al conocimiento de la flora y vegetación de El Hierro (Islas Canarias). I. *Lagascalia*, 10(1): 25-57.
- PÉREZ DE PAZ, P.L., M. DEL ARCO AGUILAR, J.R. ACEBES GINOVÉS & W. WILDPRET DE LA TORRE, 1990. La vegetación cormofítica (vascular) del Parque Nacional de Garajonay. In P.L. PÉREZ DE PAZ (ed.). *Parque Nacional de Garajonay, Patrimonio Mundial*, 137-171. ICONA, Excmo. Cabildo Insular de La Gomera.
- PÉREZ DE PAZ, P.L., M.J. DEL ARCO AGUILAR, O. RODRÍGUEZ DELGADO, J.R. ACEBES GINOVÉS, M.V. MARRERO GÓMEZ & W. WILDPRET DE LA TORRE, 1994. *Atlas Cartográfico de los Pinares Canarios III: La Palma*. Viceconsejería de Medio Ambiente, Consejería de Política Territorial, Gobierno de Canarias. Santa Cruz de Tenerife. 160 pp. + 7 mapas.
- PÉREZ DE PAZ, P.L., M. SALAS PASCUAL, O. RODRÍGUEZ DELGADO, J.R. ACEBES GINOVÉS, M.J. DEL ARCO AGUILAR & W. WILDPRET DE LA TORRE, 1994. *Atlas Cartográfico de los Pinares Canarios IV: Gran Canaria y plantaciones de Fuerteventura y Lanzarote*. Viceconsejería de Medio Ambiente, Consejería de Política Territorial, Gobierno de Canarias. Santa Cruz de Tenerife. 199 pp. + 22 mapas.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S, 1987. *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España 1:400.000*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA. Serie Técnica. Madrid. 268 pp.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., W. WILDPRET DE LA TORRE, T.E. DÍAZ GONZÁLEZ, P.L. PÉREZ DE PAZ, M. DEL ARCO AGUILAR & O. RODRÍGUEZ DELGADO, 1993. Excursion guide. Outline vegetation of Tenerife Island (Canary Islands). *Itinera Geobot.* 7: 5-167.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., W. WILDPRET DE LA TORRE, M. DEL ARCO AGUILAR, O. RODRÍGUEZ, P.L. PÉREZ DE PAZ, A. GARCÍA GALLO, J.R. ACEBES GINOVÉS, T.E. DÍAZ GONZÁLEZ & F. FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, 1993. Las comunidades vegetales de la Isla de Tenerife (Islas Canarias). *Itinera Geobot.* 7: 169-374.
- RODRÍGUEZ DELGADO, O., 1993. Bibliografía geobotánica canaria. *Itinera Geobot.* 7: 437-508.
- RODRÍGUEZ, J.C., M. DEL ARCO AGUILAR & W. WILDPRET DE LA TORRE, 1986. Contribución al estudio fitosociológico de los sauzales canarios. *Rubo-Salicetum canariensis* asociación nueva. *Doc. Phytosociol. N.S.*, 10(1): 379-388.
- SANTOS GUERRA, A., 1976. Notas sobre la vegetación potencial de la isla de El Hierro. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, 33: 249-261.
- SANTOS GUERRA, A., 1980. *Contribución al conocimiento de la flora y vegetación de la isla de Hierro (I. Canarias)*. Fundación Juan March, Serie Universitaria, 114. 51 pp. Madrid.
- SANTOS GUERRA, A., 1983. *Vegetación y Flora de La Palma*. 348 pp. Ed. Interinsular Canaria S.A. Santa Cruz de Tenerife.
- SANTOS GUERRA, A., 1990. *Bosques de Laurisilva en la región macaronésica*. 79 pp. Consejo de Europa. Colección Naturaleza y Medio Ambiente 49. Estrasburgo.
- SUÁREZ RODRÍGUEZ, C., 1994. *Estudio de los relictos actuales del monte verde en Gran Canaria*. Premio de Investigación «Viera y Clavijo» (Ciencias de la Naturaleza) 1991. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria. Consejería de Política Territorial, Gobierno de Canarias. 617 pp.
- SUNDING, P., 1972. The vegetation of Gran Canaria. *Skr. Norske Vidensk. Akad. Oslo I. Matem.-Naturv. Kl. n.s.*, 29: 1-186 + LIII lám. Oslo.
- VARIOS, 1984. *Fauna marina y terrestre del Archipiélago Canario* (Ed. J.J. BACALLADO). EDIRCA, Las Palmas de Gran Canaria, 356 pp.
- WILDPRET DE LA TORRE, W. & M. DEL ARCO AGUILAR, 1987. España Insular: Las Canarias. In PEINADO, M. & S. RIVAS-MARTÍNEZ (eds.), *La Vegetación de España*: 517-544. Universidad de Alcalá de Henares, Secretariado de Publicaciones. Colección «Aula Abierta» Nº 3. Madrid.

TEMA 27

Hábitats de Canarias: dulceacuícolas, aerolianos y subterráneos

Por Pedro Oromí Masoliver¹, José L. Martín Esquivel² y Pedro L. Pérez de Paz³

INTRODUCCIÓN

Nuestro objetivo se centra en aproximarnos a las características ecológicas y principales comunidades de estos hábitats en las Islas Canarias, refiriéndonos a algunos de los táxones que los pueblan, tanto desde el punto de vista florístico como faunístico.

Hemos creído conveniente mantener la misma estructura que adoptamos en la exposición oral del tema, ocupándonos primero de los aspectos botánicos y a continuación los zoológicos. La extensión de cada uno de los apartados no es análoga, debido en gran medida a que los hábitats aerolianos y subterráneos tienen casi exclusivamente poblaciones animales.

ASPECTOS BOTÁNICOS (*)

Adelantamos que al tratar los aspectos botánicos esenciales referentes a los hábitats señalados, nos centramos en las características generales del medio dulceacuícola, ya que en los medios subterráneos y aerolianos la vida vegetal es nula o prácticamente insignificante. Mencionaremos también los ecosistemas de aguas salobres que, aunque escapan a nuestro objetivo primordial, deben ser al menos mencionados en estos primeros temas sobre el medio biótico canario. Las comunidades de aguas salobres, por encontrarse habitualmente a caballo entre el medio marino y terrestre, corren el riesgo de ser omitidas y ello sería grave, dado su interés biológico y valor testimonial, al tratarse de reliquias que han escapado casi milagrosamente a la presión antrópica padecida por el litoral canario, especialmente durante las últimas décadas.

1. CONSIDERACIONES GENERALES

El agua, elemento vital para los seres vivos, es el medio que permite la circulación de los nutrientes en el suelo y permite su utilización por los vegetales. Las plantas la absorben generalmente por las raíces y las

¹ Dr. en Biología. Prof. Titular de Biología Animal. Dpto. de Biología Animal (Zoología). Universidad de La Laguna.

² Dr. en Biología. Jefe de Sección de Áreas Protegidas. Consejería de Política Territorial. Gobierno de Canarias.

³ Dr. en Biología. Catedrático de Biología Vegetal. Dpto. de Biología Vegetal (Botánica). Universidad de La Laguna.

(*) Por Pedro Luis Pérez de Paz

cantidades necesarias varían considerablemente de unas especies a otras. Según sea su mayor o menor dependencia de ella, se habla de:

—**Hidrófitos**: Viven sumergidos en el agua al menos durante una parte considerable del año. Son plantas acuáticas con órganos sumergidos o flotantes. Cuando enraizan en suelos encharcados, pero desarrollan la mayor parte de su aparato vegetativo en el medio aéreo se habla de *helófitos* o plantas anfibias. Cuando viven suspendidas o flotando en el agua se habla de *pleustófitos* y se diferencian entre: *bentopleustófitos* (yacentes sobre el fondo), *mesopleustófitos* (nadan entre «dos aguas») y *acropoleustófitos* (flotan en la superficie).

—**Higrófitos**: Son plantas adaptadas a vivir en ambientes cargados de humedad. A menudo presentan hojas relativamente amplias y, frecuentemente, van provistas de *hidatodos*, que les permiten excretar agua en estado líquido a través del fenómeno de la gutación. Muchos musgos y helechos son netamente higrófilos.

—**Mesófitos**: Plantas que para su desarrollo necesitan cantidades medias de agua, no soportando la sequía ni la humedad extremas. La mayoría de las especies que participan en los llamados bosques termófilos [acebuchales (*Mayteno-Juniperion canariensis*), mocanales (*Visneo- Arbutetum canariensis*), etc.] de las medianías canarias, pueden calificarse como tales.

—**Xerófitos**: Plantas capaces de soportar períodos de sequía más o menos pronunciados. Suelen presentar múltiples adaptaciones morfológicas y fisiológicas a estos medios: ausencia de hojas (transformadas o no en espinas) o carácter caducifolio de las mismas; dimorfismo foliar; succulencia; ausencia parcial o disminución cuantitativa de estomas; parénquimas clorofílicos caulinare (transferencia de función); presencia de ceras, resinas, látex, etc. El cortejo florístico esencial de los tabaibales y cardonales (*Aeonio-Euphorbion canariensis*) es de xerófitos. Resulta llamativa la convergencia morfológica y ecofisiológica que se puede alcanzar entre especies sistemáticamente muy alejadas, pertenecientes a familias tan dispares como son las Asteráceas, Euforbiáceas, Asclepiadáceas, Crasuláceas, etc.

—**Tropófitos**: Ocupan una posición intermedia entre los verdaderos higrófitos y xerófitos, participando alternativamente de una y otra condición, comportándose como higrófitos en la estación favorable y xerófitos durante la desfavorable.

En lo que se refiere a la vegetación, es muy importante observar la mayor o menor dependencia que, con respecto al agua, presentan las comunidades en los márgenes de ríos, lagunas, barrancos, etc., donde se origina una secuenciación muy característica que en Geobotánica recibe el nombre de *hidroserie*. Esta vegetación azonal condicionada por la excepcional presencia de agua en el suelo, recibe el nombre de *edafohidrófila* o *edafohigrófila* y está claramente diferenciada de la del entorno, la *climatófila*, determinada por el clima. Aunque en Canarias, por razones obvias, las hidroseries están muy limitadas y son muy pobres, a modo de ejemplo puede vertebrarse una a través de la siguiente secuencia: A. hidrófitos flotantes enraizados (*Potamogeton*) o no (*Lemna*) / B. helófitos semisumergidos (*Typha*, *Scirpus*) / C. hidrófitos o higrófitos de ciénaga o sitios pantanosos o cenagosos (*Cyperus*, *Juncus*, *Agrostis*, etc.) / D. árboles o arbustos edafohigrófilos (*Salix*, *Tamarix*) / y E. vegetación climatófila del entorno: cardonal, monte verde, pinar, etc.

—**Halófitos**: Plantas adaptadas a vivir en medios (acuáticos o terrestres) salinos, tal como ocurre en situaciones próximas al litoral marino o en determinadas localidades del interior, debido a la liberación de sales por efecto de la meteorización de las rocas. Para evitar los perjuicios de la sal, estas plantas limitan su transpiración y ofrecen adaptaciones que recuerdan a las descritas para el tipo xeromorfo: succulencia, con hojitas pequeñas y carnosas; presencia de células (idioblastos) o glándulas especializadas; etc. Es el caso de las uvas de mar (*Zygophyllum fontanesii*), barrilla o cosco (*Mesembryanthemum* spp.), siemprevivas (*Limonium* spp.), etc. Conviene reseñar que en los ambientes salobres el cloruro sódico o sal está equilibrado con otros iones presentes en el sustrato, ya que en concentraciones muy elevadas y puras resulta mortal para las plantas. Análogamente a lo descrito para el agua dulce, la presencia de sal en el sustrato también condiciona la vegetación de modo similar, hablándose entonces de vegetación edafohalófila y de *haloserie*.

2. HÁBITATS DULCEACUÍCOLAS EN CANARIAS

Resulta evidente que si de algo no estamos sobrados en Canarias es precisamente de agua dulce y, por tanto, las plantas que caracterizan estos ambientes son más bien raras y sólo conforman fragmentos de comunidades muy empobrecidas y difíciles de reconocer respecto a las que aparecen en situaciones continentales próximas. En nuestra exposición seguimos el esquema propuesto por PÉREZ DE PAZ et al. 1985, de acuerdo con los cuales, los principales hábitats (naturales o antrópicos) para la vegetación hidrofítica dulceacuícola canaria son los siguientes:

2.1. Cauces de barrancos

Por los que discurre de forma más o menos continuada el agua durante buena parte del año. Es el caso de los barrancos de Afur, Igueste, Infierno, Carrizales, Cernícalos, El Cedro, Taburiente, etc. Entre sus comunidades más características pueden reconocerse:

—Los sauzales (*Rubro-Salicetum canariensis*) caracterizados sobre todo por el endemismo *Salix canariensis*, ampliamente distribuido desde casi el nivel del mar hasta el dominio de los pinares, por encima de los 2000 m de altitud.

—Comunidades de helófitos (*Phragmites communis*), caracterizadas por carrizos (*Phragmites australis*); espadañas (*Typha domingensis*); y la presencia de xenófitos como cañas (*Arundo donax*), ñame-ras (*Colocasia esculenta*); etc. La acción antrópica es muy notable y determina el cortejo florístico acompañante de estas aguas bastante antropizadas o contaminadas (*Glycerio-Sparganium*) con apios (*Apium nodiflorum*), berros (*Nasturtium officinale*), verónicas (*Veronica beccabunga*), etc.

—Juncales (*Holoschoeno-Juncetum acuti*) y pequeñas praderas o gramales higrófilos y nitrofilizados, temporalmente encharcados, en los que se desarrollan diferentes comunidades herbáceas de la clase *Molinio-Arrhenatheretea*.

—Comunidades acuáticas de la clase *Potametea*, propias de aguas someras, presentes en charcos y cursos remansados que pueden llegar a secarse durante el verano. Especies características de estos hábitats son: *Potamogeton nodosus*, *P. pusillus*, *Myriophyllum spicatum*, *Callitriche stagnalis*, *Ranunculus* spp. etc.

2.2. Nacientes o rezumaderos naturales

Ligados a disyunciones geológicas como almagres o diques, condicionando muchas veces comunidades colgadas más o menos conspicuas de sauzales, juncales, cárices (*Mentho-Caricetum calderae*), o las menos aparentes caracterizadas por briófitos y pequeños helechos (*Adiantum capillus-veneris*, *Cystopteris* spp.) etc. Sobre los lapillis rezumantes son frecuentes pequeños terófitos efímeros (*Nanocyperion*), caracterizados por: *Juncus bufonius*, *J. capitatus*, *Gnaphalium luteo-album*, etc.

2.3. Lagunas seminaturales

Excavadas en zonas arcillosas que retienen una importante cantidad de agua, renovada o no a lo largo del año y en torno a las cuales crecen cañaverales de *Arundo donax* mezclados con juncales o ciperales (*Cypero-Scirpetum maritimi*), en cuyo seno se desarrollan comunidades higrónitrófilas de *Plantaginetaia majoris*.

2.4. Presas o estanques artificiales y semiartificiales

Construidos en depresiones naturales aprovechando la orografía del terreno, tanto sobre basaltos como sobre pumitas u otras rocas sálicas. Al margen de la presencia en sus orillas de comunidades ya comentadas en ambientes precedentes, pueden encontrarse otras natantes de micropleustófitos nitrófilos (*Lemnetum gibbae*), que desvelan con su presencia el carácter eutrófico, no potable, de estas aguas.

2.5. Obras de infraestructura de regadío

(Aljibes, represas, tanquetas, canales, acequias, etc.) En las que se encuentran a menudo fragmentos de comunidades mal estructuradas o simplemente poblamientos de xenófitos, que ante la ausencia de especies competidoras adquieren gran desarrollo. Es el caso de *Pistia stratiotes*, *Elodea canadensis*, *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, etc.

3. HÁBITATS DE AGUAS SALOBRES EN CANARIAS

Los saladares —y consecuentemente las comunidades de aguas salobres en Canarias— se encuentran en la actualidad muy mermados y antropizados. Aún así es posible reconocer pequeños fragmentos o trazas que permiten hacernos una idea más o menos fiel de su composición florística y estructura original. Mejor o peor representados en todas las islas, tienen mayor protagonismo en las orientales (Lanzarote y Fuerteventura), aunque incluso allí está muy alterada su fisonomía y ecología. Sin ánimos de ser exhaustivos, cabe distinguir:

3.1. Tarajales

(*Atplici-Tamaricetum canariensis*), muy alterados, suelen encontrarse en las desembocaduras de barrancos, trasera de playas o callados y ocasionalmente colgados en los riscos que reciben la incidencia directa de la maresía.

3.2. Saladares

Propiamente dichos, caracterizados por la dominancia de «matos» suculentos tales como: *Suaeda vera*, *Salsola divaricata*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Sarcocornia perennis*, *Zygophyllum fontanesii*, etc.

3.3. Maretas

O pequeños enclaves muy localizados, caracterizados por especies bastante raras como *Zannichellia palustris*, *Ruppia maritima* ssp. *rostellata*, *Chara connivens*, *Cladophora vadorum*, etc.

ASPECTOS ZOOLOGICOS (*)

1. CONSIDERACIONES GENERALES

En el conjunto de la biosfera hay ciertos ecosistemas que, debido a condiciones particulares, carecen de producción primaria por ausencia de organismos foto o quimiosintéticos. Sin embargo, estos ecosistemas suelen albergar comunidades de seres heterótrofos (animales, hongos, microorganismos) que subsisten empleando materia orgánica alóctona proveniente de otros lugares. Se ha denominado *alobiosfera* al conjunto de ecosistemas de estas características (EDWARDS, 1988). La alobiosfera incluye principalmente:

- a) Los fondos marinos abisales y los ambientes subterráneos, cuyo limitante para la presencia de plantas verdes es la ausencia de luz.
- b) La alta montaña, demasiado fría y cubierta de nieves y hielos.
- c) Las lavas recientes, sin soporte adecuado ni tiempo suficiente para haberse aposentado plantas macroscópicas.

La ausencia absoluta de producción primaria es rara, y en los mencionados ambientes pueden encontrarse bacterias quimiosintéticas (en cuevas y zonas abisales) o cianofitas (en hielos y lavas), que algo de energía autóctona proporcionan. Pero en general consideraremos alobiosfera a todos los ecosistemas cuya producción primaria es muy inferior a la necesaria para el sustento de sus comunidades heterótrofas.

2. HÁBITAT AEROLIANO

En Canarias podemos encontrar al menos tres de estos ambientes: las manchas de nieve (de carácter pasajero), las lavas recientes y el medio subterráneo. Las dos primeras se surten del *plancton aéreo* traído por el viento desde zonas circundantes, por lo que se les denomina *habitats aerolianos* (HOWARTH, 1979; EDWARDS, 1987). Este plancton aéreo está formado por semillas y otros propágulos vegetales, y sobre todo por multitud de pequeños artrópodos voladores o no voladores, arrastrados a la deriva a merced del viento.

2.1. Las manchas de nieve primaverales

Constituyen un habitat más o menos pasajero, que funciona como trampas para los animales del plancton aéreo: al caer sobre ellas quedan atrapados debido al frío. En ciertas zonas alpinas se han encontrado especies residentes adaptadas a vivir en estas manchas, alimentándose del mencionado plancton aéreo (HOWARTH, 1979; ASHMOLE et al., 1983). Un estudio llevado a cabo en el Teide (ASHMOLE & ASHMOLE, 1988) demostró el funcionamiento de las manchas de nieve como habitats aerolianos, pero no se halló ninguna especie adaptada de forma exclusiva a este medio.

(*) Por Pedro Oromí Masoliver y José Luis Martín Esquivel.

2.2. Las lavas recientes

Constituyen el ambiente aeroliano más extendido en los ecosistemas canarios. Tras el momento de su formación son totalmente estériles, por razones obvias; pero en seguida comenzarán a llegar organismos de todo tipo, unos aportados por el viento y otros penetrando por transporte activo propio desde las zonas circundantes. A partir del mismo enfriamiento de la lava se inicia el proceso de la sucesión biológica, que tras miles de años conducirá al establecimiento de un suelo bien formado y una vegetación clímax. Dicho proceso es lento, y en las etapas iniciales tan sólo algunas cianofitas se instalan sobre las lavas; sin embargo las comunidades animales en seguida son relativamente abundantes en individuos, bastante antes de que comiencen a aparecer los líquenes y musgos, primeros vegetales macroscópicos observables en las lavas.

Las condiciones reinantes en una lava reciente son particularmente duras; aparte de faltar la producción primaria, son ambientes muy expuestos, con gran insolación diurna, recalentamiento debido al color oscuro de la roca y alta tasa de evaporación. Las especies animales capaces de residir permanentemente en este hábitat las denominamos *lavícolas*, y se alimentan del plancton aéreo que deposita el viento. Así pues, los lavícolas son predadores, necrófagos o saprófagos, y están adaptados a subsistir con escaso alimento. De día se ocultan en las grietas y recovecos de la lava, y salen en busca de alimento durante la noche, cuando el calor de la superficie ha disminuido. Tan sólo algunas arañas de la familia de los Saltícidos suelen observarse de día, pues cazan sus presas vivas que detectan por la vista.

En Canarias se han realizado diversos estudios de la fauna lavícola en coladas de La Palma, El Hierro, Tenerife y Lanzarote (MARTÍN et al., 1987; ASHMOLE & ASHMOLE, 1988; MARTÍN & OROMÍ, 1990; ASHMOLE et al., 1990 y 1992). En todos estos estudios se ha demostrado la presencia de especies estrictamente lavícolas, que no se encuentran en los hábitats circundantes más avanzados en su estado de sucesión (ver tabla I).

Los lavícolas parecen resistir sin problema las duras condiciones de las coladas recientes. Pero más que una adaptación específica a este medio, parecen ser especies fugitivas, que son desplazadas por otras mejores competidoras cuando la sucesión va poblando la colada de suelo y vegetación. El hecho de que muchos lavícolas se encuentren también en la franja costera halófila rocosa, indica que en efecto son oportunistas que aprovechan los ambientes difíciles de soportar por otras especies.

TABLA I

Especies lavícolas encontradas en coladas recientes de Canarias. Se indica las islas en que dichas especies se han hallado en lavas recientes

ESPECIE	ISLA
Opiliones	
<i>Bunochelis spinifera</i>	T
Araneae	
<i>Aelurillus restingae</i>	H,P,T
Polyxenida	
<i>Polyxenus oromii</i>	P,T,F
Collembola	
<i>Seira dinizi</i>	H,P,L
<i>Chalcoscirtus subletus</i>	H,P,L
Thysanura	
<i>Ctenolepisma lineata</i>	H,P,T
Orthoptera	
<i>Hymenoptila lanzarotensis</i>	F,L
<i>Mogoplistes squamiger</i>	H,P
Dermaptera	
<i>Anataelia lavicola</i>	H,P
<i>Anataelia canariensis</i>	T
Coleoptera	
<i>Holoparamecus bertouti</i>	H,P,L
<i>Gietella fortunata</i>	H,P,T,L
<i>Ifnidius petricola</i>	L

Tal como sugieren MARTÍN & OROMÍ (1990) las lavas costeras antiguas, donde la salinidad impide el desarrollo de la mayoría de vegetales, constituyen un refugio permanente para los lavícolas. Cuando se forman lavas recientes, las colonizan los lavícolas a partir de lavas antiguas costeras, y permanecen en ellas hasta que la sucesión traiga competidores que las expulsen. El refugio costero es particularmente importante en la actualidad en Canarias, pues las erupciones son ocasionales y no forman grandes extensiones interconectadas en estados iniciales de sucesión.

La necesidad de penetrar a cierta profundidad en las grietas de la lava, lleva a menudo a los lavícolas a alcanzar el medio subterráneo propiamente dicho. En los tubos volcánicos formados en lavas muy recientes, donde todavía no hay cobertura edáfica y la conexión por las grietas es muy fácil, es frecuente encontrar lavícolas (MARTÍN et al., 1987; ASHMOLE et al., 1992). Así ocurre de forma notable con *Anataelia lavicola* en cuevas recientes de El Hierro y La Palma, o con *Hymenoptila lanzarotensis* en Fuerteventura y Lanzarote. Al igual que en la superficie, los lavícolas serán desplazados del medio subterráneo a medida que la sucesión vaya avanzando (ver ASHMOLE et al., 1992). La lava se va cubriendo de suelo y vegetación, y las cuevas se van aislando del exterior: se hacen más húmedas y estables, resultan más inhóspitas para los lavícolas y otras especies de superficie, y comienzan a ser pobladas por la fauna hipogea.

3. HÁBITAT SUBTERRÁNEO

Siguiendo un criterio de zonificación vertical, podemos agrupar los habitats *terrestres* (por contraposición a *acuáticos*) en los medios *epigeo*, *endogeo* e *hipogeo*. El medio epigeo incluirá todos los habitats que queden sobre la superficie del suelo; el medio endogeo es el constituido por el propio suelo (en el sentido edáfico), siendo su límite superior la superficie, y el inferior la roca madre subyacente. Y el medio hipogeo lo constituyen los espacios existentes en la roca madre.

Cada uno de estos tres medios tiene por lo general una fauna propia, con las adaptaciones correspondientes para desarrollar su vida en él. Sin embargo, dada la vecindad entre habitats, siempre hay incursiones de especies animales en medios que no les corresponde. Estas visitas pueden ser accidentales o formar parte de su normal proceder. Dependiendo de las circunstancias que rodean a la presencia de cada especie en un habitat, se aplican los sufijos *-xeno* si es de carácter accidental, *-filo* si suele encontrarse en dicho medio, y *-bio* si lo hace de forma exclusiva. Así, podemos hablar de especies edafóxenas, edafófilas o edafobias si están en el suelo de forma accidental, de forma optativa pero frecuente, o de forma exclusiva.

3.1. El medio endogeo

Constituye un ambiente húmedo, sin luz, con espacios huecos de reducidas dimensiones y con abundante materia orgánica. Como adaptaciones a estas circunstancias, las especies edafobias suelen ser de tegumentos finos, ciegas, despigmentadas y con el cuerpo pequeño (a excepción de las lombrices, que se abren espacios mayores fabricando sus propias galerías); y si tienen apéndices son cortos para mayor facilidad de avance. En Canarias, como en otros lugares, el medio endogeo tiene su fauna propia. Los grupos animales que la componen son sobre todo Oligoquetos (lombrices de tierra), Nematodos y Artrópodos. Ciertos grupos (Oligoquetos, Nematodos, Acaros Oribátidos, Colémbolos) son ya de por sí mayoritariamente edafobias; pero es en especies de otros grupos como coleópteros y otros insectos, que podemos observar estas adaptaciones al compararlos a sus parientes epígeos. La fauna que podríamos denominar edafófila, la componen sobre todo las especies humícolas (del mantillo u hojarasca) o especies epígeas que se refugian temporalmente en el suelo (caracoles y muchos insectos).

3.2. El medio hipogeo

Está por debajo del endogeo, comenzando a partir del horizonte C, o sea la roca madre. Todos los espacios existentes en su seno que reciban algún aporte de materia orgánica, pueden estar ocupados por una fauna hipogea. Dependiendo de si está o no invadido por agua, hablaremos de medio hipogeo acuático o terrestre.

El medio hipogeo *terrestre* lo constituyen los tubos volcánicos y simas, y toda la red de grietas interconectadas de la roca madre. No todo el terreno volcánico es apto como medio hipogeo habitable, pues hay tipos de rocas que no tienen grietas suficientes (v.gr. tobas) o bien que han sido colmatadas por arcillas u otros depósitos. También se considera parte del medio hipogeo el llamado *medio subterráneo superficial* (ver OROMÍ, MEDINA & TEJEDOR, 1986) que forma la zona de contacto con el suelo suprayacente.

Tal como se ha explicado en las lavas recientes, en un sistema de cuevas y grietas de una lava reciente las condiciones ambientales van cambiando al formarse suelo sobre ella. Cuando se alcance una situación de su

TABLA II

Troglobios terrestres de Canarias. Se indica la isla o islas en las que se encuentra cada especie, y la existencia de especies epígeas del mismo género en la misma o en otras islas (*: géneros endémicos)

ESPECIES	ISLA	SPP. CONGENÉRICAS misma isla	otra isla
Pseudoscorpiones			
<i>Chthonius setosus</i>	Gomera	si	si
<i>Chthonius dubius</i>	Tenerife	si	si
<i>Paraliochthonius martini</i>	Hierro	no	si
<i>Paraliochthonius tenebrarum</i>	Tenerife	no	no
<i>Tyrannochthonius superstes</i>	Tenerife	no	no
<i>Microcreagrina subterranea</i>	Tenerife	si	si
<i>Microcreagrina cavicola</i>	La Palma	no	si
Opiliones			
<i>Maioresus randoi</i>	Fuerteventura	monospecífico	
Araneae			
<i>Dysdera esquiveli</i>	Tenerife	si	si
<i>Dysdera ambulotenta</i>	Tenerife	si	si
<i>Dysdera unguimmanis</i>	Tenerife	si	si
<i>Dysdera labradaensis</i>	Tenerife	si	si
<i>Dysdera chioensis</i>	Tenerife	si	si
<i>Dysdera gollumi</i>	Tenerife	si	si
<i>Dysdera ratonensis</i>	La Palma	si	si
<i>Agroecina canariensis</i>	Tenerife	no	si
<i>Spermophorides justoi</i>	Hierro	si	si
<i>Spermophorides reventoni</i>	Tenerife	si	si
<i>Spermophorides fuertecavensis</i>	Fuerteventura	si	si
<i>Spermophorides flava</i>	Gran Canaria	si	si
<i>Pholcus baldiosensis</i>	Tenerife	si	si
<i>Troglohyphantes oromii</i>	Tenerife	si	si
<i>Walckenaeria cavernicola</i>	Tenerife	si	si
<i>Metopobactrus cavernicolus</i>	Tenerife	no	no
<i>Canarionesticus cuadridentatus</i>	Tenerife	no	no
Amphipoda			
* <i>Palmorchestia hypogaea</i>	La Palma	si	no
Isopoda			
<i>Trichoniscus bassoti</i>	Tenerife/La Palma	si	si
<i>Venezillo tenerifensis</i>	Tenerife	si	si
<i>Venezillo geophilus</i>	Gomera	no	si
<i>Porcellio martini</i>	Tenerife	si	si
Chilopoda			
<i>Lithobius speleovulcanus</i>	Tenerife	si	si
<i>Cryptops vulcanicus</i>	Tenerife	si	si
Diplopoda			
<i>Glomeris</i> sp.	Tenerife	si	si
<i>Dolichoiulus troglhierro</i>	Hierro	si	si
<i>Dolichoiulus labradae</i>	Tenerife	si	si
<i>Dolichoiulus chioensis</i>	Tenerife	si	si
<i>Dolichoiulus ypsilon</i>	Tenerife	si	si
Dermaptera			
* <i>Anataelia troglobia</i>	La Palma	si	si
Blattaria			
<i>Loboptera subterranea</i> Martín & Oromí	Tenerife	si	si
<i>Loboptera anagae</i>	Tenerife	si	si
<i>Loboptera cavernicola</i>	Tenerife	si	si

(Continuación Tabla II)

ESPECIES	ISLA	SPP. CONGENÉRICAS misma isla	otra isla
<i>Loboptera ombriosa</i>	Hierro	no	si
<i>Symploce microphthalma</i>	Gran Canaria	no	no
<i>Loboptera fortunata</i>	La Palma	no	si
<i>Loboptera troglobia</i>	Tenerife	si	si
Hemiptera (Heteroptera)			
<i>Collartida anophthalma</i>	Hierro	no	no
<i>Collartida vulcanica</i>	La Palma	no	no
Homoptera			
<i>Tachycixius lavatubus</i>	Tenerife	si	si
<i>Tachycixius crypticus</i>	Tenerife	si	si
<i>Tachycixius retrusus</i>	Tenerife	si	si
<i>Cixius palmeros</i>	La Palma	no	no
<i>Cixius pinarcolladus</i>	La Palma	no	no
<i>Cixius ratonicus</i>	La Palma	no	no
<i>Cixius tacandus</i>	La Palma	no	no
<i>Cixius ariadne</i>	Hierro	no	no
<i>Cixius nycticolus</i>	Hierro	no	no
<i>Meenoplus cancavus</i>	Hierro	no	no
<i>Meenoplus charon</i>	Hierro	no	no
<i>Meenoplus claustraphilus</i>	La Palma	no	no
Coleoptera			
* <i>Wolltinerfia martini</i>	Tenerife	no	no
* <i>Wolltinerfia tenerifae</i>	Tenerife	no	no
* <i>Wolltinerfia anagae</i>	Tenerife	no	no
* <i>Pseudoplatyderus amblyops</i>	Gomera	monospecífico	
* <i>Licinopsis angustula</i>	La Palma	si	si
* <i>Licinopsis schurmanni</i>	Hierro	si	si
* <i>Calathidius brevithorax</i>	Tenerife	si	no
* <i>Canarobius oromii</i>	Tenerife	no	no
* <i>Canarobius chusyae</i>	Tenerife	no	no
* <i>Spelaeovulcania canariensis</i>	Tenerife	monospecífico	
<i>Lymnastis gaudini gaudini</i>	Tenerife	no	no
<i>Lymnastis gaudini gomerensis</i>	Gomera	no	no
<i>Lymnastis subovatus</i>	Tenerife	no	no
<i>Lymnastis thoracicus</i>	Tenerife	no	no
<i>Trechus minioculatus</i>	Hierro	si	si
<i>Trechus benahoaritus</i>	La Palma	si	si
<i>Thalassophilus subterraneus</i>	La Palma	si	si
<i>Domene vulcanica</i>	Tenerife	no	no
<i>Domene alticola</i>	Tenerife	no	no
<i>Domene sylvatica</i>	Tenerife	no	no
<i>Domene jonayi</i>	Gomera	no	no
<i>Domene benahoarensis</i>	La Palma	no	no
<i>Apteranopsis canariensis</i>	Tenerife	no	no
<i>Apteranopsis outereloi</i>	Tenerife	no	no
<i>Apteranopsis hephaestos</i>	La Palma	no	no
<i>Apteranopsis tanausui</i>	La Palma	no	no
<i>Apteranopsis palmensis</i>	La Palma	no	no
<i>Apteranopsis junoniae</i>	La Palma	no	no
* <i>Atlantogoerius microphthalmicus</i>	Tenerife	si	si
* <i>Oromia hephaestos</i>	Tenerife	edafobio	no
<i>Laparocerus zarazagai</i>	La Palma	si	si
<i>Laparocerus n.sp.</i>	La Palma	si	si

TABLA III

Estigobios de las Islas Canarias. Especies de interior (inland) se hallan en aguas no influenciadas por el nivel freático marino. Especies anquialinas en aguas de influencia marina. *: especies encontradas en los Jameos del Agua

ESPECIES	ISLAS	HÁBITAT
Polychaeta		
<i>Namanereis hummelincki</i>	Fuerteventura	Interior
<i>Gesiella jameensis</i>	Lanzarote *	Anquialino
<i>Speleobregma lanzaroteum</i>	Lanzarote *	Anquialino
Remipedia		
<i>Speleonectes ondinae</i>	Lanzarote *	Anquialino
Ostracoda		
<i>Danielopolina wilkensi</i>	Lanzarote *	Anquialino
<i>Danielopolina phalanx</i>	Lanzarote	Anquialino
<i>Eusarsiella bedoyai</i>	Lanzarote *	Anquialino
<i>Eupolycope pnyx</i>	Lanzarote	Anquialino
Copepoda		
<i>Lovenula alluaudi</i>	Lanzar. & Fuertevent.	Interior
<i>Parastenocaris inferna</i>	Tenerife	Interior
<i>Parastenocaris ursulae</i>	Tenerife	Interior
<i>Palpophria aestheta</i>	Lanzarote *	Anquialino
<i>Dimisophria cavernicola</i>	Lanzarote *	Anquialino
<i>Expansophria dimorpha</i>	Lanzarote *	Anquialino
<i>Paramisophria reducta</i>	Lanzarote *	Anchialine
<i>Boxhallia bulbantenula</i>	Lanzarote	Anquialino
<i>Rotundiclypeus canariensis</i>	Tenerife	Anquialino
<i>Stephos canariensis</i>	Lanzarote	Anquialino
<i>Neoechinophora karaytugi</i>	Lanzarote	Anquialino
<i>Stygocyclopia balearica</i>	Mallorca/Lanzarote	Anquialino
<i>Muceddina multispinosa</i>	Lanzarote	Anquialino
<i>Speleophriopsis canariensis</i>	Lanzarote	Anquialino
Tantulocarida		
<i>Stygotantulus stocki</i>	Lanzarote	Anquialino
Thermosbaenacea		
<i>Halosbaena fortunata</i>	Lanzarote *	Anquialino
Mysidacea		
<i>Heteromisoides cotti</i>	Lanzarote *	Anquialino
Isopoda		
<i>Curassanthura canariensis</i>	Lanzarote *	Anquialino
Amphipoda		
<i>Pseudoniphargus porticola</i>	Tenerife	Anquialino
<i>Pseudoniphargus longicauda</i>	Tenerife	Anquialino
<i>Pseudoniphargus fontinalis</i>	Tenerife & G. Canaria	Anquialino
<i>Pseudoniphargus unispinosus</i>	Tenerife	Anquialino
<i>Pseudoniphargus cupicola</i>	La Palma	Anquialino
<i>Pseudoniphargus multidentis</i>	La Palma	Anquialino
<i>Pseudoniphargus gomerae</i>	Gomera	Anquialino
<i>Pseudoniphargus salinus</i>	Hierro	Anquialino
<i>Pseudoniphargus pedunculatus</i>	G. Canaria	Interior
<i>Pseudoniphargus candelariae</i>	Tenerife	Interior
<i>Pseudoniphargus associatus</i>	Tenerife	Interior
<i>Psammogammarus initialis</i>	Tenerife	Anquialino
<i>Psammogammarus stocki</i>	Tenerife	Anquialino
<i>Liagoceradocus acutus</i>	Lanzarote *	Anquialino
<i>Melita dulcicola</i>	Gomera	Interior
<i>Bogidiella spathulata</i>	Fuerteventura	Anquialino
<i>Bogidiella uniramosa</i>	Lanzarote *	Anquialino
<i>Bogidiella purpuriae</i>	Fuerteventura	Interior
<i>Bogidiella atlantica</i>	Tenerife/Gomera	Anquialino

(Continuación Tabla III)

ESPECIES	ISLA	SPP. CONGENÉRICAS	
		misma isla	otra isla
<i>Paryhale multispinosa</i>	Lanzarote *		Anquialino
<i>Metacrangonyx repens</i>	Fuerteventura		Interior
<i>Ingolfiella similis</i>	Fuerteventura		Anquialino
<i>Ingolfiella canariensis</i>	Tenerife/Hierro		Anquialino
<i>Spelaeonicippe buchi</i>	Lanzarote *		Anquialino
Decapoda			
<i>Munidopsis polymorpha</i>	Lanzarote *		Anquialino

cesión avanzada, este medio será oscuro, húmedo y con gran estabilidad en sus parámetros físicos. La oscuridad trae consigo la ausencia de fotosíntesis, que sumado a la lejanía de la superficie, acarrea una gran pobreza en recursos orgánicos. Las principales fuentes de energía son las raíces que alcanzan estas profundidades, el aporte de materia orgánica del exterior con la percolación del agua por las grietas, y en menor medida los seres que penetran activamente por las entradas de cuevas.

La flora que se desarrolla en el interior de cuevas es muy escasa, quedando reducida a bacterias y hongos que aprovechan materia orgánica diversa. En contadas ocasiones se ha constatado la presencia de microorganismos quimiosintéticos que aprovechan emanaciones sulfurosas, pero en Canarias no se ha constatado su presencia. Es frecuente la germinación de semillas de fanerógamas arrastradas al interior de cuevas, pero la ausencia de luz las elimina pronto.

La fauna hipogea puede clasificarse en tres categorías de especies: *trogloxenos* si son visitantes accidentales que no se reproducen en el medio subterráneo; *troglófilos* si desarrollan normalmente su actividad en él, incluyendo la reproducción, pero no de forma obligatoria; y *troglobios* si todo su ciclo vital lo llevan a cabo exclusivamente en este medio. Las especies estrictamente hipogeas o troglobias tienen que ser resistentes al ayuno, y suelen tener un metabolismo ralentizado, y en consecuencia una vida prolongada. Probablemente como adaptación a un ahorro extremo de energías, evitan formar estructuras inútiles: carecen de ojos y de pigmentación dado que no hay luz, y los tegumentos son tenues puesto que no han de defenderse de la deshidratación. La anoftalmia les conduce a un mayor desarrollo de otros órganos sensoriales dedicados al tacto, olfato, etc. La escasez de medios les lleva también a adoptar estrategias reproductivas especiales, que conducen casi siempre a una tasa reproductora menor, con un mayor aporte de reservas a cada nuevo individuo, asegurando mejor su subsistencia.

La fauna de troglobios terrestres en Canarias es rica y variada, y contiene elementos muy singulares como Anfípodos, Dermápteros, Blatarios o Heterópteros, inéditos en ambientes similares en el resto de la región Paleártica (OROMÍ et al., 1991; OROMÍ & MARTÍN, 1992). Hay del orden de un centenar especies troglobias descritas en el archipiélago, 35 de las cuales pueden considerarse como relicticas, por no haber parientes próximos en el medio epígeo insular. En la Tabla II se relacionan todas las especies troglobias conocidas hasta el momento.

El medio hipogeo *acuático* lo constituye el conjunto de cuevas, huecos y grietas inundadas por agua, incluyendo cualquier capa freática e intersticial. El medio acuático también es oscuro, de condiciones constantes y pobre en recursos orgánicos. Los tubos volcánicos raramente tienen acúmulos de agua considerables, por lo que no se puede hablar de un ambiente cavernícola acuático. Así pues, el medio freático es el único dulceacuícola en el subsuelo canario. Las especies que habitan este medio y tienen adaptaciones similares a las de los troglobios se denominan *estigobios*. La forma de acceder a esta fauna es filtrando aguas de manantiales o pozos, o aspirando con bombas el agua de la capa freática.

En las zonas muy próximas a la costa el agua que invade la zona intersticial y los tubos volcánicos es marina o con un índice de salinidad considerable. Este es el medio anquialino, que tiene una fauna generalmente de origen marino, con adaptaciones al medio hipogeo idénticas a los estigobios de tierra adentro. Aunque en todas las islas hay especies anquialinas, en Lanzarote es donde se ha encontrado una fauna más rica, en especial en el Jameo del Agua y Túnel de la Atlántida (ILIFFE et al., 1984). En la Tabla III se relaciona la fauna estigobia conocida del archipiélago canario, con indicación de su preferencia por medios anquialinos o del interior.

4. HÁBITAT DULCEACUÍCOLA SUPERFICIAL

La reducción de los cursos de agua superficial en las islas determina que la fauna dulceacuícola sea una de las más amenazadas de desaparición en el futuro. Hoy apenas hay una decena de torrentes permanentes de

agua en todo el archipiélago, muchos de los cuales sufren esporádicas sequías estacionales. La fauna de invertebrados de este hábitat es sin embargo, sorprendente rica, teniendo en cuenta lo reducido de su hábitat. Sólo en Tenerife se conocen 171 macroinvertebrados, de los cuales 14 especies son endemismos insulares. Los grupos con mayor número de especies endémicas son los dípteros, los tricópteros y los coleópteros.

Según las aguas mantengan una corriente mayor o menor o estén estancadas, se pueden diferenciar hábitats lóticos o lénticos. Los primeros son los más abundantes a pesar de que con frecuencia apenas mantienen hilillos de agua de importancia. Un particular microhábitat de las aguas corrientes es el denominado madícola o higropétrico, formado por la fina película de agua que se desplaza sobre las rocas. Los cursos de agua de los canales artificiales, los depósitos de regadío y las grandes presas también pueden albergar muchas de las especies que aparecen en los hábitats naturales; sin embargo, la tendencia creciente a cubrir tales reservorios está llevando a que éstos sean también cada vez más escasos.

Las especies acuáticas son preferentemente insectos, donde dominan los efemerópteros, odonatos, coleópteros, tricópteros y dípteros, pero también hay representantes de otras clases como gasterópodos, turbelarios, oligoquetos o hirudíneos. Estos últimos constituyen las conocidas sanguijuelas, representadas en Canarias por dos especies, la africana *Limnastis nilotica* y la europea *Helobdella stagnalis*. Además se conoce la existencia de una interesante fauna plantónica constituida preferentemente por pulgas de agua (cladóceros) y crustáceos copépodos (RÖBEN, 1976).

Según de qué grupos se trate se pueden apreciar distintas preferencias por alguno de los diferentes microhábitats. Así en los seis microhábitats que reconocen MALMQVIST, NILSSON & BÁEZ (1995) en la isla de Tenerife, es decir torrentes, charcas, canales, madícola, estanques y presas, resulta el primero el que cuenta con más especies, seguido de las charcas y de los estanques. Es notorio además que los cursos de agua constantes y permanentes cuentan con más especies que aquéllos en que la escorrentía puede desaparecer temporalmente, y que las especies endémicas suelen preferir los cursos de agua más estables a cualquier otro microhábitat dulceacuícola. Es de resaltar que hay especies propias de torrentes que no aparecen en ninguno de los otros microhábitats, como por ejemplo el escarabajo hidraénido *Ochthebius lapidicola*, o el tricóptero glososomátido *Agapetus adejesis* y el efemeróptero *Baetis canariensis*, los tres endémicos del archipiélago canario. Gran parte de las especies que viven en los cursos naturales de agua, también son capaces de hacerlo en los cursos artificiales cuando discurren al aire libre a través de canales, y no por tuberías. Esto da ciertas garantías de permanencia de esta fauna ante la cada vez más acuciante desaparición de cursos de agua permanentes al aire libre en las islas. Sin embargo, hay unas pocas especies que no parecen aceptar los hábitats artificiales, como el efemeróptero *Baetis pseudorhodani*, los tricópteros *Wormaldia tagananana* y *Tinodes canariensis*, o el díptero *Dixa tetrica*, todos ellos endémicos de Canarias. Otras especies son frecuentes en los cursos de agua natural y muy raros en los artificiales, como los dos mosquitos *Simulium guimari* y *Simulium tenerificum*, los dos endémicos de Canarias y el segundo exclusivo de Tenerife.

El microhábitat madícola es con toda probabilidad el siguiente más amenazado después de los torrentes naturales, posiblemente debido a su mayor tendencia a la desaparición en períodos secos o a medida que el agua escasee más. No es un hábitat particularmente rico, pero posee algunas especies características como los escarabajos *Hydrotarsus pilosus* y *Limnebius punctatus*, y el díptero psicódido *Satchelliella binunciolata*, los tres endémicos de Canarias.

Los hábitats de aguas estancadas superficiales son más raros de forma natural, y tienen su mejor representación en los tanques de regadío ligados a plantaciones, sobre todo de plátanos. Aquí, entre las algas y musgos que se desarrollan sobre el agua y en las riberas se conoce una fauna limnética constituida fundamentalmente por especies de amplia distribución, entre las cuales sobresalen las llamadas pulgas de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- ASHMOLE, N.P., J.M. NELSON, M.R. SHAW & A. GARSIDE. 1983. Insects and spiders on snowfields in the Cairngorms, Scotland. *Journal of Natural History*, 17: 599-613.
- ASHMOLE, M.J. & N.P. ASHMOLE. 1988. Arthropod communities supported by biological fallout on recent lava flows in the Canary Islands. *Entomologica Scandinavica Supplement*, 32: 67-88.
- ASHMOLE, N.P., M.J. ASHMOLE & P. OROMÍ. 1990. Arthropods of recent lava flows on Lanzarote. *Vieraea*, 18: 171-187.
- ASHMOLE, N.P., P. OROMÍ, M.J. ASHMOLE & J.L. MARTÍN. 1992. Primary faunal succession in volcanic terrain: lava and cave studies in the Canary Islands. *Biol. J. Linnean Soc.*, 46: 207-234.
- EDWARDS, J.S. 1987. Arthropods of alpine aeolian ecosystems. *Annual Review of Entomology*, 32: 163-179.

- EDWARDS, J.S. 1988. Life in the allobiosphere. *Trends in Ecology and Evolution*, 3: 111-114.
- HOWARTH, F.G. 1979. Neogeoaeolian habitats on new lava flows on Hawaii Island: an ecosystem supported by wind-borne debris. *Pacific Insects*, 20: 133-144.
- ILIFFE, T.M., H. WILKENS, J. PARZEFALL & D. WILLIAMS. 1984. Marine lava cave fauna: Composition, biogeography and origins. *Science*, 225: 309-311.
- MARTÍN, J.L., P. OROMÍ & I. IZQUIERDO. 1987. El ecosistema eólico de la colada volcánica de Lomo Negro en la isla de El Hierro (Islas Canarias). *Vieraea*, 17: 261-270.
- MARTÍN, J.L. & P. OROMÍ. 1990. Fauna invertebrada de las lavas del Parque Nacional de Timanfaya (Lanzarote, Islas Canarias). *Ecología*, 4: 297-312.
- OROMÍ, P., A.L. MEDINA & M.L. TEJEDOR. 1986. On the existence of a superficial underground compartment in the Canary Islands. *Act. IX Congr. Int. Espeleol. Barcelona*, 2: 147-151.
- OROMÍ, P., J.L. MARTÍN, A.L. MEDINA & I. IZQUIERDO. 1991. The evolution of the hypogean fauna in the Canary Islands. In E.C. Dudley (Ed.) *The unity of evolutionary biology*, vol 2: 380-395. Dioscorides Press, Portland.
- OROMÍ, P. & J.L. MARTÍN. 1992. The Canary Islands. Subterranean fauna, characterization and composition. In A.I. Camacho (Ed.) *The natural history of biospeleology*. C.S.I.C., Madrid, 680 pp.
- PÉREZ DE PAZ, P.L., M. DEL ARCO & W. WILDPRET. 1987. Contribución al conocimiento de la vegetación hidrofítica de Canarias. En M. DEL ARCO & W. WILDPRET (eds.): *Vegetación de riberas de agua dulce*. Secr. Publ. Univ. La Laguna, Ser. Informes, 22: 11-34.
- RIVAS MARTÍNEZ, S., W. WILDPRET, M. DEL ARCO, O. RODRÍGUEZ, P.L. PÉREZ DE PAZ, A. GARCÍA GALLO, J.R. ACEBES, T.E. DÍAZ & F. FERNÁNDEZ GONZÁLEZ. 1993. Las comunidades vegetales de la Isla de Tenerife (Islas Canarias). *Itinera Geobot.* 7: 169-374.
- RODRÍGUEZ, J.C., M. DEL ARCO & W. WILDPRET. 1986. Contribución al estudio fitosociológico de los sauzales canarios. *Rubro-Salicetum canariensis* as. nueva. *Doc. Phytosociol. N.S.*, 10 (1): 379-388.

TEMA 28

Interrelación flora-fauna en las Islas Canarias

Por Manuel Nogales Hidalgo (*)

INTRODUCCIÓN

Las interacciones planta-animal han adquirido una importancia muy destacada, a nivel mundial, en numerosos estudios ecológicos desarrollados en los últimos años (HOWE & WESTLEY, 1988). No obstante, los trabajos realizados sobre este fenómeno en Canarias son muy escasos.

Una elevada proporción de la diversidad biológica que existe en el planeta se ha originado y ha podido subsistir gracias a este tipo de interacciones (FENNER, 1992). En general, y como fenómenos naturales interactivos, estas relaciones vegetal-animal incluyen tres aspectos básicos: la herbivoría, la polinización de las flores y la dispersión de las semillas.

A lo largo de la historia evolutiva de los seres vivos en el medio terrestre, estas interacciones se han llevado a cabo desde hace muchos millones de años. Así, la herbivoría adquiere una gran importancia durante el Pérmico (hace unos 250 millones de años), coincidiendo con la gran radiación de reptiles que se produce en ese período (HOWE & WESTLEY, 1988). Más tarde, con la aparición de los grandes dinosaurios (ornitíquios), esta interacción tuvo una gran importancia en el flujo energético de los ecosistemas de finales del Triásico (hace unos 200 millones de años). Los otros dos fenómenos tuvieron lugar más tardíamente, con la aparición de las plantas con frutos carnosos —en el Jurásico, 130 millones de años—, y aquellas que desarrollan flores —comienzos del Cretácico, 100 millones de años— (FRIIS et al., 1992).

1. CONTEXTO ECOLÓGICO GENERAL

Desde el punto de vista de la herbivoría, la selección natural ha actuado de manera que las especies vegetales y animales han dado lugar a diversas adaptaciones. Así, la mayoría de las plantas fanerógamas han desarrollado mecanismos de defensa antiherbívoros, ya sean morfológicos o bioquímicos (CRAWLEY, 1983). Ejemplos de ellos son la presencia de espinas, la celulosa, la lignina, o las mismas sustancias altamente tóxicas como los alcaloides, terpenos, etc. No obstante, los herbívoros han desarrollado elaborados mecanismos que les permitan seguir comiendo vegetales, como son la presencia de numerosos microorganismos que

(*) Dr. en Biología. Prof. Titular de Biología Animal (Zoología). Universidad de La Laguna.

(*) En Las Palmas de Gran Canaria el tema fue impartido por el Dr. Angel Luque Escalona, que renunció a su participación en la publicación.

viven asociados al tubo digestivo, y que producen la inhibición de las toxinas vegetales, o la asimilación de sustancias como la celulosa o la hemicelulosa.

De la misma manera, el fenómeno de la polinización ha llevado consigo la evolución conjunta de un gran número de formas de flores y de organismos animales. La presencia de animales que se han especializado en libar néctar —con transporte de polen hacia otras flores— o depredar el néctar —sin la existencia del mencionado transporte—, han provocado la aparición de numerosos sistemas evolutivos, tanto por parte de las plantas interesadas en el intercambio de su polen, como por parte de los insectos y vertebrados que interactúan con ellas (HOWE & WESTLEY, 1988).

Respecto a la dispersión de semillas, las plantas han producido frutos carnosos con el fin de atraer a diversos agentes dispersantes que aseguren el alejamiento de las diásporas respecto a la planta madre (RIDLEY, 1930; VAN DER PIJL, 1982; FENNER, 1992). Además, esta dispersión produce una disminución en la depredación de las semillas, una menor competencia por el espacio y los nutrientes respecto a la planta madre, así como el establecimiento de las diásporas en microhábitats adecuados para su germinación y posterior asentamiento. Por lo tanto, una gran cantidad de especies vegetales han evolucionado dando lugar a distintos compuestos químicos que atraen tanto a los agentes dispersantes de semillas, como a otros animales depredadores de las mismas. Es por ello, que las plantas han tenido que evolucionar hacia un delicado equilibrio entre la producción de sustancias atrayentes para los animales dispersores, y la síntesis de productos de defensa que ahuyenten a los depredadores, en su mayoría insectos, aves y algunos mamíferos.

2. CONTEXTO EN LAS ISLAS CANARIAS

Desde la perspectiva del fenómeno de la herbivoría en Canarias, todos los trabajos existentes se han centrado sobre la dieta de varias especies de artiodáctilos introducidos por el hombre en el archipiélago, como son el muflón (*Ovis ammon musimon*), el arruí (*Ammotragus lervia*) y las cabras cimarronas (*Capra hircus*) procedentes de rebaños semisalvajes. Quizás, de ellos cabe destacar la importante incidencia negativa que ejercen los muflones sobre la flora endémica que vive en las inmediaciones de las Cañadas del Teide (RODRÍGUEZ LUENGO, 1993), incluyendo a 27 endemismos vegetales en su dieta (ej. *Descurainia bourgeauana*, *Arrhenatherum calderae*). Por este y otros motivos, numerosos profesionales de la biología consideran muy urgente su erradicación.

Aparte de estas contribuciones científicas, todavía queda un amplio campo por investigar, como por ejemplo la incidencia de los abundantísimos lagartos (gén. *Gallotia*) sobre la vegetación; la de las palomas endémicas de la laurisilva (*Columba bollii* y *C. junoniae*) sobre los brotes y flores de ciertos árboles de este ecosistema; el efecto de los conejos (*Oryctolagus cuniculus*) sobre la flora autóctona y endémica de las islas; o la misma explosión de ciertas poblaciones de insectos que se producen en algunos años, como es la oruga denominada «procesionaria del pino canario» (*Macaronesia fortunata*) que produce espectaculares daños forestales.

El fenómeno de la polinización es quizás el menos estudiado de los tres mencionados en el inicio de este trabajo, y la información disponible se reduce a datos dispersos sobre historia natural, incluyendo meras citas de visitas de insectos a ciertas flores de algunas especies (cf. LA ROCHE, 1992). Además, las únicas contribuciones sobre vertebrados describen la posible polinización de algunas especies vegetales, cuyas flores poseen corolas tubulares, por el mosquitero común (*Phylloscopus collybita*) (TRUJILLO, 1992).

Respecto a la dispersión de semillas, la mayoría de las contribuciones científicas realizadas se han centrado en el fenómeno de la saurocoria (dispersión de semillas por reptiles), habiéndose puesto de manifiesto la importancia de los reptiles en la dispersión de numerosas fanerógamas que viven en el piso basal de Canarias (ej. *Rubia fruticosa*, *Plocama pendula*) (BARQUIN & WILDPRET, 1975; VALIDO & NOGALES, 1994). Sin embargo, si ascendemos en altitud, se puede apreciar que los agentes dispersantes a nivel del monte verde (fayal-brezal y laurisilva) son las aves preferentemente, como por ejemplo el mirlo (*Turdus merula*) o el petirrojo (*Erithacus rubecula*). A nivel del pinar y la alta montaña son muy escasas las especies vegetales que poseen frutos carnosos, por lo que las interacciones planta-animal son bastante menos comunes. No obstante, cabe destacar el importante papel que lleva a cabo el cuervo (*Corvus corax*) en la diseminación de al menos 15 especies de plantas vasculares, algunas de las cuales tienden a encontrarse en las partes altas de las islas (ej. el cedro canario *Juniperus cedrus*). De los estudios realizados se desprende que el futuro de algunas especies, como el cedro canario, pudiera depender directamente de la supervivencia de sus agentes dispersantes (NOGALES, 1990).

3. INTERACCIÓN PLANTA-ANIMAL Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO NATURAL

Aparte de las escasas contribuciones científicas realizadas en Canarias, todavía quedan por estudiar interesantes y específicas interacciones que seguramente existen entre plantas e insectos endémicos, los cuales

han evolucionado conjuntamente en estos ecosistemas insulares. A este respecto, resulta interesante mencionar la inexistencia de estudios sobre el impacto que causan las abejas de la miel (*Apis mellifera*) sobre las poblaciones de otros himenópteros endémicos. Cabe la posibilidad de que en la actualidad estén ocurriendo fenómenos de competencia por los recursos alimentarios, que podrían desembocar en la desaparición de algunos polinizadores exclusivos de las islas, y consecuentemente la posibilidad de extinción de ciertos taxones vegetales a medio o largo plazo. Un ejemplo de ello podría ocurrir en las Cañadas del Teide —lugar en el que se concentran un gran número de plantas endémicas— donde todos los años se instalan numerosas colmenas de abejas.

A pesar de todas estas interesantes interacciones que existen en estos ecosistemas insulares, tanto entre plantas y animales como a otros niveles (ej. planta-medio, animal-medio), la historia biológica científica del medio ambiente canario ha estado caracterizada por los estudios de carácter taxonómico. Por ello, escasean los conocimientos básicos sobre la historia natural de muchos de los fenómenos que se desean estudiar con una mayor profundidad. Además, en el contexto mundial, parece ser que los estudios planteados desde la perspectiva de la «ecología evolutiva» van aportando paulatinamente más información sobre el funcionamiento de los ecosistemas y sus factores causales. Sin duda alguna, la información que aportan estos trabajos resulta básica e imprescindible en una gestión rigurosa del medio natural, lo cual adquiere una mayor dimensión si se considera el carácter insular y oceánico de nuestras islas.

BIBLIOGRAFÍA

Generales

- ABRAHAMSON, W.G. 1989. *Plant-animal interactions*. Mc Graw-Hill, New York.
- CRAWLEY, M.J. 1983. *Herbivory. The dynamics of animal-plant interactions*. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- ESTRADA, A. & T.H. FLEMING. 1986. *Frugivores and seed dispersal*. Dr W. Junk Publishers. Dordrecht.
- ESTRADA, A. & T.H. FLEMING. 1993. *Frugivores and seed dispersal: ecological and evolutionary aspects*. Kluwer, Dordrecht.
- FENNER, M. 1992. *Seeds, the ecology of regeneration in plant communities*. CAB International. Wallingford.
- FRIIS, E.M., W.G. CHALONER & P.R. CRANE. 1992. *The origins of angiosperms and their biological consequences*. Cambridge University Press, Cambridge.
- GILBERT, L.E. & P.H. RAVEN. 1975. *Coevolution of animal and plants*. University of Texas Press, Austin.
- HOWE, H.F. & L.C. WESTLEY. 1988. *Ecological relationships of plants and animals*. Oxford University Press. Oxford.
- MURRAY, D.R. 1986. *Seed dispersal*. Academic Press. Sydney.
- RIDLEY, H.N. 1930. *The dispersal of plants throughout the world*. L. Reeve & Co. Ashford.
- SNOW, B. & D. SNOW. 1988. *Birds and berries. A study of an ecological interaction*. T & A D Poyser. Calton.
- VAN DER PIJL, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. Springer-Verlag. Berlin.

Referencias sobre la interacción planta-animal en las Islas Canarias

a) Herbivoría

- NOGALES, M., M. MARRERO & E.C. HERNÁNDEZ. 1992. Efectos de las cabras cimarronas (*Capra hircus* L.) en la flora endémica de los pinares de Pajonales, Ojeda e Inagua (Gran Canaria). *Botánica Macaronésica* 19-20: 79-86.
- RODRÍGUEZ LUENGO, J.L., J.C. RODRÍGUEZ-PIÑERO & F. DOMÍNGUEZ-CASANOVA. 1987. Datos sobre la alimentación del muflón de Córcega (*Ovis ammon musimon* Schreber, 1782) en Tenerife (Islas Canarias). *Viera-ea* 17: 11-18.
- RODRÍGUEZ, J.L., J.C. RODRÍGUEZ & M.T. RAMOS. 1988. Autumn diet selectivity of the Corsica mouflon (*Ovis ammon musimon* Schreber, 1782) on Tenerife (Canary Islands). *Mammalia* 52: 475-481.
- RODRÍGUEZ LUENGO, J.L., J.M. GONZÁLEZ-MANCEBO & J.C. RODRÍGUEZ-PIÑERO. 1990. Criptógamas en la dieta de los bóvidos silvestres de Canarias. *Viera-ea* 18: 37-40.
- RODRÍGUEZ LUENGO, J.L. & P. FANDOS. 1990. Dispersión del muflón de Córcega (*Ovis ammon musimon* Schreber 1782) en Tenerife (Islas Canarias). *Ecología* 4: 171-176.

- RODRÍGUEZ LUENGO, J.L. & J.C. RODRÍGUEZ-PIÑERO. 1990. Introduced big game: a threat to Canary endemic flora. pp: 530-535. *Trans. 19th IUBG Congress*. Trondheim 1989.
- RODRÍGUEZ LUENGO, J.L. & J.C. RODRÍGUEZ-PIÑERO. 1990. El muflón: una amenaza para la flora endémica de Tenerife. *Vida Silvestre* 68: 10-16.
- RODRÍGUEZ LUENGO, J.L. & J.C. RODRÍGUEZ-PIÑERO. 1991. Autumn diet of the Corsica mouflon (*Ovis ammon musimon* Schreber, 1782) on Tenerife, Canary Islands. In: BOBEK, B., K. PERZANOWSKI & W. REGELIN (Eds.), *Global trends in wildlife management*. Trans. 18th IUBG Congress. pp: 137-140. Krakow, 1987. Swiat Press, Krakow-Warszawa.
- RODRÍGUEZ-PIÑERO, J.C. & J.L. RODRÍGUEZ-LUENGO. 1992. Autumn food habits of the Barbary sheep (*Ammotragus lervia* Pallas, 1772) on La Palma Island (Canary Islands). *Mammalia* 56: 385-392.
- RODRÍGUEZ-PIÑERO, J.C. & J.L. RODRÍGUEZ-LUENGO. 1993. The effect of herbivores on the endemic Canary flora. *Bol. Mus. Mun. Funchal*, sup. N° 2: 265-271.
- RODRÍGUEZ LUENGO, J.L. 1993. El muflón *Ovis ammon musimon* (Pallas, 1811) en Tenerife: Aspectos de su biología y ecología. Dpto. de Biología Animal (Zoología). Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral (no publicada).

b) Polinización

- LA ROCHE, F. 1992. *Distribución y aspectos ecológicos de los himenópteros aculeados (Insecta: Hymenoptera, Aculeata) de las Islas Canarias*. Dpto. de Biología Animal (Zoología). Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral (no publicada).
- OLESEN, J.M. 1985. The macaronesian bird-flower element and its relation to bird and bee oportunistes. *Bot. J. L. Soc.* 99: 395-414.
- TRUJILLO, O. 1992. *Los sílvicos en Gran Canaria*. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas G.C. 190 pp.
- VOGEL, S.T., C.H. WESTERKAMP, B. THIEL & K. GESSNER. 1984. Ornithophilie auf den Canarischen Inseln. *Pl. Syst. Evol.* 146: 225-248.

c) Dispersión de semillas

- BARQUÍN, E. 1973. *Iniciación al estudio ecológico de la diseminación y la germinación de las especies de la flora canaria*. Dpto. de Biología Vegetal (Botánica). Universidad de La Laguna. Memoria de Licenciatura (no publicada).
- BARQUÍN, E. & W. WILDPRET. 1975. Diseminación de plantas canarias. Datos iniciales. *Vieraea* 5: 38-60.
- BARQUÍN, E., M. NOGALES & W. WILDPRET. 1986. Intervención de vertebrados en la diseminación de plantas vasculares en Inagua. Gran Canaria (Islas Canarias). *Vieraea* 16: 263-272.
- NOGALES, M. 1990. *Biología del cuervo «Corvus corax tingitanus» Irby, 1874 en la isla de El Hierro e importancia en la dispersión de plantas superiores en el Archipiélago Canario*. Dpto. de Biología Animal (Zoología). Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral no publicada.
- NOGALES, M. & E.C. HERNÁNDEZ. 1994. Interinsular variations in the spring and summer diet of the Raven *Corvus corax* in the Canary Islands. *Ibis* 136: 441-447.
- NOGALES, M., A. VALIDO & F.M. MEDINA. 1995. Frugivory of *Plocama pendula* (Rubiaceae) by the Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in xerophytic zones of Tenerife (Canary Islands). *Acta Oecologica* 16: 585-591.
- NOGALES, M., F.M. MEDINA & A. VALIDO. 1996. Indirect seed dispersal by the feral cats *Felis catus* in island ecosystems (Canary Islands). *Ecography* 19: 3-6.
- VALIDO, A. & M. NOGALES. 1994. Frugivory and seed dispersal by the lizard *Gallotia galloti* (Lacertidae) in a xeric habitat of the Canary Islands. *Oikos* 70: 403-411.

TEMA 29

Evolución y conservación de la flora vascular canaria

Por David Bramwell (*)

INTRODUCCIÓN

La flora de las Islas Canarias es de gran interés por su valor científico, histórico y como recurso natural. En numero de endemismos y como muestra de biodiversidad, la flora canaria es superada solamente por algunas de las islas mas grandes y tropicales como por ejemplo Madagascar, Cuba, Nueva Guinea, Nueva Caledonia y Hawaii.

Podemos destacar entre las plantas canarias de importancia actual como recursos naturales las especies forrajeras, como el tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*), utilizado como pasto en muchos partes subtropicales del mundo, las cresta de gallo (*Isoplexis canariensis* y *I. isabelliana*) ambas fuente importante de productos cardioterapéuticos, y *Pericallis hybrida* (Florist's Cineraria) una de las mas importantes plantas ornamentales de interior.

La flora canaria es una flora relictual que ha sobrevivido durante varios millones de años en el Archipiélago después de haberse casi extinguido en las regiones mediterráneas y del norte de África, durante los drásticos cambios climáticos que se produjeron y siguieron a las varios fases de la última glaciación. Se ha descrito como un «fósil viviente» (CIFERRI,1962) y la mayor parte de sus parientes más cercanos, solamente se encuentran, bien como fósiles en lugares como el Valle del Ródano, determinadas zonas de Cataluña, el Sur de Italia y Hungría y el Sudoeste de Rusia, o como seres vivientes en pequeños enclaves en la península ibérica o en lugares alejados de África tales como el Cabo, las montañas del Este africano, el sur de Arabia, la isla de Socotora etc.

Entre los fosiles vivientes» se hallan muchos de los elementos actuales del bosque de Lauráceas canario o laurisilva. Destacan de forma prominente ejemplos como el laurel o loro (*Laurus azorica*), el viñatigo (*Persea indica*), el barbusano (*Apollonias barbujana*) el til (*Ocotea foetens*) etc. reconocidos a través de los fósiles de la región Mediterránea como originarios del Periodo Plioceno, de hace unos cuatro millones de años. Otras plantas canarias bien conocidas como el drago (*Dracaena draco*), el romero marino (*Campylanthus salsoloides*), bejeques y veroles (*Aeonium* spp.) tienen sus parientes más cercanos en el sur y este de África, donde han permanecido como vestigios aislados de una flora histórica en su época mucho más extendida, que fue eliminada durante el período Holoceno al formarse el desierto de Sáhara (BRAMWELL, 1986).

Estos vestigios sobrevivieron en la región Macaronésica debido a la estabilidad climática en los Archipiélagos, durante los grandes cambios del resto del Hemisferio Norte. El frío septentrional y la sequedad de África aparentemente tuvieron poco efecto en la flora y clima de Canarias. Estudios recientes han establecido que el clima de las islas ha permanecido relativamente estable por un periodo aproximadamente de 15 millones de años.

(*) Dr. en Biología. Director del Jardín Botánico Canario «Viera y Clavijo». Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria.

1. EVOLUCIÓN DE LA FLORA CANARIA

Así en las Islas Canarias existe una flora antigua de enorme interés cuyo valor se extiende más allá del puro elemento histórico. Las Canarias se han considerado como un laboratorio natural de evolución, y de hecho, algunos de los ejemplos principales de la evolución de plantas insulares en el mundo se encuentran en el Archipiélago. Entre los grupos principales de plantas canarias existen soberbios modelos de evolución por aislamiento geográfico (*vicarianza*) y por diferenciación ecológica a través de una fuerte selección natural (*radiación adaptativa*). La observación del origen de especies mediante radiación adaptativa en las Islas Galápagos por Charles Darwin fue una de las claves para el desarrollo de su Teoría de Evolución por Selección Natural.

Los más importantes modelos de evolución por radiación adaptativa que se encuentran en la flora canaria se hallan en los géneros *Aeonium* (veroles), *Echium* (taginastes), *Argyranthemum* (magarzas) y *Sonchus* (cerrajas). Como ejemplos de vicarianza se puede citar los géneros *Cheirolophus* (cabezones), *Limonium* (siemprevivas) y *Silene* (pata de conejo).

2. CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD FLORÍSTICA

Las diferentes fases de la colonización y evolución de las plantas en el Archipiélago Canario ha dado como resultado una flora con más de 2.000 especies, de las cuales unas 600 son endémicas o compartidas con las otras islas macaronésicas, principalmente Madeira y las Azores (HANSEN & SUNDING, 1993). Muchas de las especies endémicas ocupan áreas en extremo pequeñas o hábitats muy específicos y son por naturaleza escasas (BRAMWELL & BRAMWELL, 1994; KUNKEL *et al.*, 1992). Otras, atañe mucho más esparcidas, se han visto afectadas por la acción del hombre en las Islas, deforestación, agricultura, urbanización y turismo etc., viéndose en muchos casos abocadas a la extinción por la intensidad de tales actividades. Especies forestales tales como el sauco (*Sambucus palmensis*), filga (*Euphorbia mellifera*) o cresta de gallo (*Isoplexis chalcantha*) han sido reducidas a poblaciones muy pequeñas y necesitan de protección inmediata y conservación a largo plazo. Las plantas costeras se han visto particularmente afectadas en años recientes por la gran ola de desarrollo turístico en las Islas a partir de los años setenta. La siempreviva (*Limonium tuberculatum*) ha desaparecido enteramente de Maspalomas en Gran Canaria (BRAMWELL, 1995) y *Lotus kunkelii* (corazoncillo de Jinamar) se halla reducida a una única y pequeña población amenazada diariamente por la construcción de carreteras y las actividades industriales a escasos metros de su último refugio.

Estos son solamente algunos ejemplos de las más o menos 150 especies endémicas canarias que se incluyen normalmente en las listas mundiales de especies altamente amenazadas y en peligro de extinción (BRAMWELL, en prensa). En muchos casos la única esperanza de que sobrevivan es mediante la estricta protección de sus hábitats naturales y la gestión científica de sus poblaciones.

3. GESTIÓN CIENTÍFICA

Las Canarias poseen algunos de los mejores ejemplos de evolución en flora insular. Son modelos que aún han sido poco estudiados y que es importante que todos sus componentes sean conservados, de lo contrario cualquier investigación en el futuro tendrá que trabajar sobre patrones incompletos. Existen en las Islas una serie de modelos de estructura genética y de comportamiento: grupos de radiación adaptativa en los que la cladogénesis conduce a la diversificación y a la especiación. Las especies estenoplásticas únicas, a menudo muy restringidas en la distribución, como la *Sventenia bupleorides* o la *Salvia broussonetii*, parecen haberse quedado en un estado de anagénesis desarrolladas en una sola línea sin especiación. Existe una gran variedad de colonizadores extendidos, como *Rumex lunaria*, que obviamente ha sufrido el «cuello de botella» genético pero no muestra señales de especiación en su fase de poscolonización. También existen las vicariantes geográficas que se han especiado particularmente entre las islas pero con pequeños indicios de radiación adaptativa (*Cheirolophus*, *Lotus*). Desde un punto de vista científico sería interesante saber que papel ha jugado el «efecto fundador» en estos casos y el grado de importancia en lo relativo a la especiación gradual a través de un progresivo aislamiento ecológico y genético. En algunos casos podemos especular inteligentemente pero hasta el momento contamos con muy poca evidencia; quizás deberíamos concentrar nuestras investigaciones futuras en esta dirección. CARSON (1981) en su trabajo sobre las especies de Hawaiian *Drosophila* ha sugerido que no existen características únicas en la genética de los organismos isleños pero sí una diferencia genética importante entre las poblaciones isleñas y las continentales debido a la restricción del flujo de genes. Las poblaciones continentales son continuamente enriquecidas por este flujo pero poco de ello puede tener

lugar entre las poblaciones isleñas aisladas con limitados vectores de polen. Carson especula que la naturaleza de aislamiento de las poblaciones isleñas conducen probablemente a una más restrictiva especialización. Por la variabilidad que existe en algunos taxones (*Sonchus*, *Echium*, etc) cree que el original cuello de botella genético y la consecuente depauperación genética que, al menos en teoría, debería ocurrir durante el establecimiento de la poscolonización, parece estar equilibrado por la mutación que rápidamente aumenta el suministro de variabilidad y quizás aquí podamos encontrar la clave del porqué algunas plantas radian adaptativamente y otras no.

Necesitamos conservar cuidadosamente los modelos pero, desafortunadamente, en las islas los efectos de la actividad humana crean dificultades. La evolución Insular ha sido principalmente divergente y nuestros modelos son de especiación pero el Hombre está cambiando el modelo medioambiental. Debido a la modificación del hábitat, el medio ambiente se está haciendo más uniforme con una gran tendencia a la sequedad, siendo por consiguiente el Hombre un agente para transportar especies a través de sus límites espaciales naturales poniéndolas en contacto con otros parientes cercanos. Esto conduce hacia un aumento en las posibilidades de hibridación y desaparición de las poblaciones pequeñas. Debido al trastorno que generalmente causa al medio, el Hombre crea hábitats intermedios que permiten la supervivencia de híbridos al mismo tiempo que aumenta su habilidad para competir con sus parientes. La distribución que se ha observado de un número de especies como *Aeonium urbicum* y *Argyranthemum frutescens*, es mucho más amplia que su extensión natural, poniéndolas en contacto con otras especies de su género.

En mi opinión, la hibridación no ha sido un fenómeno importante dentro de la evolución natural de la flora, pero recientemente hemos empezado a descubrir sus efectos (Tabla 1).

TABLA 1

- | | |
|----|--|
| 1. | <i>Argyranthemum coronopifolium</i> híbrido con <i>A. frutescens</i> , Teno, Tenerife. |
| 2. | <i>Aeonium ciliatum</i> híbrido con <i>A. urbicum</i> , Costa N. Tenerife. |
| 3. | <i>Micromeria pineolens</i> híbrido con <i>M. benthamii</i> , Tamadaba, Gran Canaria. |
| 4. | <i>Sonchus gandogeri</i> híbrido con <i>S. hierrense</i> , Frontera, El Hierro |

Estos son algunos ejemplares de especies amenazados por la hibridación. Un factor parece ser común en casi todos estos casos: el aumento de la actividad de una especie de zona xerofítica después de la alteración de un hábitat ocasionado por el Hombre. Esto me hace creer que la flora endémica de las islas está más amenazada por el incremento de este tipo de situaciones que, por ejemplo, por la competencia de especies introducidas o por el exceso de recolección de botánicos desaprensivos. Sobre los últimos 200 años no parece que hayamos perdido ninguna especie endémica de la flora pero nos encontramos con una amenaza que podría devastar la flora si no tomamos las oportunas medidas para conservar los hábitats y las especies en estado crítico, que son esenciales para nuestro entendimiento sobre los modelos evolutivos. Deberían crearse planes de acción para parques, reservas y especies individuales que puedan controlar estas situaciones así como para prevenir contactos, hibridaciones y la eventual pérdida de especies.

Por los resultados obtenidos en los estudios de unas cuantas plantas endémicas canarias a nivel de población, hemos apreciado un considerable grado de diversidad genética que tiene una gran implicación en la conservación, de la flora de las Islas.

Los estudios de bandas de proteínas y cariotipos llevados a cabo por Ana Ramos sobre *Dactylis smithii*, han demostrado que cada población examinada en el Archipiélago es genéticamente diferente y puede ser reconocida morfológicamente. Esta es una especie potencialmente muy importante como planta forrajera de zonas secas. La pérdida de su población natural antes de que sea estudiada para la Agricultura, sería una tragedia.

En estudios realizados por la Dra. FEBLES (1990) sobre los géneros *Tanacetum*, *Gonospermum* y *Lugoa* (*Compositae*) en las Islas Canarias y basados en análisis de cariotipos, proteínas de las semillas y contenido de DNA, hemos visto que el grupo es monofilético, el cual debería ser tratado como un sólo género.

Dentro de las especies más extendidas, como *Gonospermum fruticosum*, existe una considerable variación genética entre las islas y entre las poblaciones del Norte y del Sur de Tenerife demostrando nuevamente que si deseamos conservar la diversidad biológica necesitaremos conservar una amplia extensión de poblaciones. Desde el punto de vista de la erosión genética en pequeñas poblaciones aisladas, Rosa Febles también informa de una alta frecuencia de quiasmas en dichas poblaciones y sugiere que esto debe ser uno de los principales mecanismos para el mantenimiento de su variabilidad genética. Esto no es nada nuevo pero si contribuye a darnos a entender de como las pequeñas poblaciones sobreviven de forma natural y de qué forma son valoradas para la conservación biológica.

Las implicaciones en la conservación de la flora endémica son obvias. Deberán tenerse en cuenta unas normas de conservación en las estructuras genéticas de las poblaciones. La distribución de las reservas natu-

rales tienen que ser lo bastante extensa como para salvar los efectos negativos de la hibridación inducida por el Hombre. La actual Ley de Protección de Espacios Naturales y el sistema de Parques Nacionales en las islas no van a ninguna parte en lo que a dar protección se refiere. Podría señalarse un gran número de lugares de interés científico especiales para cubrir dichos requerimientos.

Habría que prestar una atención especial a todas las endémicas ya que existe una tendencia actual a especializarse sólo en las endémicas individuales de cada isla. El deterioro de las poblaciones de especies silvestres podría conducir a una enorme pérdida de la diversidad genética.

En las normas y programas para el rescate genético habría que tener en cuenta la estructura genética de las especies e investigar sobre este aspecto como parte esencial dentro de los programas. Sería ingenuo por nuestra parte pensar que unas pocas plantas de una especie en un vivero podrían contribuir al rescate genético. Esto tiene que ser hecho población por población y, en las presentes circunstancias, habría que apoyarse en las normas del Consejo Internacional para los Recursos Genéticos de las Plantas, mediante el almacenaje a bajas temperaturas de muestras de semillas de la mayor parte de las poblaciones de cada especie.

Para conservar la flora endémica de Canarias se puede concluir que las necesidades científicas son éstas:

- Con el fin de conservar los resultados de la evolución tenemos que proteger los hábitats críticos «in situ». Dicha conservación necesitará ser más intervencionista con medidas para prevenir la hibridación así como un seguimiento adecuado y un estudio científico del estado y desarrollo de las poblaciones.
- Cualquier programa «in situ» también debería ser apoyado por el almacenaje «ex situ», a largo plazo, de semillas de tantas poblaciones como sea posible de cada especie, que sirva como garantía para el futuro y como fuente de material para, si fuera necesario, reponer y reintroducir.
- Una investigación básica a nivel de población es por ahora una de las principales necesidades si queremos estar en disposición de salvar grandes cantidades de especies canarias de la extinción.
- La comunidad científica debería convencer a las autoridades competentes, que llevar a cabo una política de investigación sobre las especies es un requerimiento esencial para la conservación en las Islas, en vista de la singularidad de la flora y su valor como uno de los principales modelos en el mundo de la evolución insular.

BIBLIOGRAFÍA

- BRAMWELL D. (1979): A local Botanical Garden, its role in plant conservation. In Townsend H. & Synge H. (eds.): *Survival or Extinction*. pp. 47-52. Bentham-Moxon, KEW.
- (1981): Conservation Orientated Research in Local Botanical Gardens. *Bot. Jahrb. Syst.* 102: 125-132.
- (1984): Biosystematics and Conservation. In W.F. Grant (ed.): *Plant Biosystematics*. pp. 633-641. Academic Press, London, New York, Toronto.
- (1986): Contribución a la Biogeografía de las Islas Canarias. *Bot. Macaronésica* 14: 3-34.
- (1988): Plantas y Futuro - an Experiment in the Conservation of Endangered, Endemic Insular Plants - *Jorn. Atlantic. de Protecção do Meio Ambiente* 1: 212-214.
- (1990): Conserving Biodiversity in the Canary Islands. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 77: 28-37.
- (1991): The role of «in vitro» Cultivation in the Conservation of Endangered species. In Hernández Bermejo J.E. et al. (eds.): *Conservation Techniques in Botanical Gardens*. pp. 3-16. Koeltz, Königstein.
- (1991): Botanical Gardens in Conservation - reintroduction into the wild.-In Heywood V.H. & Wyse-Jackson P. (eds.) *Tropical Botanical Gardens - their role in Conservation and Development*. pp. 209-216. Academic Press, London.
- (1992): The Environmental Education Programme of the Jardín Botánico «Viera y Clavijo». In Willison J. & Wyse-Jackson P. (eds.): *A Natural Environment for learning*. pp. 65-68. BGCI, London.
- (1994): Horticulture and Conservation, the Botanical Gardens Role. *Horticulture* 100: 9-16. RBG, Edinburgh.
- (1995): Living Collections and the Role of Botanical Gardens. *Ecología Mediterránea* 21: 287-290.
- BRAMWELL D. & Z. BRAMWELL (1994): Flores Silvestres de las Islas Canarias (3ª ed.). Ed. Rueda. Madrid. 376 pp.
- BRAMWELL D. & J. RODRIGO (1984): Prioridades para la conservación de la diversidad genética en la Flora de las Islas Canarias. *Bot. Macaronésica*, 10: 3-18.

- BRAMWELL D., O. HAMANN, V. H. HEYWOOD & H. SYNGE (Eds.) (1987): *Botanical Gardens and the World Conservation Strategy*. Academic Press, London 367 pp.
- CIFERRI, R. (1962): La Laurisilva Canaria: una paleoflora viviente. *Quad. Lab. Crit. Inst. Bot. Univ. Pavia*, 24: 1-26.
- FEBLES, R. (1990): Análisis Citogenético y Evolutivo en las especies endémicas de los géneros *Gonospermum* Less., *Lugoa* DC. y *Tanacetum* L. (Compositae Anthemideae) de las Islas Canarias. Tesis Doctoral, Univ. Autónoma de Madrid 242 p., 97 Tab. y 146 Fig.
- HANSEN A. & P. SUNDING (1993): Flora of Macaronesia. Checklist of Vascular Plants. (4ª ed.). *Sommerfeltia* 17:1-295
- HARPER J. L. (1977): *Population Biology of Plants*. Academic press. London 892 pp.
- HERNÁNDEZ BERMEJO J. E., M. CLEMENTE & V.H. HEYWOOD (1990): *Conservation Techniques in Botanic Gardens*. Koeltz. Koenigstein. 205 pp.
- KUNKEL G. (Coordinator) (1992): *Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado Florístico de Canarias*. 1ª Parte. Edirca. 295pp.
- MÜLLER DOMBOIS D., K. BRIDGES & H.L. CARSON (1981): *Islands Ecosystems*. US/IBP. Series 15, 583 pp.
- SYNGE H. ed. (1981): *The Biological Aspects of Rare Plant Conservation*. John. Wiley & Sons. Chichester. 558 pp.

Módulo IV

LA ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Coordinador: Dr. Tomás Azcárate y Bang

Tras exponer de forma sintética la situación actual de los espacios naturales en España, se analiza el marco competencial de las administraciones a nivel estatal, autonómico, insular y municipal.

Los cambios legislativos y competenciales han cambiado —y cambian en la actualidad— notablemente en los últimos tiempos, siendo el Medio Ambiente una de las áreas de mayor actividad legislativa, desde que en la Constitución consagró un régimen de competencias compartidas en dicha materia.

TEMA 30

La situación actual de los espacios naturales en España

Por Tomás Azcárate y Bang¹ y Jesús Aboal Viñas²

INTRODUCCIÓN

Desde el principio de los tiempos la conservación de elementos y formaciones naturales, traslucía el fin de la protección de las fuentes de producción, estando enmascarado con la religión y la tradición; así cabe destacar algunos ejemplos de Frazer, J.G. que ilustran esta aseveración: para las tribus del Volga...*en el bosquecillo no podía cortarse madera ni tampoco romperse una sola rama...*» (FRAZER, J.G. 1922), en África oriental para los wonika *«la destrucción de un cocotero es equivalente a un matricidio, pues el árbol les da vida y alimento igual que una madre a su criatura»* (FRAZER, J.G. 1922), en Australia la tribu de los Dieri, *«hablan con reverencia de los árboles y tiene cuidados extremos para que no los corten o los quemem»* (FRAZER, J.G. 1922). Igualmente, desde épocas pretéritas, se aplicó un régimen sancionador, que en algunos casos era extremadamente ejemplar: *«en el santuario Esculapio en Cos, por ejemplo, estaba prohibido, bajo multa de un millar de dracmas, el cortar un ciprés»* (FRAZER, J.G. 1922), o aún más severo: *«Las penas feroces que señalaban las antiguas leyes germánicas para el que se atrevía a descortezar un árbol vivo: cortaban el ombligo del culpable y lo clavaban a la parte del árbol que había sido mondada obligándole después a dar vueltas al tronco de modo que quedasen sus intestinos enrollados al árbol. Era vida por vida, la vida de un hombre por la de un árbol»*. (FRAZER, J.G. 1922).

En la actualidad la política integral de la ordenación de los recursos naturales lleva aparejada la planificación global del espacio físico según sus aptitudes y de las necesidades humanas a nivel global y de la biosfera. Esta planificación deberá ser sistémica, multidisciplinar e integradora en el tiempo, espacio, forma y en la organización de las instituciones según JIMÉNEZ, L.M. (1989).

1. ESPACIOS NATURALES

Un instrumento legislativo para desarrollar esta política es la declaración de una zona como «Espacio Natural»; pudiéndose aplicar esta amplia denominación en un gradiente de medios naturales vírgenes-rurales-urbanos que totalizan todo el territorio, definidos por la conjunción de elementos naturales y artificiales según MACHADO, A. (1988).

Varios organismos internacionales (CEE, UICN, FAO...) definen diferentes «figuras o categorías de protección» que compartimentan este gradiente, no de un modo estanco, sino abierto y solapable (lo que se denominó en la Ley 15/75 como «modalidades compatibles»).

¹ Dr. en Biología. Jefe de Servicio de Planificación de Recursos Naturales. Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias.

² Biólogo. Centro de Planificación Ambiental. Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias.

De este modo, y en cierta parte, del oportuno conocimiento de estas figuras dependerá el resultado de la planificación que se efectuará en un determinado territorio.

Entre las implicaciones prácticas de la clasificación de la UICN, discutidas en la 12ª Reunión de la Comisión celebrada en Portugal, en 1978, cabría destacar las dos primeras, por la repercusión que su cumplimiento descontrolado ha originado en nuestro país:

«A nivel nacional, cada nación puede diseñar un sistema de áreas de conservación, el cual corresponda a sus propios recursos y requerimientos...»

«Basándose en los criterios para cada categoría, sin importar su nomenclatura, cada área de conservación puede ser clasificada de acuerdo a los objetivos para los cuales está siendo manejada...»

Por aquel entonces el organismo responsable de espacios naturales (ICONA) contaba con unas pretensiones de protección de un 6% del territorio nacional, habiéndose vista superada dicha pretensión en el año 95 con un 6,07%.

Posteriormente la UICN en el año 1980 confecciona una lista de Parques y Reservas donde figuraban 30 espacios:

CUADRO 1
Parques y Reservas, UICN, 1980

Reserva de la Biosfera	Santuario de Caza
Reserva Biológica	Reserva Natural Nacional
Santuario Ornitológico	Parque Nacional
Zona de Conservación	Reserva Natural
Parque de Conservación	Parque Natural
Reserva Biológica Federal	Parque Regional
Reserva de Fauna y Flora	Parque Provincial
Reserva Forestal y Faunística	Región Protegida
Santuario Forestal	Reserva
Reserva de Fauna	Reserva Natural Integral
Reserva Nacional de Caza	Parque Estatal
Zona Natural	Reserva Integral
Reserva Nacional de Fauna	Zona de Ordenación de Fauna Salvaje
Reserva Nacional de Caza	Santuario de Fauna Salvaje
Reserva de Fauna Salvaje	Parque

Ya por aquellas fechas F. Ortuño señaló que las: *«diferencias no son siempre fáciles de establecer, ni comprender el alcance y significado de cada uno de ellos, tanto más si se tiene en cuenta que en muchos casos un mismo nombre no representa un mismo contenido»* (ORTUÑO, F. 1982).

En el «V programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible» se afirma que: *«Algunos de los campos en los que las administraciones regionales y locales van a tener que desempeñar un papel determinante son:*

—Ordenación territorial. Mediante la aplicación de principios acertados podrán contribuir a la conservación de espacios valiosos, incluidas las reservas y los paisajes naturales...»

La Comisión Española de la Parques Nacionales y Naturales afirma que *«tras la aprobación de la Constitución de 1978, la política conservacionista ya no es responsabilidad exclusiva de la Administración Central sino que ha pasado, salvo en el caso de los Parques Nacionales, a las Comunidades Autónomas provocando una auténtica avalancha de declaraciones de espacios protegidos. Si en 1980 sólo se habían contabilizado 28 zonas protegidas en todo el Estado, con una superficie total de 150.000 Ha, en 1987 se pasa a 240 espacios protegidos con una superficie de 660.000 Ha».*

Pero veamos que se entiende por un espacio natural; F. Ortuño define *Espacio Natural* como *«los que se han conservado a través del tiempo sin sufrir otras modificaciones que las derivadas de procesos naturales,..., como a aquellos que deberían llamarse en puridad «seminaturales» que, aunque más o menos modificados por el hombre, conservan esencialmente la estructura y las especies primitivas».* (ORTUÑO, F. 1982). Distingue dos tipos de espacios en cuanto a su finalidad:

- Espacios que persiguen la conservación de ecosistemas completos y el mantenimiento de los equilibrios biológicos. Nunca hay consumo directo de recursos.
- Espacios que se constituyen para la conservación de un recurso o recursos predeterminados. Tienden a una producción sostenidas de bienes que se consumen directamente o transformados.

A. Machado denomina el primer grupo como *Figuras Específicas de Protección*, y las define así «*aquellas donde la protección de la Naturaleza o sus elementos sea el objetivo principal. No basta, por tanto, la limitación de usos concretos —lo cual es de hecho una protección notable—, sino la asignación específica (=finalidad) del área de conservación de la naturaleza en el estado más o menos puro en que esta se encuentre*» (MACHADO, A. 1988).

CUADRO 2

Evolución de las figuras legisladas en España como específicas en temas de conservación de la Naturaleza

1916	1917	1927	1959-62	1975-77	1989
Parque Nacional	Parque Nacional	Parque Nacional	Parque Nacional	Parque Nacional	Parque Nacional
				Parque Natural	Parque
	Particularidades o curiosidades naturales y Árboles notables	Monumentos Naturales de Interés Nacional	Monumentos Naturales de Interés Nacional		Monumento Natural
				Parajes Naturales de Interés Nacional	Paisaje Protegido
	Sitio Nacional	Sitios Naturales de Interés Nacional	Sitios Naturales de Interés Nacional	Reservas Integrales de Interés Científico	Reserva

Por otra parte, quedarían enclavadas en el segundo grupo las siguientes figuras:

—*Los suelos no urbanizables de protección especial*, procedentes de la Ley del Suelo. Actualmente definidos en el artículo 12 del R.D. 1/1992, de 26 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana, como: «*los espacios que dicho planeamiento determine para otorgarles una especial protección, en razón de su excepcional valor agrícola, forestal u ganadero, de las posibilidades de explotación de sus recursos, de sus valores paisajísticos, históricos o culturales, o por defensa de la fauna, la flora o el equilibrio ecológico*».

—*Los Montes de Utilidad Pública*, procedentes de la legislación forestal, fueron creados en 1859 al constituirse el Catálogo de Montes excluidos por la desamortización por razones de Utilidad Pública, hasta la actualidad se habían incluido 6.775.280 Ha, lo que equivale aproximadamente a un 7,5% del territorio nacional. Según ORTUÑO, F. 1982 fueron creados «buscando, compatibilizar la existencia de los bosques con una producción máxima y regularizada de madera».

—*Reservas Nacionales de Caza*, creadas entre los años 1966 y 1973 con base en la Ley de Caza. Son 36 y comprenden más de un millón y medio de hectáreas. Proviene en parte de los Cotos Reales que durante la República se transformaron en Cotos Nacionales.

—*Parajes Pintorescos*, creados con base en la Ley de 13 de mayo de 1933, sobre el Patrimonio Artístico Nacional, que dispone que se incluyan en el catálogo de Monumentos Histórico-artísticos los «*parajes pintorescos de deban ser preservados de destrucciones o reformas perjudiciales*».

—*Zona de Reserva Marina*, creadas con base en el artículo 3º apartado g) del R.D. 681/1980, del 28 de marzo sobre ordenación de la actividad Pesquera Nacional (BOE nº92, de 16 de abril) y el artículo 18 de la Orden de 11 de mayo de 1982 por el que se establecen los criterios generales de contingencia de caladeros y zonas de pesca.

—*Bien de interés cultural*, creados con base en la Ley 13/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico español, y del Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, del desarrollo parcial de la Ley anterior.

CUADRO 3

Figuras legisladas en España como no específicas en temas de conservación de la Naturaleza

1859	1933	1956	1966-73	1982	1985
Monte de Utilidad Pública	Parajes Pintorescos	Suelo no urbanizable de Protección Especial	Reservas Nacionales de Caza y Refugios de Caza	Zona de Reserva Marina	Bien de Interés Cultural

Por último señalar que siendo España un país que presenta una diversidad biológica de las más ricas de la Unión Europea, surge la necesidad de contar con una Red de Espacios Naturales distribuidos en distintas categorías y que sirva de muestra representativa de la misma, donde la coordinación, la cooperación, y la capacitación sean pilares en la gestión que sobre ellos desarrollen las distintas administraciones públicas.

2. CRITERIOS DE DEFINICIÓN DE LAS CATEGORÍAS O FIGURAS DE PROTECCIÓN

Las primeras declaraciones de protección de espacios naturales se basaban principalmente en criterios básicamente subjetivos, que podían ser cuestiones tales como la percepción del paisaje o de la singularidad. Sin embargo, a lo largo de la historia y debido principalmente al impacto que el hombre ha ido ocasionando en el medio, estos criterios han ido aumentando su grado de complejidad de tal forma que hoy día, tanto a nivel de organismos internacionales como de los propios estados, se han diversificado de forma notable.

A nivel internacional conviene destacar la protección de los ecosistemas más frágiles del planeta como son las zonas húmedas (convenio de Ramsar), de aquellos ecosistemas mejor conservados y representativos de sus áreas geográficas (Diploma Europeo, Patrimonio de la Humanidad) o bien de aquellas áreas que además de ser representativas de zonas biogeográficas sirvan de laboratorio para valorar el efecto de la actividad humana sobre el territorio (Reserva de Biosfera).

Por último hay que resaltar el enfoque de la UICN que aglutina, según distintos criterios y en distintas categorías, las declaraciones o tipos de espacio existentes en todo el planeta.

Sin embargo, a nivel nacional, los criterios y objetivos son mucho más diversos, ya que al ser cada país soberano de su territorio puede utilizar figuras internacionales o crear figuras nacionales exclusivas del país, o bien figuras aplicadas en otros países con los mismos objetivos y criterios. Incluso se da frecuentemente el caso de figuras con distinto significado pero con el mismo nombre aplicadas en diferentes países (p.e. los Parques Nacionales de Gran Bretaña son distintos a los del resto de Europa). Todo esto hace que la situación tanto a nivel internacional, como nacional, sea de una gran complejidad y se preste a una enorme confusión como ocurre en el caso de España como veremos más adelante.

La UICN como organización no gubernamental, carece de capacidad declaratoria de espacios naturales ya que esto le corresponde a los gobiernos o a instancias internacionales de carácter gubernamental (p.e. ONU). Sin embargo se ha hecho un esfuerzo muy importante para intentar homogenizar las distintas figuras existentes a nivel nacional e internacional, mediante la adscripción de esos espacios a distintas categorías aprobadas y revisadas en las Asambleas Generales.

Con el fin de definir estas categorías se establecen objetivos y criterios de protección y manejo que se aplican a cada una de ellas. De esta forma podemos observar que en la XI Asamblea de la UICN celebrada en Banf (Canadá), se establecieron criterios y objetivos para 8 categorías distintas, siendo posteriormente revisadas estas categorías en la XII Asamblea y en la última celebrada en Argentina en 1994.

El medio ambiente ha evolucionado profundamente en los últimos 25 años, siendo el termómetro de esa evolución las Conferencias de Jefes de Estado que sobre el medio ambiente han tenido lugar. Desde esta perspectiva la UICN cuya finalidad básica ha sido y es la conservación de la naturaleza, desde un punto de vista científico y educacional, se ha ido adecuando a esta evolución histórica.

En el Cuadro 4 podemos apreciar la evolución de los objetivos y criterios de la protección y manejo del año 1975 a 1994.

CUADRO 4

OBJETIVOS Y CRITERIOS DE PROTECCIÓN Y MANEJO, 1975, UICN:

Muestra principal de ecosistemas en estado natural
 Mantener la diversidad ecológica y regulación ambiental
 Conservar los recursos genéticos
 Proveer educación, investigación y monitoreo ambiental
 Conservación de la producción de las cuencas hidrográficas
 Control de erosión, sedimentación y proteger actividad aguas abajo
 Producción de proteínas y productos animales, de vida silvestre, la caza y pesca
 Proveer servicios de recreación y turismo.
 Producción de madera y forrajes en base de rendimiento sostenido.
 Proteger sitios y objetos de patrimonio cultural, histórico y arqueológico.
 Proteger bellezas escénicas y áreas verdes
 Mantenimiento de opciones abiertas; flexibilidad de manejo; uso múltiple
 Estimulación del uso racional de tierras marginales y desarrollo rural

OBJETIVOS Y CRITERIOS DE PROTECCIÓN Y MANEJO, 1994, UICN:

Investigación científica
 Protección de la vida silvestre
 Preservación de especies y diversidad científica
 Mantenimiento de las funciones ambientales
 Protección de valores específicos naturales y culturales
 Turismo y recreo
 Educación
 Uso sostenible de los recursos de los ecosistemas naturales
 Mantenimiento de los valores culturales y tradicionales

Otros criterios para la elección de la zona son (1994, UICN):

Tamaño del área protegida
 Zonificación en el interior del área protegida
 Responsabilidad de la gestión
 Propiedad del terreno
 Variaciones regionales
 Clasificaciones múltiples
 Zonas periféricas de protección
 Categorías internacionales

De forma sintética podríamos decir que los componentes que a escala internacional han evolucionado, en cuanto a la protección de espacios se refiere, son básicamente la visión integral de los sistemas sobre lo particular, el valor del hombre y de sus actuaciones y actividades sobre el medio, los aprovechamientos económicos de los recursos, la importancia de la diversidad social y cultural y el respeto por los derechos de las minorías, todo ello bajo el concepto del desarrollo sostenible, concepto aprobado y desarrollado en la Cumbre de Río de 1992.

Toda esta evolución se puede apreciar en el planteamiento de la UICN, tanto al observar sus actuaciones, estudios y publicaciones, como al analizar el contenido de objetivos y criterios en los que se basan las diferentes categorías de los espacios naturales de la UICN. Así podemos constatar que en los objetivos y criterios de 1975 se destacan temas como la diversidad ecológica y regulación ambiental, los problemas de erosión, la producción de proteínas de animales de vida silvestre, la protección de los sitios históricos y arqueológicos, etc., y sin embargo, en 1994 se destaca el uso sostenible de recursos y ecosistemas, el mantenimiento de los valores culturales y tradicionales todo ello junto con la necesidad de preservar la biodiversidad y el mantenimiento de los procesos ecológicos.

En España los criterios de declaración se asemejaban al modelo americano donde predominaba lo subjetivo y singular sobre cualquier otra valoración, sin embargo, la Ley 15/75, la Ley 4/89 y sobre todo el desarrollo del Estado de las Autonomías, ha hecho que exista una enorme diversidad tanto en criterios como en objetivos de definición de espacios naturales, siendo esta diversidad muy superior a la de otros países.

En el Cuadro 5 se muestra la evolución de las categorías propuestas por la UICN, así como unas categorías elaboradas por la FAO y por el Consejo de Europa.

CUADRO 5
Evolución de las Categorías propuestas por la UICN, así como otras categorías elaboradas por la FAO y por el Consejo de Europa

XI Asamblea de UICN (Banf, Canada, 1972)	Resoluc. del Comité Ministros del Consejo de Europa (26 de octubre, 1973)	FAO/PNUD (1975)	XII Asamblea de UCIN (Kinshasa, 1975)	XIX Asamblea de UCIN (Argentina, 1994)
I Zonas naturales protegidas: Reserva Natural integral	Categoría A	3 Reserva científica o biológica	I Reserva Científica. Reserva Natural Estricta	Ia Reserva Natural Estricta
II Zonas naturales protegidas: Reserva Natural Dirigida	Categoría B	4 Santuario o Refugio de Fauna Silvestre	IV Reservas de Conservación de la Naturaleza. Reservas Naturales dirigidas. Santuarios de la fauna	Ib Área silvestre
		7 Área de utilización de Fauna Silvestre		IV Áreas de manejo de Hábitat/Especies
III Zonas naturales protegidas: Zonas de Medio Ambiente Natural		1 Parque Nacional	II Parque Nacional	II Parque Nacional
VI Zonas antropológicas protegidas: Sitios de interés particular		2 Monumento Natural	III Monumento Natural	III Monumento Natural
V Zonas antropológicas protegidas: Paisajes cultivados	Categoría C	8 Área Recreativa Nacional	V Paisaje protegido	V paisaje terrestre o marino protegido
	Categoría D		VIII Área gestionada con fines de Uso múltiple	VI Área protegida con Recursos gestionados
IV Zonas antrop. protegidas: Zonas bióticas naturales			VII Reserva Antropológica	
		5 Reserva de Recursos	VI Reserva de Recurso	
VII Zonas de interés histórico o arqueológico: Sitios históricos			X Sitio de Patrimonio Mundial	
VIII Zonas de interés histórico o arqueológico: Sitios arqueológicos		9 Monumento Cultural		
		6 Bosque Nacional		
		10 Río Nacional		
		11 Ruta Paisajística Nacional		
		12 Área de Protección		
		13 Servidumbre		
			IX Reserva de la Biosfera	

3. ESTADO ACTUAL DE LAS DECLARACIONES EN ESPAÑA

España actualmente cuenta con 807 espacios declarados con una superficie de 3.066.748 Ha (Tabla 1), lo que viene a suponer el 6,07% de la superficie nacional, este porcentaje está por debajo de la media de la mayoría de los países europeos como es el caso de Austria con un 25%, Alemania con un 25%, Francia con un 10%, Gran Bretaña con un 19% o Suiza con un 18%.

Habría que señalar que la protección de Espacios Naturales en España se produce en la última década coincidiendo con el traspaso de competencias en esta materia a las Comunidades Autónomas.

A la hora de comparar las zonas protegidas en las distintas CCAA, hay que tener en cuenta no solamente el territorio de cada Autonomía sino otros factores de similar importancia como son las características ecológicas de cada una de ellas y los condicionantes sociopolíticos e históricos de las mismas. Según esto podemos observar que la Comunidad Autónoma con mayor número de espacios protegidos es Baleares (290) (Gráfico 1), pero con una Ley no equiparable al resto de Autonomías y una superficie protegida de 196.279 Ha. que equivaldría a un 39% (Gráfico 2 y 3). Canarias es la que mayor porcentaje tiene de superficie protegida con un 40,5%, presenta 145 espacios sobre una superficie de 301.943 Ha. Por último podemos observar que la región con mayor superficie protegida es Andalucía con 1.513.497 Ha, en 86 espacios declarados y con 17,34% del territorio.

El resto de las comunidades autónomas se mantiene con un porcentaje de superficie equilibrada según las características antes mencionadas, con la excepción de la Comunidad Autónoma de Rioja que no tiene ningún espacio declarado.

A la hora de comparar el órgano declarante y a quien corresponde la gestión podemos apreciar (Gráfico 4) que la mayoría de las declaraciones realizadas y la gestión del espacio corresponde a las CCAA a excepción de los Parques Nacionales declarados y gestionados por el Gobierno General del Estado. Tenemos el caso especial del P.N. de Aiguas Tortes y el Lago San Mauricio, que fue declarado por el Estado y posteriormente reclasificado por la CA que actualmente se encarga de su gestión, si bien no está dentro de la Red Estatal de Parques Nacionales.

En la Tabla 2 se representan las comunidades autónomas con Legislación Reguladora de espacios naturales, donde se puede observar el nombre de las figuras existentes y se destacan las que no han sido aplicadas hasta la fecha.

En el Gráfico 5. está representado el número de figuras existentes a nivel nacional y el número de autonomías que aplican esas figuras. Se observa que las figuras más extendidas en las CC.AA. son las que tienen carácter internacional (Zepas, Ramsar y Reservas de la Biosfera), hay que tener en cuenta que las zonas Ramsar se declaran por Decreto Estatal, y las zona Zepa y la Reservas de la Biosfera son propuestas la primera a la U.E. y la segunda a la UNESCO, existe una única excepción que es la Reserva de Biosfera de Urdaibai que se declaró como tal por el País Vasco y posteriormente se elevó a la UNESCO para su inclusión en la Red Internacional.

A la hora de comparar la superficie declarada de cada figura por comunidad autónoma (Gráfico 6.), se observa como la única figura presente en todas las comunidades autónomas es el Parque Natural, si bien el caso de la Región de Murcia se denomina Parque Regional, estando este último también presente y conviviendo con la figura de Parque Natural en Castilla - León y en la Comunidad de Madrid. En Canarias existe la figura de Parque Rural que es similar a la de Parque Regional. La superficie mayor de Parques Naturales corresponde a Andalucía seguida a mucha distancia de Cataluña y Canarias.

El Gráfico 7. representa el porcentaje de figuras declaradas por cada Autonomía donde se puede observar una gran heterogeneidad entre todas las autonomías. Cada autonomía utiliza en una proporción parecida todas las figuras existentes, con la excepción de nuevo de las ANEIS de Baleares, así como los Parques Naturales en Valencia, País Vasco y Cantabria.

En cuanto a las figuras internacionales, compararemos las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAS) y las zonas húmedas suscritas al convenio de RAMSAR, respecto a la superficie y el número por comunidades autónomas (Gráficos 8 y 9). Así comparando el número de declaraciones por comunidad autónoma vemos que el total de zonas RAMSAR es de 44, destacando Andalucía con 11, Baleares con 8, y Valencia con 6. En cuanto a superficie se refiere es también Andalucía la de mayor superficie declarada, seguida del País Valenciano.

Las Zonas de Especial Protección (ZEPAS) están más presentes en cuanto al número en Baleares seguido de Canarias y Andalucía, sin embargo en cuanto a la superficie se refiere destaca Andalucía seguida de Castilla-León, Extremadura y la Comunidad de Madrid.

Sobre el resto de figuras internacionales habría que reseñar que en la actualidad existen 3 diplomas Europeos (el P.N. de Doñana, el P.N. del Teide y el P.N. de Ordesa y el Monte Perdido); 2 Patrimonios de la Humanidad (el P.N. de Doñana y el P.N. de Garajonay) 13 Reservas de la Biosfera (Doñana, Cazorla Segura y

las Villas, Montseny, Urdaibai, Grazalema, Marismas del Odiel, Sierra Nevada, Sierra de las Nieves, Cuenca alta del Manzanares, La Mancha Húmeda, El Canal y los Tiles, Menorca y Lanzarote).

En resumen se puede concluir que en el territorio nacional conviven 31 figuras de Comunidades Autónomas con una figura estatal, además de otras 6 figuras internacionales. Estas últimas se suelen solapar con figuras nacionales o de comunidades autónomas sobre el mismo territorio, como es el caso de la mayoría de las reservas de la Biosfera, de las zonas RAMSAR, el Diploma Europeo y el Patrimonio de la humanidad. No ocurre lo mismo en las zonas ZEPAS donde abundan los casos de no coincidencia, con los problemas que conlleva al estar recogidas todas las zonas ZEPAS en la directiva HABITAT como zonas de Especial Conservación (ZEC).

En cuanto a las figuras nacionales mencionar la de Parque Nacional donde en todos los lugares están declarados y gestionados por el Estado a excepción de Cataluña con un Parque Nacional de nivel autonómico. El resto de figuras son muy heterogéneas si bien se podría decir que a excepción de algunos casos especiales como es el de Baleares, todos se podrían enmarcar en el desarrollo de la Ley 4/89. Las CCAA han aumentado considerablemente el número de figuras con diferentes significados, apreciándose como, las nomenclaturas en algunos casos son muy distintas entre sí, si bien los significados están presentes en todas las comunidades autónomas con mayor o menor presencia.

Teniendo en cuenta que esto último está en relación con 32 figuras distintas indudablemente se observan grandes contradicciones entre las CCAA por lo que habría que homogeneizar las nomenclaturas y significados a fin de ordenar coherentemente las distintas funciones y objetos que a través de cada figura se pretenden realizar sobre el territorio.

BIBLIOGRAFÍA

- ABOAL, J.L., FERNÁNDEZ TOMÁS, J.G., ORTUÑO, F. & DE VIEDMA, M.G. 1982. *Planificación y gestión de espacios naturales protegidos*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- FRANZER, J.G. 1922. *La Rama Dorada*. 14ª Reimpresión. Fondo de Cultura Económica. Madrid. España.
- JIMÉNEZ HERRERO, L.M. 1992. *Medio Ambiente y desarrollo alternativo. (Gestión racional de los recursos para una sociedad perdurable)*. 2ª Edic. Edit. IEPALA. Madrid.
- MACHADO CARRILLO, A. 1968. *Los Parques Nacionales. Aspectos jurídicos y administrativos*. ICONA. Madrid.

ESPACIOS NATURALES

Nº DE ESPACIOS DECLARADOS

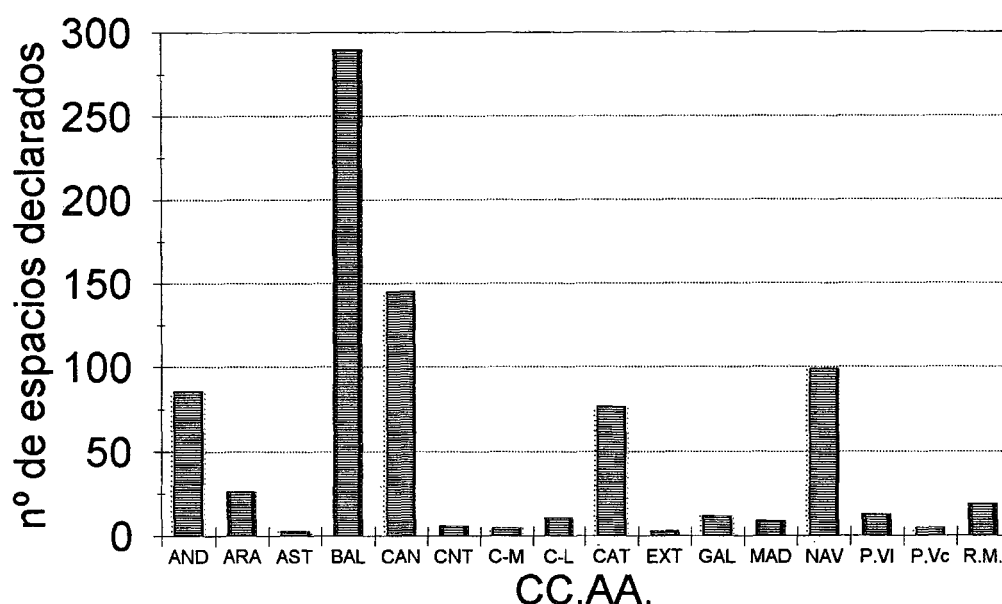


Gráfico 1. N.º ENP declarados en cada CC.AA.

	N.º ENP dec.	Sup (Ha)	Sup ENP dec. (Ha)	% Sup ENP dec
ANDALUCÍA	86	8.726.800	1.513.497	17,34
ARAGÓN	26	4.765.000	98.498	2,07
ASTURIAS	3	1.056.500	59.224	5,61
BALEARES	290	501.400	196.279	39,15
CANARIAS	145	744.700	301.943	40,55
CANTABRIA	6	528.900	51.529	9,74
CASTILLA-LA MANCHA	5	7.923.000	33.206	0,42
CASTILLA LEÓN	11	9.419.300	315.212	3,35
CATALUÑA	77	3.193.000	172.643	5,41
CEUTA	0	1.900	0	0
EXTREMADURA	3	4.160.200	35.422	0,85
GALICIA	12	2.943.400	31.050	1,05
MADRID	9	799.500	92.879	11,62
MELILLA	0	1.400	0	0
NAVARRA	99	1.042.100	12.582	1,21
PAÍS VALENCIANO	13	2.330.500	41.053	1,76
PAÍS VASCO	5	726.100	63.240	8,71
LA RIOJA	0	503.400	0	0
REGIÓN DE MURCIA	19	1.131.700	48.491	4,28
ESPAÑA	807	50.498.800	3.066.748	6,07

Tabla 1. Número de ENP, superficie y porcentaje de protección por cada CC.AA.

ANDALUCÍA	ASTURIAS	BALEARES	CANARIAS
PARQUE NATURAL	PARQUE NATURAL	PARQUE NATURAL	PARQUE NATURAL
RESERVA NATURAL	RESERVA NATURAL INTEGRAL	RESERVA	PARQUE RURAL
MONUMENTO NATURAL	RESERVA NATURAL PARCIAL	MONUMENTO NATURAL	RESERVA NATURAL ESPECIAL
PAISAJE PROTEGIDO	MONUMENTOS NATURALES	PAISAJE PROTEGIDO	RESERVA NATURAL INTEGRAL
PARAJE NATURAL	PAISAJE PROTEGIDO	ÁREA NATURAL DE ESPACIAL INTERÉS	MONUMENTO NATURAL
PARQUES PERIURBANOS		ÁREA RURAL DE INTERÉS PAISAJÍSTICO	PAISAJE PROTEGIDO
RESERVAS NATURALES CONCERTADAS		ÁREA DE ASENTAMIENTO EN PAISAJE DE INTERÉS	SITIO DE INTERÉS CIENTÍFICO
CASTILLA LEÓN	CATALUÑA	GALICIA	MADRID
PARQUE REGIONAL	PARQUE NACIONAL	E.N. EN RÉGIMEN DE PROTEC. TEMPORAL	E.N. DE PROTECCIÓN TEMPORAL
PARQUE NATURAL	PARAJE NATURAL DE INTERÉS NACIONAL		
RESERVA NATURAL CIENTÍFICA	RESERVA NATURAL INTEGRAL		
RESERVA NATURAL INTEGRAL	RESERVA NATURAL PARCIAL		
MONUMENTO NATURAL	PARQUE NATURAL		
PAISAJE PROTEGIDO	RESERVA NATURAL DE FAUNA SALVAJE		
ZONA NATURAL DE INTERÉS ESPECIAL			
NAVARRA	COMUNIDAD DE VALENCIA	PAÍS VASCO	REGIÓN DE MURCIA
RESERVAS INTEGRALES	PARQUE NATURAL	PARQUE NATURAL	PARQUE REGIONAL
RESERVAS NATURALES	PARAJE NATURAL	BIOTOPO PROTEGIDO	RESERVA NATURAL
ENCLAVES NATURALES	RESERVA NATURAL	ÁRBOL SINGULAR	MONUMENTO NATURAL
ÁREAS NATURALES RECREATIVAS	RESERVA NATURAL MARINA		PAISAJE PROTEGIDO
PARQUE NATURAL	PARAJE NATURAL MUNICIPAL		
MONUMENTO NATURAL	MONUMENTO NATURAL		
	SITIO DE INTERÉS		
	PAISAJE PROTEGIDO		

Tabla 2. Categorías de protección existentes en las legislaciones de las CC.AA. En trama las figuras que aún no han sido utilizadas.

ESPACIOS NATURALES

SUPERFICIE PROTEGIDA

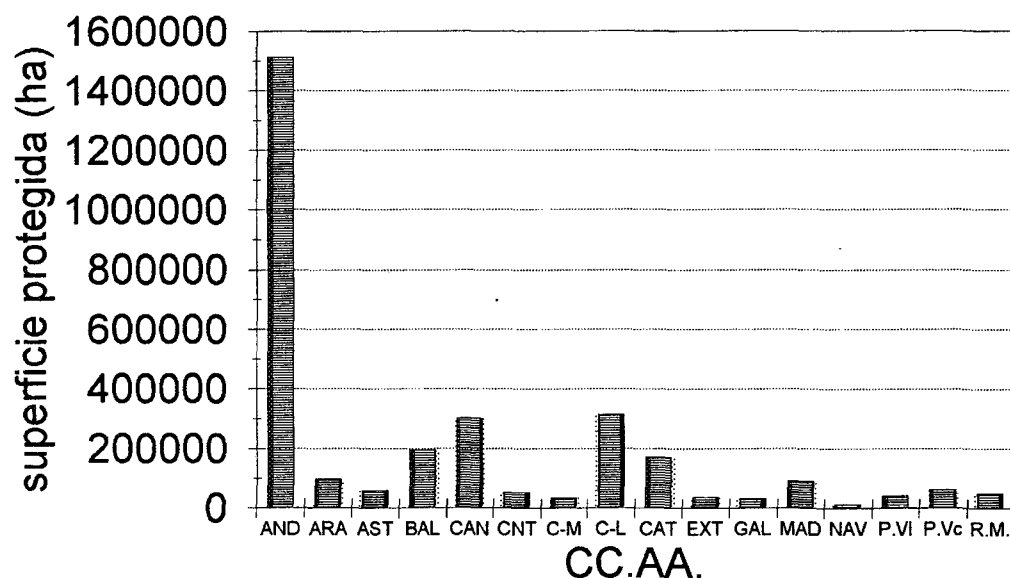


Gráfico 2. Superficie declarada ENP en cada CC.AA.

ESPACIOS NATURALES

% DE SUPERFICIE PROTEGIDA

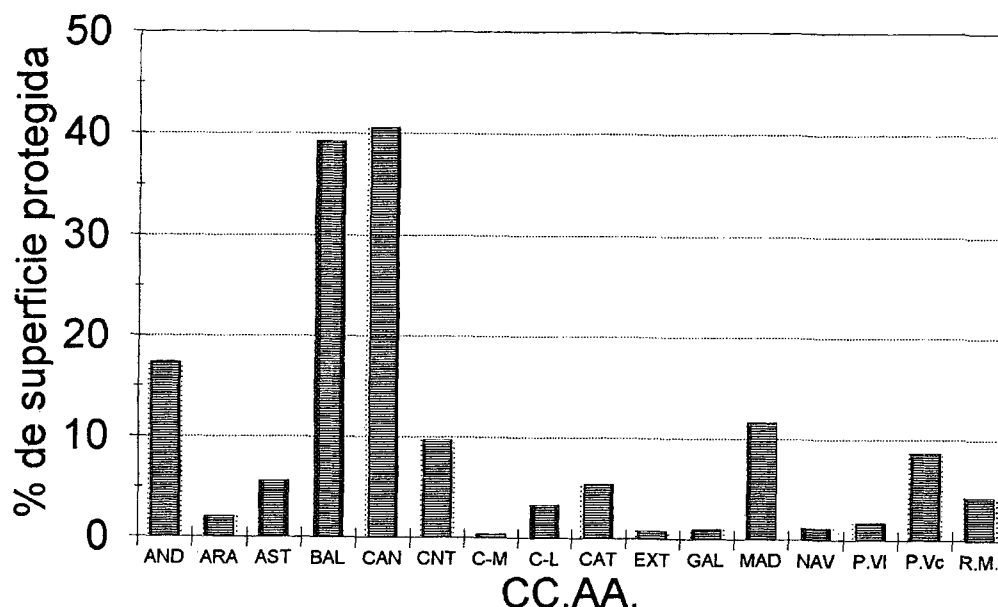
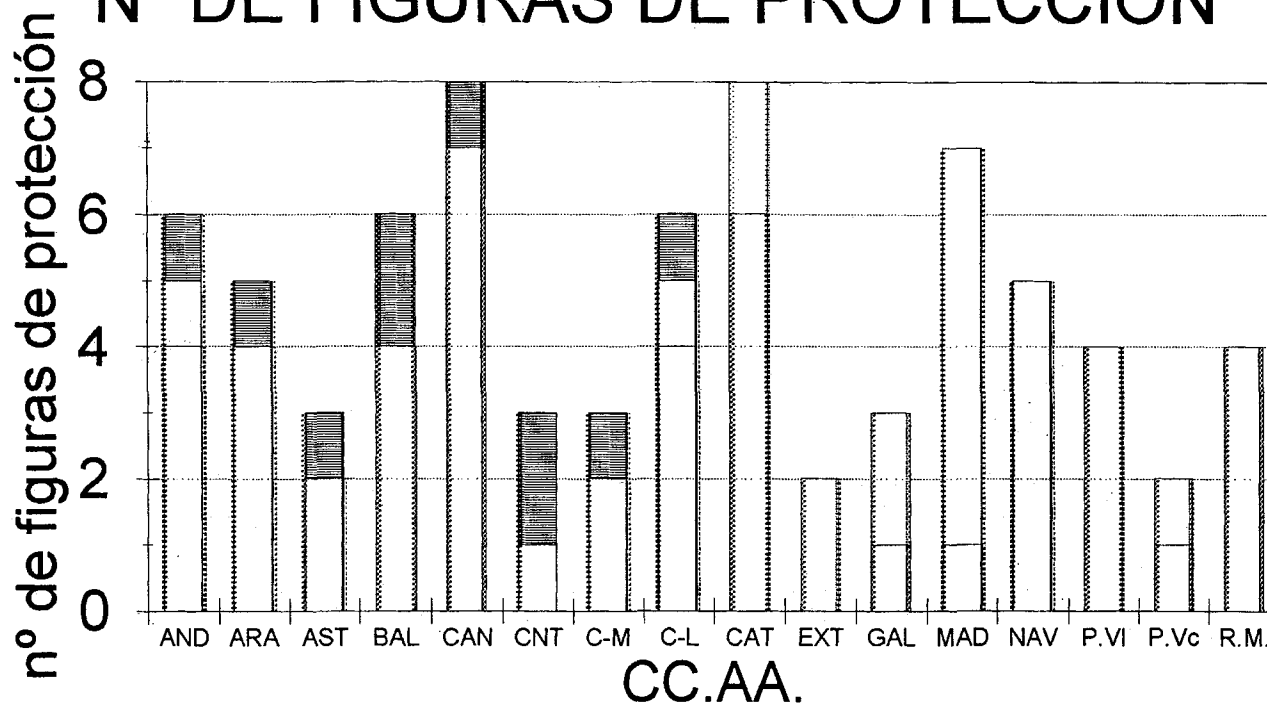


Gráfico 3. % de CC.AA. declarada ENP.

ESPACIOS NATURALES

Nº DE FIGURAS DE PROTECCIÓN



gest. y decl. leg. autonom.
 gest. y decl. estatal

gest. autonom.
 gest. y decl. otros

Gráfico 4. Declaraciones en relación a la base jurídica, y gestión de los ENP por CC.AA.

ESPACIOS NATURALES

Nº DE CC.AA. CON CADA FIGURA

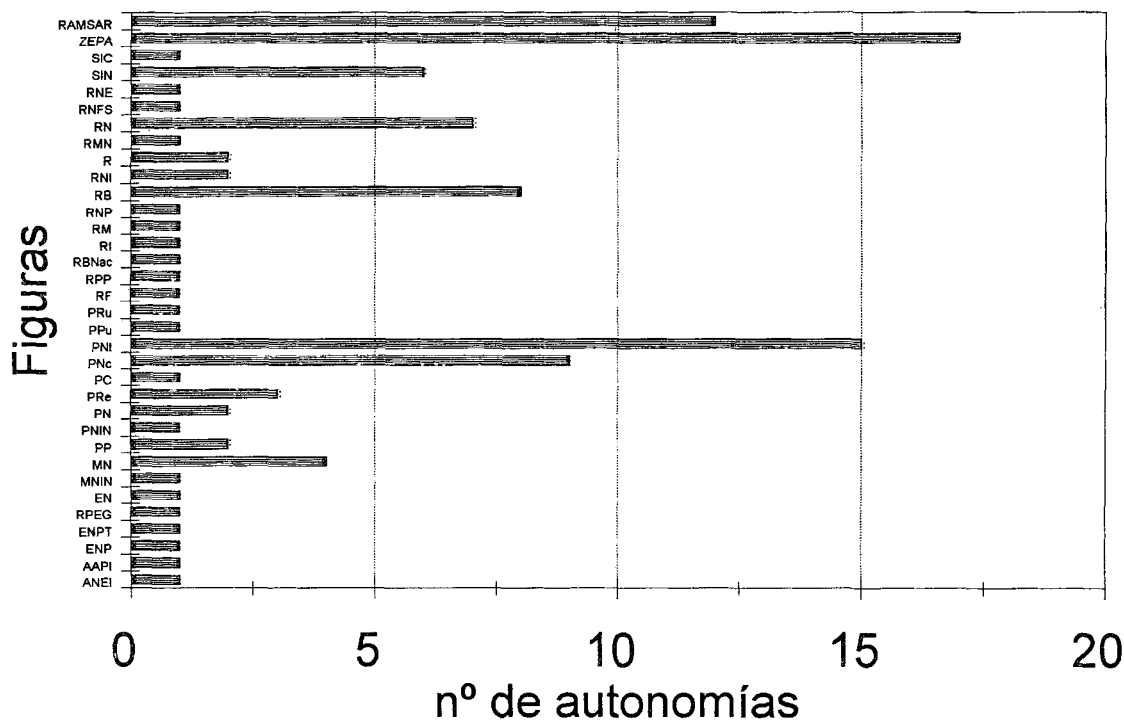


Gráfico 5. N.º de CC.AA. donde existe cada figura de ENP.

ANEI	ÁREA NATURAL ESPECIAL INTERÉS
AAPi	ÁREAS DE ASENTAMIENTO EN PAISAJE DE INTERÉS
ENP	ESPACIO NATURAL PROTEGIDO
ENPT	ESPACIO NATURAL PROTECCIÓN TEMPORAL
RPEG	ESPACIO NATURAL REGIM. PROT. GENERAL GALICIA
EN	ENCLAVE NATURAL
MNIN	MONUMENTO NATURAL INTERÉS NACIONAL
MN	MONUMENTO NATURAL
PP	PAISAJE PROTEGIDO
PNIN	PARAJE NATURAL DE INTERÉS NACIONAL
PN	PARAJE NATURAL
PRe	PARQUE REGIONAL
PC	PARQUE COMARCAL
PNc	PARQUE NACIONAL
PNt	PARQUE NATURAL
PPu	PARQUE PERIURBANO
PRu	PARQUE RURAL

RF	REFUGIO DE FAUNA
RPP	RÉGIMEN DE PROTECCIÓN PREVENTIVA
RBNac	RESERVA BIOLÓGICA NACIONAL
RI	RESERVA INTEGRAL
RM	RESERVA MARINA
RNP	RESERVA NATURAL PARCIAL
RB	RESERVA DE LA BIOSFERA
RNI	RESERVA NATURAL INTEGRAL
R	RESERVA
RMN	RESERVA MARINA NATURAL
RN	RESERVA NATURAL
RNFS	RESERVA NATURAL DE FAUNA SALVAJE
RNE	RESERVA NATURAL ESPECIAL
SIN	SITIO DE INTERÉS NACIONAL
SIC	SITIO INTERÉS CIENTÍFICO
ZEPa	ZONAS DE ESP. PROTEC. PARA AVES
RAMSAR	ZONAS HÚMEDAS CONVENIO RAMSAR

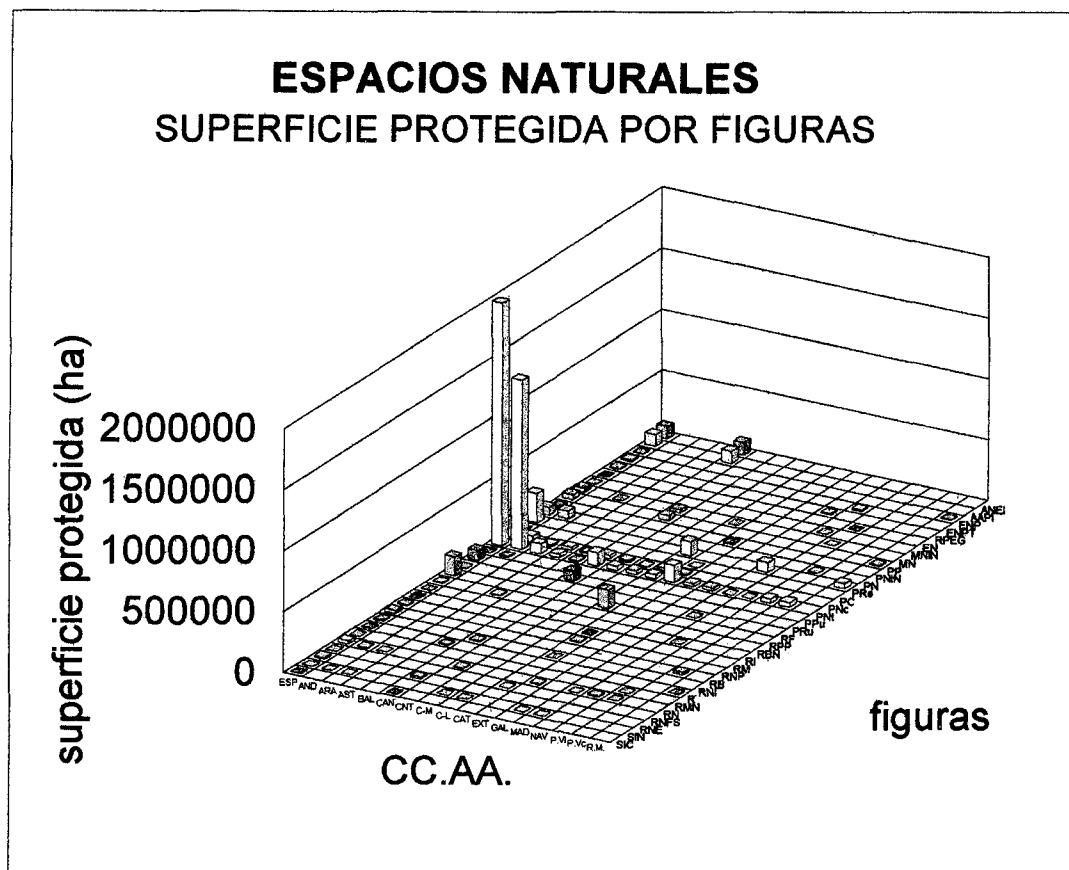


Gráfico 6. Superficie representada de cada figura en cada Comunidad Autónoma

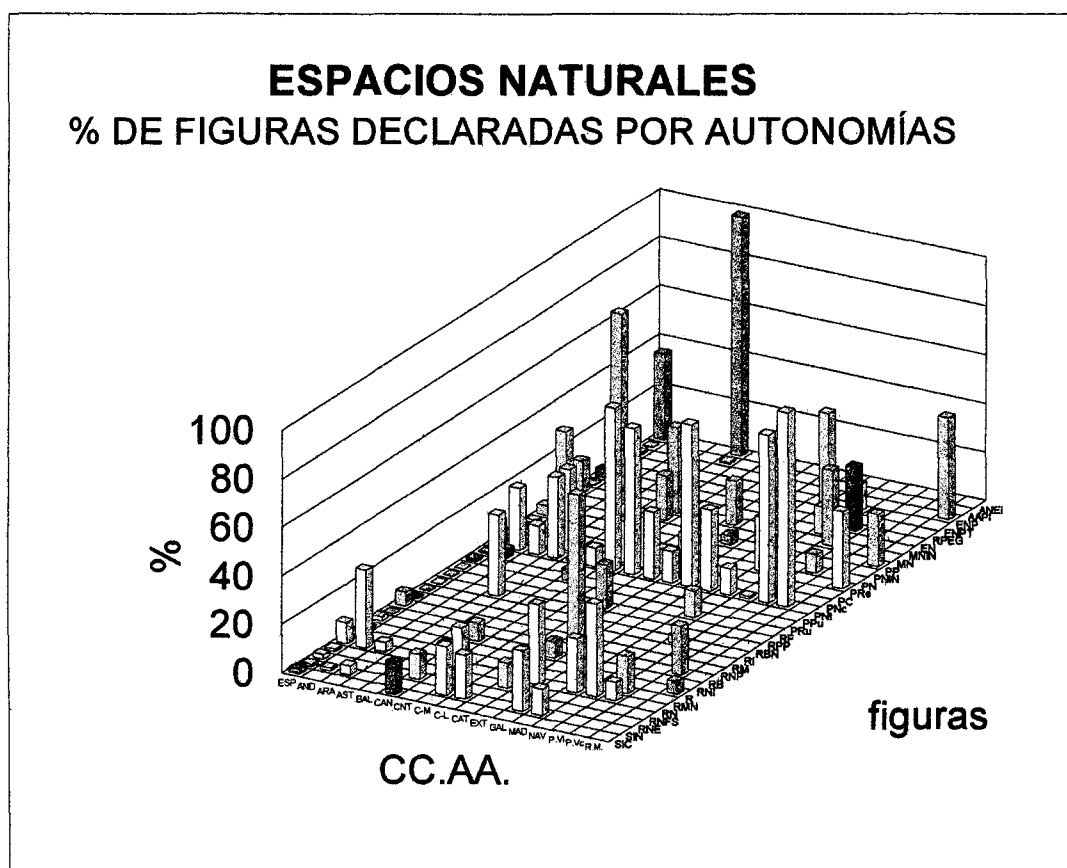


Gráfico 7. Representación del porcentaje de figuras declaradas por cada autonomía.

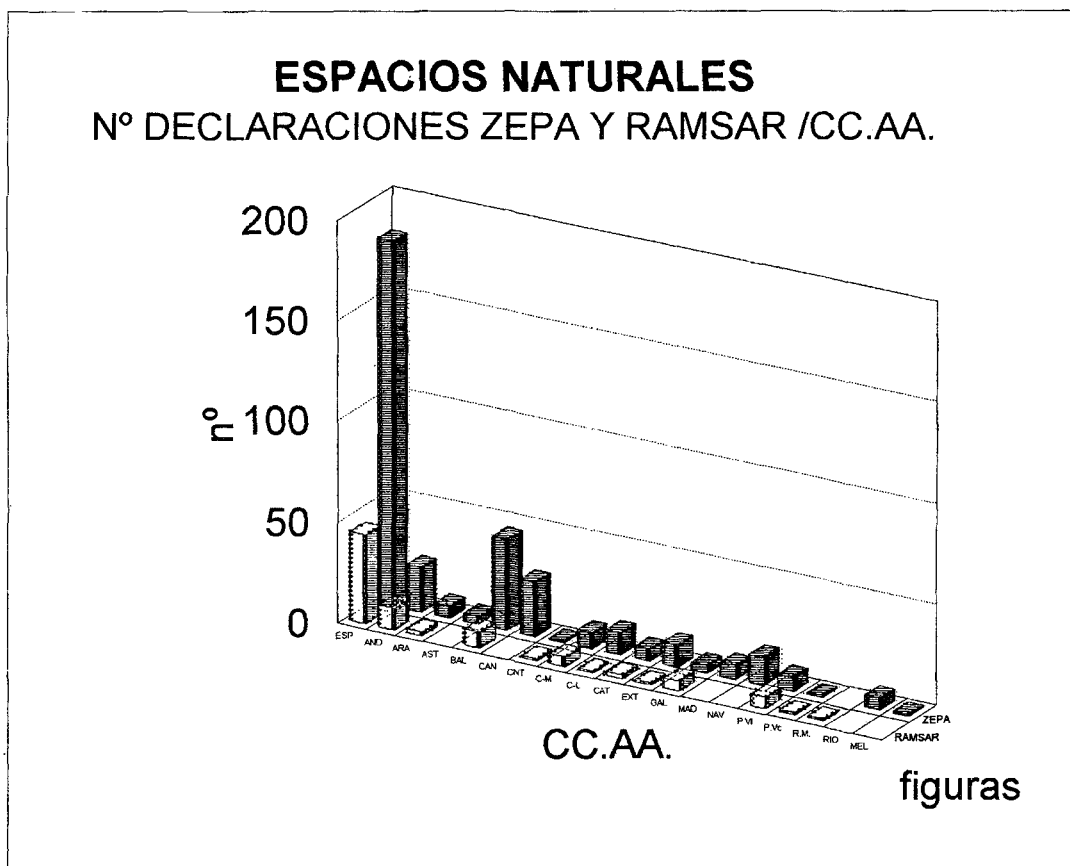


Gráfico 8. Número de humedales suscritos al convenio de RAMSAR y de espacios declarados ZEPAS.

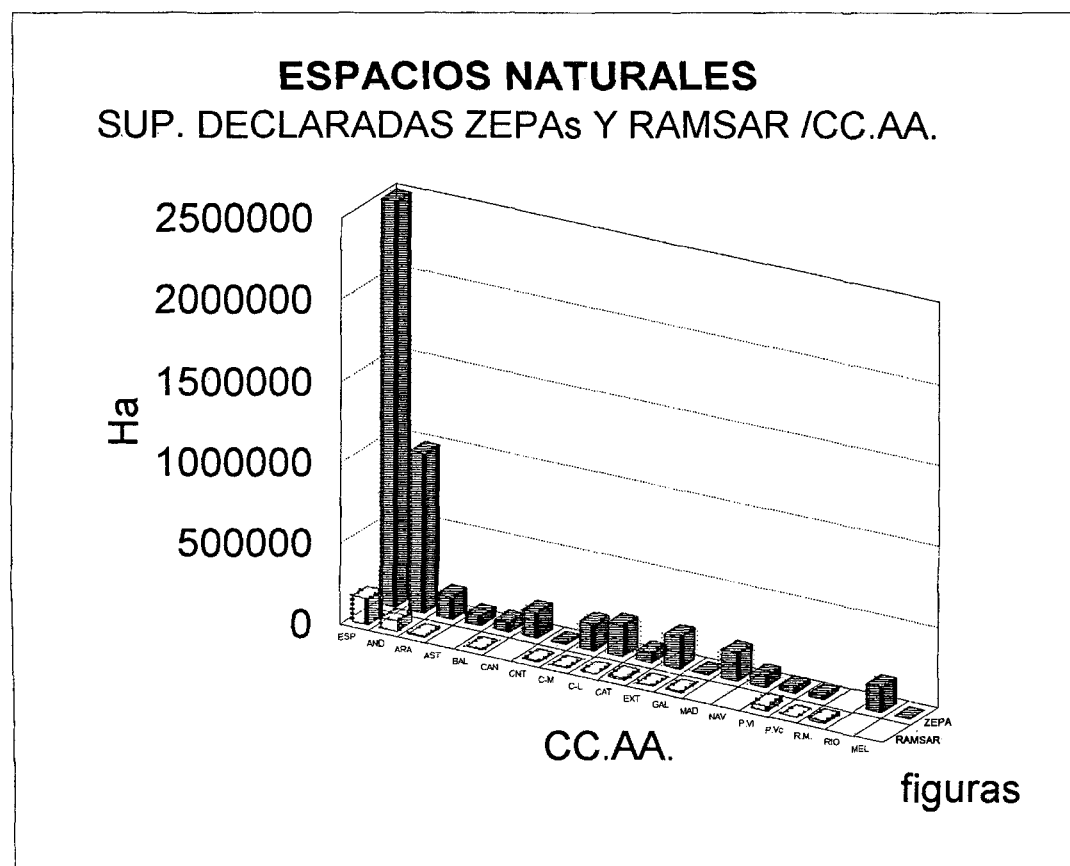


Gráfico 9. Superficie de los humedales suscritos al convenio de RAMSAR y de espacios declarados ZEPAS.

TEMA 31

La Administración Central y la Administración Autonómica

Por Manuel Durbán Villalonga (*)

INTRODUCCIÓN

Los cambios legislativos y competenciales se ha incrementado notablemente en los últimos tiempos. En efecto, además de la sentencia del Tribunal Constitucional de fecha 28 de junio de 1995 sobre la Ley 4/89 que anula o modifica profundamente alguno de sus artículos, nos encontramos inmersos en una profunda transformación de las relaciones Administración Central - Administraciones Autonómicas que implica una mayor presencia de estas últimas en la legislación y gestión sobre el medio ambiente.

La presente conferencia fue impartida en el año 1994, por lo que algunos aspectos han quedado superados por la dinámica autonomista, pero no obstante se mantiene el texto íntegro ya que sin duda puede ser de gran ayuda a la hora de realizar un seguimiento y valoración de los cambios de la normativa medioambiental en los últimos años.

LA ADMINISTRACIÓN CENTRAL Y LA ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA

La Constitución española de 1978 consagra en su artículo 2 el denominado Estado de las Autonomías, reconociendo y garantizando el derecho a la autonomía de las nacionalidades y regiones que la integran, así como la solidaridad entre todas ellas.

Con objeto de posibilitar la realización de este mandato constitucional el Estado se organiza territorialmente en municipios, provincias y comunidades autónomas, que gozan de autonomía para la gestión de sus respectivos intereses, a los que hay que sumar en el caso de Canarias y Baleares la administración propia de las islas, los Cabildos.

De esta forma aparecen tres Administraciones que actualmente coexisten en España: la Administración del Estado, la Administración Autonómica y la Administración Local, cada una con competencias y ámbitos de actuación diferentes, aunque en numerosas ocasiones la delimitación de competencias no está excesivamente clara o su superposición exige mecanismos de coordinación que hagan posible los principios de eficacia, jerarquía, descentralización, desconcentración y coordinación que debe regir la Administración Pública.

La Constitución señala en sus artículos 148 y 149 las competencias que pueden ser asumidas por las Comunidades Autónomas y aquellas otras que se reserva el Estado.

(*) Ingeniero de Montes. Director Conservador del Parque Nacional del Teide.

Las Comunidades Autónomas podrán asumir las siguientes competencias:

- Ordenación del territorio, urbanismo y vivienda.
- Las obras públicas de interés de la Comunidad Autónoma en su propio territorio.
- Los ferrocarriles y carreteras cuyo itinerario se desarrolle íntegramente en el territorio de la Comunidad Autónoma y, en los mismos términos, el transporte desarrollado por estos medios o por cable.
- Los puertos de refugio, los puertos y aeropuertos deportivos, y en general, los que no desarrollen actividades comerciales.
- La agricultura y ganadería, de acuerdo con la ordenación general de la economía.
- Los montes y aprovechamientos forestales.
- La gestión en materia de protección del medio ambiente.
- Los proyectos, construcción y explotación de los aprovechamientos hidráulicos canales, y regadíos de interés de la Comunidad Autónoma: las aguas minerales y termales.
- La pesca en aguas interiores, el marisqueo y la agricultura, la caza y pesca fluvial.
- Patrimonio monumental de interés de la Comunidad Autónoma.
- Promoción y ordenación del turismo en su ámbito territorial.

El Estado tiene exclusiva sobre las siguientes materias:

- Pesca marítima, sin perjuicio de las competencias que la ordenación del sector se atribuya a las Comunidades Autónomas.
- Marina mercante y abanderamiento de buques; iluminación de costas y señales marítimas; puertos de interés general; aeropuertos de interés general: control del espacio aéreo, tránsito y transporte aéreo, servicio meteorológico y matriculación de aeronaves.
- La legislación, ordenación concesión de recursos y aprovechamientos hidráulicos cuando las aguas discurran por más de una Comunidad Autónoma, y la utilización de las instalaciones eléctricas cuando su aprovechamiento afecte a otra Comunidad o el transporte de energía salga de su ámbito territorial.
- Legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las Comunidades Autónomas de establecer normas adicionales de protección. La legislación básica sobre montes, aprovechamientos forestales y vías pecuarias.
- Obras públicas de interés general o cuya realización afecte a más de una Comunidad Autónoma.
- Bases de régimen minero y energético.
- Régimen de producción, comercio, tenencia y uso de armas y explosivos.
- Estadística para fines estatales.

Todo ello sin perjuicio de que, según señala el artículo 150, el Estado podrá transferir o delegar a la Comunidades Autónomas mediante ley orgánica facultades correspondientes a materias de titularidad estatal que, por su naturaleza sea susceptibles de transferencia o delegación. Igualmente el Estado podrá dictar leyes que establezcan los principios necesarios para armonizar las normativas de las Comunidades Autónomas, aún en caso de materias atribuidas a la competencia de éstas, cuando así lo exija el interés general.

El Estatuto de Autonomía de Canarias (Ley Orgánica 10/1982 de 10 de agosto) expresa como competencias de la Comunidad Autónoma de Canarias en materia de medio ambiente las siguientes:

Art. 33. Función ejecutiva en protección del medio ambiente.

Art. 34. Competencias ejecutiva y de ejecución en:

- Aguas superficiales y subterráneas, nacientes y recursos geotérmicos, captación, alumbramiento, explotación, transformación y fabricación, distribución y consumo de aguas para fines agrícolas, urbanos e industriales.
- Ordenación del litoral.
- Espacios naturales protegidos.

Estas competencias genéricas vienen desarrolladas en una serie de Reales Decretos sobre traspaso de funciones y servicios del Estado en materias relacionadas con el medio ambiente, entre los que cabe destacar los siguientes:

- *R.D. 2843/1979 de 7 de diciembre*, de transferencia de competencias de la Admón. del Estado en materia de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, urbanismo, agricultura, turismo, Admón. Local, cultura y sanidad.

- *R.D. 3153/1983 de 2 de noviembre de 1983*, traspaso de funciones y servicios del Estado en materia de estudios de ordenación territorial y medio ambiente.
- *R.D. 3364/1983 de 2 de noviembre*, de traspaso de funciones y servicios del Estado en materia de medio ambiente.
- *R.D. 2614/1983 de 18 de diciembre* sobre traspaso de funciones y servicios de la Admón. del Estado a la Comunidad Autónoma de Canarias en materia de conservación de la naturaleza.
- *R.D. del 29 de febrero del 1984*, de traspaso de funciones y servicios del Estado en materia de ordenación litoral y vertidos al mar.
- *R.D. 1626/1984 de 1 de agosto*, de traspaso de funciones y servicios del Estado en materia de Patrimonio Arquitectónico, control de la calidad de la edificación y vivienda.
- *R.D. 1938/1985 de 9 de octubre*, de traspaso de funciones y servicios del Estado en materia de pesca en aguas interiores, marisqueo y agricultura.

1. REAL DECRETO 9 DE OCTUBRE DE 1985, Nº 1938/85 (Presid., B.O. 23, R. 2537). TRASPASO DE FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ESTADO EN MATERIA DE PESCA EN AGUAS INTERIORES, MARISQUEO Y ACUICULTURA.

1.1. Funciones que asume la Comunidad Autónoma.

Se traspasan a la Comunidad Autónoma de Canarias, dentro de su ámbito territorial, las siguientes funciones que venía realizando la Administración del Estado:

- a) En materia de pesca en aguas interiores, consideradas como tales las situadas en el interior de las líneas de base rectas del mar territorial, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente:

- Otorgar la autorización para el ejercicio de la actividad pesquera.
- Reglamentar las artes, aparejos, instrumentos y equipos de pesca.
- Acotar las zonas de pesca, elaborando para cada zona los reglamentos específicos.
- Fijar los períodos de veda, así como el horario de actividad pesquera diaria, los días de actividad y el tiempo de calamento continuado de las artes, cuando proceda.
- Establecer las especies autorizadas y fijar los tamaños mínimos.
- Dictar las normas correspondientes para regular la inspección y sanción sin perjuicio de las competencias que, con respecto a la vigilancia en aguas interiores, le corresponden a la Armada.
- Establecer un registro oficial de actividades, medios y personas tanto físicas como jurídicas, dedicadas al ejercicio de la pesca.

- b) En materias de acuicultura y marisqueo:

- Otorgar las concesiones de acuerdo con la legislación básica del Estado y autorizaciones para:
 - La explotación de algas, moluscos y crustáceos, establecimientos marisqueros y de cultivos marinos.
 - La instalación de parques, viveros flotantes, cetáreas, instalaciones depuradoras de moluscos y demás establecimientos marisqueros y de cultivos marinos.
 - El ejercicio de la actividad extractiva en general.
- Establecer la parcelación de determinadas playas y bancos naturales y fijación de las cantidades, veda y horarios.
- Establecer las especies autorizadas y reglamentación de los diferentes tipos de explotación.
- Declaración de zonas de interés marisquero y de cultivos marinos.
- Dictar las normas correspondientes para regular la inspección y sanción sin perjuicio de las competencias que, con respecto a la vigilancia marítimo le corresponden a la Armada.

- c) En actividades recreativas:

Regular las actividades pesqueras de carácter recreativo, reconociendo los permisos de pesca recreativa emitidos por la Administración del Estado y otros entes territoriales, respetando las normas internas de la Comunidad Autónoma.

1.2. Funciones que se reserva la Administración del Estado.

Permanecerán en la Admón. del Estado las siguientes funciones:

- La aprobación de las normas generales de coordinación de las actuaciones que puedan afectar a la debida explotación de las especies piscícolas y otros recursos naturales fuera de las aguas interiores.
- Las relaciones internacionales en materia de pesca en aguas interiores como marisqueo y acuicultura.

La Comunidad Autónoma de Canarias podrá asistir y participar, dentro de la delegación española, en aquellas reuniones técnicas de carácter internacional cuando sea requerida para ello.

1.3. Funciones en que han de concurrir la Administración del Estado y la de la Comunidad Autónoma y formas de cooperación.

Se desarrollarán coordinadamente entre el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y la Comunidad Autónoma de Canarias, de conformidad con los mecanismos que en cada caso se señalan, las siguientes funciones:

- De común acuerdo se establecerán los mecanismos adecuados que permitan el intercambio mutuo de información y apoyo para el mejor ejercicio de las funciones transferidas.
- El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en la medida de sus posibilidades, prestará apoyo técnico y material a la Comunidad Autónoma de Canarias cuando lo solicite para el desarrollo de sus actividades en la materia transferida.

2. REAL DECRETO 2614/1983, DE 18 DE DICIEMBRE SOBRE TRASPASO DE FUNCIONES Y SERVICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN DEL ESTADO A LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CANARIAS EN MATERIA DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA.

2.1. Funciones que asume la Comunidad Autónoma dentro de su ámbito territorial

- Desarrollo legislativo y ejecución en materia de montes, aprovechamiento forestales, vías pecuarias y protección del medio ambiente, en lo que se refiere a la protección de la naturaleza.
- El estudio e inventario de los recursos naturales renovables.
- La creación, conservación, mejora y administración de masas forestales en los montes consorciados o con convenios con el ICONA.
- Las funciones atribuidas a la Admón. del Estado en materia de montes del Estado y montes de titularidad del ICONA, de conformidad con la legislación sobre el Patrimonio del Estado.
- La administración y gestión de los montes propiedad de Entidades Públicas distintas del Estado, declarado de Utilidad Pública.
- La declaración y tutela de los montes protectores y la clasificación y tutela de los Montes Vecinales en Mano Común.
- Las funciones actualmente atribuidas al ICONA relativas a montes de propiedad privada.
- La declaración de utilidad pública así como la inclusión y exclusión en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública.
- Las actuaciones para el establecimiento, mejora y regeneración de pastizales y para las obras y trabajos complementarios y auxiliares.
- La tramitación y resolución de los expedientes de expropiación y ocupación de riberas de ríos y arroyos, así como de los expedientes de expropiación y ocupación de terrenos estimados como riberas por causa de utilidad pública.
- Las funciones atribuidas a la Administración del Estado en materia de vías pecuarias.
- La declaración de los Parques Naturales.
- La gestión y administración de los espacios naturales protegidos a excepción de Parques Nacionales, que se ajustarán a lo establecido en el apartado C.10.
- La administración y gestión de las Reservas Nacionales de Caza, Cotos Nacionales, Refugio Nacionales de Caza, cotos de caza controlada y cotos sociales, así como la aprobación de los planes de uso y gestión de los mismos.
- La protección y restauración del paisaje.

- La conservación y mejora de los suelos agrícolas y forestales.
- Las competencias atribuidas en estas materias a las Comunidades Autónomas por la Ley 25/1982, de 30 de junio de agricultura de montaña.
- Las funciones que tiene atribuidas el ICONA en virtud de la Ley 11/1971, de 3 de marzo, sobre Semillas y Plantas de Vivero, sin perjuicio de lo establecido en el apartado C.14.
- La promoción y ejecución de la política recreativa y educativa en la naturaleza.
- La protección, conservación, fomento y ordenado aprovechamiento de las riquezas piscícolas continental y cinegética y la aplicación de las medidas conducentes a la consecución de estos fines.
- La vigilancia y control de las aguas continentales, en cuanto se refiere a la riqueza piscícola.
- El establecimiento y ejecución de programas en materia de protección de especies amenazadas o en peligro de extinción y mantenimiento y reconstitución de equilibrios biológicos en el espacio natural.
- La expedición de licencias para el ejercicio de la caza y la pesca.
- La concesión de permisos para cazar en los terrenos de las Reservas y Cotos Nacionales de Caza, Cotos Sociales de Caza, zonas de caza controladas y para la pesca de Cotos de Pesca.
- La prevención y lucha contra incendios forestales.
- La tramitación e imposición de las sanciones que correspondan a las funciones que se traspasan a la Comunidad Autónoma.
- Las actuaciones en las zonas de influencia socioeconómica de los Parques Nacionales y Reservas Nacionales de Caza, según el Real Decreto 619/1982.
- El establecimiento de convenios de cooperación con Administraciones Locales en materia de creación, regeneración y mejora de zonas verdes.

2.2. Funciones que se reserva la Administración del Estado

Permanecerán en la Administración del Estado las siguientes funciones que tiene legalmente atribuidas y realizan los servicios que se citan:

- Preparación, elaboración y propuesta de la normativa básica en materia de montes, aprovechamientos forestales, vías pecuarias y protección del medio ambiente en lo que se refiere a conservación de la naturaleza.
- El establecimiento de las bases y coordinación de la planificación general de la actividad económica en lo que se refiere a materias forestales y de conservación del medio natural.
- Obras públicas de interés general o cuya realización afecte a más de una Comunidad Autónoma.
- Relaciones internacionales, coordinación y seguimiento de las materias derivadas de acuerdos internacionales. La Comunidad Autónoma podrá asistir y participar, dentro de la delegación española, en aquellas reuniones técnicas de carácter internacional cuando sea requerida para ello o solicitar su participación cuando en las mismas se trate de materias que afecten a sus intereses.
- Estadísticas para fines estatales.
- El Inventario Forestal Nacional.
- Los inventarios nacionales de zonas de erosión y espacios de protección especial.
- El Registro especial de Asociaciones de Montaña.
- Gestión de los medios aéreos para proporcionar cobertura a nivel nacional contra incendios forestales y normalización de material y equipos de prevención y extinción así como las funciones derivadas de los seguros contra riesgos por incendios forestales.
- Los Parques Nacionales se ajustarán a la normativa básica que elabore el Estado para los mismos, con reconocimiento de las competencias estatutarias de gestión que correspondan a la Comunidad Autónoma, hasta tanto no se haya dictado dicha normativa básica, la Administración del Estado aprobará los planes rectores de uso y gestión de los Parques Nacionales y establecerá un convenio con la Comunidad Autónoma en materia de gestión y administración de los mismos.
- Aprobación de los planes rectores de uso y gestión de los espacios incluidos en convenios internacionales ratificados por las Cortes, así como la ratificación de los instrumentos de planificación de espacios naturales a efectos de homologación internacional.
- La aprobación de planes rectores de uso y gestión de aquellos espacios naturales protegidos que afecten a más de una Comunidad Autónoma, de acuerdo con lo establecido en el punto D, primero, 6.
- El comercio internacional de semillas forestales, flora y fauna silvestre.

2.3. Funciones en que han de concurrir la Administración del Estado y la de la Comunidad Autónoma y formas de cooperación.

- La Comunidad Autónoma de Canarias participará en las actuaciones que tengan por objeto la reestructuración hidrológico-forestal cuando afecten a territorios que superen su ámbito territorial. La ejecución de dichas actuaciones se convendrá con las Comunidades Autónomas.
- La coordinación de las actuaciones de mantenimiento y restauración de equilibrios biológicos, cuando afecten a territorios que superen el ámbito de la Comunidad Autónoma, sin perjuicio de su ejecución por la Comunidad Autónoma de Canarias dentro de su territorio.
- La coordinación en los incendios forestales de los medios de auxilio y, especialmente, de los de comunicación y aéreos, así como la sistematización de estadísticas y la coordinación de ayudas entre distintas Comunidades Autónomas.
- La Administración del Estado a efectos de coordinación, mantendrá los inventarios y registros de carácter estatal de acuerdo con las bases establecidas o que se establezcan a partir de la información normalizada que recibirá de la Comunidad Autónoma de Canarias, información que revertirá en beneficio de la misma.
- La Comunidad Autónoma informará a la Administración del Estado de la planificación del uso y de la gestión de los montes del Estado, de los montes de utilidad pública y de los espacios naturales protegidos sobre los que tengan competencia.
- La Administración el Estado elaborará, con la participación de la Comunidad Autónoma de Canarias, los planes rectores de uso y gestión de los Parques Nacionales declarados por Ley de las Cortes Generales, así como de los espacios incluidos en Convenios internacionales ratificados por aquélla.
- La mitad de los vocales de los Patronatos de los Parques Nacionales declarados por Ley de las Cortes generales serán designados por la Comunidad Autónoma. En todo caso, el Presidente de los mismos será nombrado por el Gobierno de la nación y el Vicepresidente por la Comunidad Autónoma de Canarias.

2.4. El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en coordinación con la Comunidad Autónoma de Canarias, a través del órgano colegiado que se establezca, ejercerá las siguientes funciones:

- Las base para el establecimiento de la orden general de vedas de especies cinegéticas y piscícolas, así como la elaboración de las listas de especies protegidas, sin perjuicio de las normas complementarias que pueden dictarse por la Comunidad Autónoma.
- La expedición de licencias de caza y pesca para ámbito superior a la de la Comunidad Autónoma y la distribución y aplicación de los ingresos producidos por estas licencias.
- Las normas de actuación de los servicios de Guardería Forestal por razones de protección civil.
- La normalización de las señales y leyendas de los terrenos sometidos a régimen especial de caza y pesca continental.
- El establecimiento de la normativa para la homologación de los trofeos de caza.
- El desarrollo de programas generales de educación en la naturaleza.
- La distribución de semillas forestales, así como de especies de fauna y flora silvestres.
- Las funciones atribuidas a la Junta Nacional de Anillamiento.
- Así como aquellas otras actuaciones de interés por ambas Administraciones.

3. REAL DECRETO 29 DE FEBRERO DE 1984, NÚM. 959/84 (Presid. B.O. 24 MAYO, R. 1347), TRASPASO DE FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ESTADO EN MATERIA DE ORDENACIÓN LITORAL Y VERTIDOS AL MAR.

3.1. Funciones del Estado que asume la Comunidad Autónoma:

- Formular, tramitar y aprobar, previo informe favorable del M.O.P. los planes de ordenación del litoral, en los que podrán incluirse las playas y, en su caso, la zona marítimo-terrestre.
Dichos planes deberán reproducir la línea de deslinde que delimita este dominio público marítimo. Las facultades de ordenación del litoral se entienden sin perjuicio de las competencias que, en este sentido, correspondan a la Administración Central del Estado, de acuerdo con lo que se dispone en la Ley de Costas y reglamento para su ejecución.

- Autorizar las obras e instalaciones de vertidos industriales y contaminantes en las aguas del litoral canario, así como la inspección de las mismas, sin perjuicio de las competencias en orden al otorgamiento de concesiones de ocupación del dominio público marítimo, que corresponde a la Administración Central del Estado.

3.2. Servicios y funciones que se reserva la Administración del Estado. Ministerio de Obras Públicas.

- Emitir informe preceptivo y vinculante, con carácter previo a la aprobación definitiva de los planes de ordenación del litoral.
- Instar a la Comunidad para que redacte las normas para el establecimiento de los servicios de temporada en las playas en el supuesto de que no hubiera plan de ordenación.
- Tramitar y resolver, en su caso, todas las concesiones y autorizaciones incluidas en el dominio público marítimo, afectado o no por planes de ordenación, en forma establecida en la Ley de Costas y reglamento para su ejecución, notificando a la Comunidad dicha resolución.

Cuando exista un plan de ordenación aprobado, el otorgamiento de las concesiones y autorizaciones deberá ajustarse a las determinaciones contenidas en él.

4. REAL DECRETO 2 DE NOVIEMBRE 1983, NÚM. 3153/83 (Presid., B.O. 27 DIC., R. 2813), TRASPASO DE FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ESTADO EN MATERIA DE ESTUDIOS DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE

4.1. Funciones del Estado que asume la Comunidad Autónoma de Canarias.

- Realización de estudios e investigaciones de ámbito local o autonómico en materias de ordenación del territorio, urbanismo y medio ambiente.

4.2. Competencias, servicios y funciones que se reserva la Administración del Estado. Ministerio de Obras Públicas.

- Estudios y propuestas relativos a la legislación general básica.
- Actuaciones a nivel internacional.
- Realización de estudios e investigación de carácter e interés general o de ámbito supra-autonómico.

4.3. Funciones que han de concurrir la Administración del Estado y la de la Comunidad Autónoma de Canarias y forma de cooperación coordinadamente

- Elaboración y coordinación de los estudios y de la información relativos a la definición de la política general de ordenación del territorio, actuación territorial y medio ambiente.
- Educación y formación de expertos urbanos y del medio ambiente, así como la organización de seminarios y cursos.

5. REAL DECRETO 2 DE NOVIEMBRE 1983, NÚM. 3364/83 (Presid., B.O. 30 ENERO 1984, R. 1984, 263), TRASPASO DE FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ESTADO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE.

5.1. Funciones del Estado que asume la Comunidad Autónoma.

La Comunidad Autónoma de Canarias tramitará y resolverá los expedientes de concesión de beneficios previstos en esta materia en la legislación vigente. (Ley 38/72, de 22 de diciembre de Protección del Ambiente Atmosférico. Ley 42/1975 de desechos y residuos sólidos urbanos).

Competencias, servicios y funciones que se reserva la Administración del Estado. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

- Elaboración de proyectos de legislación básica.
- Coordinación y vigilancia de las actividades de política ambiental del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de las distintas actuaciones de los restantes Departamentos ministeriales con incidencia ambiental como función propia del Secretariado de la Comisión Interministerial de Medio Ambiente.
- Coordinación de las actuaciones internacionales en materia ambiental.

5.2. Funciones en que han de concurrir la Administración del Estado y las de la Comunidad Autónoma y formas de cooperación.

Se desarrollarán Coordinadamente.

- Formulación y dirección de la política ambiental en los respectivos ámbitos de competencia.
- Campaña de concienciación cívico ambiental.
- Planificación y distribución entre las Comunidades Autónomas de las subvenciones y beneficios previstos en la legislación vigente sobre la materia de medio ambiente.

6. PRINCIPALES ÓRGANOS EJECUTIVOS DE LA ADMINISTRACIÓN DEL ESTADO ESPAÑOL RELACIONADOS CON EL MEDIO AMBIENTE. FUNCIONES.

• MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES

Representación española ante los Organismos Internacionales.

1. Secretaría de Estado para las Relaciones con las Comunidades Europeas.

Coordinación de los Departamentos implicados en temas medioambientales para adopción de posturas de negociación y representación ante las Comunidades Europeas.

• MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE Y MEDIO AMBIENTE.

1. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. R.D. 199/1990.

1.1. Dirección General de Política Ambiental.

* *Subdirección General de Cooperación Internacional.*

* *Subdirección General de Planificación, Estudios y Normativa.*

- Proyectos de legislación básica en materia de Medio Ambiente.
- Planes ambientales de ámbito nacional.
- Metodologías para realización de EIA.
- Relación con los Organismo Internacionales y las comunidades Europeas en colaboración con la Secretaría General Técnica del Departamento; de acuerdo y en coordinación con el Ministerio de Asuntos Exteriores.
- Obtención de información para cumplir la normativa de la CEE en materia ambiental.

1.2. Dirección General de Ordenación y Coordinación Ambiental.

* *Subdirección General de Calidad Ambiental*

* *Subdirección General de Coordinación e Información*

- Impulso y coordinación de actuaciones integradas para la protección del Medio Ambiente.
- Programas de educación e información ambientales de interés nacional.
- Cauces de participación.
- Planificación y distribución entre las Comunidades Autónomas de subvenciones y beneficios.
- Difusión y publicaciones.
- Examen y valoración de los estudios de impacto ambiental y formulación de las declaraciones de impacto.

1.3. Dirección General de Obras Hidráulicas.

Propuesta y realización de acciones para protección y mejora de la calidad de recursos hídricos, policía de aguas y defensa de su calidad.

1.4. Dirección General de Puertos y Costas. (Ahora Secretaría de Estado).

Delimitación y defensa, regeneración, conservación, protección, gestión y vigilancia de las costas.

1.5. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. (O.A.).

Conocer, utilizar y proteger los recursos naturales, competencia del MOPU; adecuar las obras públicas a su entorno ambiental; colaborar con otras Administraciones.

1.6. Dirección General de la Marina Mercante.

Contaminación marina.

• **MINISTERIO DE AGRICULTURA**

1. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA). O.A.

- Legislación básica de montes y conservación de la Naturaleza.
- Relaciones Internacionales.
- Gestión y administración de Parques Nacionales.

2. Instituto Español de Oceanografía (IEO) O.A.

Estudio de la condiciones físicas, químicas y biológicas de los mares.

• **MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA. R.D. 1270/88.**

1. Subsecretaría – Gabinete Técnico.

Canaliza todos los temas relacionados con el Medio Ambiente en el MINER.

2. Instituto Tecnológico y Geominero (ITGE) O.A.

- Aplicación de la Geología a la Protección del Medio Ambiente.
- Estudios y trabajos conducentes a la conservación y aprovechamiento adecuado de los acuíferos.
- Planes de investigación sobre acuíferos subterráneos y asesoramiento técnico.

3. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). O.A.

4. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). O.A.

• **MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. R.D. 2967/81.**

1. Dirección General de la Salud Pública. Subdirección General de Sanidad Ambiental.

- Determinación general de las condiciones mínimas en materia de Medio Ambiente.

TEMA 32

La Administración Autonómica del medio ambiente en Canarias ¹

Por José Miguel Ruano León (*)

1. LA ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS

1.1. Competencias estatales - competencias autonómicas

El objeto de este epígrafe es concretar el alcance de las competencias de las dos grandes organizaciones políticas en Medio Ambiente: el Estado y las Comunidades Autónomas. La Constitución establece un régimen de competencias compartidas en dicha materia, que se concretan estatutariamente en función de la vía de acceso a la autonomía, si bien respecto de la Comunidad Autónoma de Canarias hay que añadir la Ley Orgánica de Transferencias Complementarias para Canarias (LOTRACA).

Obviamente, no es posible conocer la organización y competencias de la Administración canaria en materia de Medio Ambiente sin tener una noción básica del sistema de distribución de competencias entre el Estado y las Comunidades Autónomas.

El sistema de distribución competencial que establece la Constitución española funciona sobre la base del «principio dispositivo», conforme al cual no se establece una división tasada de las materias y competencias que ejercen ambas instancias políticas y ni siquiera se asumen las mismas competencias, ni el mismo nivel funcional sobre éstas, por las distintas Comunidades Autónomas. Así, será el respectivo *Estatuto de Autonomía* el que concrete las competencias de esa Comunidad Autónoma, lo cual está relacionado directamente —al menos en el momento de la constitución de la nacionalidad o región como Comunidad Autónoma— con la *vía de acceso* a la autonomía. Simplificando, podemos decir que si la vía de acceso ha sido la del art. 143 de la Constitución, el Estatuto se elaborará conforme al art. 146 y el nivel competencial alcanzado será menor², pudiendo asumir competencias del art. 148 de la Constitución. Si la vía de acceso a la autonomía ha sido la del art. 151 y Disposición Transitoria 2ª de la Constitución (nacionalidades históricas) el Estatuto se elaborará conforme al art. 151.2 de la Constitución y el nivel competencial será mayor, pudiendo asumir no sólo del art. 148 sino también del art. 149 de la Constitución.

Canarias, aún a pesar de haber accedido a la autonomía por la vía del art. 143 de la Constitución cuenta sin embargo con un nivel competencial equiparable a las CC.AA del art. 151, al aprobarse simultáneamente al Estatuto la LOTRACA, que le ha permitido asumir competencias del art. 149 de la Constitución.

(*) Ldo. en Derecho. Asesor jurídico del Presidente del Gobierno de Canarias.

¹ La citada sesión fue impartida el 1 de diciembre de 1993 en la Universidad de La Laguna y el 12 de enero de 1994 en la de Las Palmas de Gran Canaria. Las normas jurídicas que se citan se han actualizado a 31 de julio de 1996.

² No obstante, téngase en cuenta que para estas CC.AA. la Constitución prevé en su art. 148.2 la posibilidad de ampliar sus competencias en el marco del art. 149, una vez transcurrido un plazo de cinco años.

Los títulos constitucionales que amparan las competencias que genéricamente podemos considerar como MEDIO AMBIENTE son los siguientes.

- Art. 148.1.3: «Ordenación del Territorio ...».
- Art. 148.1.8: «Montes y aprovechamientos forestales».
- Art. 148.1.9: «Gestión en materia de protección del medio ambiente».
- Art. 149.1.23: «Legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las CC.AA. de establecer normas adicionales de protección sobre montes, aprovechamientos forestales y vías pecuarias».

Téngase en cuenta que el Estado tiene, conforme al art. 149.1.23, la *potestad legislativa básica*, en cuanto establecimiento de un mínimo común denominador normativo en todo el Estado, si bien las CC.AA. pueden establecer **NORMAS ADICIONALES DE PROTECCIÓN**, lo que tiene especial significación en el caso de Canarias. (Ver los arts. 29.4, 29.11, 32.4, 33 a), 34.3 y 34.4 del Estatuto de Autonomía de Canarias).

1.2. Organización administrativa

La organización del Medio Ambiente en las CC.AA. es diversa, pudiendo sostenerse que no existe un criterio fundado de atribución de las funciones medioambientales en los distintos Departamentos. Esta diversificación es también producto de la falta de solidez del modelo estatal.

En síntesis, debemos afirmar que no se produce una organización unívoca, distinguiéndose en la mayor parte de los casos las funciones de «medio ambiente» y «conservación de la naturaleza», considerando esta última en sentido clásico —conservación del medio natural— y la primera vinculada a todas aquellas acciones y omisiones sobre los recursos naturales que afecten directamente al hombre. Esta concepción lleva a que, al igual que en el modelo estatal que reside en el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación las competencias de «conservación de la naturaleza» y en el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente las de «medio ambiente»³, muchas CC.AA. organicen el «Medio Ambiente» en distintos Departamentos⁴.

2. LA ORGANIZACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CANARIAS

2.1. Las funciones «Medio Ambiente» y «Conservación de la Naturaleza». Su adscripción orgánica. Etapas.

La atribución de las funciones medioambientales en la Comunidad Autónoma de Canarias ha sufrido una evolución que nos permite distinguir una primera etapa de «indefinición» (1983-1985), una segunda etapa de «transición» (1985-1986), una tercera etapa que se arranca con las transferencias del Estado en materia de *Conservación de la naturaleza* mediante el R.D. 2614/1985, de 18 de diciembre y que podemos denominar de «asentamiento» (1986-1991). La creación de la Viceconsejería de Medio Ambiente en el Decreto 306/1991, de 29 de noviembre, marca el inicio de una etapa de «madurez».

Efectivamente, tras una primera etapa en la que las competencias en materia de MEDIO AMBIENTE se residencian entre las Consejerías de Obras Públicas y de Industria, el Decreto 247/1985, de 18 de julio, crea la Consejería de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente, que cambia su denominación por la de CONSEJERÍA DE POLÍTICA TERRITORIAL por Decreto 13/1986, de 24 de enero. Con esa denominación y una vez recibido el traspaso de medios personales y materiales del R.D. 2614/1985, de 18 de diciembre, se inicia una etapa de «asentamiento», en la que de forma real la Comunidad Autónoma realiza una política sobre el Medio Ambiente del Archipiélago (1986-1991). En esa etapa se aprueban un conjunto importante de leyes sobre el Suelo y el Medio Ambiente, que aumentan significativamente las competencias de

³ Téngase en cuenta que por R.D. 758/1996, de 5 de mayo, desarrollado por R.D. 839/1996, de 10 de mayo (B.O.E. de 11.5.96), se crea el Ministerio de Medio Ambiente, integrándose en el mismo la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, que estaba integrada en el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Las competencias sobre Parques Nacionales se ejercen por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales.

⁴ Ver LÓPEZ BUSTOS, F.L.: *La organización administrativa del Medio Ambiente*, Edit. Civitas, Colección Cuadernos, Madrid, 1992.

la Consejería, sin que exista una estructura organizativa debidamente coordinada y con los puestos de trabajo precisos para afrontar el ejercicio de las funciones previstas legalmente. Estas leyes son las siguientes:

- Ley 1/87, de Planes Insulares de Ordenación⁵.
- Ley 5/87, de Ordenación del Suelo Rústico.
- Ley 12/87, de Espacios Naturales de Canarias⁶.
- Ley 7/90, de Disciplina Urbanística y Territorial.
- Ley 11/90, Evaluación de Impacto Ecológico.

Durante esa etapa el Centro Directivo competente en materia de Medio Ambiente es la «Dirección General de Medio Ambiente y Conservación de la Naturaleza».

Con el Decreto 306/1991, de 26 de noviembre, se inicia la que hemos denominado etapa de «madurez». Con las mismas funciones y medios materiales y personales que la citada Dirección General se crea la Viceconsejería de Medio Ambiente, elevándose el rango organizativo del Centro Directivo, aunque sin significativas modificaciones en la organización de los servicios. Es de destacar que las competencias en materia de disciplina ambiental pasan a desempeñarse por un Centro Directivo de nueva creación: la Dirección General de Disciplina Urbanística y Medioambiental⁷.

2.2. La distribución competencial entre las distintas Consejerías del Gobierno de Canarias

El análisis de las competencias que en materia de «Medio Ambiente» tiene la Comunidad Autónoma de Canarias sería incompleto si se deja exclusivamente referido a la Consejería de Política Territorial. Existen otras Consejerías que detentan importantes competencias en la materia, aunque cuantitativamente sean poco significativas.

Tal es el caso de las Consejerías de Obras Públicas, Vivienda y Aguas; Industria y Comercio; Sanidad y Asuntos Sociales⁸.

La Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas es responsable en materia de VERTIDOS al dominio público hidráulico⁹.

La Consejería de Industria y Comercio es competente en materia de MEDIO AMBIENTE INDUSTRIAL¹⁰.

La Consejería de Sanidad y Asuntos Sociales es competente en materia de control de EMISIONES DE GASES a la atmósfera y control de calidad de las aguas marinas en cuanto pueda incidir en la salud humana¹¹.

Esa relativa dispersión material no facilita la administración y gestión medioambiental de las Islas y se añade a la problemática que se genera por la falta de vigilancia de la Administración del Estado —y la imposibilidad de actuación de la Administración Canaria— en el mar interior del Archipiélago.

2.3. Las competencias de los Cabildos Insulares

Por Decreto 63/1988, de 12 de abril¹² se transfirieron funciones a los Cabildos en materia de CAZA, entre otras. Las instituciones insulares asumen así competencias en una actividad específica que incide en la vida silvestre.

No obstante lo anterior, los Cabildos están llamados a la realización de la gestión insular del medio ambiente, dadas las previsiones de la Disposición Adicional Segunda de la Ley 14/1990, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas de Canarias, que establece la posibilidad de delegación en las instituciones

⁵ Modificada por la Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias. (B.O.C. nº 157, de 24-12-94).

⁶ Derogada por la Ley 12/1944, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias.

⁷ Por Decreto 107/1995, de 26 de abril, se aprueba el nuevo Reglamento Orgánico de la Consejería de Política Territorial, que suprime la citada Dirección General. Esta vuelve a crearse por Decreto 273/1995, de 11 de agosto. (B.O.C. nº 64, de 24-5-95 y B.O.C. nº 110, de 23-8-95).

⁸ Actualmente: Consejería de Sanidad y Consumo.

⁹ Ver Decreto 161/96, de 4 de julio, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico de la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas. (B.O.C. nº 84, de 12-7-96).

¹⁰ Ver Decreto 323/95, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico de la Consejería de Industria y Comercio. (B.O.C. nº 153, de 1-12-95).

¹¹ Por Decreto 32/1995, de 24 de febrero, se aprueba el Reglamento de Organización y Funcionamiento del Servicio Canario de Salud, que asume dentro de la Dirección General de Salud Pública competencias de salud medioambiental. (B.O.C. nº 32, de 15-3-95).

¹² Actualizado por Decreto 153/1994, de 21 de julio. (B.O.C. nº 92, de 28-7-94).

insulares en materia de «servicios forestales», «protección del medio ambiente» y «gestión y conservación de espacios naturales protegidos en el marco de lo que disponga la legislación sectorial autonómica»¹³.

3. LA CONSEJERÍA DE POLÍTICA TERRITORIAL

3.1. Estructura orgánica y división funcional

El régimen orgánico-funcional de la Consejería de Política Territorial se establece en su Reglamento Orgánico¹⁴. Esta Consejería es el Departamento de la Administración Pública de la Comunidad Autónoma de Canarias competente en materia de ordenación del territorio y urbanismo, ordenación del litoral, MEDIO AMBIENTE Y CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA y protección civil.

La Consejería se organiza en los siguientes órganos superiores:

- Consejero.
- Viceconsejería de Medio Ambiente.
- Secretaría General Técnica.
- Dirección General de Urbanismo.
- Dirección General de Disciplina Urbanística y Medioambiental.

Junto a estos órganos hay que citar como órganos colegiados los siguientes¹⁵:

- Comisión de Urbanismo y Medio Ambiente de Canarias (C.U.M.A.C.).
- Consejo Regional de Caza de Canarias.

El Reglamento Orgánico regula con detalle las funciones de cada órgano en las materias competencia de la Consejería.

Obviamente, es el Consejero de Política Territorial el que tiene atribuida la dirección de la política medioambiental y de conservación de la naturaleza en el ámbito de la Comunidad Autónoma, bajo las directrices del Gobierno¹⁶.

La importancia de sus funciones, que se concretan en el art. 15 del Decreto 212/1991, de 11 de septiembre (B.O.C. nº 122, de 16-9-91) y las podemos agrupar en:

- Funciones de asistencia y régimen jurídico.
- Dirección de la política de personal del Departamento.
- Elaboración, seguimiento y evaluación presupuestaria.
- Contratación administrativa del Departamento.
- Dirección de la Administración General del Departamento.

Dado que la Consejería de Política Territorial es el tercer Departamento del Gobierno en número de empleados públicos, las funciones de dirección de personal cobran gran importancia, fundamentalmente por ser el órgano de negociación de los asuntos intradepartamentales con sindicatos más representativos.

3.2. La Dirección General de Disciplina Urbanística y Medioambiental

Es el órgano competente para la incoación, instrucción y —casi siempre— resolución de los expedientes sancionadores en materia urbanística y medioambiental. Se organiza en dos servicios territoriales, con sede

¹³ El art. 37.3 de la Ley 12/1994, de Espacios Naturales de Canarias establece: «La gestión de los Espacios Naturales Protegidos SE DELEGARÁ a los Cabildos Insulares como órganos de representación ordinaria de la Administración Autónoma en cada isla ...».

¹⁴ Ver nota nº 8.

¹⁵ La Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias crea —asimismo— el Consejo Asesor de Medio Ambiente y Ordenación Territorial y el Consejo de Espacios Naturales Protegidos de Canarias (órgano de coordinación Gobierno-Cabildos de la gestión insular de los Espacios Protegidos).

¹⁶ Ver el art. 22 del vigente Reglamento Orgánico.

en Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria, que tiene adscritos diferentes puestos de «instructores» y de «inspectores».

Además de las denuncias que realizan sus inspectores hay que destacar las que realizan el SEPRONA, los Agentes de Medio Ambiente¹⁷ y particulares.

3.3. La C.U.M.A.C.

Dentro del importante elenco de funciones que realiza la C.U.M.A.C. su carácter de órgano ambiental es cuantitativamente el menos significativo. Sin embargo, su intervención en los Planes Insulares de Ordenación¹⁸, en el planeamiento de los espacios naturales protegidos y su carácter de órgano ambiental en las Declaraciones de Impacto Ambiental (art. 23.3 a) Ley 11/1990) representa cualitativamente la importancia de este órgano colegiado.

3.4. La Viceconsejería de Medio Ambiente

Como se ha señalado la Viceconsejería no es un Centro Directivo que organice en su seno diferentes Direcciones Generales, sino una Dirección General elevada de rango por la importancia del sector material que gestiona¹⁹. Es órgano sancionador por infracciones ambientales graves, si bien la incoación y la instrucción de los expedientes corresponde al Director General de Disciplina Urbanística y Medioambiental.

La Viceconsejería se organiza en diferentes servicios de ámbito central y periférico con presencia de todas las islas a través de las Unidades Insulares de Medio Ambiente.

¹⁷ Ver el Decreto 133/1995, de 11 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Organización y Funcionamiento del Cuerpo de Agentes de Medio Ambiente. (B.O.C. nº 71, de 7-6-95).

¹⁸ Téngase en cuenta que la Ley 12/1994, modifica la Ley de Planes Insulares, otorgando a éstos categoría de Planes de Ordenación de los Recursos Naturales y estableciendo prescripciones sobre su contenido ambiental.

¹⁹ Ver las competencias específicas del Viceconsejero en el art. 26 del vigente Reglamento Orgánico.

TEMA 33

Los Cabildos insulares y el medio Ambiente

Por Jesús Bernardos Correa (*)

INTRODUCCIÓN

El Estatuto de Autonomía de Canarias, en su artículo 7, reconoce a los Cabildos Insulares como *instituciones* de la Comunidad Autónoma; y el artículo 22 termina por configurarlos como algo más de las meras administraciones locales que habían venido siendo, ocupando, en el ámbito insular, la posición competencial que se atribuía por la legislación local general a las Diputaciones Provinciales.

Es esta declaración de «Institución de la Comunidad Autónoma» que se infiere de la incardinación del artículo 7 en el Título Primero del Estatuto que se intitula precisamente «De las Instituciones de la Comunidad Autónoma», lo que les ha dado una potenciación de su figura que, al menos desde 1973, había venido mostrándose enormemente acertada en la gestión de aquellos asuntos en los que, sin competencias propias strictu sensu, pero con grandes recursos económicos y gran visión global de las necesidades de su isla, intervenía.

Así, pues, los Cabildos han de observarse a la luz de dos «realidades» —lo que ha venido a llamarse la «doble naturaleza» de los Cabildos—: una, la que le viene dada como administración local; otra, la que le reconoce el Estatuto de Autonomía en cuanto institución de la Comunidad Autónoma en tanto reciba por transferencias y delegaciones competencias de ésta.

Veamos las competencias que estas dos «realidades» ofrecen a los Cabildos en materia de medio ambiente.

Los Cabildos, Administración local

La Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local, viene a equiparar a los Cabildos con las Diputaciones de régimen común, siguiendo así la línea marcada por la precedente de 1955. El artículo 41.1 de dicha norma lo deja bien claro: «*Los Cabildos*, como órgano de gobierno, administración y representación de cada isla, se rigen por las normas de esta ley que regulan la organización y funcionamiento de las *Diputaciones provinciales*, *asumiendo las competencias de éstas*, sin perjuicio de las que les corresponden por su legislación específica».

Pues bien, las competencias de los Cabildos en cuanto administración local, habrá que buscarlas en aquel precepto que se refiere a las Diputaciones, lo que nos lleva al artículo 36 de la misma norma, que en su número 1 dice así:

(*) Ldo. en Derecho. Jefe de Servicio del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife.

«Son competencias propias de las Diputaciones las que les atribuyan, en este concepto, las Leyes del Estado y de las Comunidades Autónomas en los diferentes sectores de la acción pública y, en todo caso:

- a) La cooperación de los servicios municipales entre sí para la garantía e la prestación integral y adecuada a que se refiere el apartado a) del número 2 del artículo 31.
- b) La asistencia y la cooperación jurídica, económica y técnica a los Municipios, especialmente los de menor capacidad económica y de gestión.
- c) La prestación de servicios públicos de carácter supramunicipal y, en su caso, supracomarcial.
- d) En general, el fomento y la administración de los intereses peculiares de la Provincia».

Como puede colegirse de la lectura del transcrito precepto, los Cabildos en cuanto a administración local no tienen ninguna competencia en materia de medio ambiente; es decir, competencias strictu sensu, difiriendo la legislación local a las leyes sectoriales la determinación de las que hayan de otorgarse en cada sector material de la acción pública.

El precepto transcrito además, nos pone de evidencia que los Cabildos-Administración local han sido diseñados como coadyuvantes de los Ayuntamientos. Y será desde esta óptica desde la que podremos encontrar competencias y actuaciones materiales de los Cabildos en medio ambiente.

En esta línea, una ley sectorial, la ley de desechos y residuos sólidos urbanos de 19 de noviembre de 1975, posibilita que los Cabildos se subroguen en las competencias de los Ayuntamientos en esta materia, lo que va a admitir una intervención de aquellos en materias medioambientales.

Aprovechando tal oportunidad, y conectándola con la configuración del servicio con carácter supramunicipal, algún Cabildo —singularmente, el de Tenerife— ha incidido de forma muy particular en esta materia concreta, cuyas principales actuaciones se concretan en la subrogación de la competencia para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos.

Por último, hay otro grupo de «competencias» que se actúan por los Cabildos; unas, derivadas de su intervención en los residuos sólidos urbanos, como es el aprovechamiento de éstos para fabricación de compost; otras, en convenios de cooperación con otras administraciones públicas, como son las que podríamos englobar bajo el título general del paisajismo, en el que se encuadran las campañas de enfoscado y pintado de fachadas, el ajardinamiento de carreteras y autopistas, y la repoblación forestal.

Los Cabildos, institución de la Comunidad Autónoma

Los títulos que en este apartado atribuyen competencias medioambientales a los Cabildos, son más fáciles de encontrar: todos ellos derivan del Estatuto de Autonomía y de la ley que, en desarrollo de éste, se conoce comúnmente como «ley de Cabildos»; la primera de 18 de noviembre de 1986, y la segunda, actualmente vigente, de 26 de julio de 1990.

En la materia que nos ocupa, las competencias que de forma más directa se refieren al medio ambiente son las siguientes, expuestas según el orden que vienen citadas en la ley 14/90:

a) Disposición Adicional Primera: Competencias transferidas:

- Caza
- Policía de espectáculos
- Actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas

b) Disposición Adicional Segunda: Competencias delegadas:

- Protección del Medio Ambiente
- Gestión y conservación de espacios naturales protegidos en el marco de lo que disponga la legislación sectorial autonómica.

1. COMPETENCIAS TRANSFERIDAS

1.1. Caza

(Decreto 153/1994, de 21 de julio, BOC núm. 92)

Funciones del Cabildo

- a) La expedición de licencias para el ejercicio de la caza.
- b) La concesión de permisos para cazar en los terrenos de las Reservas y cotos Nacionales de Caza, Cotos Sociales de la Caza y Zonas de Caza Controlada.
- c) La tramitación y resolución de los expedientes sancionadores en materia de caza.
- d) La adopción de las medidas conducentes a la protección, conservación, fomento y ordenado aprovechamiento de la riqueza cinegética insular y la aplicación de las medidas dirigidas a la consecución de estos fines.
- e) La titularidad y gestión de las granjas cinegéticas.

1.2. Actividades Clasificadas

(Decreto 153/1994, de 21 de julio, BOC núm. 92)

Funciones del Cabildo

- a) Todas las competencias ejecutivas, que corresponden a la Comunidad Autónoma, reguladas en el Reglamento aprobado por Decreto 2.414/1961, de 30 de noviembre, excepto las referidas a plantas de producción energética y, en particular, las siguientes:
- b) La determinación del lugar adecuado donde hayan de emplazarse las actividades clasificadas cuando no esté fijado en las Ordenanzas Municipales o Planes Urbanísticos.
- c) Informar las Ordenanzas y Reglamentos municipales referentes a las actividades clasificadas.
- d) Proponer a los Alcaldes las medidas correctoras que, sin que exista la petición de parte interesada, consideren pertinentes respecto a actividades ejercidas en los respectivos términos municipales.
- e) Ejercer la alta vigilancia del cumplimiento de lo dispuesto en el citado Reglamento, imponiendo las sanciones previstas en el mismo y exigiendo la responsabilidad debida a las autoridades municipales que fuesen negligentes en el cumplimiento del mismo.
- f) Informar sobre la procedencia, en casos excepcionales, del emplazamiento de actividades clasificadas en lugar distinto del previsto en Ordenanzas Municipales o Planes Urbanísticos.
- g) La tramitación del expediente de solicitud de establecimiento de una actividad clasificada o modificación de alguna existente, emitiendo informes, adoptando acuerdos y girando comprobaciones en los términos y con el alcance previsto en los artículos 31 a 34 del Reglamento de 30 de noviembre de 1961.
- h) Ordenar en cualquier momento que por un funcionario técnico se gire visita de inspección a las actividades que vayan desarrollándose o instalaciones que funcionen, para comprobar el cumplimiento de las condiciones exigidas en la licencia.
- i) Ordenar a los Alcaldes de la isla que requieran al propietario, administrador o gerente de las actividades clasificadas para que, en el plazo que se le señale, corrija las deficiencias comprobadas, verificando la corrección, y dictando las resoluciones previstas en los artículos 36 y 37 del Reglamento de Actividades.
- j) La imposición de las sanciones previstas en el Reglamento de 30 de noviembre de 1961 cuando no sea competencia de los Alcaldes o en sustitución de éstos.
- k) Resolver los recursos que se interpongan contra las resoluciones dictadas por el Cabildo Insular.

1.3. Policía de Espectáculos

(Decreto 154/1994, de 21 de julio, BOC núm. 92)

Funciones del Cabildo

- a) Autorización de bailes y espectáculos.
- b) Autorización de prolongación de horario de bares, cafeterías y discotecas.
- c) Tramitación y resolución de expedientes sancionadores por infracciones.
- d) Expedición de certificaciones.
- e) Evacuación de informes y solicitud de los mismos a los Ayuntamientos, Guardia Civil y Gobierno Civil.
- f) Gestión y cobro de tasas por espectáculos.
- g) Llevar el Registro de Empresas y Locales de Espectáculos Públicos.

Actualmente se encuentra en trámite de audiencia a los Cabildos, Anteproyecto de Ley de Actividades Clasificadas y Policía de Espectáculos, que incide de forma notoria en las funciones de los Cabildos que se han dejado enumeradas.

2. COMPETENCIAS DELEGADAS

2.1. Protección de Medio Ambiente

Aún no se ha dictado norma alguna de desarrollo de la delegación en esta materia, por lo que los Cabildo no han asumido las funciones que han de concretarse en la referida norma de desarrollo.

2.2. Espacios Naturales

La Ley de Cabildos prevé la delegación en la gestión y conservación de espacios naturales protegidos en el marco de lo que disponga la legislación sectorial autonómica.

Dicha legislación está constituida por la Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias.

La delegación, en realidad, se articula a través de un órgano de nueva creación en el que los Cabildos estarán representados mediante una minoría mayoritaria. Dichos órganos, los *Patronatos Insulares de Espacios Naturales Protegidos*, se adscriben administrativamente al Cabildo respectivo, y tienen como funciones principales las siguientes:

- a) «Velar por el cumplimiento de la normativa, ordenación y planeamiento de los Espacios Naturales Protegidos.
- b) Promover cuantas gestiones considere oportunas en favor de los espacios protegidos.
- c) Ser oído en la tramitación de los instrumentos de planeamiento de los Espacios Naturales Protegidos, de acuerdo con lo previsto en la presente Ley.
- d) Informar, con carácter vinculante, los Programas Anuales de Trabajo a realizar en el ámbito de los Espacios Naturales Protegidos.
- e) Informar los proyectos y propuestas de obras y trabajos que se pretenda ejecutar, no contenidos en los instrumentos de planeamiento o en los Programas Anuales de Trabajo.
- f) Ser informado de la ejecución de las obras y trabajos a que se refieren los apartados anteriores.
- g) Informar los proyectos de actuación y subvenciones a realizar en las Areas de Influencia Socioeconómica, de acuerdo con los criterios de prioridad previstos en esta Ley.
- h) Aprobar su Memoria Anual de Actividades y Resultados, proponiendo las medidas que considere necesarias para corregir disfunciones o mejorar la gestión.
- i) Ser oído en el nombramiento de los Directores Conservadores de los Parques Naturales y Reservas.

Las demás competencias que les atribuye la Ley».

3. OTRAS COMPETENCIAS

Tomando como base el Cabildo Insular de Tenerife, se exponen a continuación las acciones más importantes que se han acometido por la referida Corporación Insular, y que no son más que reflejo de las competencias que antes se han expuesto, fundamentalmente como corolario de la cooperación a los servicios municipales.

Estas actuaciones las dividiremos en dos bloques:

- A. Gestión de residuos y
- B. Plan insular contra incendios

A. GESTIÓN DE RESIDUOS

3.1. Plan Insular de Residuos Sólidos

Funciones del Cabildo

—Asume, por subrogación, las competencias municipales de tratamiento de los residuos sólidos urbanos.

- El servicio está concedido a la empresa VERTRESA por 30 años, que se vencen el 31 de diciembre del año 2014.
- Existen dos Comisiones que tratan los temas que se generan en torno al PIRS:
 - a) Comisión de Asesoramiento y Seguimiento del PIRS, compuesta por un representante de los municipios de Santa Cruz de Tenerife, La Laguna, La Guancha, La Orotava, Arona, El Rosario y Arico, y este Cabildo.
 - b) Comisión Técnica Permanente del PIRS, compuesta por los Jefes de Servicio de Medio Ambiente, Agricultura, Ingeniería Industrial y Desarrollo Económico.
- El Reglamento del Servicio, aprobado por acuerdo plenario de 4 de abril de 1988, prevé la figura del Inspector del Servicio, habiendo sido nombrado por Decreto del Presidente de fecha 12 de abril de 1989, don José María Alonso Pérez, Ingeniero Técnico Industrial adscrito al Servicio de Ingeniería Industrial.

3.2. Planta de Compost

- Actividad económica que se encuentra adjudicada a VERTRESA por 10 años, venciendo el 5 de diciembre del año 2002.
- Supone el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos del PIRS para convertirlos en materia orgánica para la agricultura.
- Dada su íntima conexión con el PIRS, ambas Comisiones allí citadas conocen también de cuantos asuntos se refieran a esta Planta.
- Igualmente, se ha aprobado por acuerdo plenario de 22 de julio de 1994 el Reglamento de Funcionamiento.

3.3. Recogida selectiva del vidrio

Objetivos:

- Establecimiento de Servicios Municipales de recogida selectiva del vidrio a través de la colocación de una red insular de contenedores, al objeto de:
 - a) Disminuir el volumen de residuos con destino al Vertedero de Arico.
 - b) Beneficiar al Medio Ambiente con el ahorro de materias primas y energético.
- Implantación de los contenedores por fases, en virtud de las posibilidades económicas de adquisición del material por la Corporación Insular.
- Amplía autonomía municipal en orden a: Establecimiento del Servicio. Concesiones de los Servicios de recogida de vidrio. Ubicación de los contenedores.
- La actuación del Cabildo Insular de Tenerife se hace en base a las competencias siguientes:
 - a) Asistencia y cooperación jurídica, económica y técnica a los Municipios (art. 36 de la Ley 7/1985).
 - b) Adopción de las medidas oportunas para asegurar en el correspondiente término municipal la prestación integral y adecuado de los servicios que la Ley 42/1975, de residuos sólidos atribuye a los Ayuntamientos, cuando éstos no puedan prestar el servicio por razones de carácter económico u organizativo, no se mancomunen entre sí a estos fines o no establezcan consorcios con las Diputaciones, Cabildos o Consejos (art. 11.5 de la Ley 42/1975).

3.4. Recogida selectiva de pilas-botón

Antecedentes:

- Desde el año 1991, dentro de la campaña *Gente 10*, el Cabildo Insular inició un programa-piloto de recogida en establecimientos y centros docentes, que perseguía como objetivo general el de informar y sensibilizar a la población de la Isla sobre la necesidad e importancia de seleccionar a las pilas de los demás residuos, por su alta toxicidad y peligrosidad.
- Hasta el momento se han realizado 4 recogidas con un volumen total (pilas botón + pilas convencionales) de 9483 kg. Actualmente se está procediendo a la realización de la 5ª recogida.
- Se tienen en la actualidad 393 establecimientos colaboradores de la campaña.

- Se tienen un total 479 contenedores, de los que 393 están distribuidos entre los colaboradores actuales, y disponibles 89, a los que hay que añadir los 300 aportados por la Comunidad Autónoma de Canarias.
- En el servicio de Protección del Territorio se está confeccionando una base de datos de solicitudes de contenedores.
- El número de establecimientos colaboradores será ampliado en base a las nuevas solicitudes de nuevos colaboradores, previa selección en función del tipo de colaborador y de los contenedores disponibles.
- Respecto al almacenamiento de pilas botón, se están realizando los pertinentes trámites para la habilitación y acondicionamiento de una zona en la nave de Güimar como almacenamiento de las pilas botón procedentes de las recogidas previo a su envío a la planta de tratamiento en la Península.

Objetivos:

- Regularizar la recogida de pilas colaborando con la Administración competente Comunidad Autónoma.

3.5. Plan Insular de Escombreras

Objetivos:

- Eliminación de vertederos incontrolados existentes a lo largo de la geografía insular.
- Proceder a la restauración de espacios afectados por extracciones de áridos.

Medios:

- 1ª Fase:* Tratamiento y depósito.— Creación de una red de vertederos principales distribuidos geográficamente en la Isla y con las garantías técnicas y ambientales necesarias, mediante concierto con los titulares de extracciones de áridos.
- 2ª Fase:* Recogida y transporte.— Establecer un Servicio Insular de recogida de escombros domiciliarios, a través de la colocación de una red de contenedores específicos.

Competencias del Cabildo Insular:

- Asistencia y cooperación jurídica, económica y técnica a los Municipios (art. 36 de la Ley 7/1985).
- Adopción de las medidas oportunas para asegurar en el correspondiente término municipal la prestación integral y adecuado de los servicios que la Ley 42/1975, de residuos sólidos atribuye a los Ayuntamientos, cuando éstos no puedan prestar el servicio por razones de carácter económico u organizativo, no se mancomunen entre sí a estos fines o no establezcan consorcios con las Diputaciones, Cabildos o Consejos (art. 11.5 de la Ley 42/1975).
- Competencia asumida de tratamiento de residuos sólidos por el Plan Insular de Residuos Sólidos (PIRS).

3.6. Puntos Limpios

Concepto:

El *punto limpio* es una instalación donde se reciben, previamente seleccionados, ciertos tipos de residuos (escombros domiciliarios, mobiliario y enseres, electrodomésticos y pequeña chatarra, pilas, vidrio, restos de jardinería). Se trata de situar, en un solo lugar, un servicio donde se presente al ciudadano un conjunto de contenedores especiales, con fácil acceso y vehículo propio.

Objetivos:

- Aprovechamiento de los materiales contenidos en los residuos sólidos urbanos que son susceptibles de un reciclaje directo, consiguiendo con ello un ahorro energético y de materias primas, así como una reducción del volumen de residuos que es necesario tratar o eliminar.
- Evitar el vertido incontrolado de los residuos voluminosos que no pueden ser eliminados a través de los servicios convencionales de recogida de basuras.
- Separar los residuos peligrosos generados en los hogares, cuya eliminación conjunta con el resto de las basuras urbanas representa un riesgo.

Actuaciones:

- El Pleno de 22 de julio de 1994 aprobó el Convenio con los Ayuntamientos para su implantación, modificado por acuerdo de 30 de marzo de 1995.
- Se firmó el Convenio con el Ayuntamiento de La Laguna el día 17 de abril de 1995, para la implantación del Punto Limpio a ubicar en un solar del Cabildo Insular en Las Torres (Taco).
- Se ha redactado el proyecto y se ha adjudicado su ejecución a la empresa CORSAN, en sesión de Comisión de Gobierno de fecha 27 de mayo de 1996, por importe de 60.658.445 pts.

3.7. Plan Insular de Recogida de Vehículos Abandonados y Chatarra

Objetivos:

- Legalizar los desguaces y almacenes de chatarra de la Isla, mediante el control jurídico realizado a través de los Ayuntamientos, para la aplicación tanto de la Ley 42/1975, de 19 de noviembre, sobre Resechos y Residuos Sólidos Urbanos, así como del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (Decreto 2114/1961, de 30 de noviembre) y puntualmente la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, y supletoriamente la Directiva del Consejo de 12 de diciembre de 1991, relativa a los Residuos Peligrosos (91/689/CEE).
- Establecer un sistema que garantice la eliminación de los vehículos al darlos de baja, sin costes para la Administración.
- Definir los procedimientos a seguir para la retirada y eliminación de los vehículos abandonados, estableciendo un Centro Insular de Almacenamiento o Depósito Oficial.

B. PLAN INSULAR CONTRA INCENDIOS

3.8. Consorcio de Incendios

- El Plan Insular de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamento se aprobó mediante acuerdo plenario de 4 de mayo de 1987.
- El Plan prevé la constitución de Parques de Bomberos Comarcales que den cobertura a la comarca respectiva.
- Los Parques se gestionan mediante Consorcios, formados por los Ayuntamientos de la Comarca respectiva y el Cabildo.
- Hasta el momento se han constituido dos (2) Consorcios: el del Sur, constituido por los Ayuntamientos de Adeje, Arona, San Miguel, Fasnia, Arico, Guía de Isora y Granadilla; y el del Norte, con los Ayuntamientos de Puerto de la Cruz, La Orotava, La Victoria, La Matanza, Santa Úrsula y Los Realejos.
- Está construido el Parque de Bomberos de Icod de los Vinos, que da cobertura a los municipios de Icod de los Vinos, San Juan de la Rambla, El Tanque, Garachico, Buenavista del Norte, Los Silos, La Guancha, sin que se haya constituido el Consorcio.
- El objetivo final es articular un Consorcio Insular, en el que participen los Ayuntamientos de la Isla, el Cabildo Insular y el Gobierno de Canarias.

TEMA 34

Las competencias municipales en relación con el medio ambiente*

Por Carlos de la Concha Bergillos (**)

INTRODUCCIÓN

Aceptando la tesis de LOPERENA ROTA, contamos con una «aproximación legal» al concepto de medio ambiente en el artículo 19.2 de la Ley General de Sanidad.¹ y ²

Y aunque ese concepto esté concebido, en principio, a efectos sanitarios, puede perfectamente ser aplicable a todos los demás aspectos y ámbitos, incluido el municipal, porque las diferencias competenciales sobre un sector material —aquí el medio ambiente— pueden ser distintas para las diferentes administraciones, pero la materia sobre la que inciden es la misma funcional y conceptualmente.

No hay, pues, un concepto de medio ambiente «local» o «municipal». Hay competencias locales o municipales sobre el medio ambiente, nada más.

1. PANORAMA LEGISLATIVO ACTUAL SOBRE LA MATERIA

1.1. La Constitución de 1978

Conforme a lo que ha dejado dicho el Tribunal Constitucional³ la expresión del artículo 45.2 de la Constitución de 1978 «poderes públicos», incluye a los entes locales, y por tanto al municipio.

Por consiguiente, en principio, corresponde a los municipios, junto a los demás poderes públicos, velar por la utilización racional de todos los recursos naturales, con la finalidad de proteger y mejorar la calidad de la vida, y «defender y restaurar el medio ambiente...»

(*) El contenido de este trabajo reproduce la conferencia dictada en el año 1993 dentro del Máster de Gestión Ambiental, Curso 1.4 «La Administración del Medio Ambiente», tal y como fue impartida, sin actualizaciones normativas a la fecha de publicación; lo que deberá tenerse muy presente por el lector.

(**) Dr. en Derecho. Profesor de Derecho Administrativo de la Facultad de Derecho de la Universidad de La Laguna. Jefe del Servicio de Régimen Jurídico de la Consejería de Presidencia y Relaciones Institucionales del Gobierno de Canarias.

¹ Ley 14/1986, de 25 de abril.

² D. LOPERENA ROTA «La protección de la salud y el medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona en la Constitución». Estudios sobre la Constitución española, Tomo II, págs. 1456 y ss. Ed. Civitas, 1991.

Cfr. «ut infra» 3, 5.

³ STC 35/1985, FJ 3.

Pero, por si cupiese alguna duda, a lo dicho se puede añadir, como lo hace DOMPER FERRANDO ⁴, que existe una absoluta identidad entre los conceptos «defender» y «restaurar» del artº 45.2 CE, con el de «proteger» empleado por los artículos 148.1.9ª y 149.1.23ª de la misma Constitución⁵; que, a su vez, es idéntico al empleado por los artículos 25.2.f), 26.1.d) y 28 de la Ley reguladora de las Bases de Régimen Local, 7/1985, de 2 de abril (LRBRL), para atribuir competencias a los municipios en esta materia.

Téngase, además, presente que aunque la Constitución no distribuye sino las competencias del Estado y las Comunidades Autónomas y no las de las entidades locales, la LRBRL es desarrollo directo de la misma Constitución⁶ y su artículo 2º es la garantía institucional de la autonomía local que la Constitución reconoce a los municipios (arts. 137 y 140); por lo que la asignación de competencias a éstos en la LRBRL equivale a su atribución constitucional.

En conclusión: La protección, defensa y restauración del medio ambiente es una competencia compartida por todas las administraciones públicas y, por lo que ahora nos interesa, desde luego por los municipios, porque así lo ha querido el constituyente.

Cuestión distinta es el alcance de esa competencia, que analizaremos a partir de aquí.

1.2. Los Estatutos de Autonomía; en especial, el Estatuto de Autonomía de Canarias.

Con apoyo en el artº 148.1.2ª de la Constitución, proposición segunda, los Estatutos de Autonomía pueden atribuir competencias sobre Régimen Local a las Comunidades autónomas respectivas (y así, el de Canarias lo hace en el artº 30.uno). Pero no es función de los mismos asignar competencias a las entidades locales, a salvo claro está de permitir la descentralización o delegación de las que son propias de la Comunidad Autónoma en la administraciones locales (como lo hace el de Canarias en el artº 22. tres al prever las transferencias y delegaciones de competencias en favor de los cabildos insulares). No hay, sin embargo, en el Estatuto canario una referencia análoga para los municipios, aunque la Ley 14/1990, de 26 de julio, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas de Canarias sí permite, en el artº 58, que aquéllos puedan recibir competencias de la Comunidad Autónoma, por delegación, lo que, pese a lo previsto en la disposición adicional segunda (que sólo permite la delegación en materia de protección del medio ambiente en los cabildos insulares) parece posibilitar que se produzcan delegaciones de la materia en los ayuntamientos.

Los artículos 33.a) y 34.3 del Estatuto de Autonomía de Canarias le atribuyen competencias a la Comunidad Autónoma para la protección del medio ambiente y sobre espacios naturales protegidos, respecto de cuyas materias podrían existir delegaciones en favor de los municipios.

Como ha denunciado MUÑOZ MACHADO⁷, las mayores competencias en materia medioambiental se atribuyen al Estado y a las Comunidades Autónomas.

1.3. Legislación sectorial estatal

Como habremos de ver más adelante⁸ la legislación sectorial, tanto estatal como autonómica, constituye una importante fuente de competencias municipales en materia medioambiental, tanto en la que constituye «stricto sensu» la protección del medio ambiente, como en materias conexas⁹.

Citaremos aquí, por orden cronológico, sin ánimo de ser exhaustivos, sino a título ejemplificativo, algunas de las disposiciones estatales vigentes que contienen competencias en materia medioambiental atribuidas a entidades locales en mayor o menor medida:

- Reglamento de actividades molestas, insolubles, nocivas y peligrosas, aprobado por Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre; y Orden de 15 de marzo de 1963, Instrucciones para su aplicación.
- Ley de 22 de diciembre de 1972, de Protección del Ambiente Atmosférico.

⁴ J. DOMPER FERRANDO, «Las competencias de las Entidades locales en materia de medio ambiente». Revista de estudios de la Administración local y autonómica, nº 252, octubre-diciembre 1991 págs. 821 y ss.

⁵ Que atribuyen competencias a las Comunidades Autónomas y al Estado, respectivamente, en materia de «protección del medio ambiente.»

⁶ L. PAREJO ALFONSO. «Garantía institucional y autonomías locales» Instituto de Estudios de Administración Local, 1981.

⁷ S. MUÑOZ MACHADO. «Derecho Público de las Comunidades Autónomas». Ed. Cívitas, 1982, vol.I. págs. 553 y ss.

⁸ v. «infra» 2, 2.

⁹ Según el artº. 2.1 LRBRL corresponde a la legislación del Estado y de las Comunidades Autónomas atribuir competencias a las entidades locales en los diferentes sectores de la acción pública.

- Ley de 19 de noviembre de 1975, de Residuos Sólidos y Urbanos, modificada parcialmente por el Real Decreto legislativo 1163/1986, de 13 de junio, con objeto de adaptarla a las directivas de la CEE.
- Ley de 25 de junio de 1985, del Patrimonio histórico español.
- Ley de 2 de agosto de 1985, de Aguas.
- Ley de 14 de mayo de 1986, de Residuos tóxicos y peligrosos, desarrollada por Real Decreto 833/1988, de 20 de junio (básico).
- Real Decreto legislativo 1302/1986, de 30 de junio, de Evaluación del impacto ambiental (básico).¹⁰
- Ley de 25 de abril de 1986, General de Sanidad.
- Ley de 28 de julio de 1988, de Costas.
- Ley de 27 de marzo de 1989, de Conservación de Espacios naturales y flora y fauna silvestres (que deroga la Ley de 2 de mayo de 1975, de Espacios naturales protegidos).
- Real Decreto legislativo 1/1992, de 26 de junio, Texto Refundido del Régimen del Suelo y Ordenación urbana.

1.4. Legislación de la Comunidad Autónoma de Canarias

Por aplicación del artº. 2 LRBRL e independientemente de las delegaciones de competencias que, siendo propias de la Comunidad Autónoma, pueda ésta llevar a cabo en los municipios, las leyes sectoriales del Parlamento de Canarias atribuyen también competencias a los ayuntamientos, en materia medioambiental. Este es el caso, entre otros, de las siguientes leyes:

- Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas.
- Ley 11/1990, de 13 de julio, de Prevención del Impacto ecológico.
- Ley 8/1991, de 30 de abril, de Protección de los animales.
- Ley 1/1987, de 13 de marzo, de Planes Insulares de Ordenación.
- Ley 5/1987, de 7 de abril, de Ordenación Urbanística del Suelo Rústico.
- Ley 7/1990, de 14 de mayo, de Disciplina Urbanística y medioambiental.

2. LAS COMPETENCIAS MUNICIPALES EN MATERIA MEDIOAMBIENTAL

2.1. El «círculo de intereses» municipal

Como colofón de lo dicho hasta ahora y en el frontispicio del apartado que hemos de abordar a continuación debemos dejar claro lo siguiente:

Por exigencia del artículo 2º LRBRL las leyes, tanto estatales como autonómicas, necesariamente han de atribuir competencias sobre el medio ambiente a los municipios, porque, conforme al artículo 45.2 C.E. la protección de aquél otorga a éstos un título habilitante directo que hace que el medio ambiente, como función gestora, entre en el llamado «círculo de intereses» municipal.

Por eso, el artº. 25.2 LRBRL (en donde se sitúa tal competencia municipal) establece: «El municipio ejercerá «en todo caso», competencias, en los términos de la legislación del Estado y de las Comunidades Autónomas, en las siguientes materias:... ..f) Protección del medio ambiente».

2.2. Títulos habilitantes: diversificación.- Naturaleza y carácter

A la vista de su propio mandato, la misma LRBRL, independientemente de las que puedan atribuírsele por las leyes sectoriales, asigna al municipio una importante serie de funciones en relación con el medio ambiente (o materias conexas¹¹).

A razón de ellas están los municipios habilitados para intervenir en las siguientes materias y con el siguiente carácter:

¹⁰ Dictado para la transposición de la directiva 85/377 CEE. Se desarrolla, a su vez, por Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre.

¹¹ Aceptando como tales las que sugiere MUÑOZ MACHADO, o.c. págs. 560-564.

- a) Facultativamente: ordenación, ejecución y disciplina urbanística; patrimonio histórico-artístico; mataderos; abastos; salubridad pública; salud; agua; limpieza; residuos; alcantarillado; aguas residuales; y la específica de protección del medio ambiente (artº. 25.2).
- b) Obligatoriamente, mediante la prestación de los siguientes servicios esenciales; residuos; limpieza viaria; agua potable; alcantarillado; control de alimentos y bebidas; parques públicos; mataderos; depuración de aguas (artº. 26.1)¹²
- c) A esta lista, debe añadirse todas aquellas competencias que a los municipios atribuye la legislación sectorial, teniendo presente que el artº. 28 LRBRL les faculta a realizar, en la protección del medio ambiente, actividades complementarias de las propias de otras administraciones públicas y que, además, la disposición transitoria 2ª de la misma Ley, les asigna, residualmente, en esta misma materia, cuantas competencias de ejecución no se muestren conferidas por la legislación sectorial a otras administraciones.
- d) A este importante elenco competencial de funciones propias hay que añadir, aún, la posibilidad de que los municipios reciban delegaciones de competencias estatales (artº. 27 LRBRL) o autonómicas¹³.

2.3. La posición jurídica del ciudadano frente a los servicios municipales.

A primera vista no todos los municipios van a prestar idénticos servicios, con lo que los ciudadanos pueden estar situados en posiciones diferentes de protección medioambiental. Esto ocurre, sobre todo si se tiene en cuenta que los servicios del artº. 26 LRBRL devienen obligatorios en atención a la cifra de población (así, v.gr. el de protección del medio ambiente, sólo es obligatorio para los municipios de más de 50.000 habitantes).

Además, por si ello fuera poco, el número 2 del propio artº. 26 citado, permite que los municipios obligados obtengan dispensa del cumplimiento de esa obligación por parte de la Comunidad Autónoma.

Pero, como hace notar muy bien LOPERENA ROTA¹⁴ en todos los casos en que el servicio no sea prestado por el propio ayuntamiento, habrá de serlo por parte de la Diputación provincial (para nosotros, claro, Cabildo insular, al que el artº. 41.1 LRBRL le asigna las mismas funciones que a aquéllas) en razón de lo previsto en los arts. 31.2 y 36.b) y c) LRBRL.¹⁵

A esta solución debe llegarse en todo caso, porque el artº. 45.1 de la Constitución otorga a todos —por igual— el «derecho al medio ambiente adecuado; y porque el vecino tiene derecho a exigir la prestación de los servicios municipales obligatorios (artº. 18.1.g) LRBRL).

Por eso es por lo que las demás administraciones públicas estarán también obligadas a prestar a los municipios la colaboración adecuada para el ejercicio de sus funciones (deber que aparece tipificado en los arts. 10.1 LRBRL y 3.2 y 4.1.b) de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común).

3. ANÁLISIS PORMENORIZADO DE LAS COMPETENCIAS MUNICIPALES EN LA LEGISLACIÓN SECTORIAL ESTATAL Y AUTONÓMICA CANARIA.

3.1. Actividades clasificadas.

En el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas (RAM) aparecen asignadas a los órganos municipales varias funciones relacionadas con el medio ambiente¹⁶.

Tales competencias son:

¹² Estos servicios deben prestarse en función del número de habitantes y algunos de ellos (abastecimiento y depuración de aguas; tratamiento de residuos; mataderos y mercados) podrán ejercerse en régimen de monopolio (artº. 86 LRBRL).

¹³ v. «supra» 1,2., para el caso de Canarias

¹⁴ op.cit.

¹⁵ Estos preceptos obligan a asegurar la prestación integral y adecuada en la totalidad del territorio provincial (insular, para nosotros) de los servicios municipales, bien de forma directa en ámbitos supramunicipales o comarcales, bien mediante cooperación, especialmente con los municipios de menor capacidad económica (que será la razón principal de la falta de prestación del servicio por los ayuntamientos).

v. artº. 43.1 Ley 14/90, 26 de julio.

¹⁶ EMBID IRUJO entiende que en materia medioambiental no cabe la regulación reglamentaria, por la reserva de ley que la C.E. hace sobre ella. En realidad esa reserva es sólo para tipificar sanciones (artº. 45.3) y para la legislación básica estatal (artº. 149.1.23ª).

- a) El otorgamiento de licencias, que atribuye a los alcaldes (artº. 6)¹⁷, así como su denegación, que puede ser hecha «a limine» por razones urbanísticas (artº. 30.1)
- b) La aprobación de Ordenanzas por el Ayuntamiento en Pleno (artº. 6); que son obligatorias en municipios de más de 50.000 habitantes (artº. 2 Orden de 15 de marzo de 1963).

Entre otros contenidos, estas Ordenanzas deberán establecer medidas para evitar ruidos, vibraciones, humos y gases; garantizar la salubridad de los habitantes y evitar daños a la riqueza agrícola, forestal, pecuaria o piscícola.

- c) Efectuar las inspecciones de comprobación del cumplimiento de las medidas correctoras (artº. 37)¹⁸.
- d) Imponer «prima facie» las sanciones que prevé el artº. 38.¹⁹
- e) Informar el expediente en su tramitación inicial, a partir de la solicitud (artº. 32). Esta función compete tanto a la Corporación como a los servicios técnicos municipales, incluyendo al jefe local de Sanidad.

Este Reglamento es, en ocasiones, el único elemento jurídico con que se cuenta para la protección de perturbaciones ambientales, especialmente el ruido provocado por establecimientos de recreo y esparcimiento; actividad calificada como «policía de tranquilidad» por MARTÍNEZ NIETO.²⁰

3.2. Urbanismo

Tiene el urbanismo una evidente conexión con el medio ambiente²¹. Por eso debemos traer a colación aquí las competencias que a los municipios atribuye el Texto Refundido de la Ley del Suelo (TRLs).

- a) La licencia urbanística es competencia municipal neta (artº. 243.1). Sólo en el caso de edificaciones e instalaciones en suelo no urbanizable está atribuida al órgano autonómico (artº. 16.3.2ªd) una facultad de resolución previa autorización, que la Ley del Suelo Rústico de Canarias ha hecho preceptiva incluso en el caso de construcciones destinadas a explotaciones agrícolas (artº. 9.2.a), pese a que el TRLs atribuye esa función exclusivamente a los ayuntamientos. (artº. 16.3.1ª «in fine»)²².

Esta facultad de concesión de licencias urbanísticas (en general) ha sido anulada por la disposición transitoria cuarta, c) de la Ley de Disciplina Urbanística de Canarias, que atribuye a la Comunidad Autónoma esa competencia en municipios que carezcan de Plan general o normas subsidiarias.

- b) Las conexiones que los planes urbanísticos (que pueden aprobar definitivamente los propios ayuntamientos en algunos casos²³) tienen con el medio ambiente son importantes; particularmente los planes especiales para abastecimiento de aguas, saneamiento, adecuación de recintos y conjuntos histórico-artísticos y protección del paisaje, suelo y del subsuelo, el medio urbano, rural y natural y la conservación mejora de determinados lugares (artº. 84.1.a) y b).

Los planes parciales y proyectos de saneamiento (artº. 90) para mejorar las condiciones de salubridad, higiene y seguridad comprenderán obras de abastecimiento de agua potable, depuración y aprovechamiento de las residuales, instalación de alcantarillado, drenajes, fuentes, abrevaderos, lavaderos y recogida y tratamiento de basuras.

¹⁷ Cfr. artº. 24.e) del R.D. legislativo 781/1986, de 18 de abril. Texto Refundido de Régimen Local.

¹⁸ Estas medidas se incluyen en la licencia, pero emanan de la «calificación» de la actividad que realiza el Cabildo insular, por virtud de la competencia que la disposición adicional 1ª, o) de la Ley 14/1990, de 26 de junio, ha transferido. Esa calificación es vinculante para el Alcalde cuando introduzca tales medidas.

¹⁹ Subsidiariamente compete hacerlo al Cabildo insular (artº. 39 RAM y artº. 2.2.i) Decreto 63/1988 de 12 de abril, de traspaso de competencias en la materia).

²⁰ A. MARTÍNEZ NIETO, «El papel de la Administración Pública en la protección del medio ambiente». Actualidad administrativa nº 40, octubre-noviembre 1991, pág. 512.

²¹ v. T.R. FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, «Manual de Derecho urbanístico». Ed. Abella. EL CONSULTOR. Madrid. 1993, pág. 16.

²² Lo que es posible porque el artº. 16.3 del TRLs no tiene carácter básico ni de aplicación plena, al no figurar en la disposición final única.

²³ Planes parciales y especiales en municipios de capitales de provincia o de más de 50.000 habitantes.

En todo caso, cualquier figura de planeamiento debe ser puesta en conocimiento del Cabildo insular (artº. 10.1 Ley de disciplina urbanística de Canarias).

También los planes parciales están en buena medida relacionados con el medio ambiente, pues deberán contener reservas para parques y jardines, zonas deportivas y de recreo trazado de galerías y redes de abastecimiento de agua y alcantarillado (artº. 83.2 TRLS).

c) Los alcaldes tienen competencias sancionadoras urbanísticas (artº. 273 a 275 TRLS).

3.3. Medio ambiente «natural».

—Aguas.

El Real Decreto 1423/1982, de 8 de junio, Reglamento Técnico Sanitario para el abastecimiento y control de la calidad de las aguas potables de consumo público, establece que corresponde a las ayuntamientos asegurar el suministro de agua con garantía sanitaria²⁴ a los habitantes del término municipal, bien mediante sistemas de abastecimiento propios o de concesiones o autorizaciones administrativas.

Los ayuntamientos no podrán otorgar licencias de ningún tipo hasta tanto quede garantizado el caudal de agua necesario para el desarrollo de la actividad y su garantía sanitaria.

—Montes.

Entre otras competencias²⁵ y obligaciones²⁶ relacionadas con los montes, la que guarda íntima conexión con el medio ambiente es la que el artº. 108 del Reglamento de Bienes de las entidades locales, aprobado por Real Decreto 1372/1986, de 13 de junio (RBEL), atribuye a los ayuntamientos para autorizar, en los bienes comunales de carácter forestal que para favorecer su restauración arbórea admitan trabajos de descuaje y roturación, aprovechamientos agrícolas para obtener con ellos la mejora arbórea.

—Costas.

La Ley de Costas subordina a la tutela del Estado gran parte de las competencias municipales urbanísticas cuando afectan al demanio marítimo-terrestre o a su zona de afección (100 m.)

Dada la vinculación que, como dijimos²⁷ hay entre medio ambiente y urbanismo, toda incidencia sobre ésta tendrá, en mayor o menor medida, trascendencia sobre aquél. De ahí que debamos considerar que los informes y autorizaciones que el Estado ha de emitir sobre las actuaciones municipales en las costas²⁸ pueden llegar a tener alcance medioambiental.

Muy especialmente ocurre esto en el caso de los informes que el Estado preceptivamente debe emitir en torno a los planes y autorizaciones de vertidos al mar.

Desde otro punto de vista, interesa citar también que la Ley de Costas atribuye a los ayuntamientos obligaciones de limpieza y mantenimiento de las playas.

—Ambiente atmosférico.

En la Ley de 22 de diciembre de 1972 se atribuye una importante serie de competencias a los municipios:

- Corresponde a los ayuntamientos cuyos términos municipales sean declarados zonas de atmósfera contaminada²⁹, la promulgación de las correspondientes ordenanzas, con informe previo de la Comunidad Autónoma (artº. 9).
- Esos municipios están obligados a establecer estaciones para el control de la contaminación de la atmósfera (artº. 10).
- Los alcaldes tienen facultades para imponer sanciones (artº. 13).

²⁴ Téngase en cuenta que el artº. 26.a) LRBRL obliga a todo municipio a prestar por sí o asociado con otros (a través de mancomunidades intermunicipales o consorcios) el servicio de «abastecimiento domiciliario de agua “potable”».

²⁵ Artº. 107 RBEL.

²⁶ Artº. 38 Ley 8.junio.1957.

²⁷ «Ut supra», 3,2.

²⁸ Concretamente, el Estado ha de emitir informe vinculante en los planes urbanísticos que afecten a costas y otorgar las autorizaciones en la zona de servidumbre.

²⁹ Esa competencia corresponde al Gobierno de la Nación cuando afecte a zonas supracomunitarias, y a las Comunidades Autónomas dentro de sus ámbitos territoriales respectivos.

—Debe aprobarse un plan especial de saneamiento atmosférico para la zona; cuyo plan implica medidas de disciplina medioambiental, tales como: modificaciones en los procesos de fabricación; fomento del traslado de industrias contaminantes; uso de combustibles limpios; prohibición de circular con vehículos, etc.

—*Espacios naturales protegidos*

La Ley garantiza la participación municipal en la elaboración de los planes de ordenación de los recursos naturales y de uso y gestión de parques y parajes naturales; instrumentos que son vinculantes para el planeamiento urbanístico (artº. 19.2).³⁰

Además, los municipios están obviamente comprendidos en la expresión «administraciones competentes» que la Ley emplea³¹ y por lo tanto les corresponde la función de velar por el mantenimiento y conservación de los recursos naturales y promover la formación de la población escolar en materia de conservación de la naturaleza.

La acción de las Administraciones públicas en materia forestal se orientará a lograr la protección, restauración, mejora y ordenado aprovechamiento de los montes, cualquiera que sea su titularidad; es decir: incluyendo los de propios y los vecinales de carácter municipal (artº. 9.2).

3.4. Residuos sólidos urbanos e industriales tóxicos y peligrosos.

a) Hay también en la Ley de 19 de noviembre de 1975 referencias a las competencias municipales.

Los ayuntamientos están obligados a hacerse cargo de todos aquellos residuos sólidos que se produzcan en el territorio de su jurisdicción.³²

Se atribuye la competencia para la autorización de vertederos a los propios ayuntamientos³³.

Con vistas a posibles expropiaciones, se declara de utilidad pública el tratamiento de desechos y residuos sólidos urbanos.

Se aconseja la constitución de mancomunidades o consorcios para la gestión de residuos.

b) Por su parte, la Ley de 14 de mayo de 1986, de Residuos Tóxicos y Peligrosos, establece la imposibilidad de que los servicios de recogida, tratamiento y eliminación de tales residuos³⁴ sean gestionados por mecanismos ordinarios; sólo pueden ser controlados o eliminados por medio de sistemas especiales de incineración, tratamiento físico-químico o conducidos a depósitos de seguridad.

La Comunidad Autónoma debe autorizar la actividad y esa autorización es independiente de la licencia municipal de actividad clasificada.

La eliminación de estos residuos se ha venido haciendo de forma totalmente incontrolada. Los residuos industriales se han abandonado en vertederos clandestinos, se han inyectado en el subsuelo o se han vertido al mar o a los ríos, como ha denunciado EMIL T. CHANLETT³⁵. Se han dado casos de traslado al tercer mundo, incluso con consentimiento de los países a él pertenecientes³⁶.

Sólo un cambio radical en el proceso de producción y en las condiciones de nuestra sociedad puede «aliviar» este problema³⁷.

3.5. Salud y sanidad ambiental.

a) En la Ley General de Sanidad de 25 de abril de 1986 se atribuyen competencias a los ayuntamientos para llevar a cabo el control sanitario del medio ambiente, la contaminación atmosférica; el abastecimiento de aguas; el saneamiento de las aguas residuales y de los residuos urbanos e industriales y el control de in-

³⁰ La Ley canaria de 29 de julio de 1985 pretendió que con la incoación del expediente de formación de un plan ambiental, se decretase la suspensión cautelar de los actos de uso del suelo y edificación, aún amparados por licencia (artº. 3). Fue impugnada por inconstitucionalidad por el Estado.

³¹ Recuérdese en este punto la garantía institucional de la autonomía municipal del artº. 2 LRBRL.

³² Cfr. artº. 26.1.a) LRBRL, en igual sentido.

³³ Si se trata de vertederos municipales, la competencia es de la Comunidad Autónoma.

³⁴ p.e. industrias químicas, de papel y celulosa, transformados metálicos, hospitales... Lamentablemente quedan fuera de la Ley los residuos radioactivos, los mineros, las emisiones a la atmósfera o los afluentes al alcantarillado, al mar o a los ríos.

³⁵ «La protección del medio ambiente»

³⁶ A. MARTÍNEZ NIETO «El papel de la Administración pública en la protección del medio ambiente: Actualidad administrativa», nº 40, octubre-noviembre 1991, págs. 530 y ss.

³⁷ MARTÍN MATEO. «Residuos tóxicos y peligrosos». Revista de Derecho ambiental, 1989.

dustrias, actividades, servicios, ruidos y vibraciones. Además se les atribuye también el control de centros públicos, alimentación, cementerios y policía sanitaria mortuoria (artº. 42.3)

De este largo elenco de competencias deduce LOPERENA ROTA, no sin razón, que la tutela del medio ambiente queda confiada fundamentalmente a los municipios, en sus aspectos ejecutivos.³⁸

Como medidas que propenden a garantizar la efectiva ejecución de las competencias asignadas, la Ley obliga a las corporaciones locales a dotar en sus presupuestos las consignaciones «suficientes» para atender las responsabilidades que se les atribuyen (artº. 79.2) y a recabar para el desarrollo de las funciones el apoyo técnico necesario del personal de las áreas de salud. (artº. 42.4)

b) Para complementar la protección medioambiental de la salud, la Ley 26/1984, de 19 de julio, General para la defensa de consumidores y usuarios atribuye a las corporaciones locales la función de promover y desarrollar su protección y defensa mediante:

- informaciones
- inspecciones de productos y servicios
- inspecciones técnico-sanitarias
- adopción de medidas urgentes ante situaciones de crisis o emergencias
- el ejercicio de la potestad sancionadora (artº. 41).

3.6. Patrimonio histórico - artístico.

La conservación del patrimonio histórico-artístico contribuye, sin dudar, a aportar calidad al medio donde se desarrolla la vida humana; fundamentalmente cuando se trata del medio urbano. Por eso nos referimos aquí a su protección como materia conexa con el medioambiente.

En principio la Ley reguladora sólo atribuye a los ayuntamientos funciones de «cooperación» (artº 7) para la tutela de ese patrimonio; y en este orden de cosas les asigna las siguientes funciones:

- Instar la declaración de bien de interés cultural (B.I.C.) (artº. 9)
- Expropiar esos bienes, con carácter subsidiario (artº. 37.3).
- Incluir en el plan especial de protección los conjuntos históricos.
- Ordenar la demolición o reconstrucción de obras que hayan sido hechas sin cumplir los requisitos en cuanto a licencias.

Pero, además, interesa destacar que la Ley somete a los municipios a importantes restricciones competenciales y les impone obligaciones específicas para la protección del patrimonio histórico-artístico.

Cuando un ayuntamiento es titular de un bien de esa naturaleza está obligado a inventariarlo (arts. 22 y 29.2 RBEL), registrarlo (artº. 36 RBEL) e inscribirlo en el Registro General de la Administración del Estado (artº. 12 LPHE)³⁹.

Para la adquisición de bienes el ayuntamiento precisa informe del órgano autonómico competente, si su valor excede del 1 % de los recursos ordinarios del presupuesto o del límite general para la contratación directa (artº. 11 RBEL); y para la enajenación de inmuebles necesita obtener autorización de la Comunidad autónoma (artº. 109 RBEL) si excede del 25 % de los recursos citados.

El ejercicio de las facultades urbanísticas municipales se ve muy limitado cuando se ciernen sobre bienes del patrimonio histórico-artístico:

- No pueden conceder licencias entre la aprobación inicial y definitiva del plan especial de protección (artº. 20.3) y deben dar cuenta a la Administración competente de las que concedan tras esa fase (artº. 20.4)
- La incoación de expediente de declaración de B.I.C. supone la suspensión de las licencias de parcelación, edificación o demolición y de los efectos de las ya otorgadas, en su caso (artº. 16.1).
- No se podrá declarar la ruina de los B.I.C. sin notificarlo a la Comunidad Autónoma (artº. 24.1).

³⁸ D. LOPERENA ROTA, o.c.

Recuérdese que hemos aceptado «ab initio» el concepto que este autor nos ofrece del medio ambiente, a partir precisamente de la Ley General de Sanidad.

Cfr. «ut supra», 1.

³⁹ En Canarias, además ha de hacerlo en el Registro Regional de la Comunidad Autónoma (Orden 19.IV.89).

La doctrina se ha planteado si los bienes muebles catalogados por la Corporación (artº. 25 L.S.) deben ser objeto de registro (CHACÓN ORTEGA).

- Las licencias de demolición de inmuebles requieren autorización autonómica (artº. 24.2) y el órgano competente podrá ordenar la suspensión de las obras de demolición (artº. 25).
- Deben ser comunicados a la Comunidad Autónoma los cambios de uso (artº. 36.2 «in fine»).

Restricciones de las que se infiere la subordinación del urbanismo al medioambiente.

3.7. Impacto ecológico.

A juicio de MARTÍNEZ NIETO⁴⁰ se trata de la técnica más eficaz de prevención de daños medioambientales.

El Real Decreto 113/88 ha zanjado la discusión acerca de si se trata de un procedimiento autónomo o un mero trámite dentro de otros (p.ej. para la concesión de licencias; para expropiar...). Es un procedimiento en sí mismo y la resolución vincula a la Administración.⁴¹

Los ayuntamientos tienen competencia para realizar la declaración básica de impacto ecológico en los expedientes que tramiten para la aprobación del proyecto.

Tienen también algunas competencias sancionadoras.

4. CONCLUSIONES Y JUICIO CRÍTICO.

Estando los municipios llamados a ser los entes que ejecuten las mayores competencias en el área del medio ambiente⁴², sin embargo la tendencia marcadamente centralizante y concentradora que se descubre en la legislación vigente impide que ello sea real, atribuyéndose las mayores funciones —y las más trascendentes— al Estado y a las Comunidades Autónomas.

Y ello porque la legislación no cumple bien el mandato del artº. 2 de la Ley Reguladora de las Bases de Régimen Local, tal vez porque tanto el legislador estatal como el autonómico es muy receloso con los ayuntamientos.

Pero una cosa es que la mala organización; la escasez de medios personales y económicos y la defectuosa administración de los que poseen los municipios, pueda justificar ese recelo y otra que se impida «ministerio legis» el cumplimiento del mandato constitucional de la autonomía local y sus consecuencias.

Distinta cosa es la tendencia —loable— a la prestación de servicios en formas asociativas.⁴³

Lo que no parece ajustarse al sistema ordinamental actual es que no se reconozca que los municipios están llamados a ser los titulares de las máximas competencias ejecutivas medioambientales.

BIBLIOGRAFÍA

Ver citas a pie de página.

⁴⁰ O.C.

⁴¹ En la Ley Canaria 11/1990, puede revestir la forma de evaluación básica; detallada o simple del impacto ambiental.

⁴² Cosa que, en Canarias al menos, debería ser cierta, por aplicación del principio de máxima proximidad al ciudadano, que enuncia el artº. 21.dos del Estatuto de Autonomía.

Para eso pueden servir las delegaciones en los municipios (arts. 13 y 58 de la Ley 14/1990, de 26 de junio).

⁴³ E incluso a través de su prestación «insularizada» por los Cabildos insulares (artº. 43.2 de la Ley 14/90).