

# ECOLOGÍA Y CULTURA EN CANARIAS

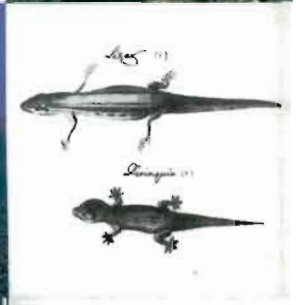
MUSEO  
DE LA  
CIENCIA Y  
EL COSMOS



ORGANISMO  
AUTÓNOMO DE  
MUSEOS Y CENTROS



Antonio Machado, Francisco García-Talavera,  
Eustaquio Villalba, José María Fernández-Palacios,  
Arnoldo Santos, Juan José Bacallado,  
Federico Aguilera-Klink, Joaquín Araújo.





# ECOLOGÍA Y CULTURA EN CANARIAS

José María Fernández-Palacios

Juan José Bacallado

Juan Antonio Belmonte

(editores)

Resultado del ciclo de conferencias

«CANARIAS Y LA ECOLOGÍA

Un reto para el siglo XXI»

celebrado en el

Museo de la Ciencia y el Cosmos,

La Laguna, entre enero y mayo de 1998.

**COLABORACIÓN:**

Universidad de La Laguna  
Centro de Profesores de La Laguna  
Museo de Ciencias Naturales  
Asociación de Amigos del Museo de Ciencias Naturales

**FOTO PORTADA y CONTRAPORTADA:** Juan José Bacallado

© OACIMC

Organismo Autónomo: Complejo Insular de Museos y Centros

**ISBN:**

84-88 594-20-8

**DEPÓSITO LEGAL:**

TF1153/99

**MAQUETACIÓN:**

Miriam Cruz (OACIMC)

**PREIMPRESIÓN:**

Contacto

**IMPRESIÓN:**

Producciones Gráficas

# ÍNDICE GENERAL

|  |     |
|--|-----|
| PRÓLOGO<br>Juan Antonio Belmonte   | 7   |
| LA VIDA EN PERSPECTIVA<br>Antonio Machado  | 9   |
| LA MACARONESIA. CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS,<br>BIOGEOGRÁFICAS Y PALEOECOLÓGICAS<br>Francisco García-Talavera                   | 39  |
| EVOLUCIÓN GEOLÓGICA Y FORMAS DEL RELIEVE<br>EN CANARIAS<br>Eustaquio Villalba  | 65  |
| MARCO ECOLÓGICO DE LAS ISLAS CANARIAS<br>José María Fernández-Palacios   | 83  |
| ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA FLORA CANARIA<br>Arnoldo Santos   | 107 |
| LOS PARQUES NACIONALES DE CANARIAS<br>Juan José Bacallado  | 131 |
| ECONOMÍA Y ECOLOGÍA EN CANARIAS: LA NECESIDAD<br>DE REPENSAR LA CIENCIA, LA CULTURA Y LA DEMOCRACIA<br>Federico Aguilera-Klink | 171 |
| CULTURA Y ECOLOGÍA<br>Joaquín Araújo   | 191 |



## PRESENTACIÓN

Históricamente el hábitat del ser humano ha sido comprendido como una fuente inagotable de riquezas y recursos de los que se podía disponer de acuerdo a la necesidad, incluso al antojo, de la sociedad y de sus miembros. El aprovechamiento intensivo del medio, alentado por una cultura basada en la productividad y el consumo como factores de progreso, ha conducido a un modelo de desarrollo que se ha revelado incapaz de equilibrar las condiciones de vida de la población humana y, a su vez, ha supuesto un deterioro progresivo del Planeta, de las especies y de los elementos esenciales de la vida: la tierra, el agua y el aire. Al calor de esta realidad objetiva, la formación y divulgación acerca del correcto entendimiento entre los seres humanos y su entorno cobra una relevancia extraordinaria en la actualidad.

Desde los modestos medios a su alcance, el Organismo Autónomo de Museos y Centros (OAMC) del Cabildo Insular de Tenerife, que presido, desarrolla *de facto* una labor continuada desde hace tiempo que entronca directamente con el espíritu que le es propio a un complejo que integra materias como las Ciencias Naturales o el estudio del propio Cosmos. En esta línea de trabajo, el Museo de la Ciencia y el Cosmos organiza con carácter anual un curso monográfico que revisa en profundidad durante más de cinco meses una cuestión de vigorosa actualidad. En la edición pasada, correspondiente al año 1998, el Museo acogió el curso «Canarias y la Ecología: Un reto para el siglo XXI», entre cuyos resultados, ve la luz hoy esta publicación, compendio de las conferencias y charlas que se impartieron en ese tiempo.

En el transcurso de esos cinco meses, el Museo tuvo el orgullo de recibir a prestigiosos expertos y estudiosos pertenecientes a las dos universidades canarias y contó, igualmente, con la presencia de especialistas de reconocimiento nacional e internacional que, sin duda, completaron una oferta formativa de calidad contrastada. Este esfuerzo no hubiera sido posible sin la colaboración entusiasta del Centro de Profesores de La Laguna, dependiente del centro superior homónimo, y del conjunto de trabajadores del Museo de la Ciencia y el Cosmos, con su director a la cabeza, Don Juan Antonio Belmonte.

Estoy convencida de que la labor desarrollada ha resultado fructífera, como atestigua que la matrícula de asistentes al curso –150 personas– se completase en apenas unos días, y confío en que nuestra humilde aportación a una cuestión tan palpitante como ésta haya rendido finalmente un servicio a la sociedad a la que nos debemos.

Carmen Rosa García Montenegro

Presidenta del Organismo Autónomo de Museos y Centros





## PRÓLOGO

Hoy se inicia en la ciudad de Buenos Aires la Cuarta Cumbre Internacional sobre el Cambio Climático. Los expertos, los políticos, los economistas y otras gentes de pro intentarán resolver los problemas medioambientales del Mundo en una semana. Como siempre, todo quedará en un conjunto de buenas intenciones que nadie o casi nadie estará realmente dispuesto a cumplir en aras del progreso.

Esta posibilidad, más que real, nos debe hacer sentir orgullosos de vivir en, y trabajar para, una región del Planeta que ha conseguido, o por lo menos lo intenta, salvaguardar el 41% de su territorio de los “avances” del progreso y de la civilización. A lo largo del primer semestre de 1998, un grupo muy motivado de personas nos hemos ido reuniendo cada viernes en el salón de actos del Museo de la Ciencia y el Cosmos para escuchar las palabras de los que más saben sobre ecología y medio ambiente en el Archipiélago Canario, quedar deslumbrados con las maravillas de su flora, sus árboles de leyenda, sus ecosistemas, variados y riquísimos, y apoyar la lucha por salvaguardar uno de los paraísos de la biodiversidad que aún quedan en La Tierra.

Se ha repetido muchas veces que el siglo que comienza el 1 de enero del año 2001 será ecológico o no será, de ahí que hayamos considerado que la Ecología ha de ser para Canarias un “Reto para el Siglo XXI”. El libro que el lector tiene ahora entre sus manos contiene un conjunto de ensayos de esos mismos investigadores de primera línea que han tratado de plasmar en el papel su saber y de aportar su conocimiento para que ese reto sea alcanzable y no una mera utopía. Para ello es importante saber, y saber bien. Las nuevas generaciones deben conocer el maravilloso legado que supone vivir en unas islas donde cohabitan numerosos ecosistemas diferentes, donde hay cuatro parques nacionales, numerosos parques naturales y un conjunto formidable de monumentos naturales que hacen del Archipiélago Canario un auténtico museo natural que hay que defender a toda costa, sobre todo cuando otros paraísos del Planeta caminan hacia su inexorable destrucción. La biodiversidad es el futuro.

Esperamos que este libro contribuya, aunque sea un poquito, a esa labor y que las palabras que el querido profesor José Luis Sampedro pronunció en el Museo con motivo de su Quinto Aniversario no queden en el olvido y que “el amor y la provocación” guíen los pasos de las nuevas generaciones para que vivamos en un Planeta más limpio, más agradable, más ecológico y, en definitiva, más humano.

Antes de finalizar esta brevísima introducción quisiera agradecer la íntima colaboración prestada por los Dres. Jose María Fernández Palacios y Juan José Bacallado, codirectores del curso, ya que sin su trabajo, sus ideas y sus ganas de hacer bien la cosas este tercer libro resultante de los cursos de divulgación científica del Museo, que Miriam Cruz se ha encargado de maquetar y embellecer, no habría llegado a ver la luz. El día a día del curso volvió a resultar una tarea muy agradable, cosa que debo agradecer al personal de sala y de mantenimiento del Museo y a sus secretarios María José Alemán y José Navarro. A todos ellos, muchas gracias.

San Cristóbal de La Laguna, 2 de noviembre de 1998

Juan Antonio Belmonte Avilés

Director del Museo de la Ciencia y el Cosmos  
Investigador del Instituto de Astrofísica de Canarias

# LA VIDA EN PERSPECTIVA

Antonio Machado

Miembro de la Comisión Científica Asesora del  
Museo de la Ciencia y el Cosmos



## ¿QUÉ ES LA VIDA?

Todos nosotros tenemos una idea más o menos precisa, o al menos intuitiva, de lo que es la vida. Pero seguramente se trata de una idea antropizada; es decir, muy sesgada hacia la escala del hombre: el tipo de organismo biológico que somos, nuestro tamaño y la escala de tiempo –decenas de años– en que transcurren nuestras propias existencias.

Para entender lo que es la vida, hay que desbaratar primero esta visión particularizada y pensar en la vida como un fenómeno cósmico, del cual conocemos al menos un caso – la vida en La Tierra– y al que atribuimos una edad de unos 3.800 millones de años. El ser vivo más pequeño conocido es una bacteria cuyo diámetro es apenas 1.000 veces el del átomo de hidrógeno, y el más grande no es la ballena azul (26 metros, 180.000 kg), sino una inmensa chopera de álamo temblón en Utah, que pesa unas 26.000 toneladas y cubre cerca de 43 hectáreas<sup>1</sup>. El hombre anda por ahí en medio, pero si consideramos las escalas físicas del Universo –entre el átomo de hidrógeno ( $0,5 \times 10^{-10}$ m) y los 16.000 millones de años luz de sus confines–, cabe concluir que la vida se da sólo a escalas pequeñas; en realidad, diminutas. Como se verá, la vida terráquea es básicamente bacteriana y muestra un grado de miniaturización tremendo.

Esta vida que conocemos es un estado peculiar de la materia; una propiedad emergente de la física y la química que otorga individualidad a los organismos vivos y hace que funcionen como sistemas complejos adaptativos, recuperando parte de la entropía que generan en forma de información. Los organismos vivos son, pues, sistemas disipativos abiertos, autopoyéticos, mnemónicos, con capacidad para reproducirse y tendencia a expandirse en el espacio. Así, de entrada, esta definición puede resultar algo oscura, pero a lo largo del texto que sigue se concretará lo que todo esto significa, si bien es necesario introducir algunos conceptos físicos para poder abarcar la vida en toda su perspectiva.

### Sistema disipativo abierto

Los principios de la termodinámica nos enseñan que todo tiende al desorden y, en consecuencia, un orden o estructura dado sólo se puede mantener si lo atraviesa un flujo de energía. Esto ocurre en los llamados sistemas termodinámicamente abiertos descritos por el Premio Nobel belga Ilya Prigogine. Una vela es un buen ejemplo. La llama se mantiene activa pero a costa de consumir mucha energía (combustión de la cera); toma oxígeno, devuelve dióxido de carbono al aire, y disipa cantidad de calor. Los organismos vivos también intercambian materia con el exterior y aprovechan un flujo de energía para mantener o aumentar su orden interno. La energía que emplean es energía lumínica o química, de alta calidad<sup>2</sup>, disipando asimismo mucho calor. Llama y vida son sistemas disipativos abiertos y, a pesar de sus obvias diferencias –la vela no puede reproducirse ni replicarse a sí misma– la expresión popular percibe también las semejanzas que subyacen y dice que la llama está “viva”.

---

1. Datos de Jeffrey Milton, Universidad de Colorado.

2. Esto es importante, pues cuanto más baja es la calidad de la energía, mayor ha de ser el sistema que la usa para obtener un mismo resultado.



*Los álamos (Populus sp.) se expanden mediante estolones que van generando nuevos pies clónicos (mismo genoma) y permanecen conectados bajo tierra; constituyen un único organismo, que puede ocupar enormes extensiones.*

### Sistema autopoyético

A pesar de que así pudiera concluirse del ejemplo recién expuesto (vela/vida), lo que caracteriza unívocamente a los organismos vivos no es su capacidad para replicarse o expandirse –también lo hacen algunas sustancias minerales– sino la aptitud de autoproducción y de automantenimiento. La individualidad de un organismo vivo se mantiene a base de incorporar, construir, reparar, almacenar, destruir, recomponer y eliminar sus elementos constituyentes. Los biólogos chilenos Francisco Varela y Humberto Maturana introdujeron en 1970 el término de autopoyesis para referirse a esta propiedad que es, realmente, el signo distin-

tivo de la vida. El automantenimiento y autoproducción en los sistemas químicos –lo que llamamos metabolismo– definen intrínsecamente la vida; todo ello, lógicamente, mediante consumo de energía. Según Lynn Margulis y a título de ejemplo, una célula intercambia con el medio miles de veces unas 5.000 proteínas a lo largo de su vida; nuestro cuerpo reemplaza el 98% de los átomos cada año, el epitelio intestinal se renueva cada 5 días, la piel cada 6 semanas, el hígado cada 2 meses, etc. Mientras todo esto ocurre persiste la misma entidad del individuo.

Como ejemplo contrario, sirva el caso de los virus que, aún siendo un producto de los seres vivos, no se les considera como vida. Los virus necesitan de la maquinaria de células vivas para funcionar y reproducirse, cosa que no pueden hacer por sí mismos. Los virus no son autopoyéticos, luego no son vida.

### Sistema mnemónico

El orden que muestran los seres vivos y la organización progresiva de la materia viva a lo largo de la evolución, parecen contradecir el segundo principio de la termodinámica, de que todo tiende al desorden. Ciertamente es que, como sistemas disipativos abiertos, los seres vivos disipan calor y generan así mucha entropía<sup>3</sup>, pero ello no resuelve la aparente paradoja de que, de hecho, se está produciendo orden a “contracorriente” del principio general.

La naturaleza tiene el aspecto dual de materia - energía, siendo ambas intercambiables (fórmula de Einstein,  $E = mc^2$ ). Por otra parte, la Física teórica nos dice que todo cambio

3. La entropía es un descriptor; una medida de la energía que no se puede recuperar a su forma original después de cualquier interacción energía -sistema material. Expresa, en cierto modo, el derecho de irreversibilidad que se reserva la Naturaleza.

de estado en la materia asociado a una disipación de energía es información. Esta información queda asociada (acumulada) a la materia, salvo que se destruya mediante calor. Así, un organismo vivo, a medida que se producen cambios en él –y ya vimos que son muchos– acumula información. Se dice que son sistemas con memoria o *mnemónicos*. La materia viva es pues memoria; es historia. Y dicha historia no sólo abarca la particular ontogénesis de un individuo dado (lo programado y las contingencias), sino que, empaquetado en los gametos que recibió de sus progenitores, se halla toda la historia evolutiva que ha permitido llegar hasta él: su filogénesis.

Basado en estos aspectos de la teoría de la información, el ecólogo español Ramón Margalef aborda la paradoja expuesta y considera a los seres vivos como sistemas que recuperan parte de la entropía generada como información. Asimismo, plantea la óptima acumulación de información –trueque de entropía por información– como un posible principio variacional en la Física.

### **Sistema complejo adaptativo**

Los seres vivos están compuestos por agua (su mayor parte) y una serie de moléculas complejas –algunas, como las proteínas, extremadamente complejas– que no se encuentran de forma natural en los sistemas no vivos. Los elementos que forman estos compuestos “orgánicos” son hidrógeno, carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, hierro, etc., elementos que abundan en el Universo, pero en moléculas o compuestos muchos más simples. Tal concentración y alambicamiento de compuestos químicos, embutidos en orgánulos y estructuras a su vez variadas y complejas, es también una característica que permite reconocer a la materia viva. Pero lo importante, realmente, no es su composición ciertamente compleja, sino su comportamiento autopoyético –que ya vimos– y como sistema complejo adaptativo.

En el Instituto de Tecnología de Massachusetts se construyó un robot de seis patas articuladas gobernadas cada una por un ordenador. Cada ordenador se equipó con un generador de movimientos aleatorios, pero también se introdujo un criterio selectivo que favoreciera aquellos movimientos que produjeran un desplazamiento de todo el conjunto (se interconectaron los ordenadores con sensores de movimiento). El robot acabó caminando como un insecto: las patas delanteras y traseras de un lado se movían al unísono con la pata media del otro lado. Este es un ejemplo simple de un sistema complejo adaptativo: el robot se adaptó a caminar. Ejemplos reales son el sistema inmunitario de los mamíferos, el lenguaje hablado, el mercado económico, etc.

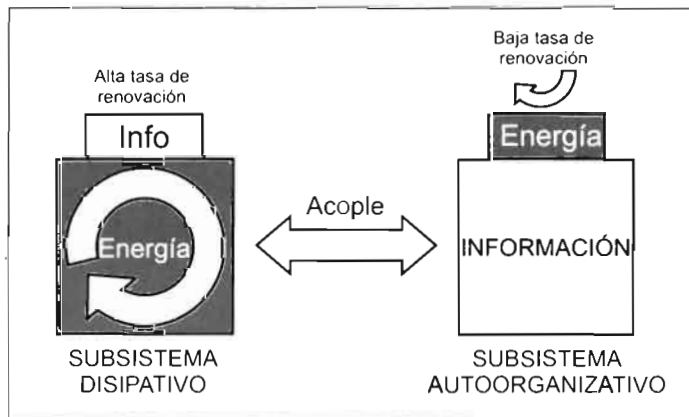
Es esencial que exista un criterio selectivo para que el sistema “aprenda” y se adapte a él. Murray Gell-Man, descubridor del quark y Premio Nobel de Física, se ha ocupado del estudio de este tipo de sistemas y concluye, que si dejamos que el tiempo corra, los sistemas complejos adaptativos tienen la propiedad de progresar de modo natural de estados caóticos desorganizados, indiferenciados e independientes hacia estados organizados, altamente diferenciados e interdependientes. Como se verá, la vida es un excelente caso de sistema comple-

jo adaptativo: las mutaciones son aleatorias e introducen el nivel de “ensayo” necesario, y el factor selectivo que la mueve, es la selección natural darwiniana. Los sistemas complejos adaptativos tienden a ser no lineales, son capaces de almacenar información y se autoorganizan. Así ocurre con la vida.

### Conjunción y acoplamiento

La llama de la vela que pusimos como ejemplo de estructura disipativa apenas avanza en autoorganización debido a las altas temperaturas que alcanza (recordemos que la temperatura destruye la información). Hay sistemas disipativos menos “energéticos”, menos dinámicos, más “fríos” en definitiva, que por tanto pueden acumular más información y se autoorganizan mejor.

En la naturaleza es frecuente encontrar que sistemas más “disipativos” y sistemas más “autoorganizativos” se conjugan y actúan de forma acoplada. El primero, más dinámico (alta tasa de renovación), aporta energía para el conjunto, mientras que el segundo puede permitirse el acumular información (baja tasa de renovación). Entidades más extensas pueden contener y manejar más información, y cuanto mayor es la acumulación de información en un sistema, mejor rendimiento se saca a toda nueva entrada de información o energía<sup>4</sup>. Pensemos en nuestro propio organismo. El sistema digestivo es “más disipativo”, mientras que el sistema nervioso es “más autoorganizativo”. De manera intuitiva el saber popular habla de cabeza “fría” y barriga “caliente”. Esta conjunción o acoplamiento de un subsistema más disipativo con otro más autoorganizativo se da a nivel intracelular o en la estructuración de los ecosistemas.



### ¿CÓMO SE LLEGÓ A LA VIDA?

Supongamos que es cierto que el Universo se originó con el big-bang hace unos 16.000 millones de años. La materia, hipercaliente al comienzo ( $T > 10^{16} \text{ } ^\circ\text{C}$ ), se estructuró desde el mismo inicio y así lo ha venido haciendo progresivamente a medida que el Universo se expande y se enfría. Los elementos químicos que conocemos se formaron en el crisol de estrellas muy calientes, que al colapsar –supernovas– expulsaron estos elementos al espacio, para luego volver

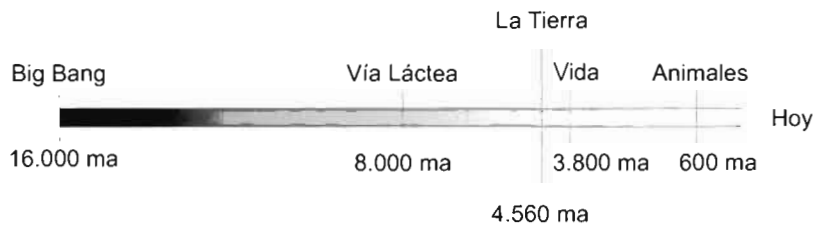
a agregarse por gravitación y dar origen a estrellas de segundo orden, y luego de tercer orden si se repite el proceso. Algunas de estas estrellas cuentan con planetas en sus proximidades<sup>5</sup>.

4. Los modernos ordenadores son un buen ejemplo. Cuanto mayor es un programa (más información) más cosas podrá hacer con unos pocos datos, en un mismo tiempo.

5. Hay unos 1.000 millones de estrellas parecidas al Sol sólo en nuestra galaxia. Por el momento se han registrado indicios de la existencia de una docena de planetas (fuera del sistema solar), y se piensa que puede tratarse de un fenómeno común.



La Tierra se formó por acreción de polvo interestelar hace unos 4.560 ma (la Vía Láctea hace 8.000 ma); se encuentra a una distancia del sol, tal que permite la existencia de agua líquida en su superficie, y cuenta con suficiente masa gravitatoria para retener una atmósfera (si no, se perdería). Estas son condiciones esenciales para el desarrollo de la vida, y se puede hablar de una

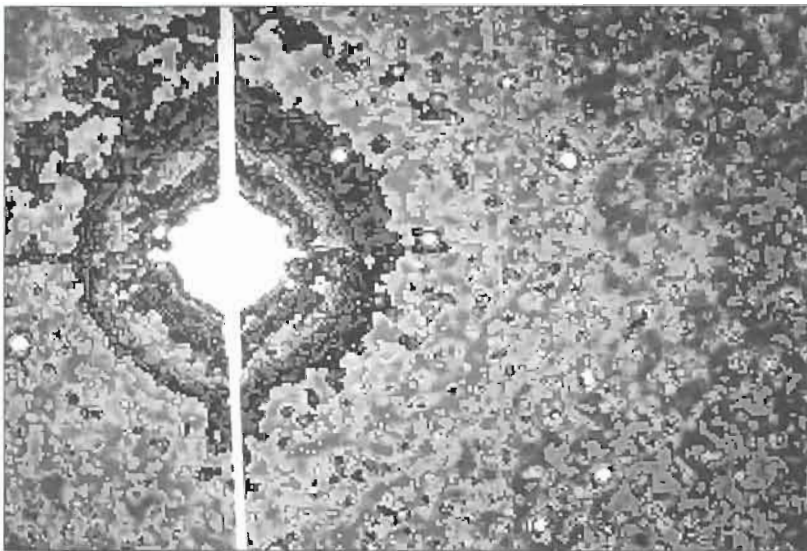


“ventana de habitabilidad” en el cosmos. No podemos concebir otro modelo de metabolismo que esté basado en un compuesto distinto al agua.

### Evolución química prebiótica

En sus inicios, La Tierra consolidada contaba con una superficie muy acuosa y la atmósfera estaba formada básicamente por dióxido de carbono, amoníaco, nitrógeno molecular y metano. Había continuas tormentas eléctricas y los meteoritos y demás detritus interestelar seguían arribando con frecuencia (al menos durante los primeros 800 millones de años). Estos meteoritos –sobre todo los menores– aportaron cantidades suplementarias de agua y CO<sub>2</sub> (en forma de hielo) y algunos compuestos orgánicos simples, incluidos varios hidrocarburos. En el Universo y fuera de nuestro planeta se han detectado unas 70 moléculas “orgánicas”, incluidas el alcohol etílico, amoníaco, urea, formaldehído, cianamida, etc. Todos ellos son compuestos basados en el carbono y no en el silicio, que también abunda en el Universo y cuenta asimismo con cuatro valencias.

Parece también significativo que la vida, tal como la conocemos, está estructurada sobre el carbono y no el silicio. Este último, aunque puede formar polímeros, establece enlaces con excesiva rigidez que impedirían la flexibilidad requerida para el metabolismo.



Los elementos que nos constituyen se originaron en grandes crisoles estelares. De ahí, la conocida frase de que “somos polvo de estrellas” Supernova 1987 A. Foto Instituto de Astrofísica de Canarias.

La formación espontánea de moléculas simples que ocurre en el cosmos, se vio favorecida en el tremendo reactor químico que suponía la superficie de La Tierra primigenia (calor, descargas eléctricas, radiación ultravioleta, radiación cósmica, compuestos y ¡agua!). Se piensa que en esta agitada “sopa primordial” se formaron muchas moléculas, entre ellas, las cinco bases que constituyen el código genético y los ácidos nucleicos, unos compuestos con la peculiaridad de ser capaces de replicarse debido al

sistema determinado de uniones químicas Adenina–Guanina, Citosina–Timina (Uracilo). No hay testimonio de estos procesos, aunque muchos se han logrado reproducir en laboratorio. Con todo, la sopa primordial postulada por Oparin cuenta con mucho agnóstico<sup>6</sup>.

Esta evolución química prebiótica se supone que fue simultánea con la formación del Planeta y su hidrósfera. La concatenación de las primeras “piezas” para formar cadenas de ácido ribonucleico (ARN) debió de verse favorecida por alguna estructura o fenómeno externo. Se piensa que esto pudo ocurrir sobre la superficie estabilizante de la pirita; en los géiseres o chimeneas submarinas, en la película líquida bajo hielo o en los charcos que se secaban y rehidrataban dejando una orla lineal de compuestos en sus márgenes. Cairn-Smith postula que fueron las arcillas con sus estructuras laminares las que favorecieron el proceso (en fangos y aguas someras).

Los fosfolípidos –otro de los productos espontáneos de la sopa primordial– son hidrófobos y pueden formar, por salpicadura, pequeñas vesículas de 10 a 30 micras de diámetro, suficiente para albergar en su interior algo de la sopa primordial y ARN con capacidad replicadora. Así, si las vesículas eran disgregadas en dos o más partes, podían acabar por generar en copias más o menos exactas de la vesícula original.



### EL CÓDIGO DE LA VIDA

Las moléculas de ácido desoxirribonucleico (ADN) contienen cuatro bases (Guanina, Timina, Adenina y Citosina) que se disponen secuencialmente formando cada tres un triplete o codón, hasta un total de 64 combinaciones diferentes. Un codón indica el inicio, otro el fin de lectura y el resto se corresponden a los 20 aminoácidos que constituirán la futura proteína (varios codones repiten el mismo aminoácido). El orden de estas

bases y, en consecuencia, la cantidad y orden de los aminoácidos determinan las distintas proteínas que se han de sintetizar. Este es el Lenguaje de la vida; su código genético.

### Los primeros seres vivos

Con la formación de una membrana, se separa un pequeño sistema de su entorno, una célula, y se inicia la vida y lo que entendemos por un sistema complejo adaptativo. Aquellas combinaciones en la química interior de la vesícula que favorecerían la replicación (= más de lo mismo) y el incipiente metabolismo, acababan por perpetuarse, aumentar en número y dominar el espacio. En otras palabras: eran seleccionadas.

En un principio, el ARN, además de su función replicadora, ejerció directamente funciones catalíticas. Más adelante, y a medida que se complicaba la composición intra-vesicular o intracelular, la cadena simple de ARN acabó por conjugarse en una doble cadena en disposición de hélice, el ADN, surgiendo el código genético tal como lo conocemos. El ADN determina la secuencia de aminoácidos que han de constituir las diferentes proteínas que, con su increíble diversidad y versatilidad, se ocupan de dirigir la mayor parte de los procesos vitales.

6. Jeffrey Bada, del Instituto de Oceanografía Scripps en California; considera que La Tierra primigenia estaba helada (agua y CO<sub>2</sub>) y que estas reacciones ocurrían en la película líquida bajo el hielo; el frío favorece la estabilidad de los compuestos y el hielo los protege de la radiación ultravioleta.

En la confección de las proteínas participan sólo 20 aminoácidos, que son realmente pocos en relación a los posibles. Esta característica es universal en La Tierra y la que aboga por un origen único y común de la vida conocida. No hay razón para que otras formas de vida basadas en el agua y el carbono, o incluso en el ADN, tengan que usar precisamente estos 20 aminoácidos. Esta es una contingencia en la vida terráquea, como lo es también su quiralidad<sup>7</sup>. Una contingencia es una casualidad; algo que ocurre al azar o de forma no predeterminada. La teoría del caos destaca como los sistemas no lineales son muy susceptibles a las contingencias en sus momentos iniciales. La evolución de la vida está preñada de contingencias.

Las primeras formas de vida son, pues, celulares y pequeñas. Una membrana rodeando un plasma con numerosas moléculas que realizan la autopoyesis. A estos seres vivos los llamamos bacterias y llevan en La Tierra más de 3.800 millones de años<sup>8</sup>. Dominaron el Planeta en exclusiva durante 1.800 ma y aún hoy son los principales responsables del funcionamiento global de la biosfera (reciclado de elementos biógenos).

Los microfósiles más antiguos claramente reconocibles fueron encontrados por el paleobiólogo J. William Schopf en Australia, son parecidos a cianobacterias y datan del Precámbrico, hace 3.460 ma. En esa época La Tierra giraba más rápido (días de 18 horas), el sol –más joven– tenía un brillo más difuso y sólo el 70% de su intensidad actual, y las tierras emergidas eran roca volcánica.



Los estromatolitos son complejos bacterianos en capas que van acumulando roca bajo ellos. Un paisaje parecido a este pudo existir en el Precámbrico. Estromatolitos actuales en Shark Bay, Australia.

El diminuto tamaño de las bacterias viene determinado por la necesidad de tránsito de la energía en su interior, que no está estructurado a pesar de contar con un alto nivel de orden molecular. Las primeras bacterias obtienen su energía de enlaces químicos, oxidando compuestos (fermentación) que toman del exterior, de la “sopa” primordial, que más bien debió ser un sirope dulce (rico en ribosa, glucosa, etc.).

Las bacterias autótrofas<sup>9</sup> son las que consiguieron elaborar pigmentos capaces de movilizar electrones y con ellos apropiarse del hidrógeno imprescindible para construir los compuestos hidrocarbonados a partir de compuestos férricos o azufrados ( $\text{SH}_2$ ) o, en el caso de la

7. Muchas moléculas orgánicas tienen isómeros levógiros y dextrógiros; sin embargo toda la bioquímica celular está organizada con moléculas levógiros. Una vez la vida arranca con un tipo de isómero, ya no cabe marcha atrás; en nuestro caso, la vida seguirá siendo “de izquierdas”, por decirlo de algún modo.

8. Stephen J. Mojzsis, de la Universidad de California (Los Ángeles) encontró algo parecido a “células” en rocas del SO de Groenlandia, con 3.860 ma de edad.

9. No necesitan alimento prefabricado; sintetizan todo el material celular a partir del  $\text{CO}_2$  como única fuente de carbono.



clorofila, a partir del agua (ver Tabla 1 sobre otras modalidades metabólicas). El carbono necesario procede de la atmósfera, donde abundaba y abunda. Hoy se piensa que las bacterias autótrofas que habitaron surgencias de azufre o de hierro en ambientes calientes (aguas termales, fuentes volcánicas submarinas) precedieron a las bacterias heterótrofas.

Con los pigmentos fotosintéticos se garantiza una fuente regular y permanente de energía –la luz solar (radiación 300-700 nm)– para mantener el sistema disipativo que es la vida en marcha. Se aprovecha directamente menos del uno por mil de la energía que procede del sol; pero es más que suficiente para mantener el pulso de la vida y la evolución de la materia viviente.

Tabla 1. Diversidad metabólica

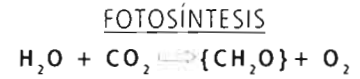
| FUENTE PRIMARIA DE ENERGÍA     | DONADOR DE ELECTRONES  | RECEPTOR DE ELECTRONES                | FUENTE DE CARBONO         | MEDIO             | GRUPOS                                     |
|--------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|--|
| Oxidación substrato inorgánico | H <sub>2</sub>   | CO <sub>2</sub>                       | CO <sub>2</sub>           | anóxico           | Bacterias metanógenas                      |
|                                | H <sub>2</sub>   | O <sub>2</sub>                        | CO <sub>2</sub>           | aerobio           | Bacterias del hidrógeno                    |
|                                | S, SH <sub>2</sub> , S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | O <sub>2</sub>                        | CO <sub>2</sub> /orgánica | aerobio           | Bacterias del azufre                       |
|                                | Fe <sup>++</sup>   | Fe <sup>+++</sup>                     | CO <sub>2</sub> /orgánica | aerobio           | Bacterias del hierro                       |
|                                | NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                   | O <sup>2</sup>                        | CO <sub>2</sub> /orgánica | aerobio           | Bacterias nitrificantes                    |
|                                | NO, N <sub>2</sub> O   | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>          | CO <sub>2</sub>           | anóxico           | Bacterias desnitrificantes                 |
|                                | H <sub>2</sub> , alcohol, ácidos grasos...                       | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>         | Orgánica                  | anóxico           | Bacterias reductoras del sulfato           |
| Luz solar (fotosíntesis)       | H <sub>2</sub> O   | O <sub>2</sub>                        | CO <sub>2</sub>           | Producen oxígeno  | Cianobacterias, algas y plantas            |
|                                | H <sub>2</sub> , SH <sub>2</sub>                                 | S                                     | CO <sub>2</sub>           | anóxico           | Bacterias verdes y bacterias rojas         |
|                                | Comp. orgánico   |                                       | CO <sub>2</sub> /orgánica | semianóxico       |  |
| Oxidación substrato orgánico   | Metano   | CO <sub>2</sub>                       | Metano, CO <sub>2</sub>   | aerobio           | Bacterias metilótrofas                     |
|                                | H <sub>2</sub> , azúcares, alcoholes...                          | CO <sub>2</sub> , comp. org. reducido | Orgánica                  | anóxico           | Bacterias fermentadoras y levaduras        |
|                                | Compuestos orgánicos   | N <sub>2</sub>                        | CO <sub>2</sub> /Orgánica | aerobio / anóxico | Bacterias fijadoras del nitrógeno          |
|                                | Compuestos orgánicos   | O <sub>2</sub>                        | Orgánica                  | aerobio           | Bacterias heterótrofas<br>Animales, Hongos |

### Oxígeno en la atmósfera

La fotosíntesis libera oxígeno, un compuesto terriblemente reactivo y tóxico para la vida (forma radicales libres que interfieren en las rutas metabólicas). El O<sub>2</sub> se empieza a acumular en la atmósfera hace unos 2.500 millones de años<sup>10</sup> y continúa a lo largo de 500 ma hasta alcanzar los niveles actuales. El cambio de composición de la atmósfera tuvo que

<sup>10</sup> A partir de esta época los sedimentos con hierro son de color rojo; están oxidados

suponer una hecatombe para la mayoría de las bacterias existentes. Sólo aquéllas que generaron catalasas capaces de reducirlo sobrevivieron; entre ellas, las propias



cianobacterias responsables de la producción masiva de  $\text{O}_2$ . De hecho, fueron también las principales colonizadoras del medio terrestre ya que, hasta el momento, la vida terráquea estaba restringida a mares y sistemas litorales. Además, el  $\text{O}_2$  genera en la atmósfera  $\text{O}_3$ , ozono, que se acumula en las capas superiores formando una barrera a los rayos UV que antes llegaban con fuerza biocida y arrasaban la superficie sólida o líquida del Planeta<sup>11</sup>.

Si hay nutrimento y las condiciones ambientales (temperatura, salinidad, pH, etc.) son favorables, las bacterias son “eternas”; es decir, que no se mueren. Una bacteria se divide en dos (cada media hora, aproximadamente) y así se perpetúa su materia viva<sup>12</sup>. La “innovación” requerida para que funcione como un sistema complejo adaptativo proviene de pequeños errores en la replicación del ADN (=mutaciones) y de la combinación de ADN que se produce durante migraciones “sexuales”. El ADN de las bacterias, o trozos de él, puede abandonar una bacteria, pasar al medio externo y penetrar en otra bacteria atravesando su pared (también puede darse una transferencia directa a través de puentes especiales). Hay gran promiscuidad sexual entre las bacterias y de hecho no se podría hablar de “auténticas” especies, ya que sus genomas no están realmente aislados.

### Gobierno central y simbiogénesis

Las especies biológicas –con genomas aislados– surgen con la aparición de células con núcleo hace 2.000 ma y de la reproducción sexual basada en la meiosis hace 1.500 ma. La célula nucleada –eucariota– es la que cuenta con el material genético –ADN– separado en su citoplasma por una membrana. Es posible que esta característica se adquiriese como medida de protección frente a invasiones de espiroquetas. El ADN se agrupa en cromosomas y es mucho más complejo que el de las células procariotas (bacterias) que se limita a un simple anillo de ADN.

La célula eucariota es muchísimo más voluminosa que la célula bacteriana y ofrece una estructura interna tremendamente organizada, con un citoesqueleto formado a base de retículos y fibras, y numerosos orgánulos que se ocupan de diferentes funciones en su interior (ribosomas, lisosomas, aparato de Golgi, plastos, mitocondrias). La digestión de los alimentos se produce en el interior de la célula y no afuera, como en las bacterias.

Gracias a la bióloga Lynn Margulis, sabemos que a la organización eucariota, tan compleja, no se ha llegado a través de una lenta y progresiva complicación de la célula bacteriana, sino por simbiogénesis<sup>13</sup>. Bacterias que fueron engullidas y no digeridas por otras

11 La Tierra cuenta con una magnetosfera que también la protege de la radiación exterior (especialmente de los rayos X)

12. Esto no implica que no se las pueda matar físicamente por exceso de calor, falta de alimento, enzimas catalíticas, antibióticos, radiaciones, etc.

13. Simbiogénesis = generado a través de simbiosis; simbiosis = vida en conjunto.

bacterias fagocíticas (desprovistas ya de su rígida membrana) acabaron por vivir simbióticamente dentro de ellas y luego, perdiendo parte de su ADN y funciones, terminaron por constituirse en orgánulos del “agregado” eucariota. Así ocurrió con espiroquetas, que son el origen de undulipodios (órganos propulsores, flagelos, cilios, etc.), y con arqueobacterias similares a *Thermoplasma*, capaces de usar el  $O_2$  para quemar compuestos carbonados, que se transformaron en las mitocondrias. Estos orgánulos son universales en la vida eucariota que hoy conocemos y reflejan el éxito evolutivo que tuvieron sus hospedantes. El oxígeno pasó de ser un tóxico a convertirse en un elemento clave para la respiración (proceso inverso a la fotosíntesis); fuente de energía para la nueva saga de heterótrofos, mucho más eficiente que la fermentación. Una molécula de glucosa produce por fermentación 2 ATP<sup>14</sup>, frente a los 36 que se obtienen por respiración. La célula eucariota cuenta ahora con un eficiente orgánulo

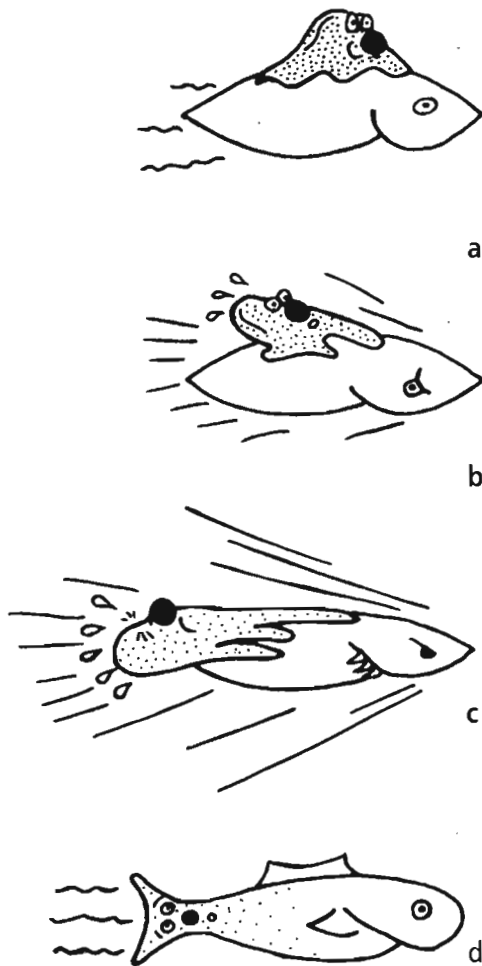
que provee energía, provenga ésta de moléculas fotosintetizadas o ingeridas. Esto representa un buen ejemplo de acoplamiento entre un sistema muy energético (la mitocondria) con otro más “frío”, con más información (el núcleo), que se establece como gobierno central de la célula.

Los cloroplastos de las células vegetales también proceden de endosimbiosis; en este caso de cianobacterias, aunque de varios tipos diferentes. Se distinguen tres grandes linajes: las algas pardas, las algas rojas y las algas verdes y plantas.

### Especiación

Los organismos-quimera resultantes surgen hace unos 2.000 ma, desarrollan la reproducción sexual y con ello la recombinación genética, favoreciendo el mecanismo de variación que garantiza los ensayos necesarios en todo proceso selectivo. Es a partir de aquí que se puede hablar con propiedad de especiación. La diversidad biológica, fruto de la evolución de las especies, se “dispara” a partir del surgimiento de los eucariotas.

Los proctocistas<sup>15</sup> comprenden seres autótrofos y heterótrofos, unicelulares y pluricelulares a medida que las células se agregan, se engarzan (septos, desmosomas), coordinan algunas funciones básicas (movimiento, reproducción, etc.) y luego se van especializando –división del trabajo– para engendrar los diferentes tejidos y órganos que componen los organismos multicelulares más avanzados.



Simbiogénesis según J. Steve Alexander

14. Adenosín-tri-fosfato, molécula “moneda” empleada en el metabolismo para el tránsito químico de energía.  
 15. Los proctocistas comprende a los protozoos, las algas y las formas primitivas emparentadas (falsos hongos, etc.). Algunos autores los consideran como un reino, aunque se sabe que no son monofiléticos.

## BREVE HISTORIA DE LA BIOSFERA (en millones de años)

### HADEENSE

|       |   |
|-------|---|
| 4.600 | Origen del sistema solar y de La Tierra y La Luna (?)           |
| 4.500 | Roca más antigua (origen meteorítico) en Arizona, Cañón Diablo  |
| 4.400 | Emisión de gases del manto a la atmósfera                       |
| 4.300 | Primeros cristales minerales (Australia). Primeros continentes? |

### ARQUEENSE

|       |  |
|-------|--|
| 4.000 | Formación de la corteza, inicio actividad tectónica  |
| 3.900 | Origen de las BACTERIAS (procariotas anaeróbicos, Arqueobacterias)   |
| 3.800 | Carbonato cálcico de origen biológico (Groenlandia)  |
| 3.600 | Microfósiles (estromatolitos)  |
| 3.500 | Comunidades bacterianas fotosintéticas   |
| 3.300 | Trazas de oxígeno gaseoso (atmósfera y sedimentos)   |
| 3.000 | Aparición de modalidades metabólicas (H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> y CH <sub>4</sub> ) |

### PROTEROZOICO

|       |   |
|-------|---|
| 2.500 | Oxígeno empieza a acumularse, Pre-Pangea, sedimentos biógenos                   |
| 2.200 | Profusión de bacterioplancton en los océanos (fijadores de N)                   |
| 2.100 | Engrosamiento de la capa de ozono   |
| 2.000 | Abundante oxígeno en la atmósfera (organismos aeróbicos)                        |
| 1.800 | Sedimentos de hierro son rojos (oxidados)                                       |
| 1.700 | Aparición de los PROTOCTISTAS (primeros eucariotas)                             |
| 1.600 | Organismos planctónicos y bentónicos (aparición mitocondrias?)                  |
| 1.500 | Origen de la mitosis, sexo meiótico y muerte programada                         |
| 1.400 | Cianobacterias colonizan La Tierra (costras desérticas y suelo)                 |
| 1.300 | Diversificación algas pluricelulares (adquisición de plastidios fotosintéticos) |
| 900   | Ediacara (protoctistas coloniales no identificados en areniscas)                |
| 900   | Aparición de los ANIMALES (embrión y blástula), cuerpo blando                   |

### FANEROZOICO

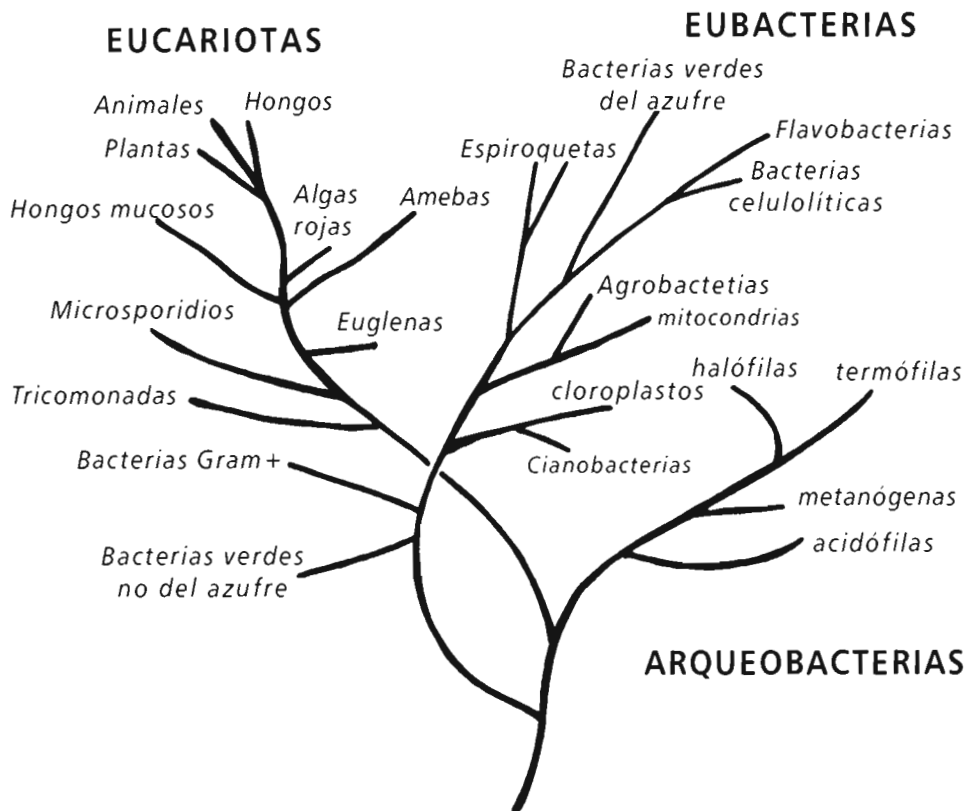
|     |   |
|-----|---|
| 570 | Animales duros (trilobites)   |
| 500 | Colonización de las tierras emergidas por algas e insectos          |
| 440 | Aparición de PLANTAS y HONGOS (fila terrestres)                     |
| 400 | Tierra cubierta por primeros bosques, plantas con semillas          |
| 365 | Bosques pantanosos (Carbonífero)                                    |
| 245 | Comienza la Edad de los Reptiles (Triásico, Jurásico y Cretácico)   |
| 150 | Se inicia disgregación del supercontinente Pangea                   |
| 65  | Extinción de los dinosaurios y comienzo de la Edad de los Mamíferos |
| 40  | Aparición de las gramíneas y plantas con flor y fruto. Hay Primates |
| 23  | Aparición de los hominoideos en África                              |
| 4,5 | Ancestros humanos (homínido bípedo, Australopiteco)                 |
| 2,5 | Género <i>Homo</i> (varias especies)                                |
| 0,1 | Comienzo de la evolución cultural                                   |

Cuando ya ha transcurrido el 87% de la historia de La Tierra, hace 600 ma, surge una rama heterótrofa compuesta de seres móviles, los Animales. Se originan en el mar y luego colonizarán la tierra firme (500 ma). También a partir de los protoctistas derivan las Plantas (autótrofos) y luego los Hongos (450 ma); ambos reinos eminentemente terrestres. Recordemos que las tierras emergidas ya son habitables; el ozono protege de los UV y el O<sub>2</sub> lejos de ser un tóxico, favorece el nuevo metabolismo respiratorio. La vida se extiende por todo el Planeta y la biosfera se autoorganiza aceleradamente, sin que ello impida la aparición de importantes innovaciones biológicas, como fueron el mesodermo<sup>16</sup> en los animales triblásticos, las flores en las plantas, o las castas no reproductoras en ciertas comunidades animales, como las hormigas, abejas, etc.

Todos estos nuevos seres –pluricelulares y grandes, en su mayoría–son bastante más complejos que sus ancestros y compañeros de biosfera, las bacterias. Para empezar, son multigenómicos en origen (debido a la simbiogénesis), y la simbiosis o asociación física a largo plazo entre miembros de distintas especies, sigue teniendo ventajas selectivas (más

eficiencia). Muchos insectos xilófagos y animales herbívoros no podrían sobrevivir sin los microorganismos celulolíticos que habitan en sus aparatos digestivos (endosimbiosis); la mayoría de las familias de plantas<sup>17</sup> forman micorrizas (simbiosis de hongo y raíz) que favorecen su metabolismo; y los líquenes (alga /cianobacteria + hongo) son ejemplos paradigmáticos en asunto de simbiosis.

Existe un falso concepto de individualidad de los organismos vivos. Al menos aquéllos que son grandes suelen ser en la realidad “comunidades” de organismos integrados. Nosotros mismos tenemos más bacterias en nuestra boca que habitantes hay en Nueva York.



Árbol filogenético de los principales grupos vivos (basado en Monastersky, 1998, simplificado).

16. Esta capa, situada entre el ectodermo y endodermo, amplió el abanico de estirpes celulares -unas 200- a niveles insospechados, y de ahí la complejidad adquirida por los animales superiores.

17. Son excepción las crucíferas, quenopodiáceas, ciperáceas, cariofiláceas y proteáceas.



## Ecopoyesis

Hemos visto como la vida, con su capacidad autopoyética, se autoorganiza y complica a lo largo del tiempo evolutivo. Pero la vida no actúa en el vacío, sino inmersa en un medio (tipo de sustrato, temperatura, humedad, etc.) que la condiciona, del cual obtiene su nutrimento y al cual expelle los residuos de su metabolismo. El concepto de ecopoyesis se ha acuñado para expresar la autoorganización y mantenimiento de los ecosistemas –sistemas con elementos vivos– como algo funcional. La cosa es simple: sin ecopoyesis no habría continuidad en la vida.

Recordemos que un sistema es un conjunto de elementos que interactúan entre sí, y cuantos más elementos distintos tenga, más posibilidades diferentes de interacción habrá. El sistema resultante será más complejo; menos previsible, menos rígido y, en definitiva, más variable y más adaptable. Así son los ecosistemas, donde los seres vivos que los integran son los propios responsables de su autoorganización.

Tal vez en los comienzos de la vida existía suficiente alimento en el “suropeo primordial”, o lo que fuese, y la biosfera no necesitaba productores primarios. Pero cuando éstos surgieron se agudizaron determinados problemas como la progresiva rarefacción de determinados nutrientes (fósforo, potasio, etc.). Productores primarios, consumidores y descomponedores tuvieron que acoplarse en ecosistemas locales, y éstos en ecosistemas de mayor escala, de modo que los nutrientes fueran transportados y, a ser posible, reciclados en su seno. Así, de manera progresiva, se han organizado a escala de la biosfera los grandes ciclos biogeoquímicos, en virtud de los cuales, los elementos esenciales para la vida –carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, etc.– no quedan aparcados de manera definitiva, sino que vuelven a estar disponibles para la materia viviente. Los hongos, por ejemplo, gracias a su capacidad de transporte horizontal, facilitaron la conquista de las tierras emergidas al liberar el fósforo y captar nitrógeno (el suelo es, de hecho, un producto fúngico). Según Margalef, el tiempo medio actual de renovación del carbono en la atmósfera es de 4 años; 16 años en los organismos vivos<sup>18</sup> y unos 40 años en la necromasa o materia orgánica muerta.

El acoplamiento de todos estos ciclos se ha producido a lo largo de la evolución de la biosfera, condicionado por los propios cambios físicos del Planeta (i.e., movimiento de placas), su clima (i.e. glaciaciones), y los provocados por los propios organismos vivos (i.e., oxígeno en la atmósfera). Un largo proceso de autoorganización de la biosfera, no exento de ciertos desajustes. Algunos autores sugieren que el carbón acumulado en los llamados “combustibles fósiles” proviene del lapsus entre la aparición de la lignina y la de los hongos capaces de descomponerla. Es probable que el exceso de producción primaria terrestre fuera arrastrado hasta los fondos anóxicos de los océanos, y allí se transformase en petróleo.

---

<sup>18</sup> La biomasa media de La Tierra actual es de 4 kg de carbono por hectárea y el ritmo medio de fijación es de 0,5 gr C/ hectárea/ segundo. Este es el pulso de la vida

## Energía exosomática

Los ecosistemas y la vida en su interior funcionan no sólo en virtud de la energía – lumínica, en la mayoría de los casos– que se incorpora a la materia viva. Además de esta energía endosomática existe otra, externa o exosomática, que es responsable, entre otras cosas, del transporte de los nutrientes y de muchos seres vivos o sus propágulos. La dinámica del aire y las aguas obedece a esta energía (cambios de temperatura, fuerza de Coriolis, etc.) lo mismo que la evapotranspiración, fenómeno físico que se produce a nivel de hojas en las plantas y que activa el transporte de nutrientes en el interior de estos seres. Margalef calcula que, en general, en los ecosistemas la energía exosomática activa es de 30 a 40 veces mayor que la endosomática.

Estas energías que circulan en el medio tienen mucha importancia y, de hecho, la vida está adaptada a su presencia y fluctuaciones (cuando son regulares). También se aprecia cierta tendencia en los organismos vivos más complejos a querer anticiparse a las fluctuaciones del medio y, en etapas evolutivas más recientes, incluso a manejar y controlar las energías exosomáticas en beneficio propio (termitas, humanos, etc.).

## ¿POR QUÉ LA VIDA ES DIVERSA?

Vernadsky, el creador del concepto de biosfera, jugó con la imagen de la vida en forma de una lámina única y continua cubriendo toda La Tierra; en la actualidad tendría un grosor<sup>19</sup> de poco más de 4 cm. Esto sería tal vez posible si el medio, La Tierra, fuera completamente homogénea. Pero no es así.

## Vocación y obligación

Un sistema complejo adaptativo sometido incluso a un solo criterio selectivo, pero enfrentado a un medio heterogéneo, responde inevitablemente con diversidad; máxime en el caso de la vida, que está empaquetada en unidades discontinuas en el espacio (individuos) y en el tiempo (especies). Esta capacidad de adaptación –y diferenciación– de la vida procede de su peculiar modo de transmitir y acumular información. Las mutaciones y recombinaciones cromosómicas en la reproducción, introducen variabilidad de modo continuo, y sobre el individuo resultante opera la selección natural en toda su amplitud (competencia, factores limitantes, contingencias, etc.), favoreciendo y canalizando determinadas combinaciones de información que se proyectan en el espacio y en el tiempo, o lo que es casi lo mismo, quitando de en medio a las otras.

Además de esta diferenciación gradual y pausada (selección darwiniana), la simbiogénesis nos muestra que pueden darse cambios más o menos bruscos; saltos o grandes “innovaciones” en la evolución. También recientemente se han reconocido procesos

---

<sup>19</sup> Biomasa vegetal total =  $1.841 \times 10^9$  Tm, y animal =  $2.002 \times 10^8$  Tm (según R. H. Whittaker, 1975 *Communities and ecosystems*. McMillan, Nueva York).

genéticos (transposones, mutaciones en genes reguladores, etc.) que favorecen este tipo de cambios “de conjunto”. Así pueden verse afectadas rutas metabólicas completas, determinados órganos, pautas de crecimiento, etc. Según parece, la vida cuenta con muchos mecanismos capaces de introducir novedades y generar variación, y recordemos que cuanto mayores sean los organismos involucrados (manejan más información), menores han de ser los cambios para que tengan mayor repercusión. Las diferencias genéticas entre distintas cepas de una misma bacteria superan a veces el 15% de su material genético, mucho más que toda la variación genética que existe entre los mamíferos. La divergencia molecular entre el hombre y nuestro pariente vivo más próximo, el chimpancé, es de sólo un 1,2%.

Así pues, tenemos por un lado la vida, capaz y dispuesta a cambiar y a adaptarse, y por el otro lado, el medio, que es heterogéneo y cambiante. Unos autores, como Richard Dawkins, piensan que el motor de la diversidad de la vida son los genes compitiendo entre ellos, y otros, como el paleontólogo Nils Eldregge, atribuye dicho honor a los cambios ambientales. A nuestro entender, es la concurrencia de ambos fenómenos, movidos por el pulso de la vida, lo que engendra diversidad. La vida es diversa por vocación y por obligación.

### **Biodiversidad**

Que la vida es variada, es algo obvio. Se aprecia al observar las diferencias entre nuestros propios rostros, las miles de especies, los géneros, familias y fila o al comparar las faunas y floras que habitan diferentes hábitats o regiones. También encontramos semejanzas entre las actuales formas vivas y los fósiles que restan del pasado. Y dentro de los mismos organismos encontramos diversidad a nivel molecular, a nivel genético, a nivel de estirpes celulares, tipos de tejidos, órganos, estructuras morfológicas, capacidades metabólicas, comportamiento y tipos de asociaciones simbióticas. Una simple bacteria puede contener 24,6 millones de macromoléculas de todo tipo repartidas en 2.500 clases diferentes; las proteínas pueden estar compuestas por más de 10.000 aminoácidos, abiertas a toda suerte de combinaciones; los animales cuentan con más de 200 estirpes celulares; el genoma humano puede contener entre 30.000 y 100.000 genes que admiten ininidad combinaciones alélicas ( $10^{605}$ ), etcétera, etcétera. Todo esto son expresiones del tremendo potencial de diversidad de la vida y casi cabría interpretarla como la negación de la uniformidad. Si en el Universo existe una insondable variedad de estrellas, la vida –al menos la que conocemos– representa la mayor concentración de diversidad por unidad de espacio.

Es esta cualidad de la vida de ser variada en sus formas y expresiones lo que se entiende por “biodiversidad” o “diversidad de la vida”, y resulta imposible de medir<sup>20</sup>. Pero el término de biodiversidad ha irrumpido con fuerza en la vida pública con otra acepción: la totalidad de los genes, especies y ecosistemas de una región dada; es decir, un recurso. Con este sentido ha recibido una esperanzadora atención conservacionista y por parte de los

---

20 La diversidad es una función de estructura o información, sin dimensiones físicas.

Tabla 2. Estimación mundial del número de especies descritas

| GRUPO               | ESPECIES  | PORCENTAJE |
|---------------------|-----------|------------|
| Bacterias           | 4.000     | 0,2 %      |
| Protozoos           | 29.000    | 1,7 %      |
| Algas               | 27.000    | 1,6 %      |
| Hongos              | 52.000    | 3,0 %      |
| Líquenes            | 20.000    | 1,2 %      |
| Plantas             | 270.000   | 15,7 %     |
| Artrópodos          | 1.085.000 | 63,0 %     |
| Otros invertebrados | 190.000   | 11,0 %     |
| Vertebrados         | 45.000    | 2,6 %      |
| TOTAL               | 1.722.000 | 100 %      |

Adaptado del *Global Biodiversity Assessment (UNEP, 1995)*

gobiernos, que están enfrascados en el inventario de sus respectivas biodiversidades, aunque ello consista en un mero recuento de especies, todavía muy incompleto.

Frente al millón setecientas mil especies descritas, se calcula que La Tierra actual puede albergar entre 10 y 15 millones de especies, con una gran concentración en los trópicos. Lógicamente, no todas las regiones están igualmente bien estudiadas. En Canarias por ejemplo, se han inventariado un total de 11.600 especies terrestres, prácticamente el 73% de las 16.000 que se estima que habitan el archipiélago; sin embargo, lo más destacable en este caso es que en la última década se

viene describiendo como media una especie nueva cada 6 días<sup>21</sup>. Y no sólo son nuevas especies lo que aportan los descubrimientos más recientes. En 1995 se daba a conocer un extraño animal microscópico que vive parásito en las barbas de las langostas en Noruega; fue nombrado *Symbion pandora* y reconocido como un nuevo filum del Reino Animal, los *Cycliophora*.

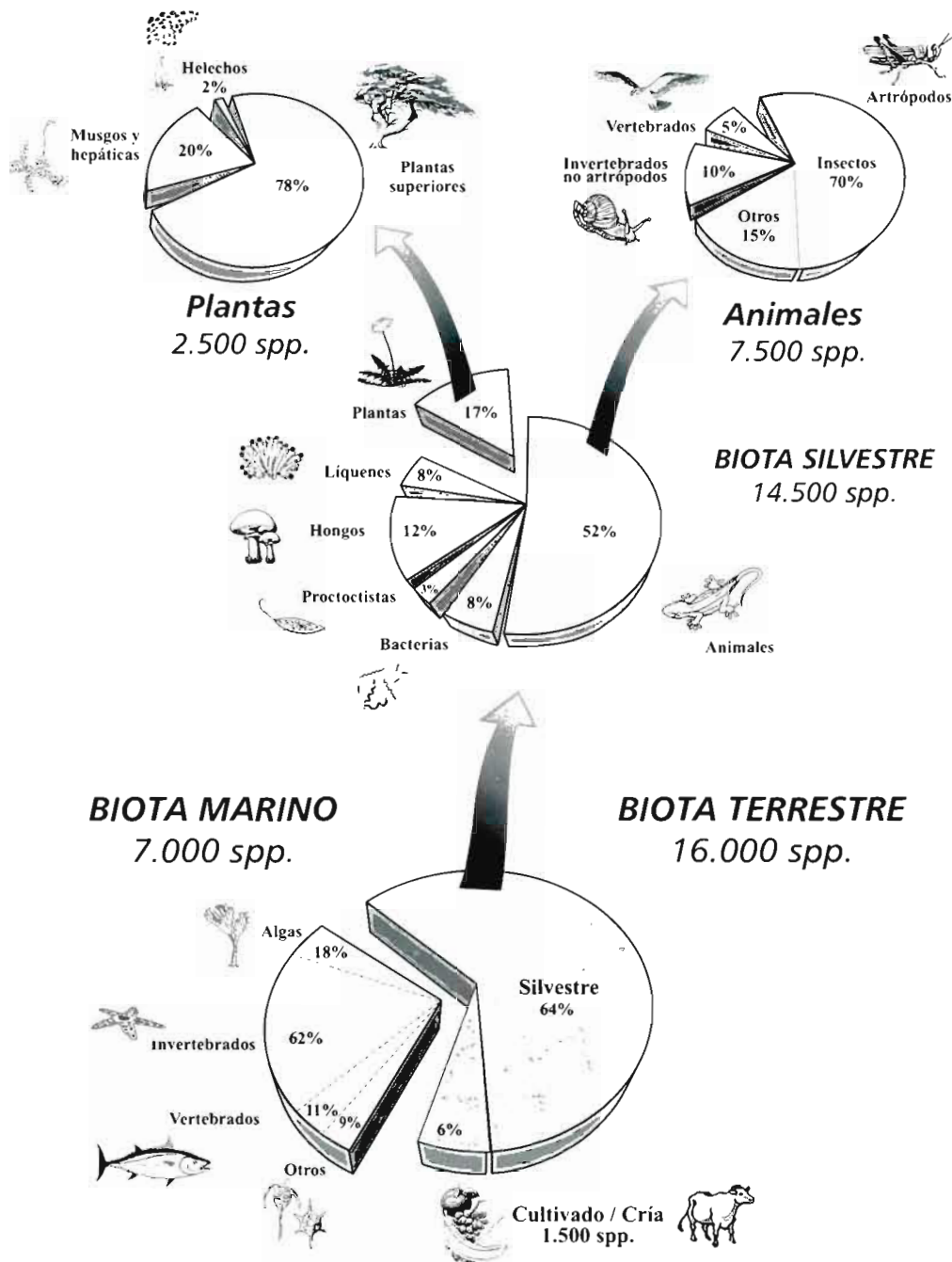
La riqueza de especies no se reparte por igual en la biosfera. Al margen de posibles deficiencias en nutrientes y otros factores ecológicos limitantes de menor efecto, el estrés térmico y el estrés hídrico son las principales causas que coartan la expansión de la vida. Por ello las selvas húmedas de los trópicos, donde no hay heladas ni falta el agua, pueden albergar las mayores biomásas y en ellas se dan también las mayores concentraciones de biodiversidad del Planeta. La estabilidad de estos biomásas en el tiempo evolutivo ha permitido "rizar el rizo" en materia de especiación, y estructurar el ecosistema en altura y en micronichos a niveles insospechados en otros biomásas. La atención conservacionista se ha centrado mucho en estas enormes bolsas de biodiversidad, así como en otros centros del Planeta, donde por razones biogeográficas e históricas existen altas concentraciones de especies y están amenazadas (*hot spots*).

El enfoque de la biodiversidad como recurso también ha despertado un renovado interés por las razas animales y variedades vegetales fruto de la selección artificial y, últimamente, de la biotecnología (levaduras, cepas bacterianas, etc.). Se trata de formas de vidas en cuya conformación ha intervenido el hombre y su tecnología. Sobre este particular, volveremos en la última sección.

21. J.L. Martín Esquivel, com. pers., 1998.

# BIOTA DE CANARIAS

(datos aproximados)



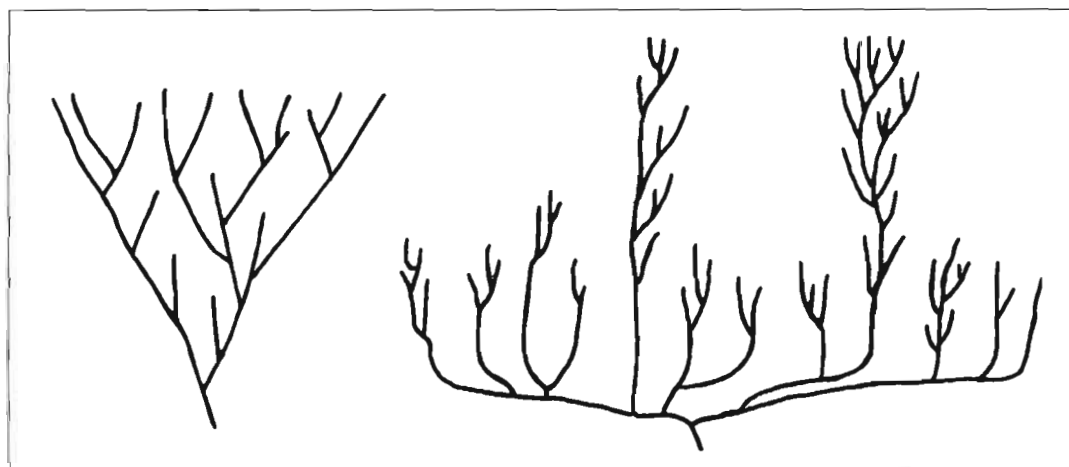
## 23.000 especies

Estimación del número de especies que habitan en Canarias

## Biodisparidad

Un interesante aspecto de la diversidad de la vida, de carácter cualitativo más que cuantitativo, es su biodisparidad, o nivel de desemejanza que existe entre los distintos organismos. El término fue introducido por Stephen Jay Gould para destacar los diferentes planes anatómicos o formas de vida que encontró en la fauna fósil de seres de cuerpo blando que poblaron los mares precámbricos (cantera de Burgess Shale, en Canadá). La mayoría de estos seres se extinguieron; de no ser así, hoy serían reconocidos como grupos diferenciados o fila distintos. Según Gould, en la historia de la vida ha habido una notable reducción en disparidad, seguida de un marcado aumento en diversidad dentro de los pocos diseños supervivientes. De hecho, más de la mitad de las especies descritas son insectos, y es muy posible que superen el 80% del número total de especies que existen en la realidad.

Es necesario pues cambiar la tradicional visión de la evolución de la vida como un árbol cuyas ramas se iban dividiendo progresivamente hasta dar la actual panoplia de especies; el llamado "cono" de la biodiversidad. Bajo la óptica de la biodisparidad, la historia de la vida se presenta más bien como un árbol tremendamente podado, con unas pocas ramas que llegaron hasta el presente; eso sí, algunas muy "floridas". Nuestra historia de la vida es la historia de los supervivientes (si pudieran hablar, los muertos aportarían seguramente otra versión de la batallas). Además, conocemos muy pocos fósiles (unas 300.000 especies) y sólo en aquellos grupos que pueden fosilizar.



*Cono de diversidad creciente (izquierda) y modelo revisado de diversificación y diezmación (derecha) sugerido por la reconstrucción adecuada de la fauna de Burgess Shale. S. J. Gould (1991).*

En la biosfera de hoy, la mayor biodisparidad sigue estando concentrada en el medio marino. Todos los fila reconocidos tienen representantes en el mar, con la salvedad de algunos fila de hongos que pueden considerarse como un grupo básicamente terrestre. El repertorio de vida presente en tierra firme es más pobre (aproximadamente un tercio de los fila) pero, dada la heterogeneidad del medio terrestre, es muchísimo más rico en especies, sobre todo tras el éxito y "pulverización" evolutiva de los insectos.

## PRINCIPALES GRUPOS DE SERES VIVOS

### ARQUEOBACTERIAS (3 fila)

Son unicelulares, heterótrofas (fermentadoras, metanófilas, acidófilas, termófilas, etc.); no usan ni producen oxígeno. Tienen un ARN ribosómico diferente al resto de las bacterias. Viven el fondo oceánico, estómago de las vacas, aguas termales, etc.

### EUBACTERIAS (13 fila)

Son unicelulares (aunque pueden agregarse). Gran variedad de modalidades metabólicas (quimiolitotrofas, fotosintéticas, etc.). Pared celular rígida (azúcares y péptidos). Su ADN es circular y está suelto en el líquido celular. Se multiplican por división celular.

### PROTOCTISTAS (37 fila)

Tienen células con núcleo y la meiosis está ampliamente extendida. Los hay unicelulares (mucho mayores que las bacterias) y pluricelulares (de donde surgirán animales, hongos y plantas), pero no desarrollan embriones en su reproducción. Hay grupos heterótrofos (protozoos, falsos hongos) y autótrofos (algas); algunos son sésiles y otros no. Diatomeas y coccolitofóridos son los principales productores primarios en el mar.

### ANIMALES (35 fila)

Son multicelulares y heterótrofos. Se desarrollan a partir de un espermatozoide y un óvulo que generan un embrión suelto, una blástula (bola de células, hueca). Son sensibles y activos (sistema nervioso muy desarrollado). Fusión sexual libre o *in vivo*. Abundan más en el agua que en la tierra.

### HONGOS (5 fila)

Seres de estructura fractal. Forman micelios clónicos y poseen paredes celulares con quitina. Son descomponedores de macromoléculas orgánicas (digieren fuera del cuerpo y luego ingieren). Reproducción sexuada por esporas o asexuada por gemación (no forman embriones). No tienen flagelos ni cilios. Grupo eminentemente terrestre.

### PLANTAS (10 fila)

Seres autótrofos con un ciclo vital complejo: los gametos masculino y femenino provienen de mitosis a partir de plántulas haploides originadas por esporas/polen que sí provienen de meiosis. Son sésiles y carecen de sistema nervioso. Comunicación por hormonas. Algunas han desarrollado estructuras de lignina (leñosidad). Son los principales productores primarios en la tierra.

(datos sobre fila tomados de Gaston y Spicer, 1998)

### Perturbaciones

Las perturbaciones juegan un papel importante en la diversidad de la vida, tanto en su historia evolutiva como en lo cotidiano, a nivel de ecosistema. La biodiversidad cae en un ecosistema como consecuencia de una gran perturbación (u otro tipo cualquiera de estrés



general). Luego, la sucesión ecológica se encarga de devolver el ecosistema a estados más maduros, más estables y más ricos en biodiversidad (= más información). Esto ocurre, claro está, si existen a mano (p.ej. banco de semillas) especies capaces de afrontar las nuevas condiciones ambientales impuestas por la perturbación.

Los organismos vivos están adaptados a las condiciones de su medio incluidos los cambios que habitual o regularmente se producen en él (estaciones del año, variación del alimento, etc.). Las perturbaciones implican cambios “bruscos” y no predecibles, que someten a “prueba” las capacidades de los organismos vivos. Consecuentemente, las grandes perturbaciones suponen grandes pruebas, y no son muchos los afortunados que superan estos exámenes.

La historia de la vida está jalonada de extinciones de grupos enteros y aparición de otros nuevos, lo que a menudo ocurre de forma relativamente brusca (discontinuidades que se emplean para dividir los periodos geológicos). Según se va conociendo, muchos de estas



*La selva tropical húmeda alberga las mayores concentraciones de biodiversidad en La Tierra.*

inflexiones en el devenir evolutivo están vinculadas a grandes perturbaciones. Viene a colación el meteorito que impactó en La Tierra a finales del Cretácico (66 ma) y a cuyo efecto se atribuye la subsiguiente extinción de los dinosaurios, dando cancha libre a los mamíferos. En el Pérmico, hace 245 millones de años, se cree que hubo un enfriamiento global del Planeta que arrasó con el 95-98% de todas las formas vivas existentes.

Las perturbaciones son una excelente manera de excitar a un sistema complejo adaptativo. El cambio impuesto –con mayor o menor brusquedad– no lo resisten algunas especies y sucumben; otras lo toleran sin más o son capaces de acomodarse a él, y otras descubren que contaban con determinadas características que en el nuevo ambiente resultan más ventajosas; a veces se trata incluso de órganos que fueron “concebidos” para otras funciones y que ahora adquieren un valor adaptativo positivo. Estas especies afortunadas se ven favorecidas por la nueva selección natural y no resulta improbable que de ellas acabe por surgir un nuevo grupo. Muchos autores reconocen en las perturbaciones



—en ocasiones catalogadas como catástrofes— un factor dinamizador de la innovación evolutiva; promueven la biodisparidad.

La receta de un sesudo alquimista para obtener biodiversidad podría ser la siguiente: “Tómese algo de vida, póngase en un medio heterogéneo y déjese correr el tiempo. Si a estos tres componentes se le añaden unos pellizcos de perturbaciones; entonces, el resultado se obtendrá más pronto y será más vistoso”.

## ¿HACIA DÓNDE VA LA VIDA?

Hay físicos como J. Doyne Farmer, del Instituto de Santa Fe, que piensan que la vida es consecuencia de la evolución espontánea de la materia. Por el momento, no conocemos otras formas de vida en el Universo explorado (que es muy poco), pero al menos la presencia de planetas que estén o hayan estado en condiciones de habitabilidad (agua líquida) parece más que razonable atendiendo a la leyes de probabilidades. No sabemos si de darse las condiciones de habitabilidad la vida surgiría de forma espontánea, o si se trata de una peculiar contingencia de La Tierra. Un dato a favor de la primera hipótesis es la temprana aparición de la vida en La Tierra; tan pronto como se dan condiciones de habitabilidad al finalizar el Hadeense, surge la vida (indicios de células con 3.860 ma de antigüedad). Algunos teóricos de la vida no creen que haya habido tiempo suficiente para el desarrollo de la química prebiótica en tan poco tiempo y postulan que la vida debió originarse en otro lugar y luego arribar ya activa a La Tierra. Esto entronca con la vieja idea de Arrhenius (1939) sobre la panspermia, perfilándose Marte como uno de los candidatos más probables.

Por otra parte, La Tierra se encuentra en una posición marginal, casi de frontera, dentro de la ventana de habitabilidad (temperatura adecuada, suficiente gravedad, etc.) que existe en nuestro sistema solar. Y la novedad y creatividad se establece en los sistemas no lineales en las fronteras, donde la criticidad (cambios de fase) es alta. Luego, también cabe la sospecha razonable de que la vida pudiera ser hija del caos (y no necesariamente hija única). Ahora bien, al margen de cuál sea la razón de su origen —azar o destino—, las condiciones cósmicas favorables para la vida y sus innovaciones en nuestro Planeta no parece que vayan a cambiar sensiblemente en los próximos eones.

## Restricción y libertad

En principio, la vida va a seguir la inercia de su propio impulso evolutivo, con bastante libertad pero con cierto orden<sup>22</sup>. La vida, como propiedad emergente de la física y la química está sometida a las restricciones que le imponen estos ámbitos; particularmente la termodinámica. Y aún así, superadas estas restricciones, la evolución no trabaja sobre una

---

22. Todo sistema complejo adaptativo requiere la concurrencia de suficiente cambio/caos para generar variabilidad, pero no demasiado para que no se descalabre su funcionamiento; consecuentemente es necesario mantener cierto orden, pero tampoco excesivo pues el sistema resultaría rígido e incapaz de evolucionar.

hoja en blanco. La vida es historia, es contingencia, de manera que las futuras opciones están fuertemente condicionadas por las situaciones previas. No es lo mismo planear *ex novo* una estructura para volar, que transformar en ala la estructura de una pata diseñada originariamente para caminar. La vida construye sobre vida, y esto, a la vez que una restricción, es también una ventaja considerable (recuérdese, por ejemplo, el potencial de la simbiogénesis).

Muchos biólogos perciben en la vida algún tipo de “principio vital” que es su fuerza motriz. Particularmente nos gusta invocar un principio de expansión (que probablemente sea mera consecuencia y no un principio); otros hablan de “fuerza vital”, “potencial biótico”, etc. Los físicos “duros” (mecanocuanticos) como Gell-Mann son muy críticos con estas posturas y no admiten ninguna posibilidad que no tenga un origen fisicoquímico. Puede que la física de la información acabe por desvelar algún principio variacional que apacigüe un poco este desasosiego casi místico de los biólogos y biófilos. Pero posiblemente los físicos estén en lo cierto, y la vida no sea más que un fenómeno fisicoquímico que una vez se puso en marcha ya no puede parar (sistema autoexcitativo).

### **Información en alza**

Todo cambio en la materia genera información. La materia viva acumula y proyecta en el tiempo su propia información acumulada. Con la aparición del sexo, se canaliza esta transmisión, se estabiliza<sup>23</sup> y explora la variabilidad (bajo un régimen controlado), pero también se implanta la muerte programada en la célula eucariota. Así, la muerte del individuo viene a representar la pérdida de “memoria” o necesidad de olvido que todo sistema complejo adaptativo requiere si quiere ser innovador y progresar. Lo mismo ocurre a nivel de evolución; la extinción de las especies representa también una pérdida de memoria, y las grandes extinciones parecen sugerir pautas caóticas que, en principio, propician más diversidad en las formas vivas. Todo parece indicar, pues, que la vida va a seguir haciendo lo mismo que ha venido haciendo hasta la fecha: generar más vida, más diversidad, más complejidad, más información.

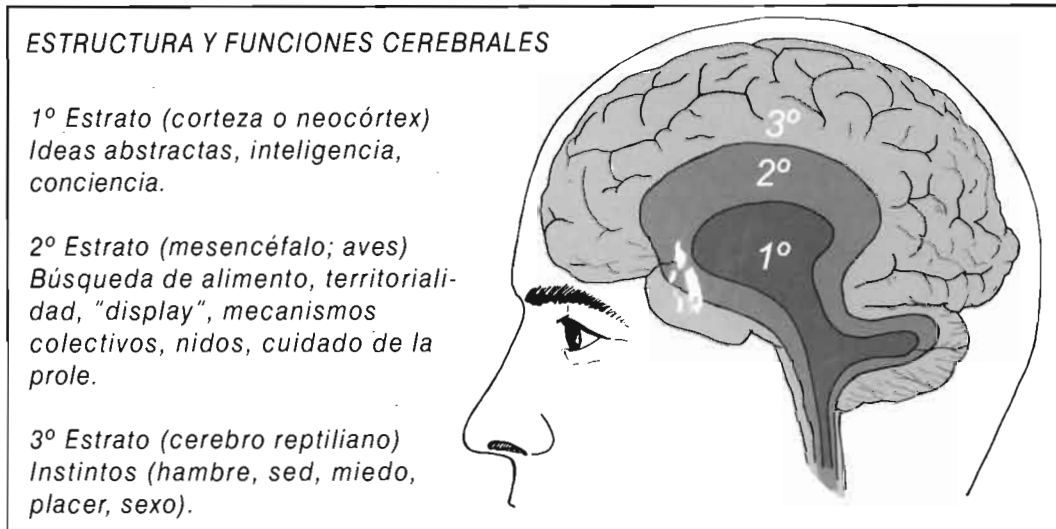
Si analizamos la evolución de la vida bajo la óptica de la información, es fácil reconocer como se ha ido produciendo un aceleramiento progresivo en la complicación, innovación y diversificación –más información– de la materia viva. Sin ir más lejos, los animales surgen cuando ya ha transcurrido el 85% de la historia de la vida, y no cabe duda que en ellos se han conseguido las cotas de mayor complejidad estructural y de tránsito de información. No es infrecuente que un sistema complejo adaptativo acabe por generar otros sistemas complejos adaptativos. Este es el caso, por ejemplo, del sistema inmunológico de los mamíferos, capaz de producir millones de anticuerpos distintos. Evidentemente, la vida acumula información, y ya se comentó que, cuanto más información contenga un sistema, mejor rendimiento sacará a toda nueva entrada de información en él. Esta es, seguramente, la razón del aceleramiento observado.

---

23. Las moléculas de ADN son más estables que las de ARN. Además, en los primates surgen mecanismos de reparación del ADN.

## Materia pensante

Los animales, siendo móviles, adoptan sistemas sensoriales que favorecen la comunicación y la búsqueda de alimento (las plantas, sésiles, no necesitan sistemas nerviosos y se comunican por vía química mediante hormonas). El sistema nervioso es otro sistema complejo adaptativo que se autoorganiza e incorpora información a ritmo aún más acelerado<sup>24</sup>. La complicación del sistema nervioso va aparejada a la de su funcionamiento (mayor capacidad de almacenar y manejar información), y así han ido organizándose las distintas capas del cerebro, hasta llegar al cerebro humano donde surge la mente.



La mente –materia pensante– es una propiedad emergente de la vida, como ésta lo es de la química y ésta de la física. Es, asimismo, un sistema complejo adaptativo cercano a un punto crítico o de frontera<sup>25</sup>. Su gestación es muy reciente en la evolución del Universo (hasta donde conocemos) y Farmer asegura que es también una consecuencia lógica de la evolución espontánea de la materia. Podría ser...

En la mente activa casi todo es contingencia; hay memoria e innovación. Su funcionamiento es realmente complejo (redes neuronales interactuantes y fluidas) y sigue sin desvelarse del todo, aunque podamos reconocer fácilmente algunas de sus cualidades (anticipar las consecuencias de las acciones; comportamiento ético o moral, etc.). Según Salovey y Mayer apenas usamos el 0,1% de la actividad cognitiva.

La mente se apoya fuertemente en el lenguaje –y actúa sobre él–, una capacidad incipiente en otras especies, pero que en la nuestra coevolucionó con las necesarias adaptaciones del aparato fonador hasta adquirir un alto grado de perfección. Los lactantes humanos tienen la laringe en la misma posición que el resto de los mamíferos y pueden respirar

24. El empalme de neuronas subsiste si funcionan en circuito; si el entorno las solicita.

25. Ricard V. Solé y sus colaboradores han aplicado la teoría del caos al estudio de las ondas cerebrales encontrando que existe caos determinista.

mientras maman. Luego, pasado los dos años de edad, la laringe desciende por el esófago permitiendo la producción del sonido “base” que permite el habla. El desarrollo del lenguaje –también un sistema complejo adaptativo– aportó claras ventajas comunicativas en el seno del grupo, favoreciendo el altruismo y la cooperación. Además, el lenguaje –hablado o escrito– constituye un nuevo canal de transmisión de información distinto al habitual en seres vivos: el canal genético. La información (experiencia) adquirida por unos individuos puede pasar directamente a otros, a la generación siguiente o incluso ser compartida a distancia (libros, radio, televisión, internet, etc.). Y esto ocurre a una velocidad hasta este momento desconocida en la naturaleza. De nuevo, la información se acelera.

### Noosfera

Con la irrupción de la materia pensante en el Planeta surge la herencia cultural que es “lamarckiana”<sup>26</sup>. Por eso la evolución cultural es mucho más rápida que la biológica darwiniana. Su impacto en la biosfera no ha tardado mucho en dejarse sentir. La inteligencia<sup>27</sup> humana ha desarrollado tecnología; manipula ingentes cantidades de información y controla las energías exosomáticas como hasta ahora no ha hecho ninguna especie (además de liberar combustibles fósiles). Surgen infinidad de artefactos que son replicados mediante tecnología y cuyos diseños también pueden evolucionar (muebles, vehículos, vestidos, etc.); son lo que Cavalli-Sforza y Feldman llaman organismos de segundo orden. La mente del hombre también ha producido moléculas sintéticas y elementos químicos desconocidos en natura (isótopos de laboratorio) y ha permitido a nuestra especie y sus artilugios abandonar la biosfera y regresar a ella (eso sí, acompañado de muchas bacterias). Su último logro es la biotecnología que abre las puertas a la “creación” de especies mediante manipulación genética, lo que va mucho más allá de la selección artificial practicada hasta la fecha. Otro resultado indirecto derivado de la mente y no menos importante, es el haber desbaratado –mezcla de razas– el proceso de especiación geográfica que estaba en marcha en *Homo sapiens*.

Todo esto es nuevo en la biosfera y no resultaría descabellado rescatar el término de “noosfera” (noos = inteligencia) acuñado por Le Roy y Teilhard de Chardín, para designar al nuevo sistema global, en el que coexisten materia viva y materia pensante, evolución biológica darwiniana y evolución cultural lamarkiana, elementos naturales y artilugios. Al igual que la primera vesícula replicante y autopoyética de la sopa primordial inició la biosfera, con la aparición de la mente consciente comenzaría la noosfera que la reemplaza. La biosfera ha evolucionado hacia una noosfera.

Al menos en La Tierra, el Universo es capaz de pensarse a sí mismo. Este sí es un “mérito” cierto y objetivo reconocible a la especie humana, y lejos del sesgo antropocéntrico que ha venido marcando todas nuestras interpretaciones históricas del Universo. Ahora sólo

---

26. Lamarck pensaba erróneamente que las cualidades biológicas adquiridas por un progenitor en su vida (una fuerte musculatura, por ejemplo) eran directamente transmisibles a la descendencia.

27. La inteligencia se suele definir como la capacidad de iniciar, dirigir y controlar las propias operaciones mentales, entendiéndose como tales las que manejan información.

queda por averiguar si hay materia pensante en otros planetas o si en otras especies terráneas pudiera surgir la mente. Científicos de GenoPlex (Denver) que investigan sobre genes de chimpancés por motivos médicos, consideran que la capacidad cognitiva de los humanos radica en sólo 50 genes<sup>28</sup>.

### Reflexión final

¿Hacia dónde va la vida? Las predicciones son el talón de Aquiles de la Ciencia. Probablemente sólo exista cierto margen de predicción real en el ámbito de la termodinámica; a partir de ella, comienzan las arenas movedizas. Podemos estudiar las regularidades que observamos en la naturaleza, analizar algunas tendencias y considerar un espectro de probabilidades. Sin embargo, todo paso que da la selección natural sobre la materia viva supone una opción de las muchas posibilidades que existen. Tal opción marca un camino y cierra las puertas a las restantes opciones. Ya dijimos, que la evolución es un proceso histórico preñado de contingencia.

Los condicionantes y restricciones que gobiernan los procesos vitales siguen estando ahí y no hay razón para que cambien. La vida, en principio, va a seguir las mismas pautas que venimos observando. Aparecerán nuevos organismos, algunos más complicados, otros más diversos, agrupados o no, y con tendencia a adquirir mayor tamaño (individual o colectivo) ya que tendrán más capacidad de manejar información y gobernar su entorno. También es posible que sobrevenga una nueva gran extinción, como ya ha postulado Nils Eldrege. Pero quedará vida y ésta hará prosperar la biodiversidad. En resumen, más de lo mismo.

No obstante, hay una circunstancia nueva para la vida presente en La Tierra, y es que tiene que compartir el Planeta con la mente, que está soportada por la propia vida; al menos, por una parte de ella. Ello, ciertamente, introduce un matiz en nuestra pregunta. ¿Hacia dónde va la vida en la noosfera?

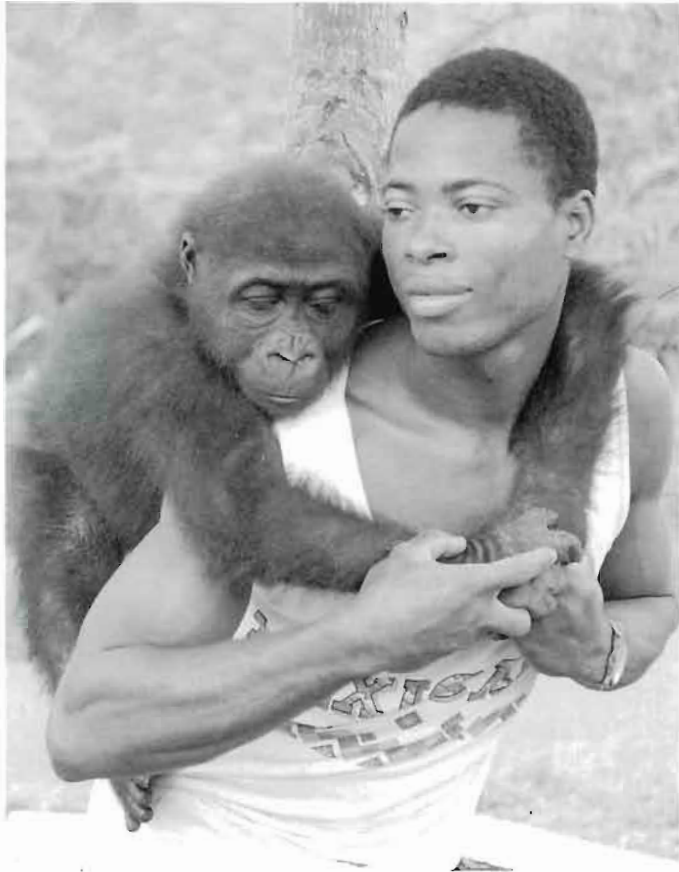
El hombre tiene un importante impacto en la noosfera. Por una parte, provoca alteraciones en los ecosistemas liberando energía o transformando directamente el medio como han hecho otras muchas especies a lo largo de la historia de la vida. Y los ecosistemas responden y responderán como ante cualquier otro tipo de estrés ambiental: aceleramiento general, pérdida de biomasa y diversidad, etc. Los humanos civilizados somos realmente revoltosos, pues amplificamos nuestro impacto a través del control de las energías exosomáticas (*sensu lato*), pero en este aspecto no somos cualitativamente tan diferentes a otras especies. Liberamos energía, oxidamos el entorno e, inevitablemente, devoramos biodiversidad. La biosfera ya ha pasado por tragos similares, y tal vez peores.

Sin embargo, la aparición de moléculas recalcitrantes fruto de la industria del hombre, o la futura saga de "frankensteins" o seres antropogénicos, sí que plantean situaciones

---

28. Nicholas Wade, El País (25 octubre 1998).

realmente nuevas frente al pasado. La vida heredada ha coevolucionado, a lo largo del tiempo y ahora va a operar junto a organismos vivos de compatibilidad no probada. Habrá nuevos genomas diseñados por el hombre y cuyo comportamiento puede ir más allá del previsto, por muchas cautelas que guarden nuestros biotecnólogos. Sin ir más lejos, las bacterias recombinantes de diseño pueden liberar plásmidos que acaben dentro de otras bacterias ajenas al experimento. El hombre podrá manipular voluntariamente sus propios genes. Estas potencialidades e incertidumbres son objeto de intenso debate en la actualidad, tanto desde su punto de vista técnico como ético. Y poco podemos predecir sobre los futuros aciertos o insensateces del hombre.



*La divergencia molecular entre el ADN del hombre y el de un gorila es de sólo 1,4%, y nuestra capacidad cognitiva parece radicar en apenas unos 50 genes.*

Si uno fuese un observador externo al Planeta y en vez de fijarse en los elementos clásicos, materia y energía, o espacio y tiempo, centrase su atención en la información, tal vez obtendría una imagen diferente. Los estudios de termodinámica de la información están muy poco desarrollados, pero es fácil apreciar un incremento de la misma a medida que el Universo se expande, se enfría y se hace más denso. Pero, además, en La Tierra la acumulación y tránsito de información se acelera progresivamente, partiendo de la evolución química, luego en la evolución biológica y ahora con la evolución cultural. La información vinculada a la materia viva ha llenado prácticamente todos los recovecos de la superficie del Planeta e incluso ha logrado —con ayuda de la mente— darse algún que otro paseo por el vecindario. La información vinculada a la materia pensante y la derivada de ella —esto es lo nuevo— también ha copado el Planeta y con mucha más intensidad (para hacernos una idea imaginemos que las ondas de radio o televisión fueran visibles). La información derivada de la mente (mensajes) y soportada por la tecnología electrónica ha superado los confines del Planeta y de nuestro sistema solar. La Tierra emite información en forma de radiación electromagnética estructurada hacia

todo el Universo. Somos un Planeta tremendamente “ruidoso” en el cosmos.

La expansión de la vida a la que ya hemos aludido con anterioridad, parece enfrentarse a barreras físicas, y es probable que no pueda superar su confinamiento dentro de nuestro Planeta o vecindad inmediata. Sin embargo, la información parece no sólo acelerarse, sino expandirse con más éxito una vez liberada de su soporte viviente (mensajes electromagnéticos). Cabe incluso especular con la posibilidad de que la mente acabe por encontrar la manera de operar sobre soportes materiales no vivos, es decir, sobre organismos

de 2º orden o máquinas que funcionen con energía eléctrica (ordenadores cuánticos con capacidad para la consciencia y la empatía). Pero esto ya es ciencia-ficción y la pregunta de ¿hacia dónde va la mente?, rebasa los propósitos de este ensayo.

Por lo pronto, parece seguro que la mente, que apenas ha iniciado su andadura en la noosfera, va a influir sobre la vida. Podemos, eso sí, esperar de la mente que tome autoconsciencia de ello, y esto ya es algo. Pero, si no sabemos hacia dónde va la mente, tampoco podremos aventurar mucho sobre el futuro de la vida, de modo que, en respuesta a la pregunta que encabeza este apartado ¿hacia dónde va la vida?, nos conformamos con una frase de Ian Malcolm, el sugestivo personaje de Michael Crichton en Parque Jurásico: *“La vida se abre camino...”*.





## BIBLIOGRAFÍA

- AGUSTÍ, J. (ed.). 1996. *La lógica de las extinciones*. Metatemas 42. Tusquets Editores., Barcelona.
- ANGUITA VIRELLA, F. 1988. *Origen e historia de la Tierra*. Editorial Rueda, Alcorcón.
- ARSUAGA, J.L. y MARTÍNEZ, I. 1998. *La especie elegida. La larga marcha de la evolución humana*. Ediciones Temas de Hoy, Madrid.
- AYALA, F. J. 1994. *La teoría de la evolución; de Darwin a los últimos avances de la genética*. Ediciones Temas de Hoy, Madrid.
- BACHAU, V. y LESSELLS, K. 1997. La selección natural, principio necesario y suficiente. *Mundo científico*, 179: 466-470.
- BELL, G. 1988. *Sex and death in protozoa. The history of an obsession*. Cambridge University Press, Cambridge.
- BROCKMAN, J. (ed.) 1996. *La tercera cultura. Más allá de la revolución científica*. Tusquets Editores, Barcelona.
- CAIRNS-SMITH, A.G. 1990. *Siete pistas sobre el origen de la vida*. Alianza, Ediciones del Prado, Madrid.
- CAVALLI-SFORZA, L.L. y FELDMAN, M.W. 1981. *Cultural transmission and evolution. A quantitative approach*. Princeton University Press, Princeton.
- DE DUVE, Ch. 1996. El origen de las células eucariotas. *Investigación y Ciencia*, 237: 18-26.
- DE ROSNAY, J. 1993. *Qué es la vida*. Biblioteca científica Salvat, Madrid.
- FUSTER, J. M. 1997. Redes de memoria. *Investigación y Ciencia*, 250: 74-83.
- GASTON, K.J. y SPICER, J.I. 1998. *Biodiversity, an introduction*. Blackwell Science, Nueva York.
- GELL-MANN, M. 1995. *El quark y el jaguar*. Tusquets Editores, Barcelona.
- GOLDSMIDT, D. 1997. *The hunt for life on Mars*. Dutton, Nueva York.
- KAPISC, J.-J. y SONIGO, P., 1998. Elogio del azar y de la selección. El DNA no detenta todos los secretos de las formas vivas. *Mundo Científico*, 188: 40-43.
- LAITHWAITE, E. 1994. *An inventor in the garden of Eden*. Cambridge University Press, Cambridge.
- LEWONTIN, R. C. 1978. La adaptación. *Investigación y Ciencia*, 26: 139-149.
- LURIÉ, D. y WAGENSBERG, J. 1979. Termodinámica de la evolución biológica. *Investigación y Ciencia*, 30, 102.
- MACHADO, A. 1998. *Biodiversidad. Un paseo por el concepto y las Islas Canarias*. Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife.
- MARGALEF, R. 1995. La ecología, entre la vida real y la física teórica. *Investigación y Ciencia*, 225: 66-73
- MARGALEF, R. 1991. *Teoría de los sistemas ecológicos*. Publicacions de la Universitat de Barcelona, Barcelona.
- MARGULIS, L. y SAGAN, D. 1995. *¿Qué es la vida?.*– Metatemas 45, Tusquets Editores, Barcelona.
- MILLER, R.V. 1998. Intercambio de genes bacterianos en la naturaleza.– *Investigación y Ciencia*, 258: 12-17
- MONASTERSKY, R. 1998. El origen de la vida sobre La Tierra. *National Geographic*, 2(3): 58-81.
- PRIGOGINE, I. 1972. La thermodynamique de la vie. *La Recherche*, 3: 24, 47.
- REEVES, H., ROSNAY, J. d., COPPENS, Y. y SIMMONET, D. 1997. *La historia más bella del mundo. Los secretos de nuestros orígenes*. Editorial Anagrama, Barcelona.
- SELOSSE, M.-A. y LOISEAUZ de GOËR, S. 1997. La saga de la endosimbiosis. Las mitocondrias y los plastos, testigos y actores de la evolución. *Mundo Científico*, 179: 436-441.
- SOLÉ, R. V., 1996. Complejidad en la frontera del caos. *Investigación y Ciencia*, 236: 14-21.
- SCHRÖDINGER, E. 1997. *¿Qué es la vida?* Metatemas 1. Tusquets Editores, Barcelona.
- TRIGO I RODRÍGUEZ, J.M. 1998. Vida en el Universo. *Mundo Científico*, 186: 15-19.
- VERNADSKY, V.I. 1997 (reedición). *La Biosfera*. Fundación Argentaria, Madrid.
- WILSON, E. O. 1994. *La diversidad de la vida. En defensa de la pluralidad biológica*. Círculo de Lectores, Barcelona.





# LA MACARONESIA

## Consideraciones geológicas, biogeográficas y paleoecológicas

Francisco García-Talavera

Conservador del Museo de Ciencias Naturales  
Organismo Autónomo de Museos y Centros  
Cabildo Insular de Tenerife





*La región macaronésica en sentido amplio.*

## INTRODUCCIÓN

El sonoro término Macaronesia, de etimología griega (makáron = felicidad, nesoi = islas) es utilizado por los estudiosos de la Naturaleza para expresar un concepto fundamentalmente biogeográfico y botánico. Pero son los botánicos los que aún no se ponen de acuerdo a la hora de limitar la extensión territorial de esta región. Para muchos, quizás la mayoría, la Macaronesia comprendería los archipiélagos noratlánticos de Azores, Madeira, Salvajes, Canarias y Cabo Verde, además de una amplia franja costera africana situada frente a dichas islas, que va desde Marruecos hasta Senegal. Esta extensa unidad biogeográfica, esencialmente botánica, se encuentra entre las coordenadas: 39° 45'N, 31° 17'W de la isla más septentrional que es Corvo (Azores), y 14° 49'N, 24° 42' W de Brava (Cabo Verde), la más meridional. Por otro lado, Flores (Azores) es la más alejada del continente (a 1.900 km de Europa) y Fuerteventura (Canarias) la más próxima (a 96 km de África). Como es lógico, estas dispares situaciones geográficas propician una variabilidad climática sensible, lo que a su vez, condiciona el poblamiento biológico. Y si a esto añadimos las notorias diferencias en cuanto a distancias al continente entre unos archipiélagos y otros, se hace evidente la necesidad de tener en cuenta todos esos factores a la hora de hacer estudios y valoraciones biogeográficas y ecológicas.

En este contexto trataremos de dar una visión, lo más sucinta posible, sobre el origen, situación geográfica, clima, flora y fauna de cada uno de los archipiélagos y del enclave continental. De igual modo trataremos, de manera general, y particular en su caso, de una serie de aspectos paleontológicos y paleoecológicos que consideramos de interés para una mejor comprensión del origen, poblamiento biológico y evolución de esta singular región del Atlántico nororiental.

## EL ORIGEN

Los archipiélagos macaronésicos tienen en común su origen volcánico. Todas las islas se pueden considerar como oceánicas, o lo que es lo mismo, han emergido tras sucesivas erupciones submarinas de magmas fundamentalmente básicos (basalto), a través de fracturas y zonas de debilidad de la corteza oceánica. Pero hay algunas islas, como Lanzarote y Fuerteventura, que al estar más próximas al continente, se asientan sobre corteza de transición, continental-oceánica, y por lo tanto, el magma en su ascenso puede arrastrar a la superficie fragmentos de rocas sedimentarias del borde continental africano.

En cualquier caso, todos estos archipiélagos son una consecuencia de la geodinámica interna del Atlántico que –a través de las fracturas y fallas de transformación y, fundamentalmente, de la cordillera dorsal– no ha dejado de emitir magma desde su apertura hace más de 180 millones de años. Las investigaciones oceanográficas de los fondos atlánticos en las últimas décadas han revelado que su edad aumenta a medida que se alejan (1 ó 2 cm al año) de la dorsal, en ambas direcciones. Y así resulta que en Azores hay dos islas (Flores y Corvo) –las más jóvenes– que se están distanciando del resto en dirección a América, ya que se encuentran separadas por la dorsal atlántica.

De igual modo, los ejes estructurales principales de la geotectónica atlántica inducen las direcciones y alineaciones insulares, en las que se observa un predominio de las NE-SW y NNW-SSE, como lo demuestran los bancos submarinos entre Madeira y la Península Ibérica, o la alineación Fuerteventura-Lanzarote-isletas-Banco de Concepción.

Por otra parte, a excepción de Azores, los demás archipiélagos macaronésicos se encuentran en el interior de la placa tectónica africana, lo que les confiere un menor riesgo sísmico y una más atenuada actividad volcánica. Sin embargo, las islas Azores –situadas en el borde de la placa, a ambos lados de la dorsal, con una clara alineación en la dirección estructural NNW-SSE, y próximas a la zona de fractura del Atlántico oriental– presentan una lógica mayor actividad volcánica y sísmica. En los últimos años han ocurrido allí, principalmente en las islas centrales, seismos de intensidad destructiva que provocaron víctimas mortales.

## EL POBLAMIENTO

Las islas volcánicas oceánicas comienzan a poblarse desde el momento en que emergen y se enfrían los materiales magmáticos que las han hecho nacer. Existen tres agentes fundamentales que propician la dispersión genética y el poblamiento insular: **los vientos** (anemocoria) capaces de transportar a grandes distancias propágulos de semillas, pequeños insectos y arácnidos, etc.; **las corrientes marinas** (hidrocoria), que propician el transporte pasivo por flotación, de semillas, animales en balsas de poblamiento, etc., y favorecen el transporte activo de otros animales poco nadadores (algunos mamíferos y reptiles), y en tercer lugar **las aves** (ornitocoria), que pueden transportar en su aparato digestivo, en las patas y en el plumaje, toda una serie de frutos, semillas y pequeños insectos. No podemos olvidar a los mamíferos voladores (murciélagos) que pueden llevar parásitos en su pelaje, o a los insectos voladores que también pueden ser agentes de transporte para otros artrópodos más pequeños (ácaros). Finalmente, debemos considerar al hombre como un agente de dispersión biológica importante (antropocoria), muchas veces nefasta.

Como es lógico, la distancia al continente o a otras islas próximas, juega un papel importante en el poblamiento, lo mismo que la edad, situación geográfica, clima, superficie y altura de las islas. Es, por lo tanto, la combinación de todos estos factores lo que se debe valorar en cualquier investigación sobre la biogeografía y biodiversidad insulares. Por todo ello, no nos debe extrañar que las islas Canarias, las más favorecidas en estos condicionantes con respecto a los otros archipiélagos macaronésicos (mayor extensión, menor distancia al continente, clima subtropical, mayor altura), presenten las más altas tasas de biodiversidad. Recientes investigaciones parecen apuntar a una colonización de “ida y vuelta” por parte de algunas especies vegetales que llegaron a estas islas procedentes de África, evolucionaron en ellas y ahora han regresado al continente ya diferenciadas (*Aeonium spp.*).

Pero nos estaríamos olvidando de un factor fundamental en el poblamiento de la Macaronesia, si no mencionamos el papel que han jugado los actuales bancos submarinos que rodean a los archipiélagos, algunos –incluso– en sus aguas interiores, los cuales han actuado como “puentes” de dispersión y colonización, en las épocas en que esos bancos, como el de Ormonde, Gettysburg, Ampere, Seine, Dacia, Concepción y otros, fueron islas, algunas de superficie ya considerable (200-300 km<sup>2</sup>).

No insistiremos demasiado en el poblamiento marino de las islas, debido a la mayor capacidad y posibilidades de dispersión que tienen las especies a través de las corrientes, sobre todo en su etapa larvaria, y tratarse el mar del medio homogéneo y muy extenso que rodea a las islas. En cualquier caso, cabe decir que el sistema de circulación de las corrientes y las condiciones oceanográficas han variado con el tiempo, permitiendo el avance o retroceso de fauna y flora desde zonas frías hacia los trópicos, o viceversa, como es el caso de la presencia de fauna tropical en Azores durante el Cuaternario. También es resaltable la gran capacidad de dispersión genética que tienen algunas especies marinas para desplazarse a largas distancias en estado larvario, a través de las corrientes. A título de ejemplo cabe decir

que hemos detectado más de 120 especies de moluscos gasterópodos anfiatlánticos (que viven en las dos orillas del océano), y lo mismo sucede con muchos peces, crustáceos, equinodermos, algas, y otros grupos de fauna y flora marinas.

Finalmente, nos resta señalar que hasta el siglo XV el único archipiélago macaronésico habitado era Canarias, que fue colonizado en la antigüedad (primer milenio A.C.) por pueblos norteafricanos. La llegada del hombre a cualquier isla deshabitada siempre representa un trauma para la flora y fauna locales, no sólo por la introducción del cortejo de especies domésticas que le acompañan (cabras, perros, gatos, cerdos, etc.) y de vegetales para cultivo, sino por la deforestación, urbanización, contaminación, caza incontrolada y, en definitiva, destrucción de los ecosistemas naturales, efecto del que no se han librado los archipiélagos macaronésicos.

### EVOLUCIÓN INSULAR

Por una serie de circunstancias u oportunidades ecológicas y procesos de genética de poblaciones, aún no del todo desvelados, se ha constatado que en las islas la evolución se dispara. En los ecosistemas insulares, sobre todo en islas oceánicas, los fenómenos evolutivos de especiación o radiación adaptativa actúan con mayor rapidez que en sus correspondientes continentales. Pero, al mismo tiempo, esos endemismos se vuelven más vulnerables porque han perdido sus mecanismos de defensa contra los competidores del continente. Una posible explicación a esto la tenemos en el "efecto de fundación", según el cual, un pequeño grupo fundador, o pionero, de individuos pertenecientes a una especie recién llegada a la isla, es portador de sólo una fracción de la información genética total de la población originaria, de la cual se ha separado. Por lo tanto, los propágulos de esta especie al estar privados de parte de su potencial evolutivo, tienen necesidad de adaptarse lo más rápidamente posible a las nuevas presiones de selección, muy diferentes de las que sufrió la población madre en el continente.

Parece que una de las salidas que encuentran esas especies en el medio insular es el cambio de tamaño, observándose en muchos casos la tendencia tanto al gigantismo como al enanismo, de tal manera que los pequeños herbívoros (roedores, lagomorfos, tortugas terrestres) tienden a aumentar su tamaño corporal, mientras que los predadores carnívoros (mamíferos y reptiles) lo hacen a la inversa. Como es de suponer, estos cambios están relacionados con la disponibilidad de recursos energéticos (alimento). En todo caso, la vulnerabilidad es mayor en las especies de gran tamaño. En el registro fósil de Canarias hay buenos ejemplos de ello, como son las tortugas gigantes fósiles (*Geochelone spp.*) de Tenerife, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote, el lagarto gigante (*Gallotia goliath*) de Tenerife y La Gomera, y la rata gigante (*Canariomys spp.*) de Tenerife y Gran Canaria. En suma, parece que ésta es una norma que se repite en las islas a lo largo del tiempo. Basta comparar los dos archipiélagos volcánicos de Galápagos y Canarias para darnos cuenta de que, en el primero -mucho más joven- está sucediendo ahora lo que ocurrió en Canarias hace millones de años (grandes



Islas de la Macaronesia central hace 18 000 años

tortugas terrestres, iguanas-lagartos).

En estos archipiélagos pequeños, verdaderos laboratorios de la evolución, la presencia del hombre ha supuesto un golpe duro a sus ecosistemas y biodiversidad. Su limitada superficie insular acentúa la fragilidad de los mismos y su indefensión ante la arribada del gran “superdepredador”. Este hecho algunos lo comparan con el “Blitz-krieg”, refiriéndose a la extinción del 70% de los grandes mamíferos americanos (mamuts, équidos, megaterios) que evolucionaron en ese continente –el cual se comportó como una isla gigantesca– hasta el fin de la última glaciación, hace 11.000 años, época en que grupos de cazadores asiáticos cruzaron el estrecho de Bering. Igual sucedió con los marsupiales de Tasmania, las moas de Nueva Zelanda, las aves elefante de Madagascar, el dodo de Mauricio y las tortugas gigantes de las islas Mascareñas, entre otros. En la Macaronesia la intervención humana ya se ha hecho notar con la desaparición de la foca monje (*Monachus monachus*) y del milano (*Milvus milvus*) en Canarias, los grandes escíncidos de Cabo Verde (*Macroscincus coctei*) o los dragos (*Dracaena draco*) de Porto Santo (Madeira).

|                           | ACTUAL | HACE 18.000 AÑOS |
|---------------------------|--------|------------------|
| Mahan (Fv.+Lz. + isletas) | 2.567  | ~5.000           |
| Tenerife                  | 2.058  | ~2.800           |
| Gran Canaria              | 1.532  | ~3.000           |
| La Palma                  | 730    | ~900             |
| La Gomera                 | 378    | ~800             |
| El Hierro                 | 280    | ~350             |
| Amanay                    | 0      | ~150             |
| I. Salvajes               | 5      | ~100             |
| Madeira                   | 728    | ~1.200           |
| Porto Santo               | 69     | ~300             |
| I. Desertas               | 17     | ~150             |

Superficie (en km<sup>2</sup>) de las islas de la Macaronesia central en la actualidad y hace 18 000 años.

## PALEOECOLOGÍA

Creemos interesante hacer unas consideraciones paleoecológicas, que puedan ayudar a comprender mejor los procesos ecológicos actuales. La paleoecología estudia las condiciones ecológicas que existían en el pasado, en base a datos indirectos, proporcionados por los caracteres de adaptación al medio en que vivieron, que presentan los fósiles. Para ello también hay que recurrir a la naturaleza inorgánica, ya que la geomorfología, petrología, sedimentología y otras ciencias, proporcionan valiosos datos sobre las condiciones medioambientales de épocas pasadas. En todo caso, son los fósiles vegetales los que mejor señalan los paleoclimas, pues al poseer las plantas menor movilidad que los animales, acusan más los cambios climáticos y lo reflejan en su estructura interna y externa. También cabe añadir que los ecosistemas actuales representan sólo una parte de los



que han existido a lo largo de todo el tiempo transcurrido desde la aparición de la vida sobre nuestro planeta. Por eso deberíamos hablar de **perspectiva ecológica**, ya que al estudiar antiguas comunidades de plantas y animales, y sus cambios a través del tiempo, es posible comprender más plenamente la historia del desarrollo, estructura y función de los ecosistemas modernos.

En la Macaronesia son múltiples los testimonios que nos indican un pasado climático diferente. Desde los movimientos eustáticos del nivel del mar durante las glaciaciones, reflejado en los bancos submarinos ya mencionados, pasando por el amplio cambio de superficie de las islas en tan sólo unos miles de años (Porto Santo actual = 69 km<sup>2</sup> y hace 18.000 años, 300 km<sup>2</sup>), y las playas levantadas –algunas a más de 70 m sobre el nivel actual– hasta los cambios altimétricos en los ecosistemas zonales (pisos) y en la cota de nieves perpetuas (formaciones periglaciares en Las Cañadas del Teide, Tenerife). También deben ser tenidos en cuenta otros hechos y factores inherentes a las oscilaciones climáticas, como las migraciones, barreras biogeográficas, extinciones, cambios en la circulación de los vientos y de las corrientes marinas, etc., a los que habría que añadir los eventos ocasionales a nivel global, como El Niño, la caída de grandes meteoritos (1 cada 100.000 años) y erupciones catastróficas (Krakatoa), entre otros, que, con toda probabilidad, afectaron en más de una ocasión a estas islas. Tal es el caso, a nivel local, de la tremenda explosión producida a consecuencia de la descompresión magmática acaecida tras el deslizamiento de Las Cañadas (Tenerife), que provocó una gran extinción en la biota insular hace 180.000 años.

Cuando hablamos de paleoclimas debemos tener bien presente que durante épocas húmedas del pasado, las islas volcánicas como éstas, con frecuencia se vieron afectadas por intensas borrascas y grandes precipitaciones que produjeron una fuerte erosión –muchas veces súbita– por aluviones que dieron lugar a profundos barrancos, como los de Madeira, Santo Antao, Gran Canaria o La Gomera, y a depósitos sedimentarios de notable potencia, como los del Valle de Güímar, en Tenerife. Sin embargo, durante las épocas de aridez la erosión es paulatina, produciéndose una pérdida de masa vegetal y de suelo, emigraciones altitudinales de la vegetación, si la orografía de la isla lo permitía y, finalmente, extinciones.

Aunque ya hemos mencionado algunos acontecimientos naturales de consecuencias catastróficas para la vida, conviene que insistamos en los efectos que pudieron tener en los ecosistemas insulares. Si comenzamos con los de origen geológico, los grandes deslizamientos de los valles de La Orotava (hace 170.000 años) y Güímar en Tenerife, y el de El Golfo en El Hierro, son buenos ejemplos de cómo súbitamente puede desaparecer bajo el mar una gran porción de la isla y alterarse drásticamente el equilibrio ecológico, en esa isla y las vecinas, pues los tsunamis que originan estos deslizamientos son de dimensiones colosales, con olas de más de 100 m de altura. Es muy posible que muchas formaciones litorales de estas islas a las que no se ha conseguido dar explicación, tengan su origen ahí. Pero estos fenómenos catastróficos no son privativos de Canarias, pues sus resultados también se pueden observar en otros archipiélagos macaronésicos como Cabo Verde (Fogo), y de otros lugares del mundo (Tristán da Cunha, Hawaii, Juan Fernández, etc.).



Otros acontecimientos catastróficos que han alterado la paleoecología insular son las erupciones violentas y explosivas, de carácter ácido, con emisión de nubes ardientes y coladas piroclásticas, que sepultan y aniquilan toda forma de vida que encuentran a su paso, como les ocurrió a las grandes tortugas terrestres de Tenerife (*Testudo burchardi*).

Las erupciones freatomagmáticas, con grandes explosiones, al entrar el agua del mar en contacto con la cámara magmática, y la formación, en algunos casos, de amplias calderas, alteran sensiblemente los ecosistemas locales. Tal es el caso de la Caldera de Pedra de Lume en la isla de Sal (Cabo Verde), que contenía en su interior, en épocas pasadas, una laguna de agua dulce como las actuales de Azores, y ahora, al desecarse, es una salina.

Grandes incendios forestales o el impacto de asteroides en regiones cercanas a las islas, como puede ser el de Richat en Mauritania, son acontecimientos catastróficos que, con toda probabilidad, también alteraron la naturaleza macaronésica en el pasado.

La gran mortandad de pardelas (*Puffinus holei*) ocurrida hace unos 30.000 años en Fuerteventura, así como otros yacimientos de difícil interpretación, quizás tengan su explicación en estos fenómenos.

## AZORES

El archipiélago de Azores, situado en medio del Atlántico, a unos 1.600 km al oeste de Portugal y a 2.700 de Terranova, representa a la Macaronesia verde y húmeda. Su disposición alineada con la dirección NNW-SSE está en consonancia con una de las directrices estructurales de la tectónica atlántica. Las nueve islas que lo componen se disponen en tres grupos: el suroriental, constituido por San Miguel y Santa María, el central por Terceira, San Jorge, Graciosa, Pico y Faial y el noroccidental por Flores y Corvo. Estas islas le restan al océano una extensión de 2.350 km<sup>2</sup>, de los que 760 corresponden a la mayor, San Miguel, y 17 a Corvo, la más pequeña y septentrional.



La proximidad del archipiélago de Azores al borde norte de la placa tectónica africana y a la zona de fracturas del Atlántico norte, así como su situación con respecto a la cordillera dorsal atlántica –que lo atraviesa y hace que Flores y Corvo se estén separando del resto– es el motivo de que estas islas registren una notable actividad volcánica y sísmica. Fruto de este volcanismo activo son las fumarolas y solfataras (caldeiras) con emisión de gases sulfurosos a gran temperatura, que provocan la ebullición del agua y lodo acumulados en las depresiones de algunas zonas. Este volcanismo residual es aprovechado, aunque de manera incipiente, en algunas pequeñas plantas de energía geotérmica. De origen netamente oceánico, podemos asegurar que las Azores son, en su conjunto, las islas más jóvenes de la



Laguna de Sete Cidades (S. Miguel, Azores)

Macaronesia, observándose que la edad disminuye a medida que se acercan a la dorsal atlántica.

En Santa María, la más antigua, se encuentran depósitos fosilíferos marinos del Mioceno superior, así como niveles cuaternarios (playas levantadas) que contienen fauna tropical actualmente desaparecida de aquellas latitudes.

El clima de Azores es oceánico, templado y húmedo, influido por el anticiclón que lleva su nombre. Sin embargo, es muy variable, destacando su elevada pluviometría, que da origen a lagunas de considerable extensión en el interior de calderas o depresiones de diferentes islas. Es muy famosa la de Sete Cidades, en San Miguel, que con sus 5 km de diámetro

tro y sus dos partes bien diferenciadas (laguna verde y laguna azul), proporciona un espectáculo paisajístico de extraordinaria belleza.

La temperatura del archipiélago está influida por la corriente cálida de El Golfo, que contribuye a suavizar los inviernos (14° C de media) y los veranos (22° C).

Estos factores climáticos propician la existencia de una flora esplendorosa de bosques y pastizales, pero lamentablemente la vegetación natural autóctona ha sido sustituida en gran parte por especies introducidas. Por tal motivo, de aquellos extensos bosques de laurisilva que en su día existieron, no quedan sino pequeños relictos. En su lugar se han repoblado grandes extensiones con una conífera de origen japonés (*Cryptomeria japonica*).

En general, la flora endémica de Azores es más afín a la europea, aunque presenta algunos endemismos que pertenecen a géneros bien representados en la Macaronesia, como *Pericallis*, *Tolpis*, *Aichryson*, *Cedronella*, *Picconia*, etc.

Una consecuencia lógica de su alejamiento del continente es la pobreza de la fauna de este archipiélago, y además, la juventud del mismo hace que la especiación insular no haya operado a lo largo de mucho tiempo, de tal manera que los endemismos son escasos. No obstante, cabe destacar la presencia de razas ornitológicas propias de estas islas, como el ratonero *Buteo buteo rothschildi*, la paloma torcaz *Columba columba azorica* y el mirlo *Turdus merula azoriensis*, o razas insulares como las del reyezuelo *Regulus regulus inermis*, presente en Pico, Terceira, Faial, San Jorge y Flores, *R. regulus azoricus* en San Miguel y *R. regulus santaemariae* en Santa María.

Del resto de la fauna azoreana podemos destacar que los diferentes grupos de invertebrados: insectos, arácnidos, moluscos, etc., muestran una mayor afinidad con la fauna europea que la que tienen los restantes archipiélagos macaronésicos. Con la fauna y flora marina ocurre algo parecido, a pesar de que Azores se ve bastante influido por la corriente de El Golfo.

## MADEIRA

El archipiélago de Madeira, compuesto por las islas de Madeira, Porto Santo, Las Desertas y algunos islotes, se encuentra a unos 700 km del continente africano y a 950 de las costas europeas, o lo que es lo mismo, en pleno dominio oceánico. Este conjunto insular, de unos 800 km<sup>2</sup>, forma parte de un extenso accidente estructural oceánico que va desde Cabo Verde hasta las costas portuguesas, discurriendo más o menos paralelamente a la dorsal atlántica.

De indudable origen volcánico-oceánico como el resto de los archipiélagos macaronésicos, Madeira, y especialmente Porto Santo, muestran formaciones sedimentarias fosilíferas que han permitido su datación entre 10 y 15 millones de años. En todo caso, se ha



considerado que la causante del origen de estas islas ha sido la presencia de una "pluma caliente" de larga duración, procedente del manto subyacente al archipiélago.

Las edades más antiguas (18 ma) se encuentran en los niveles más elevados del volcanismo submarino del complejo basal de Porto Santo, en donde aparecen formaciones recifales intercaladas. Más joven es Madeira, en la que la parte superior del complejo volcánico basal, que también presenta una intercalación recifal del Mioceno, fue datada en 5,2 millones de años.

De las Desertas, más modernas aún (2-3 millones de años), destacaremos la clara plataforma de abrasión que nos muestra Chao en la superficie (de ahí su nombre) y que es el resultado de la intensa labor erosiva del mar en épocas cálidas de finales del Cenozoico, en las que el nivel subió por encima de los 70 m.

Los vientos alisios del NE, junto a la corriente de Canarias, marcan el clima del archipiélago de Madeira que, como ocurre en las demás islas macaronésicas, es variable o se encuentra modificado por la orografía y orientación de cada una de ellas. Así, el clima de Madeira, en líneas generales, es diferente al de Porto Santo o al de las Desertas, ya que su altura (1.860 m) y abundante vegetación propician que las precipitaciones sean allí mucho más copiosas que en las otras islas, llegando a sobrepasar, en las zonas más altas y húmedas, los 2.800 mm. Con respecto a las temperaturas, señalar que son bastante similares a las de Canarias, con escasas diferencias de 1 ó 2° C inferiores en las medias, debido fundamentalmente a la superior latitud de Madeira.

Al hablar de la flora de este archipiélago debemos comenzar por mencionar el grave deterioro que ha sufrido la vegetación desde el momento en que el hombre puso el pie en ellas (siglo XV). Basta decir que era tal la densidad forestal en Madeira (llegaba hasta el mar) que hubo que prenderle fuego para poder penetrar en la isla. De esta manera Madeira estuvo



Dunas consolidadas y playa actual (Porto Santo, Madeira)

ardiendo, se dice, durante 6 años. Ante este panorama, agravado tras la introducción de animales herbívoros, como cabras, conejos, burros, vacas, etc., no es difícil imaginar el estado actual de la flora autóctona de estas islas. En Madeira los restos de la vegetación original se encuentran ahora refugiados en las zonas más inaccesibles y escarpadas de las cumbres y valles (laurisilva), así como en los acantilados costeros y montañas del piso basal: tabaibas (*Euphorbia piscatoria*), dragos (*Dracaena draco*) y sabinas (*Juniperus phoenicea*). Destacan también los verodes o pasteles de risco (*Aeonium spp.*), abundantes en las paredes y taludes de la zona norte de la islas.

En Porto Santo es la vegetación xerófila la mejor representada, de acuerdo con las condiciones geomorfológicas y climáticas de esta isla. *Euphorbia piscatoria* encuentra en ella un hábitat más apropiado que en Madeira.

Cuentan las crónicas y escritos antiguos que los dragos fueron abundantes en Porto Santo, y hoy, lamentablemente, han desaparecido de la vegetación natural de sus montañas.

En las Desertas, como cabría esperar, la vegetación es escasa, conformada fundamentalmente por plantas herbáceas y líquenes, y está muy deteriorada por la presencia de cabras que, según cuentan, fueron traídas de Canarias después de su conquista. Es muy posible que ésta sea la antigua cabra canaria prehistórica, puesto que está constatado que un buen contingente de pastores guanches fue trasladado a Madeira junto a numerosos rebaños caprinos.

La fauna madeirense, al igual que en los demás archipiélagos, está en función de algunos parámetros variables, como pueden ser la superficie de la isla, su altura y, sobre todo, la distancia al continente. En este sentido podríamos decir que Madeira se encuentra en una situación intermedia entre Canarias y Azores, de ahí que sea pobre en algunos grupos, como la herpetofauna, ya que los reptiles están entre los que mayores dificultades encuentran a la hora de cruzar amplios brazos de mar. De tal manera que nos encontramos con un sólo lagarto (*Podarcis dugesii*), que también vive en Salvajes y Azores, un gecónido (*Tarentola mauritanica*) y algunos escíncidos (*Chalcides*).

Pero son las aves terrestres el grupo más representativo y abundante de vertebrados, con más de 40 especies nidificantes, entre las que destacan algunas endémicas como la paloma de Madeira (*Columba trocaz*), o el petrel de Zino (*Pterodroma madeira*) y subespecies insulares, como el reyezuelo (*Regulus ignicapillus madeirensis*), el pinzón (*Fringilla coelebs maderensis*) o el ratonero (*Buteo buteo harterti*). También están allí presentes endemismos macaronésicos como el canario (*Serinus canarius*), el vencejo (*Apus unicolor*) y el bisbita caminero (*Anthus bertheloti madeirensis*).

Entre los mamíferos autóctonos señalaremos los murciélagos, destacando el endemismo macaronésico *Pipistrellus maderensis*. No obstante, han sido los mamíferos introducidos por el hombre los mayores devastadores de la fauna y flora de este archipiélago. Las ratas, ratones, conejos, cerdos, cabras, gatos, etc., han producido un daño tremendo en la biota insular, llevando al borde de la extinción a algunas especies autóctonas.

En el pasado la foca monje (*Monachus monachus*) era abundante en el archipiélago de Madeira y prueba de ello es el topónimo de esta isla conocido como Cámara de Lobos, referido, como es natural, a los lobos marinos, al igual que la isla de Lobos en Canarias. En la actualidad, una pequeña colonia de menos de 20 individuos sobrevive en Deserta Grande, que junto al poco más de un centenar de supervivientes a la gran mortandad ocurrida recientemente en la colonia de Cabo Blanco (Mauritania), constituyen los últimos representantes macaronésicos de esta especie, que parece irremediablemente condenada a la extinción.

### SALVAJES

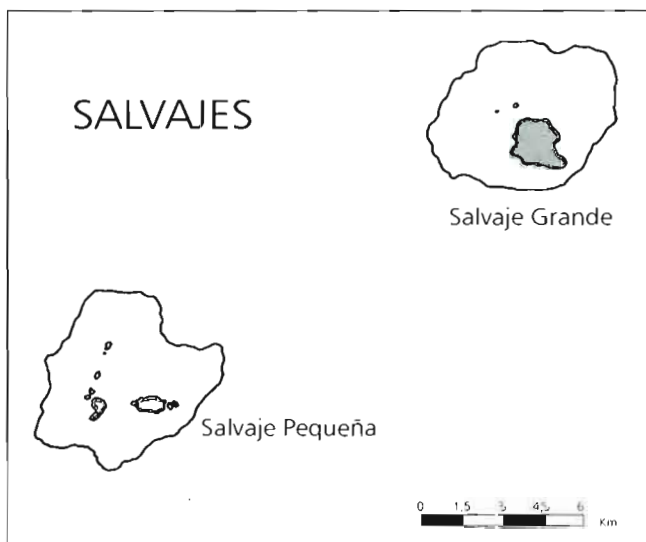
Las islas Salvajes conforman un pequeño archipiélago constituido por tres isletas y algunos roques. La mayor, Salvaje Grande, tiene una superficie de 4 km<sup>2</sup>, Salvaje Pequeña o Gran Pitón, 0,5 y la Salvajita o Ilheu de Fora, 0,2 km<sup>2</sup>. Estas pequeñas islas, situadas entre Madeira y Canarias, distan 160 km de Tenerife y 250 de Madeira. Su mayor proximidad a Canarias hace que existan grandes afinidades en su génesis, presentando un Complejo Basal intrusivo y extrusivo datado entre 24 y 27 millones de años.

Las Salvajes han estado sometidas a una intensa erosión marina, que se manifiesta en Salvaje Grande por medio de una plataforma de abrasión situada a unos 100 m de altura, sobre la cual se depositaron sedimentos marinos fosilíferos. Estos depósitos sedimentarios, a su vez, fueron recubiertos posteriormente por coladas volcánicas producto de una intensa actividad hace 11,5 millones de años. Luego de un prolongado período de calma, ocurrió hace 4 ma una reactivación del volcanismo. Estas dos fases magmáticas han tenido sus equivalentes, más o menos sincrónicas, en el volcanismo canario.

En Salvaje Pequeña descubrimos, en 1976, un depósito fosilífero cuaternario. Se trata de una "playa levantada" situada a 18 m sobre el nivel del mar, con fauna muy similar a la actual.

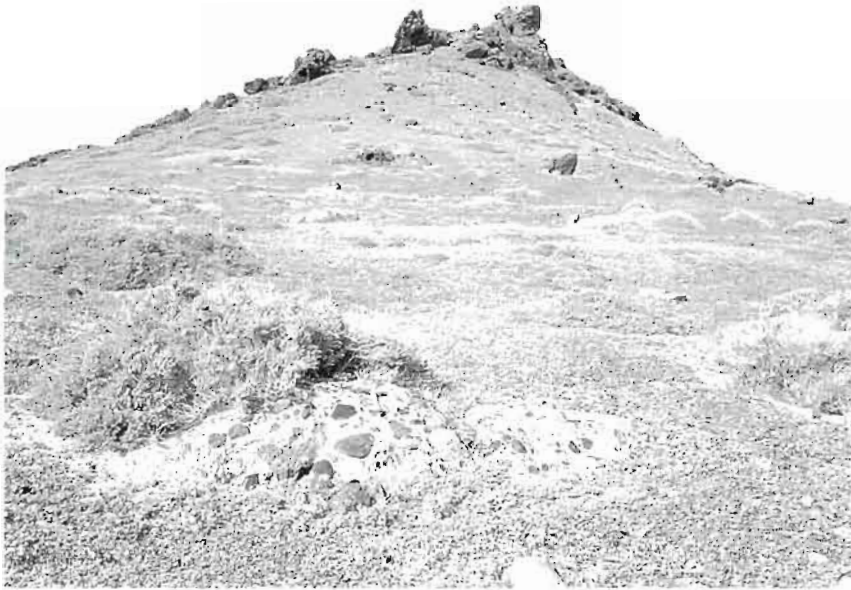
A la vista de todo esto y teniendo en cuenta la geomorfología terrestre y submarina, podemos decir que las Salvajes actuales son los restos de unas islas mucho mayores (hace 18.000 años tenían unos 100 km<sup>2</sup> de extensión) que están condenadas a desaparecer bajo el mar en un futuro geológico próximo.

El clima de este archipiélago, dada su situación geográfica, no difiere mucho del de Canarias y, por lo tanto, lo podemos



Las islas Salvajes hace 18.000 años. En sombreado la superficie actual





Depósito cuaternario fosilífero (Gran Pitón, Salvajes).

catalogar como subtropical marítimo. Pero es la escasa altura de estas islas (154 m) la que marca las características climáticas reales, permitiendo que los vientos dominantes, los alisios cargados de humedad, la sobrepasen sin condensarse. Esto es lo que ocurre en Lanzarote y Fuerteventura, en donde escasean las precipitaciones por dicho motivo.

La fauna terrestre de Salvajes es pobre, como es obvio, marcada por la pequeña extensión de las islas y su alejamiento del continente. Entre los vertebrados destacan las aves marinas, siendo las pardelas (*Calonectris diomedea*) las más abundantes y las que han sido objeto

de una caza exhaustiva desde hace siglos para la obtención de aceite, fundamentalmente en Salvaje Grande. Otra especie muy común, en este caso en Salvaje Pequeña, es el paiño (*Pelagodroma marina*), pequeña ave marina de costumbres nocturnas, que hace sus nidos en madrigueras bajo la arena.

El mayor interés, sin embargo, está en los invertebrados terrestres, especialmente insectos, en los que se da un alto porcentaje de endemismos.

De la fauna marina destacamos dos moluscos gasterópodos: la lapa de gran tamaño (*Patella candei*), muy abundante también en Canarias durante el Cuaternario (ahora es muy escasa, y se encuentra solamente en las islas orientales) y el "burgado" endémico (*Osilinus selvagensis*) descrito por nosotros.

La flora de este pequeño archipiélago, al igual que la fauna, presenta gran afinidad con Canarias y Madeira, aunque, como es lógico, el número de especies es reducido, dada su escasa superficie. En Salvaje Grande la flora autóctona se encuentra refugiada en los acantilados, ya que esta isla ha sufrido la presencia temporal de algunos colectivos humanos, principalmente canarios, que pasaban allí largas temporadas en los siglos pasados e introdujeron especies devastadoras de la flora, como el conejo y la cabra. Por el contrario, Salvaje Pequeña y La Salvajita, mucho menos antropizadas, albergan interesantes endemismos como *Argyranthemum thalassophilum* y la sorprendente tabaiba de La Salvajita (*Euphorbia anacoreta*).

## CANARIAS

El archipiélago canario, integrado por 7 islas grandes, 4 isletas y varios islotes y roques, ocupa una superficie oceánica de 7.540 km<sup>2</sup>, y por lo tanto es, con mucho, el más

extenso de la Macaronesia. También es el que posee la máxima altura (3.718 m en el Teide, Tenerife), factor que le otorga mayores posibilidades a la hora de tasar la biodiversidad. Asimismo, es el más próximo al continente africano (96 km), lo que aumenta la facilidad de poblamiento y afinidades con este continente.

Sobre el origen de Canarias se ha vertido mucha tinta. Desde las interpretaciones mitológicas hasta las teorías actuales del punto caliente o de la fractura propagante, las controversias han mediado, sobre todo, entre los "continentalistas" que propugnan que al



*Roque del Este (Canarias)*

menos las islas orientales, Fuerteventura y Lanzarote, estuvieron en otros tiempos unidas al continente africano, y los "oceanistas" que sostienen el origen oceánico de las islas, o lo que es lo mismo, que se originaron tras múltiples erupciones submarinas hasta aflorar definitivamente. Está comprobado que las protoislas canarias emergieron hace más de 20 millones de años y hoy es posible observar esos antiguos complejos basales de volcanismo submarino en Fuerteventura, La Gomera, La Palma y, probablemente, en Tenerife y Gran Canaria. También debemos decir que en Fuerteventura, y formando parte de ese antiguo complejo basal de origen submarino, hoy aflorado, se encuentran rocas

sedimentarias del Mesozoico (más de 130 ma) de estratificación fina y muy plegada, que contienen fósiles de ammonites. Algo parecido sucede en la isla de Maio, en Cabo Verde, pero esto no quiere decir que debamos retrotraer la antigüedad de dichas islas hasta el Mesozoico, sino que esas rocas son retazos de materiales sedimentarios de la corteza oceánica subyacente, mucho más antiguos, que fueron englobados y transportados a la superficie en la fase intrusiva y posterior desmantelamiento de todo el antiguo conjunto insular.

El volcanismo subaéreo comienza en Canarias hace unos 20 millones de años en Fuerteventura y Lanzarote, con períodos de máxima actividad entre 14 y 12 ma y entre 5 y 3 ma, y también largas épocas de calma magmática en las que operaba la acción erosiva. En cualquier caso, las dataciones radiométricas nos muestran una progresión de edades desde la isla más occidental (El Hierro, 1 ma) hasta las orientales (Fuerteventura, 21 ma), que estarían acordes con el desplazamiento de la placa africana sobre un punto caliente, encima del cual está situada ahora El Hierro. No obstante, se han puesto muchos reparos a esta teoría, entre ellos las prolongadas interrupciones del volcanismo en Canarias o las últimas erupciones de Lanzarote. Sin embargo, este archipiélago está atravesando en la época actual por un período de gran actividad, como lo demuestran las numerosas erupciones históricas acaecidas en

algunas islas, fundamentalmente en La Palma, Tenerife y Lanzarote. La última ocurrió en 1971 (Teneguía, La Palma). Con toda probabilidad, en los últimos tiempos también ha habido actividad volcánica submarina en las proximidades de las islas, como puede ser el caso del “Volcán del Medio”, monte submarino de 500 m de altura recién descubierto entre Tenerife y Gran Canaria, que pudiera tener relación con la falla existente entre ambas islas y con el terremoto de intensidad 5 en la escala de Richter, ocurrido en 1989, cuyo epicentro se localizó por esa zona.

Un hecho que quisiéramos resaltar es la gran repercusión paleobiogeográfica que han tenido las últimas crisis climáticas por las que ha atravesado nuestro planeta, en el poblamiento y evolución de la fauna y flora insular. Si nos centramos en la época del máximo de la última glaciación cuaternaria (hace 18.000 años) en la que el nivel del mar estaba unos 120 m por debajo del actual, el panorama geográfico de Canarias era bastante diferente al presente. En esa época, Fuerteventura, Lanzarote y las isletas e islotes formaban una única isla, que llamamos Mahan, de unos 5.000 km<sup>2</sup> de superficie, 200 km de largo y a tan sólo 60 km de distancia del continente. Además, entre la península de Jandía (Fuerteventura) y Gran Canaria existía, también en esa época, la isla Amanay, de unos 150 km<sup>2</sup> de extensión, que en la actualidad es un banco submarino con abundante pesca, a tan sólo 25 m de la superficie del mar. Si a todo esto añadimos el sensible incremento en la extensión y altura, la variación del contorno de las islas en esa época y la consiguiente reducción de las distancias entre las mismas –al quedar emergidas las plataformas insulares– nos encontramos con un marco geográfico bien diferente al actual que, a todas luces, hay que tener en cuenta a la hora de hacer cualquier planteamiento sobre biogeografía, poblamiento, paleoecología y evolución insular.

El clima de Canarias, como el de los restantes archipiélagos, viene determinado por los vientos dominantes (alisios), las corrientes oceánicas (corriente de Canarias) y su latitud

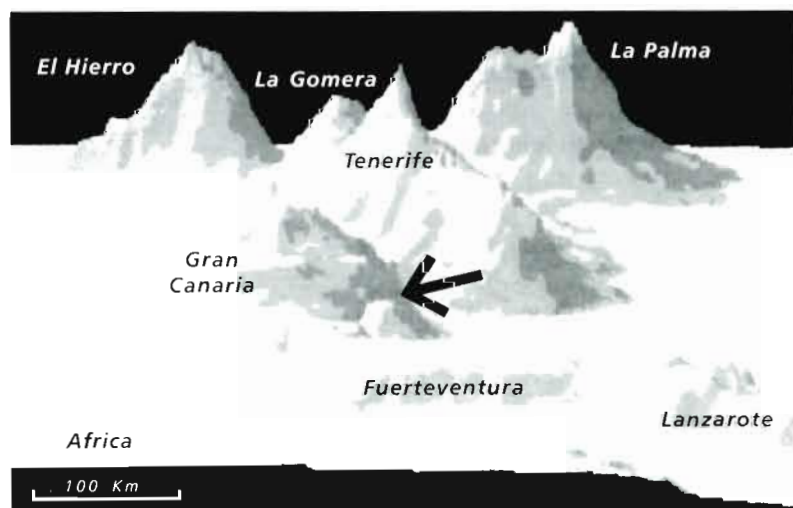
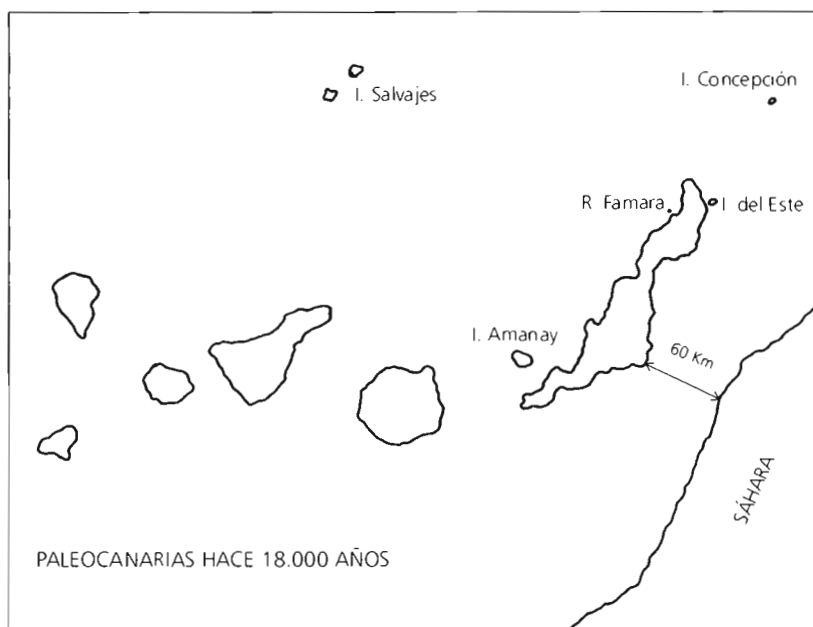
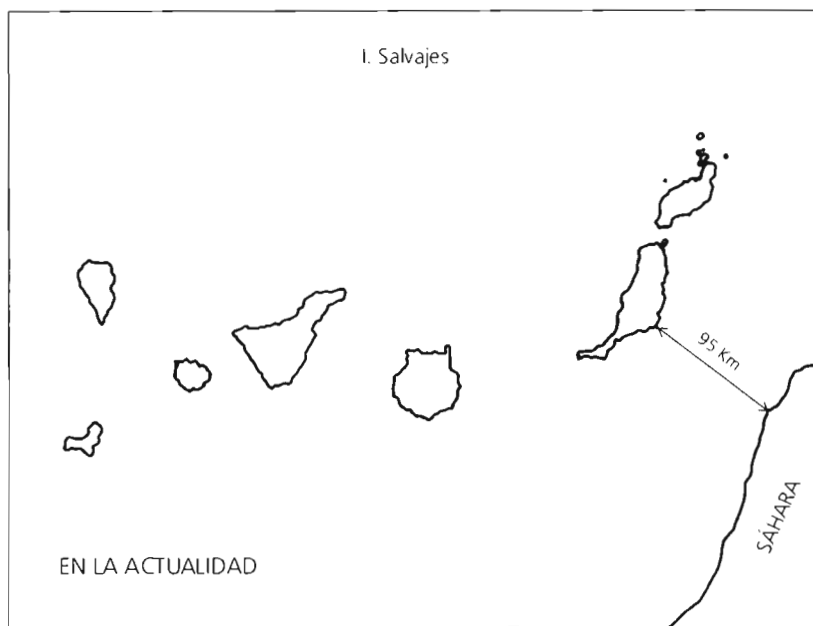


Imagen tridimensional de Canarias (a océano vacío) según Hunter et al., 1983. La flecha indica la situación de la isla Amanay.

geográfica. La combinación de estos principales factores hacen que el clima de este archipiélago se considere entre los más privilegiados del mundo, con temperaturas medias suaves (20-22°C) y con poca variación anual. Quizás sea el agua el handicap fundamental con el que tienen que contar las islas, sobre todo Lanzarote y Fuerteventura, en donde las precipitaciones anuales son escasas (100-150 mm). En general, podemos decir que la época seca en Canarias transcurre entre los meses de mayo y octubre, que es cuando comienzan las lluvias, para alcanzar su máximo en noviembre y, a veces, en primavera.





Un incidente climático que no hay que olvidar es la presencia en estas islas, con cierta frecuencia, de vientos procedentes del Sahara (Harmattán) con polvo en suspensión, fenómeno conocido en Canarias como “tiempo sur”, que reduce sensiblemente la visibilidad (calima).

Para no extendernos demasiado al tratar las variadas e interesantes flora y fauna de Canarias, trataremos de sintetizar y resaltar los datos más importantes y significativos. En Canarias hay unas 2.000 especies de plantas vasculares (autóctonas e introducidas asilvestradas), de las que unas 600 son endémicas (casi un tercio). Son también numerosos en estas islas los endemismos macaronésicos y las especies comunes a dos o más archipiélagos.

En el piso basal (0-300 m) se desarrolla el matorral xerófilo caracterizado por diferentes especies de *Euphorbia*, las tabaibas y los cardones, así como otros arbustos, muchos de ellos endémicos del archipiélago (balos, verodes, magarzas, cardoncillos, etc.). En cotas un poco más elevadas viven, aunque no con el esplendor de antaño, pequeñas poblaciones de palmeras (*Phoenix canariensis*), sabinas (*Juniperus turbinata ssp. canariensis*) y en mucha menor cantidad, dragos (*Dracaena draco*).

En el piso montano (400-1.800 m) hay que distinguir entre las vertientes norte y sur de las islas que lo presentan, ya que en la parte baja de la primera, húmeda y fresca por la incidencia de los alisios, se encuentran los bosques de laurisilva y fayal-brezal, conocidos en las islas como “monte verde”. La laurisilva alberga especies arbóreas como el laurel

(*Laurus azorica*), el palo blanco (*Picconia excelsa*) o el viñátigo (*Persea indica*), aparte de otras muchas especies arbustivas y herbáceas. Y en la parte alta (por encima de los 1.200 m) se desarrollan los bosques de pino canario (*Pinus canariensis*) en medio de un clima mucho más seco. Sin embargo, en la vertiente sur, más seca y soleada que la norte, solamente está presente el pinar.

El piso superior canario o de alta montaña (por encima de los 2.000 m) solamente lo poseen las islas de Tenerife y La Palma. Está conformado por varias especies de leguminosas que constituyen el denominado matorral de alta montaña. Entre ellas destacan la retama

| ISLA          | EDAD (en millones de años) |
|---------------|----------------------------|
| El Hierro     | 1 (Pleistoceno)            |
| La Palma      | 2 (Pleistoceno)            |
| La Gomera     | 12 (Mioceno Medio)         |
| Tenerife      | 7,5 (Mioceno Superior)     |
| Gran Canaria  | 14,5 (Mioceno Medio)       |
| Fuerteventura | 21 (Mioceno Inferior)      |
| Lanzarote     | 16 (Mioceno Medio)         |

Edad aproximada de las Islas Canarias

del Teide (*Spartocytisus supranubius*) en Tenerife y el codeso del pico (*Adenocarpus viscosus*) en La Palma. También en la alta montaña canaria crecen especies de alto interés florístico, ya que son pocas las islas macaronésicas que superan esas alturas, entre ellas el tajinaste rojo (*Echium wildpretii*) y la violeta del Teide, que crece por encima de los 2.500 m.

De la flora fósil de Canarias diremos que los restos vegetales más antiguos (13,5 millones de años) los encontramos hace unos años en el suroeste de Gran Canaria, en donde pudimos detectar, además de impresiones de hojas de diversas especies, fragmentos de corteza de pino.

Como ya hemos comentado, el archipiélago canario es el que presenta mayor biodiversidad de toda la Macaronesia, consecuencia lógica de sus mayores dimensiones de superficie y altura y de su proximidad al continente. Por estos motivos la fauna de Canarias es también, en líneas generales, la más rica. Dentro de esta gran diversidad destacaremos entre los vertebrados las aves endémicas: el pinzón azul (*Fringilla teydea*), la paloma rabiche (*Columba junoniae*), la paloma turqué (*Columba bolli*), la tarabilla canaria (*Saxicola dacotiae*) y el mosquitero (*Phylloscopus canariensis*). Entre los mamíferos son los murciélagos y las musarañas los más destacables. Los primeros (6 especies), que escasean cada vez más al irse destruyendo su hábitat, comparten dos especies con Cabo Verde y otras dos con Madeira. Las musarañas (*Crocidura spp.*) son micromamíferos cuyo descubrimiento en estas islas ha sido relativamente reciente.

En cuanto a los reptiles, merecen especial mención los lagartos endémicos, algunos de considerable tamaño (más de 50 cm), como *Gallotia simonyi* de la isla de El Hierro, *Gallotia stehlini* de Gran Canaria y la especie recién descubierta en Tenerife *Gallotia sp.* Otros reptiles que presentan diversas razas o subespecies en estas islas son las lisas (*Chalcides spp.*) y los gecónidos (*Tarentola spp.*) conocidos aquí como perenquenes.

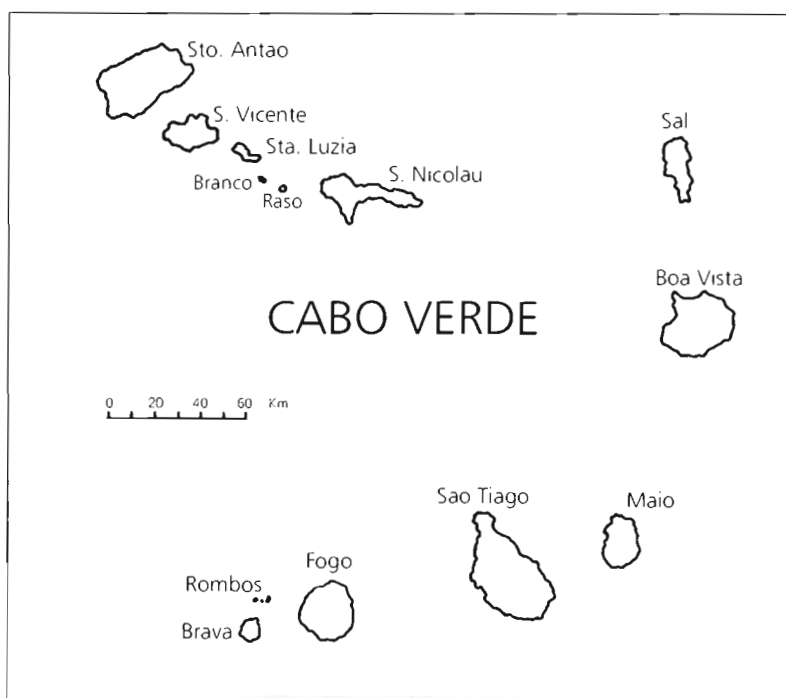
No menos interesante resulta la fauna fósil de vertebrados, fiel testimonio de un pasado insular sorprendente, como lo demuestra la presencia de aves gigantes en el Mioceno superior (6 m.a.) de Lanzarote y de grandes tortugas terrestres cuyos restos han aparecido en esta isla —en el mismo yacimiento de las aves gigantes— así como en el Plioceno de Fuerteventura (*Geochelone sp.*) y en el Pleistoceno de Gran Canaria (*G. vulcanica*) y de Tenerife (*G. burchardi*). Los lagartos también han tenido representantes gigantescos en el pasado de estas islas. *Gallotia goliath*, que vivió en Tenerife y La Gomera hasta hace unos pocos miles de años, alcanzaba 1.5 m de longitud total. Pero quizás lo más sorprendente en lo que a reptiles fósiles se refiere, es el reciente hallazgo, por nuestra parte, de una vértebra de serpiente (boido) en el mismo

depósito calcarenítico de las aves gigantes de Lanzarote, que viene a complicar aún más la siempre controvertida explicación sobre el origen y poblamiento de las Canarias orientales.

Los invertebrados fósiles aparecen en Canarias, por lo general, formando parte de los depósitos litorales conocidos como “playas levantadas” que son consecuencia de los cambios eustáticos del nivel del mar en épocas en las que el clima global era más cálido que el actual. Claros ejemplos los tenemos en la llamada “terrace de Las Palmas” (+ 75 m), en Gran Canaria, datada como del Plioceno Inferior (4.5 ma) en donde encontramos, entre otros, restos (dientes) del tiburón gigante (*Carcharodon megalodon*) o del gran erizo marino *Clypeaster altus*. Pero siempre son los moluscos los más abundantes en este tipo de formaciones fósiles, muchas de cuyas especies, típicamente tropicales, ya no viven en aguas de Canarias, como es el caso del *Strombus latus*, gasterópodo abundante en el Cuaternario de Fuerteventura, Lanzarote y Gran Canaria, y en menor medida en Tenerife.

## CABO VERDE

El archipiélago de Cabo Verde, situado a unos 500 km al oeste del Cabo Verde (de



ahí su nombre) próximo a Dakar –la capital de Senegal– y separado de Canarias 1.300 km, representa a la Macaronesia árida, escasa en agua. Cabo Verde comprende diez islas, dos isletas y varios islotes y roques más pequeños, que se distribuyen desde antiguo en dos grupos: Barlovento y Sotavento. Sin embargo, resulta más adecuado, según la realidad geográfica y geomorfológica, dividir a este archipiélago en tres grupos de islas: grupo noroccidental, que comprende a Santo Antao, San Vicente, Santa Luzía, las isletas Branco y Raso, y San Nicolau; el grupo oriental, que incluye a Sal, Boa Vista y Maio; y finalmente, al grupo sur quedarían adscritas Santiago, Fogo, los islotes Rombos y Brava. En total ocupan una extensión de poco más de 4.000 km<sup>2</sup>, siendo la mayor Santiago, con una superficie de 990 km<sup>2</sup> y la más pequeña Santa Luzía con 35.

Como decíamos, la geomorfología –que viene casi siempre determinada por la antigüedad– es muy variable de una isla a otra, especialmente entre las del grupo oriental, bajas y arenosas, y las occidentales, más altas y verdes.

De origen netamente oceánico, estas islas fueron consideradas como las más antiguas de la Macaronesia, merced al afloramiento en Maio de rocas sedimentarias mesozoicas, al igual que sucede en la región del Puerto de la Peña en Fuerteventura. Estudios recientes han



*El Pico (al fondo) y el volcán de 1995 (Fogo, Cabo Verde).*

demostrado que estos sedimentos marinos han sido transportados a la superficie desde la corteza oceánica, de la que formaban parte en la primera etapa –fuertemente intrusiva– de la formación de estas islas.

El volcanismo reciente queda bien patente en la isla de Fogo, en donde la intensa actividad magmática de los últimos tiempos geológicos han conformado el único estrato-volcán del Archipiélago, el “Pico do Fogo”, de 2.830 m de altura, que se asienta sobre una espectacular caldera cuyas paredes verticales llegan a alcanzar los 1.000 m de desnivel. La última manifestación de este volcán ocurrió en 1995, quedándose la lava emitida retenida en el interior de la Caldera. No sucedió así en la anterior erupción, en 1951, cuyas coladas

lávicas la sobrepasaron por la cara suroeste y discurrieron pendiente abajo.

De los avatares geotectónicos y erosivos que ha sufrido este archipiélago dan fe las extensas plataformas insulares submarinas que unen las islas de Maio, Boa Vista y Sal, al igual que sucede con las del grupo noroccidental, en donde casi nunca se superan los 50 m de profundidad –llegando, incluso, hasta los 9 m y suponiendo un peligro para la navegación interinsular– como es el caso del banco de Joao Valente, entre Maio y Boa Vista.

En el aspecto paleontológico diremos que las más ricas son las islas orientales, que a su vez son las más antiguas, junto a Santiago y algunas del grupo noroccidental. Niveles marinos importantes, a diversas altitudes, y paleodunas consolidadas que se distribuyen a lo largo de casi toda la costa de estas islas, constituyen depósitos calcareníticos fosilíferos, muchas veces ricos en fauna –fundamentalmente moluscos– y flora (algas calcáreas) en parte ya desaparecidas de las islas.

También en relación con los movimientos eustáticos del nivel de mar están las terrazas marinas, que a veces se acercan o sobrepasan los 100 m de altitud, bien patentes hoy en día en los acantilados y extensas llanuras litorales de las islas anteriormente mencionadas, fundamentalmente en Boa Vista y Sal, en donde es posible seguir estos niveles a lo largo de kilómetros. Según esto podemos suponer que –dada la escasa altura de estas islas (rara vez superan los 50 m, excepto algunas montañas o conos volcánicos)– en los períodos cálidos del Cuaternario y Cenozoico, su superficie se vería sensiblemente reducida, convirtiéndose, probablemente, en varios islotes separados por estrechos brazos de mar. Resultan obvias, por lo tanto, las implicaciones biogeográficas y de evolución insular que de ello derivan.

Cabe destacar también, en lo que se refiere a vertebrados fósiles, la presencia de restos de tortugas terrestres en el interior de la Caldera de Pedra de Lume en la isla de Sal. Actualmente en estudio, estos fósiles pueden aportar nuevos datos para la interpretación del poblamiento faunístico insular.

El clima templado de Cabo Verde es una consecuencia de su condición atlántica y de su latitud (entre 14°N y 18°N). A pesar de que la temperatura máxima en este archipiélago casi nunca sobrepasa los 30°C, la sensación de calor es muy superior, debido a su situación tropical. Quizás lo que más condiciona la climatología y, por ende, la vida de estas islas, es la pluviosidad –que es muy escasa e irregular– especialmente en las más bajas y orientales. Las estaciones apenas se dejan sentir y es la época de lluvias, entre julio y octubre –cuando el frente intertropical se desplaza hacia el norte– el momento en que se aprecia un cambio visible, al cubrirse la árida superficie del archipiélago de un manto vegetal que “devuelve la vida” a estas necesitadas islas.

La flora del archipiélago, como consecuencia de su situación geográfica, muestra bastante afinidad con la paleotropical y algo menos con la del Mediterráneo y de los otros archipiélagos de la Macaronesia. A pesar de que la influencia de la flora oesteafriicana es muy patente, los endemismos macaronésicos son allí frecuentes, como los *Aeonium* (verodes), *Echium* (tajinastes), *Limonium* (siemprevivas) o *Lotus* (corazoncillos). Tampoco es raro encontrar en estas islas *Sonchus* (cerraja), *Teline* (retama), *Launaea* (aulaga), *Phoenix* (palmera) o *Dracaena* (drago) aunque este último, antiguamente muy abundante en algunas islas como San Nicolau, prácticamente ha desaparecido debido a la sobreexplotación a que se vió sometido para la extracción de su savia (sangre de drago) en los primeros siglos de la colonización. Algunas especies de la flora líquénica como *Roccella spp.* (orchilla) también fueron objeto de un intenso comercio en esa época.

En todo caso, lo más resaltable de la flora caboverdiana es su profunda alteración por la mano del hombre: deforestación, introducción de especies alóctonas, etc. Por ese motivo ahora el paisaje vegetal está dominado por leguminosas arbóreas (*Prosopis*, *Acacia*, etc.), piteras (*Fourcraea*) y otras muchas plantas introducidas.

Al igual que sucede con la flora, la fauna de este archipiélago no es, en general, muy afín a la de las demás islas macaronésicas. No obstante, en lo que a la avifauna se refiere, se dan bastantes similitudes, aunque, como es lógico, con aportes tropicales. Por lo tanto, podemos observar en Cabo Verde muchas especies comunes con Canarias, como es el caso del gorrión (*Passer hispanoliensis*), la curruca tomillera (*Sylvia conspicillata*), la paloma bravía (*Columba livia*) o el capirote (*Sylvia atricapilla*). También es frecuente ver allí aves que desgraciadamente ya han desaparecido de Canarias o están a punto de hacerlo, como el alimoche (*Neophron percnopterus*) y el milano real (*Milvus milvus*). Pero son los reptiles los que quizás merezcan una especial atención, ya que de las siete especies presentes en las islas, cuatro son endémicas (60%) y entre ellas los escincidos (lisas) –representados por los géneros *Mabuya* y *Macrosclincus*– son los más diferenciados. *Macrosclincus* es un género endémico de Cabo Verde, cuya una única especie, *M. coctei*, alcanzaba hasta 60 cm de longitud total y habitaba en Santa Luzía y, sobre todo, en las isletas Branco y Raso. Desgraciadamente estamos hablando en pasado, porque ya se da por extinguido este interesantísimo género. Y ésto ha ocurrido, prácticamente ante nuestros ojos, en las últimas décadas.

Del resto de la fauna destacaremos también el gran número de insectos endémicos, sobre todo en algunos grupos, pero, en general, siempre mostrando una clara influencia africana, mayor que en los otros archipiélagos macaronésicos.

Con respecto a la fauna marina cabe resaltar la presencia de fondos coralinos que, si bien no llegan a constituir verdaderos arrecifes, sí conforman ecosistemas particulares, con la incorporación de elementos tropicales que no están presentes en el resto de la Macaronesia. Sin embargo, son muchas las especies que podemos considerar como panmacaronésicas.

## ENCLAVE CONTINENTAL

Desde el punto de vista biogeográfico existe una relación natural entre los archipiélagos macaronésicos –fundamentalmente las islas Canarias orientales y Cabo Verde– y una

franja costera atlántica de miles de kilómetros, que va desde el suroeste de la Península Ibérica, pasando por el sur de Marruecos, Sáhara Occidental y Mauritania, hasta el norte de Senegal.

La relación de Lanzarote y Fuerteventura está más que explicada por la corta distancia al continente africano (96 km), que fue aún más corta durante las épocas glaciales del Cuaternario (hace 18.000 años era de 60 km). Las afinidades son apreciables especialmente en el paisaje vegetal, muy parecido al de los pisos basales de las islas orientales. En esas zonas, un elevado número de especies vegetales y algunas animales (insectos) son comunes –y exclusivas– de

ambas regiones, y bastantes más que son vicariantes. Es por esto por lo que se habla de enclave continental macaronésico. Y dentro de esta extensísima franja costera africana, existe un espacio reducido pero muy representativo, el Cabo Guir, a unos 30 km al norte de Agadir (Marruecos), que es un ejemplo magnífico de relaciones biogeográficas entre regiones próximas. Allí podemos ver tabaibas y cardones (*Euphorbia spp.*), aulagas (*Launaea*), cornicales (*Periploca*), orobales (*Withania*), verodes (*Senecio*), bejeques (*Aeonium*), tasaigos (*Rubia*) y cerrajas (*Sonchus*), entre otros, formando parte de una misma comunidad vegetal.

El clima de esta franja continental es árido, como es natural, y parecido al de las zonas costeras de las Canarias orientales. También allí la influencia oceánica (corriente fría de Canarias) se deja sentir y suaviza, de alguna manera, las temperaturas. Del mismo modo los



Flora Macaronésica en la desembocadura del Draa (Marruecos).



vientos alisios, frescos y húmedos, influyen y propician la humedad y las escasas precipitaciones necesarias para la supervivencia de estas comunidades biológicas, pese a la proximidad del desierto. Estos vientos soplan paralelos a la costa y apenas se introducen en el interior, debido a la barrera que representa la cordillera del Atlas, y es precisamente en esas montañas del Sur marroquí, en la frontera del desierto, donde recientemente se descubrió para la ciencia una numerosa población de dragos (*Dracaena*) junto a otras formaciones vegetales arbóreas que también viven, de manera relictica, en algunas de las islas macaronésicas. Es el caso de los bosques de sabina, acebuche, lentisco, etc.

Pero son las tabaibas y cardones (*Euphorbia spp.*) las que podemos considerar como "marcadoras" a la hora de hacer estudios sobre la distribución geográfica o de la extensión del enclave macaronésico continental, ya que son más visibles, y fácilmente detectables en el campo, que otras plantas de menor porte que conviven con ellas.

De la fauna de este enclave no podemos decir lo mismo que de la flora. Son muy pocas las especies comunes con los archipiélagos. Pensamos que esto es debido, entre otras causas, a la mayor movilidad y amplia valencia ecológica que presentan los animales con respecto a las plantas. En este sentido, es Cabo Verde el archipiélago que alberga mayor número de especies afines, sobre todo insectos, a pesar de estar mucho más alejado del continente que Canarias. La explicación puede estar en la latitud tropical que ocupan aquellas islas, que hace que su clima se corresponda más con la región costera continental que tienen enfrente. Este hecho es extensible también a la fauna marina, que presenta un alto porcentaje de especies tropicales comunes, aunque también abundan los endemismos y las especies panmacaronésicas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis compañeros del Museo, Lázaro Sánchez-Pinto, Gloria Ortega y Guillermo Delgado, sus valiosos comentarios sobre temas de sus respectivas especialidades, así como a Ana Esther Pérez su colaboración en la informatización del trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-MONEM, A.A., FERNÁNDEZ, L.A. y BOONE, G.M. 1975. K-Ar ages from the eastern Azores group (Santa María, São Miguel and the Formigas Islands). *Lithos*, 4.
- ANGUITA, F. y HERNÁN, F. 1975. A propagating fracture model versus a hot spot origin for the Canary Islands. *Earth & Planet. Sc. Lett.*, 27, 1: 11-19
- BÁEZ, M. y SÁNCHEZ-PINTO, L. 1983. *Islas de fuego y agua. Canarias, Azores, Madeira, Salvajes, Cabo Verde*. Edirca, 184 pp.
- BARAHONA, F., RAGE, J.C. y GARCÍA-TALAVERA, F. 1998. The first record of snakes on the Canary Islands: a vertebra from the Upper Miocene of Lanzarote. *Amphibia-Reptilia*, 20: 1-7.
- BLONDEL, J. 1997. Les adaptations du vivant, in: *Îles. Vivre entre ciel et mer*. Muséum National D'Histoire Naturelle. Paris.
- BOEKSCHOTEN, G.J. y BOREL BEST, M. 1988. Fossil and recent shallow water corals from the Atlantic Islands off Western Africa. *Zoologische Mededelingen*, 62 (8): 99-112.
- BRAVO, T. 1983. El origen de las islas Canarias, En: *Canarias, origen y poblamiento*. pp. 15-24. Circulo de Estudios Sociales de Canarias. Queimada Ed. Madrid.
- CARRACEDO, J.C. *et al.* 1998. Origen y evolución del volcanismo de las islas Canarias, En: *Ciencia y Cultura en Canarias*, pp. 67-89. Museo de la Ciencia y el Cosmos, O.A.M.C., Cabildo de Tenerife.
- FRANCISCO ORTEGA, J., JANSEN, R.K., CRAWFORD, D.J. y SANTOS, A. 1995. Chloroplast DNA evidence for intergeneric relationships of the Macaronesian endemic genus *Argyranthemum* (Asteraceae). *Sistematic Botany* 20: 413-422.
- FRANCISCO ORTEGA, J., JANSEN, R.K. y SANTOS, A. 1996. Chloroplast DNA evidence of colonization adaptative radiation, and hybridization in the evolution of the Macaronesian flora. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 93: 4085-4090.
- GALOPIM DE CARVALHO, A.M. y BRANDAO, J.M. 1991. *Geología do arquipélago da Madeira*. Mus. Nac. De Historia Natural. Universidade de Lisboa, 171 pp., 32 lam.
- GARCÍA-TALAVERA, F. 1978. Sobre el Cuaternario marino de la isla Selvagem Pequena, in: *Contribución al estudio de la Historia Natural de las islas Salvajes*. pp. 37-44. Museo de Ciencias Naturales, Aula de Cultura del Cabildo de Tenerife.
- GARCÍA-TALAVERA, F. 1983. *Los moluscos gasterópodos antiatlánticos*. Estudio paleo y biogeográfico de las especies bentónicas litorales. Publ. Univ. La Laguna. Monografías, nº 10. 352 pp. 7 lam.
- GARCÍA-TALAVERA, F. 1990. Aves gigantes en el Mioceno de Famara (Lanzarote). *Rev. Acad. Canar. Cienc.*, II, 71-79.
- GARCÍA-TALAVERA, F. 1997. Las Canarias orientales y vecina costa africana en el Holoceno. *ERES (Arqueología)*, Vol. 7 (1): 55-63.
- GARCÍA-TALAVERA, F., SÁNCHEZ-PINTO, L. y SOCORRO S. 1995. Vegetales fósiles en el complejo traquítico-sienítico de Gran Canaria. *Rev. Acad. Canar. Cienc.*, VII (2, 3 y 4), 77-91.
- GRANJON, L. y BARRAU, J. 1997. Comment coloniser les îles?, in: *Îles. Vivre entre ciel et mer*. Muséum National D'Histoire Naturelle. Paris.
- GRANT, P.R. 1998. *Evolution on Islands*. Oxford University Press Oxford. 334 pp.
- HUNTER, P.M., SEARLE, R.C. y LAUGHTON, A.S. 1983. Bathymetry of the N.E. Atlantic, Sheet 5: Continental margin off N.W. Africa. *Institute of Oceanographic Sciences*, Londres.
- HUTTERER, R., GARCÍA-TALAVERA, F., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. y MICHAUX, J. 1998. New chelonian eggs from the Tertiary of Lanzarote and Fuerteventura, and a review of fossil tortoises of the Canary Islands (Reptilia, Testudinidae). *Vieraea*, 26: 139-161.



- LA ROCHE, F. y RODRÍGUEZ-PIÑERO, J.C. 1994. Aproximación al número de taxones de la flora vascular silvestre de los archipiélagos macaronésicos. *Rev. Acad. Canar. Cienc.*, VI (2,3,4): 77-98.
- MACHADO, A. 1998. *Biodiversidad*. Un paseo por el concepto y las islas Canarias. Cabildo de Tenerife. 67 pp.
- MECO, J. 1988. The emergent littoral deposits in Fuerteventura and the evolution of the Canarian marine faunas during the Quaternary, in: *Deserts, Past and Future Evolution*. N. Petit-Maire Ed. CNRS. pp. 166-178.
- MENARD, H.W. 1986. *Islands*. Scientific American Library. Nueva York.
- MITCHELL-THOMÉ, R.C. 1983. The Cape Verde archipelago and african affinities. *Bol. Mus. Mun. Funchal*, 35 (155): 175-206.
- MITCHELL-THOMÉ, R.C. 1985. Radiometric studies in Macaronesia. *Bol. Mus. Mun. Funchal*, 37 (167): 52-85.
- NICOLÁS, J.P. de, FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., FERRER, F. J. y NIETO, E. 1989. Inter-island floristic similarities in the Macaronesian region. *Vegetatio* 84: 117-125.
- NUNN, P.D. 1994. *Oceanic Islands*. Blackwell, Oxford. 413 pp.
- PETIT-MARIE, N., DELIBRIAS, G., MECO, J., POMEL, S. y ROSSO, J.C. 1987. Paléoclimatologie des Canaries Orientales (Fuerteventura). *C.R. Acad. Sc. Paris*. 303, Sér. II, 13: 1241-1246.
- SERTEL, R. y BÁEZ, M. 1990. On the Biotic Diversity of Eastern Atlantic Islands and its implication for the Theory of Island Biogeography. *Courier Forsch.-Inst. Senckenberg*, 129: 25-41.
- SERRALHEIRO, A. 1970. *A geologia da Ilha de Maio* (Cabo Verde). Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa., 103 pp.
- SCHMINCKE, H.U. 1973. Magmatic evolution and tectonic regime in the Canary, Madeira and Azores Island groups. *Geol. Sco. Anner. Bull.*, 84: 633-648.
- SCHMINCKE, H.U. 1976. The geology of the Canary Islands. En: Kunkel, G. (ed). *Biogeography and Ecology in the Canary Islands*. pp. 67-184. La Haya. pp. 67-184
- STILLMAN, C.J., et. al. 1982. The geological history of Maio, Cape Verde Islands. *Journal of the geological Society of London.*, 139: 347-361.
- VIGNE, J.D. 1997. L'emprise de l'homme depuis le préhistoire, in: Îles. *Vivre entre ciel et mer*. Muséum National D'Histoire Naturelle. Paris.



# **EVOLUCIÓN GEOLÓGICA Y FORMAS DEL RELIEVE EN CANARIAS**

Eustaquio Villalba

Presidente de la Asociación de Amigos del  
Museo de Ciencias Naturales



*«La Ciencia, muchacho, está llena de errores, pero de errores que conviene cometer, porque conducen poco a poco a la verdad. Errando deponitur error»*

*Julio Verne, «Viaje al Centro de la Tierra»*

## **INTRODUCCIÓN**

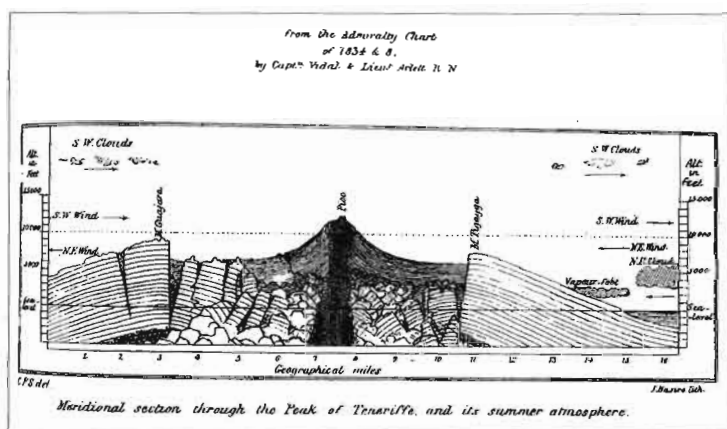
El relieve no constituye un elemento pasivo que sólo sirve de soporte a los procesos biológicos y a las actividades humanas, por el contrario forma parte activa de los sistemas paisajísticos, al mismo tiempo que su evolución se ve modificada por el conjunto de los seres vivos. A partir de la revolución neolítica, el hombre se ha convertido en el protagonista del cambio; el desarrollo de la humanidad ha ido multiplicando el impacto sobre la gea e interfiriendo los procesos naturales de manera acelerada y cada vez más intensa. La explicación de los paisajes requiere conocer los procesos de cambio, su escala temporal y sus interrelaciones con el resto de los componentes del sistema paisajístico. La geografía –como ciencia que trata de conocer la dinámica del espacio organizado– necesita incorporar los datos y explicaciones aportados por la geología y la geomorfología para comprender los procesos de cambios que se producen en un territorio, tanto aquéllos que han sido intensamente transformados por la acción del hombre, como en los que la interferencia ha sido poco notoria.

La condición de archipiélago volcánico de Canarias da mayor importancia a las variables geomorfológicas pues, a diferencia de los territorios continentales donde la duración de los procesos modificadores del relieve requieren, en la mayoría de los casos, mucho tiempo; en los de origen volcánico la escala temporal es mucho más reducida. La actividad eruptiva construye y modifica sustancialmente las formas del relieve; la acumulación de materiales eruptivos es muy rápida en términos geológicos dando lugar a edificios volcánicos de gran altura y a formas derivadas, como calderas y valles. Las erupciones recubren en parte la superficie insular con materiales nuevos, separan las poblaciones y las obliga a evolucionar aisladas unas de otras, modifican la circulación hídrica e incluso, altera la distribución de las precipitaciones. La consecuencia de estos hechos es su enorme importancia en la explicación de los paisajes canarios; la geografía, por tanto, ha dependido, tanto en su vertiente investigadora como en la docente, de los avances de los estudios geológicos de las islas para el análisis de muchas de sus formas del relieve en las que se inscriben los paisajes.

Mientras que las investigaciones sobre el origen de las islas, las causas de la actividad volcánica en este lugar del Atlántico tienen un interés menor y complementario para el análisis geográfico, la evolución y los procesos eruptivos son elementos importantes en la explicación geográfica del territorio. La bibliografía científica y los libros de texto de geografía de Canarias reflejan esta importancia y, lógicamente, su dependencia de la geología.

## EVOLUCIÓN DE LOS ESTUDIOS GEOGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS DE LAS ISLAS

Los estudios científicos de la naturaleza canaria comenzaron en el siglo XVIII con proyectos relacionados con la geodesia, la botánica y la mineralogía. Los trabajos del abate

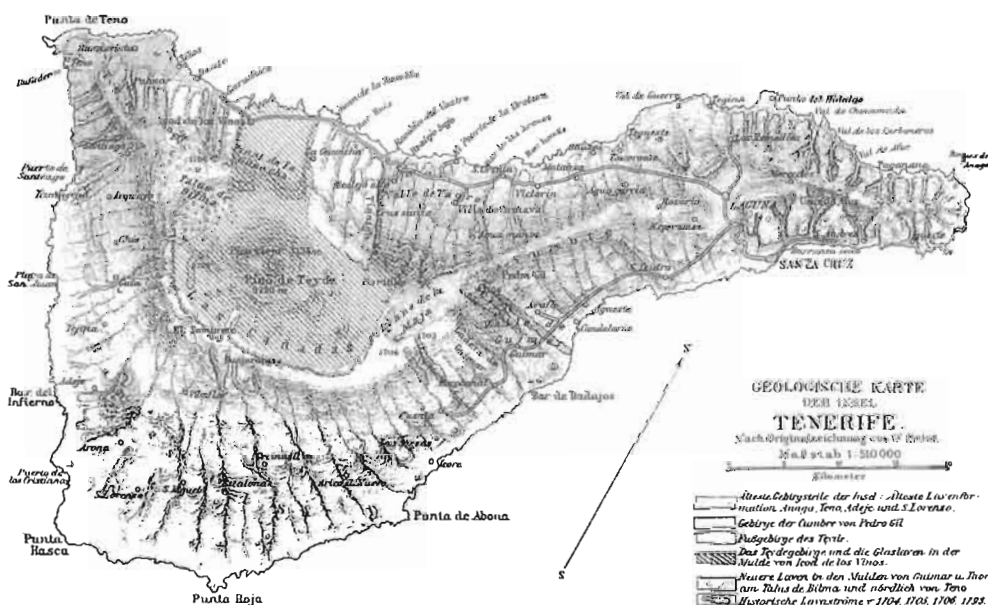


Teoría de von Buch de los cráteres de levantamiento. Dibujo de Piazz Smyth. 1856

francés Feuillée marcan el inicio de estos estudios en el Siglo de la Ilustración que culminan con los de Humboldt. Desde el punto de vista geológico pocas son las aportaciones válidas que se hicieron en esta época. A comienzos del siglo XIX las islas son visitadas por el geólogo alemán L. von Buch autor de los primeros trabajos con carácter científico de la geología canaria. Sus teorías sobre el origen de las grandes formas de relieve van a tener una aceptación generalizada; explicó la formación de las calderas de Las Cañadas y Taburiente como cráteres de levantamiento y los valles de La Orotava y Güímar como resultado del deslizamiento de parte de la isla. Esta última idea tuvo mucha menos aceptación que la primera y, prácticamente, cayó en el olvido. Durante

este siglo no existen investigaciones o estudios estrictamente geográficos –la geografía que se enseña no es sino una recopilación de datos estadísticos y repertorio de nombres–. Son los naturalistas y otros científicos ajenos a la geografía los que aportan los mejores estudios sobre el relieve de las islas entre los que merecen una mención especial Webb y Berthelot con su monumental Historia Natural de las Islas Canarias.

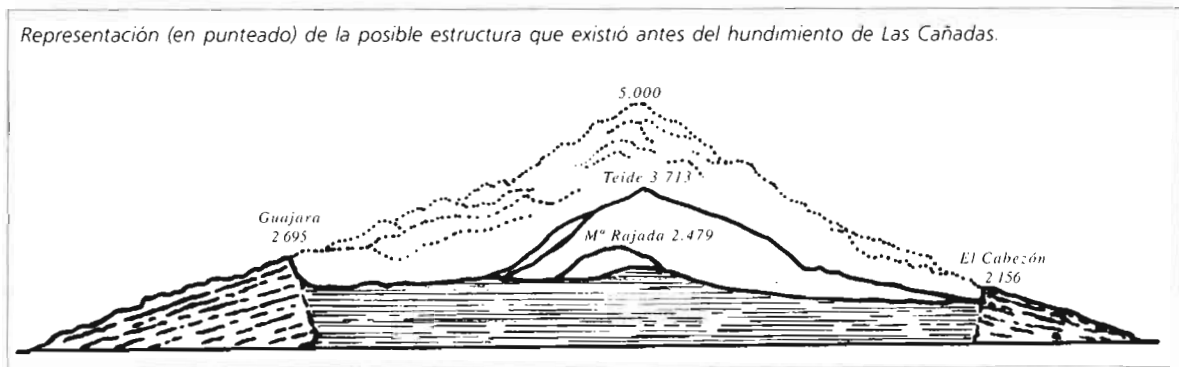
Los estudios de Fritsch, Reiss y Hartung en la segunda mitad del pasado siglo tienen como resultado el primer mapa geológico de la isla de Tenerife cuyas líneas básicas permanecen vigentes. Además, estos autores elaboraron una teoría, la de los valles



Mapa geológico de Tenerife. Publicado por H. Meyer. 1896

intercolinarios, con la que trataban de explicar la desconcertante forma de los valles de Güímar y de La Orotava. Estos estudios fueron la base para el primer libro de geografía de Tenerife escrito por el geógrafo alemán Hans Meyer y publicado en 1896. En su obra incluye el mapa geológico y añade los de vegetación, cultivos y red de caminos. Desgraciadamente esta obra no ha sido traducida y su influencia la geografía hecha en Canarias ha sido prácticamente nula.

Habrá que esperar a la década de los años cincuenta para ver aparecer los primeros manuales de geografía del archipiélago y que, rápidamente, se convirtieron en la bibliografía básica para la enseñanza de esta materia hasta los años setenta. La *"Geografía de Canarias"* del geólogo Telesforo Bravo y la *"Geografía Física de Canarias"* del geógrafo Leoncio Afonso van a ser los referentes imprescindibles para maestros y profesores. La obra del doctor Bravo resume las principales teorías de su época (1953) sobre el origen geológico y la constitución estratigráfica de las islas. En el capítulo dedicado a los accidentes geográficos clasifica las calderas en función a su origen en cuatro tipos: de explosión, de erosión, de hundimiento y mixtas, éstas originadas por la combinación del hundimiento y la erosión. Siguiendo las teorías del geólogo finlandés Hausen, explica los valles de La Orotava y Güímar como fosas tectónicas, mientras que la formación de la caldera de Las Cañadas la atribuye al hundimiento de la cúpula central de la isla, y a una intensa erosión que abrió una red fluvial que desaguaba hacia Icod. La actividad volcánica relleno posteriormente esta caldera con los materiales procedentes de la formación del Pico Viejo y el Teide.



Hipótesis de T. Bravo en *"Geografía de Canarias"*. Tomo I. 1953

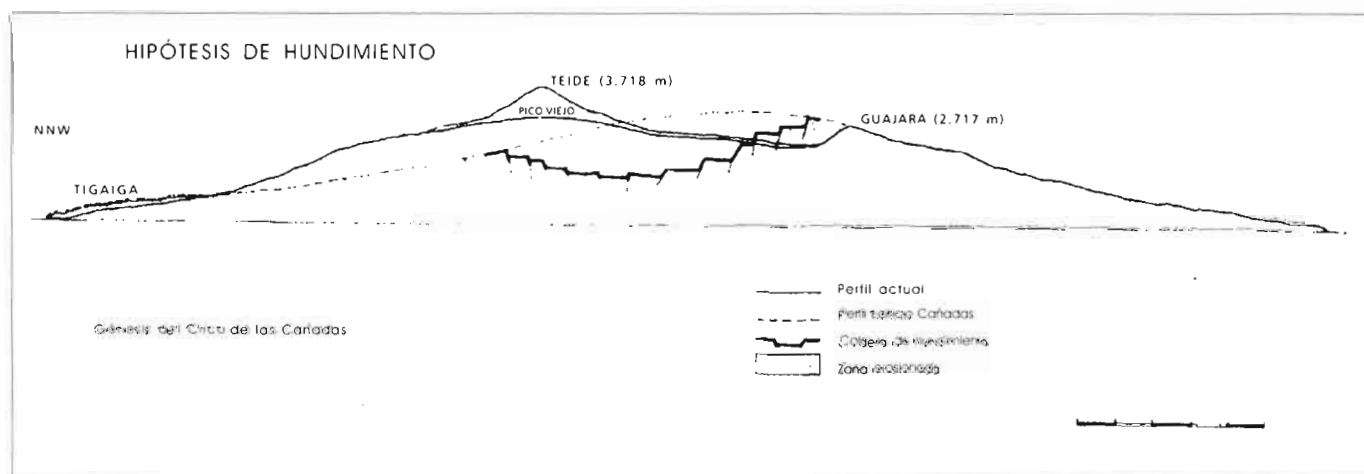
La geología y, en concreto, la vulcanología, experimentan una gran revolución teórica con la confirmación de las teorías de la expansión de los fondos oceánicos y la tectónica de placas. El nuevo paradigma científico tiene su inmediata repercusión entre los investigadores de la geología de Canarias, en unos momentos –los años sesenta– que el departamento de petrología del doctor Fúster emprendía un estudio sistemático de las islas. A los pocos años se vieron los resultados: numerosas publicaciones científicas y una nueva cartografía geológica de parte del Archipiélago, mucho mejor que la poca existente hasta esos momentos. Las consecuencias van a ser muy importantes, por un lado es el origen de la escuela española de vulcanología –los estudios sobre las islas formaron a toda una generación de volcanólogos– por otro, el crecimiento espectacular de las publicaciones geológicas desde finales de los años sesenta.

Estos trabajos atribuyen exclusivamente al hundimiento la formación del Circo de Las Cañadas y confirman el origen intercolinar para los valles de La Orotava y Güímar. Por el contrario, un grupo minoritario de geólogos se inclinan por la hipótesis planteada por el doctor Bravo (1962) que retoma la idea del deslizamiento. Esta última línea de investigación

va a ser rechazada por la "academia". En los años setenta la línea de investigación "oficial" se impone en todo tipo de publicaciones y, en consecuencia, en la enseñanza.

En la década siguiente los trabajos geográficos registran una auténtica explosión, tanto en lo que se refiere a la investigación, como a la divulgación. Apoyándose en las teorías geológicas dominantes, los estudios geomorfológicos hechos por los geógrafos descartan la existencia de los grandes deslizamientos, aceptan el origen intercolinar para los valles de Güímar y La Orotava, el hundimiento para Las Cañadas y el erosivo para el Golfo y Las Playas en la isla de El Hierro o la Caldera de Taburiente en La Palma. La consecuencia sobre el sector educativo fue la ausencia de los deslizamientos en los libros de texto y en los de divulgación, que es la bibliografía que normalmente usamos los profesores de bachillerato para preparar las clases de geografía y geología.

De manera paralela a la investigación académica, la geología aplicada va a contar con un marco muy favorable por la gran demanda que imponen los estudios sobre el funcionamiento hidrológico de las Islas. El proyecto SPA-15 patrocinado por la UNESCO, abrió el camino que desembocaría en los actuales planes hidrológicos insulares. El estudio sistemático de las galerías y pozos aporta nuevos datos que modifican algunas de las conclusiones obtenidas a partir de la información superficial. El mortalón –el fanglomerado de Bravo– desempeña un importante papel en la circulación de las aguas subterráneas, pues su gran impermeabilidad y su comportamiento dinámico constituye un problema añadido para la perforación de las galerías. La geometría de esta formación, su origen y composición va a ser intensamente estudiadas en el Plan Hidrológico de Tenerife. También, a partir de la información obtenida en galerías y pozos, se conocen muchos datos sobre la estructura interna de la isla. A finales de los ochenta se terminan los Planes Hidrológicos de Tenerife, La Palma y El Hierro y sus conclusiones, especialmente las que se refieren los grandes deslizamientos, van ser rechazadas e ignoradas por la ciencia de la academia.



Hipótesis del hundimiento de Las Cañadas según V. Araña. 1971



Las investigaciones sobre los fondos oceánicos fueron el gran revulsivo de los estudios volcanológicos del archipiélago; los trabajos llevados a cabo por investigadores ingleses y posteriormente por españoles, confirman la existencia de grandes depósitos de materiales en los fondos oceánicos procedentes de desmoronamientos que afectaron a los edificios insulares. Las reticencias iniciales van a dejar paso a la aceptación por la casi totalidad de los científicos de los deslizamientos, de su importante papel en la evolución de las islas.

## LA POLÉMICA CIENTÍFICA

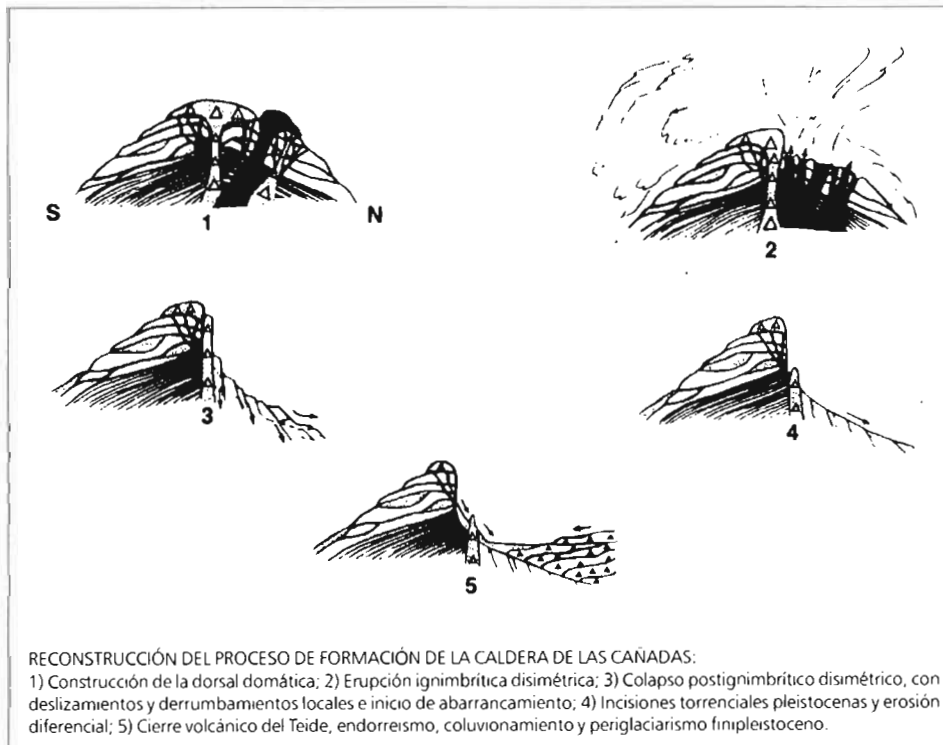
La historia de las ciencias naturales está llena de debates, polémicas y de pequeñas historias que tienen más que ver con la condición humana de los científicos que con sus ideas. A partir del análisis de la bibliografía trataré de exponer cómo, y de qué manera, han ido evolucionando las teorías sobre la génesis de valles y calderas en Canarias.

Las interpretaciones recientes de la formación de la caldera de Las Cañadas comienzan con la de Hausen (1956-61). Según este autor se originaron dos semicalderas por erupciones explosivas, limitadas por los Roques de García, y hundimiento posterior, a lo que se añadiría el retoque erosivo. En 1962 Telesforo Bravo publica *"El Circo de Las Cañadas y sus dependencias"* y propugna un doble origen: erosión y avalancha, mecanismo este último inédito en la literatura volcanológica moderna. Los autores posteriores se inclinan progresivamente por las teorías de hundimiento y subsidencia (Fúster et al. 1968). Ese mismo año MacFarlane y Ridley, a partir de datos geofísicos, se muestran partidarios de los mecanismos erosivos para explicar la génesis de Las Cañadas, sin embargo Ridley cambia de opinión (1971) y apoya la teoría del hundimiento. A partir del trabajo de Vicente Araña *"Litología y estructura del Edificio Cañadas"* (1971) la teoría de la subsidencia se convierte en la dominante en la literatura geológica. En 1973 J. Coello publica su trabajo *"Las series volcánicas del subsuelo de Tenerife"* cuyos datos apoyan la hipótesis del deslizamiento. Carracedo en su libro *"Paleomagnetismo e Historia Volcánica de Tenerife"* (1979) escribe sobre la génesis de Las Cañadas: *"Posiblemente por la gran cantidad de materiales extruidos en un periodo de tiempo relativamente corto, se produce el colapso del conjunto formado por ambos edificios sálicos, dando lugar a la caldera de Las Cañadas, subdividida en dos subcalderas por los Roques de García"*. La misma explicación está en el libro de divulgación *"Los Volcanes de Las Islas Canarias. Tenerife"* (1978) del que son autores Vicente Araña y Juan Carlos Carracedo.

El primer trabajo geográfico sobre El Teide fue el libro *"Formas Periglaciales de Las Cañadas del Teide"* (1977) del que son autores A. Morales, F. Martín y F. Quirantes. Éstos asumen las teorías dominantes entre los geólogos e indican que la caldera se formó a partir de un fenómeno de subsidencia y posterior erosión. Con este trabajo se inician los estudios geomorfológicos en el Departamento de Geografía de la Universidad de La Laguna al explicar algunos depósitos sedimentarios Las Cañadas como resultado de un modelado periglacial activo. L. Afonso publica un libro de divulgación titulado *"Geografía Física de Canarias"*

(1980), y refiriéndose a la caldera de Las Cañadas dice: "Al circo de Las Cañadas, con sus veinte km de diámetro, se le viene atribuyendo este origen (el colapso), si bien no todos están de acuerdo con esta hipótesis". En 1981 se publica el libro "El Teide" de E. Martínez de Pisón y F. Quirantes que lleva de subtítulo "Estudio Geográfico". Este libro fue un hito importante en la geografía de Tenerife y marca el camino que van a seguir los posteriores trabajos de geografía física. Los autores son partidarios del hundimiento, mientras que atribuyen su forma actual al modelado de los sistemas morfogénicos cuaternarios. La erosión, según los autores, actúa condicionada y guiada por las líneas de fracturación. Sobre el inicio de la subsidencia que daría origen a la Caldera escriben: "Se estima que la fecha de inicio de la caldera se podría establecer hace 600.000 años, ya que esta era la datación otorgada por Abdel Monem al final de la serie Cañadas. [...] En cualquier caso, la caldera se forma rápidamente, entre la mencionada edad y las series que la rellenan, cuya fecha de terminación se estima –según las mismas dataciones– hace 200.000 años, pero de la que nos es conocido su momento de comienzo en Las Cañadas". Sus argumentos se repetirán, sin variación, en toda la producción geográfica posterior. Cuando rechazan la teoría de T. Bravo dicen: "Partiendo de la misma hipótesis de un gran valle en Icod, pre-serie III y relleno por ésta, se sustituye el esquema de un prolongado ataque erosivo durante un «largo periodo de tranquilidad» por grandes avalanchas por deslizamientos subhorizontales de masas inestables sobre un fanglomerado, más o menos discontinuo y sólo existente en el norte del edificio, que se supone que actuaría como superficie lubricante, como capa plástica, al

tiempo que la torrencialidad ayudaría al transporte de los materiales, que llegarían al mar y desaparecerían al ser destruidos por erosión. Todo este proceso, que justificaría la formación de la cabecera en un corto tiempo, se apoya, sin embargo, en argumentos que nos parecen discutibles y en hechos indemostrables, al margen de la evolución morfoclimática cuaternaria". Pero también reconocen que no existen datos que avalen la teoría del colapso: "Dado que en la pared de Las Cañadas no se encuentra tampoco ninguna huella directa de falla –o al menos nosotros no la hemos observado, pese a una búsqueda minuciosa– el hundimiento de las calderas no pasa de ser una suposición por analogía, pero no es constatable. Sin embargo, a nosotros



Esquema de la formación de las Cañadas según E. Martínez de Pisón y F. Quirantes, 1993.

*nos parece razonable volcanológicamente y morfogenéticamente y responde a un modelo clásico en los relieves volcánicos”.*

En 1985 (Los Volcanes. Guía Física de España) C. Romero, E. Martínez de Pisón y F. Quirantes mantienen la hipótesis del hundimiento de la cual dicen: *“es la explicación más extendida y razonable sobre la génesis de Las Cañadas”.* En 1993 se publica una nueva Geografía de Canarias. En ella F. Quirantes y A. Hansen continúan con la misma hipótesis y no mencionan otras teorías ni las tienen en cuenta en su exposición. Según F. Quirantes: *“Se estima que la fecha de iniciación de la caldera se podría establecer hace 600.000 años. La caldera se forma rápidamente, entre la mencionada edad y las series que la rellenan, cuya fecha de terminación se data hace 200.000 años, pero de las que no es conocido su momento de comienzo en Las Cañadas”.*

### **LA CALDERA DE TABURIENTE**

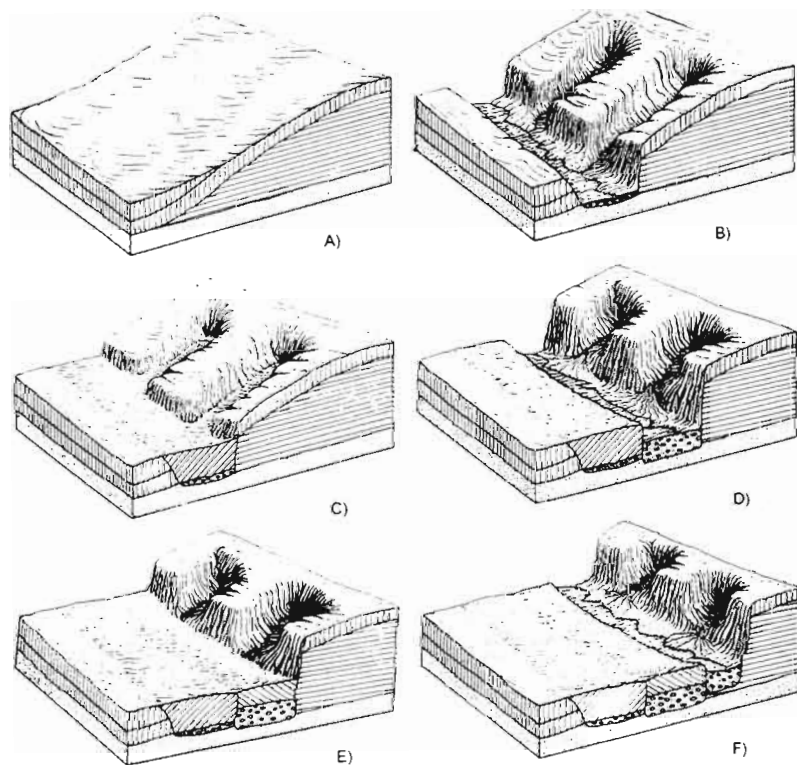
El origen de la caldera de Taburiente se ha explicado, tanto por geólogos como por geógrafos, como erosivo (T. Bravo, 1953; M<sup>a</sup> Eugenia Arozena, 1981; L. Afonso, 1980; J. L. Pérez Martín, 1983, 1993; Carracedo 1985). En 1987 J. Coello, a partir del análisis de las estructuras subterráneas de la Isla, descubre la existencia de formaciones de aglomerados tipo mortalón indicativas de la existencia de deslizamientos. J. M. Navarro en “Estudio Geológico del Parque Nacional de La Caldera de Taburiente”, (1994. Inédito) propone la hipótesis de un deslizamiento que abarcaría todo el arco de la Cumbre Nueva y se prolongaría hasta la parte media-final del Barranco de Las Angustias. La posterior formación del estratovolcán Bejenado en su flanco nororiental condicionaría la acción de las aguas corrientes dando lugar a la formación de la caldera. El elemento clave del retroceso de la caldera serían los desplomes de sus vertientes que han originado las grandes paredes verticales que la jalonan. Estos desprendimientos represan las aguas al obturar el cauce y dan lugar a depósitos sedimentarios; tal sería el caso de la denominada Playa de Taburiente en el interior de La Caldera. En 1993 se publica, por encargo del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente un mapa geológico del que son autores J.M. Navarro y J.J. Coello; en él se incluye la representación gráfica de la evolución de la Isla y del deslizamiento de Aridane. Posteriormente, otros autores se suman a esta línea investigación, lo que tendrá como resultado la publicación de varios trabajos de J.C. Carracedo y colaboradores, entre los que se encuentra el mapa geológico de la mitad sur de La Palma (1997) que coincide en sus líneas básicas con el publicado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales.

## LOS VALLES DE LA OROTAVA Y GÜÍMAR

Fritz y Reiss (1868) propusieron una génesis intercolinar para los valles de La Orotava y el de Güímar. Hausen (1961) ve en ellos fosas tectónicas. T. Bravo (1962, 1989); J. Coello (1973) y J. M. Navarro (1989) atribuyen su origen a grandes deslizamientos. Araña y Carracedo (1978) retoman la teoría del origen intercolinar. L. Afonso (1980) opinaba: *"Es polémica la existencia de depresiones volcano-tectónicas en Canarias; los mayores desacuerdos corresponden a la llanura central de Fuerteventura y los valles de Güímar y La Orotava; mientras unos geólogos afirman la existencia de fallas de hundimiento o deslizamiento, otros lo niegan"*. En 1985, los geógrafos C. Romero, E. Martínez de Pisón y F. Quirantes explicaban el origen de La Orotava de la siguiente manera: *"Esta amplia depresión se interpretó por primera vez como una fosa tectónica en la que el fondo corresponde al bloque hundido en forma de tecla de piano, mientras que la ladera de Tigaiga que la flanquea al oeste y la de Santa Úrsula al este, serían los bloques levantados. Una segunda interpretación supone un origen erosivo de caracteres peculiares; la depresión se formaría como consecuencia del deslizamiento de grandes paquetes de materiales, propiciado por la existencia de un nivel de base plástico que actuaría como lubricante. No obstante, en la actualidad, la explicación más admitida es la del valle intercolinar"*. En 1993, C. Criado califica a los valles de La Orotava y Güímar de intercolinares, aunque señala que la teoría del deslizamiento está siendo reconsiderada. A. Álvarez en la misma *"Geografía de Canarias"* (1993) reconocía que: *"La hipótesis del desplazamiento de grandes masas de materiales, que, ladera abajo, habrían*

*desaparecido, por efecto de la erosión marina, en el Atlántico, es la más defendida y quizás la más argumentada"*. Pero a continuación añade: *"Más recientemente, aunque su primitiva formulación es del siglo pasado se ha defendido la teoría del valle intercolinar"*. Por el contrario, F. Savaté se muestra partidario, en esa misma obra, del deslizamiento en la génesis del valle de Güímar. La aportación más novedosa desde la geografía se debe a D. Palacios (1990, 1994) que propone, tras descartar las interpretaciones anteriores, un origen erosivo en combinación con la actividad volcánica. Sin embargo, su hipótesis no encontró eco en la geografía ni en la geología.

Mientras en la producción geográfica seguía dominando las teorías tradicionales, en la literatura geológica de los años noventa se aprecia el cambio de paradigma y la consiguiente aceptación de los deslizamientos como un fenómeno consustancial con la evolución de las islas volcánicas.

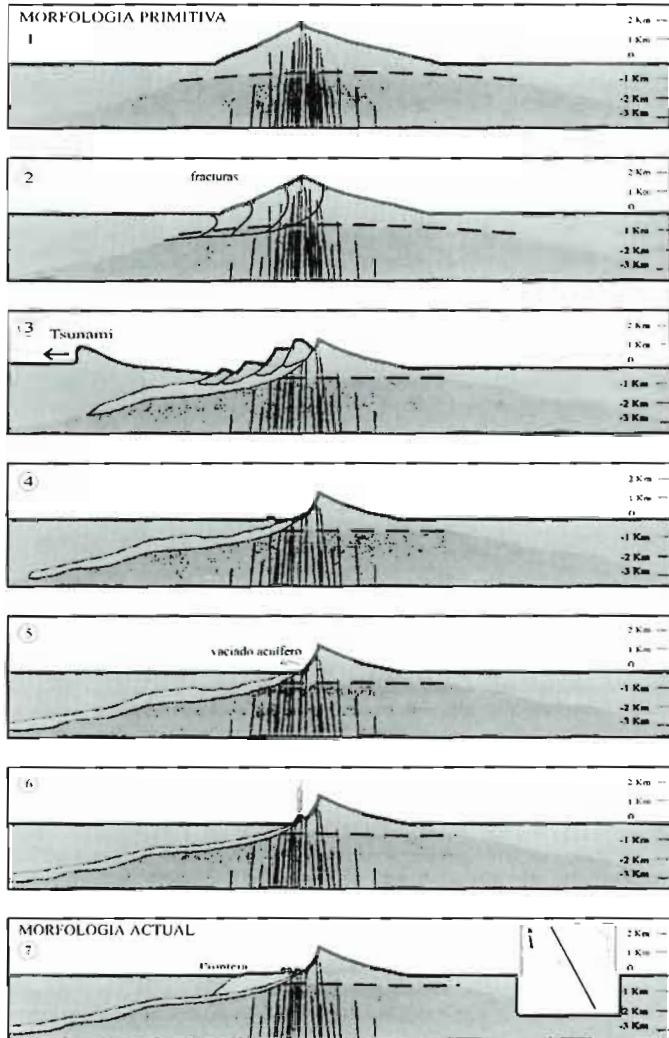


Génesis erosiva de los valles de La Orotava y Güímar.

## EL GOLFO Y LAS PLAYAS

Otras grandes formas de relieve, como El Golfo –en la isla de El Hierro– se han explicado a partir de dos hipótesis fundamentales: el hundimiento y posterior deslizamiento del flanco norte (Fernández Navarro, 1908; Macau Vilar, 1963; Hausen 1964) y por la actividad erosiva. (Benítez Padilla, 1954; T. Bravo, 1982). La totalidad de la bibliografía geográfica atribuye su formación a la erosión marina favorecida, y guiada, por el entrecruzamiento de

las principales líneas estructurales de la Isla (L. Afonso, M<sup>a</sup>. E. Arozena, L. Fernández Pello, E. Villalba, 1980; J. Hernández y E. Niebla, 1985; L. Fernández Pello, 1989; A. Yanes, 1987, 1990, 1993; C. Criado, 1991). En el Plan Hidrológico de la isla de El Hierro (1990) J. M. Navarro, atribuye a deslizamientos la formación de El Golfo y Las Playas. Fruto de estos trabajos fue el libro de divulgación *“El Agua en El Hierro”*, publicado por el Cabildo de la Isla, en él se explica en funcionamiento hidrológico de la isla y el papel fundamental que juegan los deslizamientos. De manera muy didáctica se expone en una secuencia gráfica el deslizamiento que originó la depresión de El Golfo.



### LA CONFIRMACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS

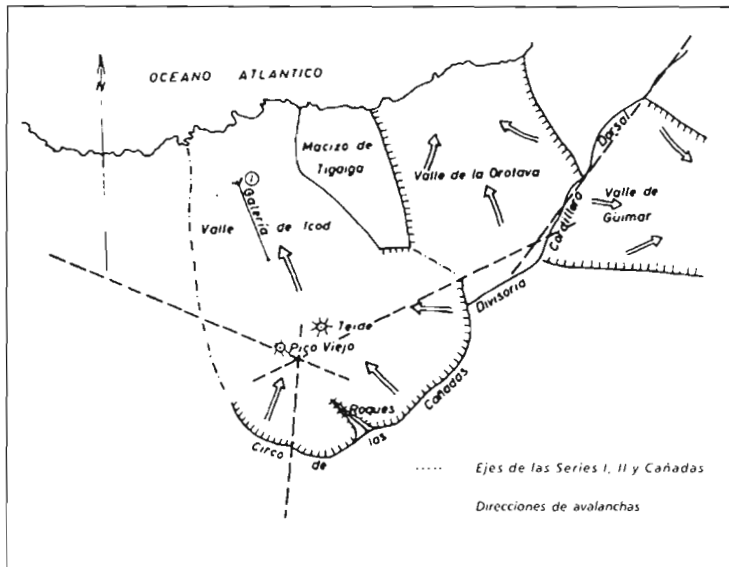
A finales de los años ochenta la discusión entre los partidarios de una y otra teoría se mantiene aunque en la enseñanza la polémica había desaparecido. En 1989 el ICONA publica una recopilación de trabajos geológicos sobre el Parque Nacional del Teide. En este libro *«Los Volcanes y La Caldera del Parque Nacional del Teide»*, la mayoría de los autores se muestran partidarios del hundimiento. J. Coello, J. Bravo y T. Bravo, por el contrario, argumentan a favor del deslizamiento gravitacional para explicar el origen para Las Cañadas y de los valles de La Orotava y Güimar. Los partidarios de la teoría del hundimiento sólo aportan los datos gravimétricos (Vieira, González Camacho y C. de Toro), y los magnetotéluricos (A. García, V. Araña, M. Astiz y R. Ortiz);

de cuyo análisis deducen la continuidad de la pared de la caldera debajo del Teide y Pico Viejo. J. Coello y J.M. Navarro niegan que con estos métodos se puedan obtener tales conclusiones. El argumento definitivo de los partidarios del colapso sigue siendo la analogía, como manifiesta Vicente Araña: *“Nos parece, sin embargo, necesario insistir en que no son siquiera las características geomorfológicas de un circo más cerrado en la caldera de Las Cañadas las que justifican un colapso como causa de la depresión, sino que esta génesis es*

sólo un elemento complementario y lógico del modelo más clásico y repetido en sistemas volcánicos como el que ha funcionado en la Región Central de Tenerife". En 1990 E. Ancochea y colaboradores publican "Volcanic evolution of the island of Tenerife (Canary Islands) in the light of new K-Ar data". En este trabajo,

los autores se decantan por los deslizamientos como origen de algunos de estos valles y calderas: "The Cañadas Caldera had several collapse phases, associated with large ignimbrite emissions. There were, at least, an older phase more than 1Ma old, on the western part of the volcano and a younger one, less than 0.6 Ma old, in the eastern side. The two large "valleys" of Güimar and La Orotava were formed by large landslides less than 0.8 Ma ago, and probably before 0.6 Ma ago. The present Cañadas caldera was formed by another landslide, less than 0.2 Ma."

Las observaciones y los datos a favor de los deslizamientos aumentaron durante la pasada década, mientras que los partidarios del colapso no aportan nuevos argumentos para avalar su tesis. La erupción del St.

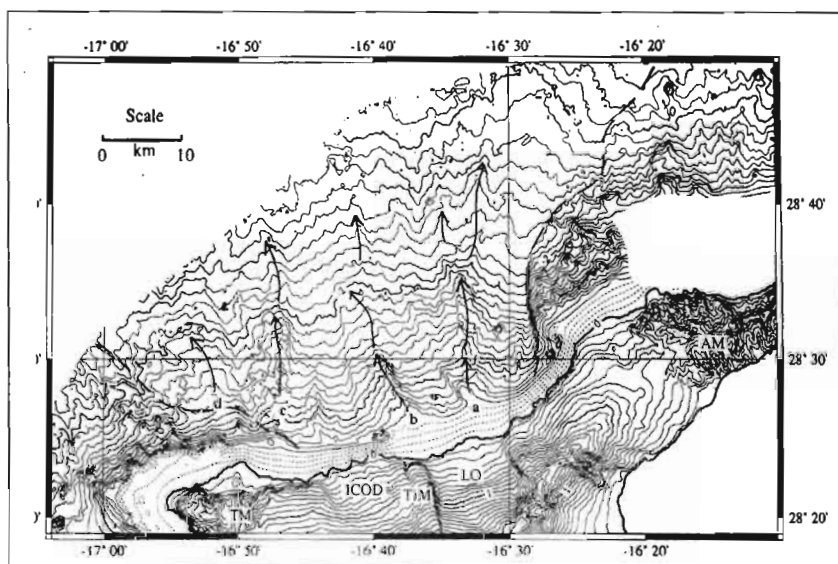


Esquema de los deslizamientos de La Orotava, Güimar y Las Cañadas según T. Bravo y J. Coello, 1989

Helens (EEUU 1980) produjo un desplome que fluyó en forma de avalancha, dejando detrás un hueco en forma de herradura de 2 kilómetros de ancho y con paredes verticales de más de 700 metros. Morfoestructuras creadas por avalanchas se encuentran en otras partes del mundo: Hawai (Moore, 1964), Reunión (Chevalier y Bachelery, 1981), Papúa Nueva Guinea (Jonshon, 1987) Volcán Colima, México (Luhr y Prestgaard, 1988), en el volcán Socompa de Chile (Francis et al., 1988), Martinica (Vincent et al., 1989) La objeción a lo insólito del fenómeno queda invalidado por la evidencia: los deslizamientos son frecuentes en los territorios volcánicos.

El conocimiento del subsuelo de la isla de Tenerife se ha visto facilitado por la existencia de una enorme cantidad de perforaciones destinadas a captar las aguas subterráneas. Los estudios de J. Coello, J.M. Navarro, J. Bravo y T. Bravo, muestran que no se encuentran, en ninguna de las galerías que se adentran en el interior de Las Cañadas, los materiales que deberían corresponder a la pared norte de la caldera; por el contrario, se puede comprobar que éstas atraviesan coladas y otros materiales volcánicos posteriores a la formación de la caldera, que se apoyan sobre una capa de clastos angulosos, de tamaños y composición muy diverso, englobados en una matriz arenosa, que descarta su origen eruptivo. Esta brecha ha sido denominada por estos autores como *fanglomerado* (Bravo, 1962) o *mortalón*. (Navarro y Coello en su trabajo "Depresiones Formadas por Deslizamiento Gravitacional en Tenerife". (1989, Inédito). Los datos directos de las galerías descartan la existencia de los materiales y formas que se producen en un colapso de tales dimensiones. Ya en 1953 ("Geografía de Canarias". Tomo I.) T. Bravo, a partir de la observación del subsuelo atravesado por





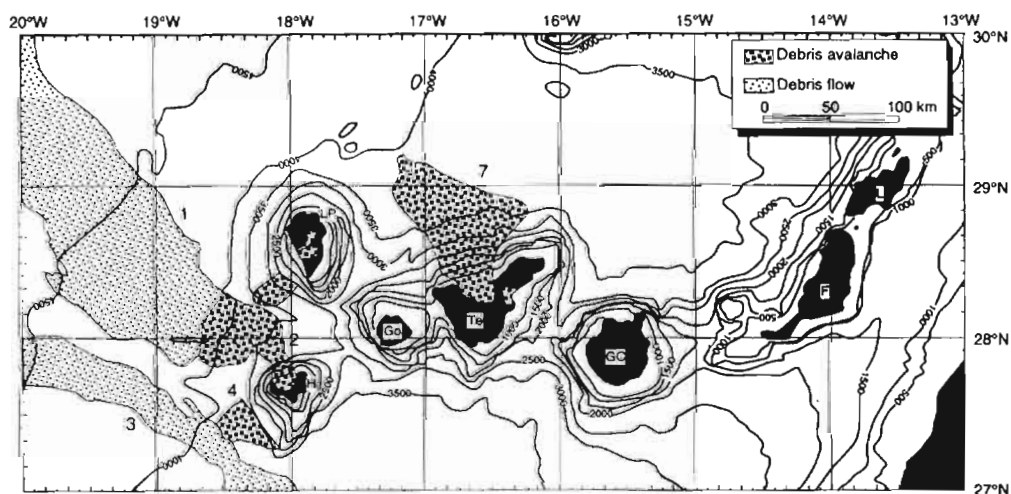
Topografía submarina del norte de Tenerife (según Watts y Masson, 1995).

las galerías, dedujo la existencia del paleovalle de Icod-La Guancha, cuya cabecera situó en Las Cañadas, hecho corroborado por los datos gravimétricos (MacFarlane y Ridley, 1968).

Tampoco existen en superficie materiales que avalen, según Coello y Navarro, el colapso. Para que se produzca el hundimiento de una cámara magmática tiene que darse un brusco desalojo del magma y en cantidades enormes y, en la Isla, no existen suficientes depósitos de este tipo que puedan relacionarse con este evento. Los únicos materiales que son posteriores a la formación de la caldera, localizados en el Llano de Maja, en Tigaiga y otros lugares de la isla, no se corresponden, ni por su

volumen ni por su composición, a los que se forman tras un proceso de colapso.

En 1995 Watts, de la Universidad de Oxford y Masson, de la Universidad de Surrey, dan a conocer los resultados de los estudios realizados en el norte de Tenerife por los buques Discovery y Charles Darwin (1991-1993). En este trabajo ("A Giant Landslide North Flank of Tenerife") afirman que, de los datos batimétricos, se deduce la existencia de materiales de avalancha que ocupan una superficie de unos 5.500 kilómetros cuadrados y con un volumen estimado de 1.000 kilómetros cúbicos. Detectan varias avalanchas procedentes del norte de la Isla. Estos trabajos están siendo confirmados por los levantamientos topográficos llevados a cabo por el buque oceanográfico español "Hespérides". Los trabajos publicados a partir de las campañas del "Hespérides" en aguas canarias aportan nuevos datos: en 1996 aparece en



Deslizamientos en el área de Canarias según R. Urgelés, M. Canals, J. Baraza, B. Alonso y D. Masson. 1997.

la revista Geogaceta el artículo "La avalancha de El Golfo y el «debris flow» de Canarias, Oeste de la isla de El Hierro: los últimos grandes deslizamientos submarinos del archipiélago Canario", del que son autores R. Urgelés, M. Canals, J. Baraza y B. Alonso. En sucesivos artículos se dan a conocer la existencias de grandes depósitos submarinos cuyo origen está en las grandes avalanchas que han experimentado las islas a los largo de su evolución geológica. La colaboración entre los investigadores españoles y los ingleses se plasma con dos artículos en



el número de septiembre de 1997, de la revista *Journal of Geophysical Research*: “*The most recent megalanslides of the Canary Islands: El Golfo debris avalanche and Canary debris flow, west El Hierro Island*” y “*Morphometric interpretation of the northwest and southeast slopes of Tenerife, Canary Islands*”.

El conocimiento de la naturaleza de los fondos marinos ha dado validez a la teoría del deslizamiento gravitacional. La aceptación del nuevo paradigma científico todavía no ha tenido reflejo en la producción geográfica ni en los libros de texto. Donde sí se ha modificado, es en el Centro de Visitantes del Parque Nacional del Teide; en sus salas se explica la formación de la caldera de Las Cañadas por un evento de este tipo.

Aunque los deslizamientos han pasado en pocos años de la heterodoxia científica a ser parte de la ortodoxia académica, no ocurre igual con la explicación de la génesis de la caldera de Las Cañadas y, todavía, suscita controversias entre los científicos. El debate ha tenido su reflejo en la prensa científica: en 1998 se publicaba en la revista *Journal of Geophysical Research* el comentario de J. Martí, uno de los principales sostenedores de la teoría del colapso, al trabajo de Watts y Masson de 1995 “A giant landslide on the north of Tenerife, Canary Islands”. En él, rebate el deslizamiento como causa de la formación de la caldera de Las Cañadas, y reitera su teoría (Martí *et al.*, 1994, 1996, 1997a, 1997b) de múltiples colapsos originados en un periodo comprendido entre 1,02 ma y 0,17 ma. El primer colapso daría lugar a la caldera oriental del Valle de Ucanca y coincidiría con el deslizamiento de Güímar. El segundo colapso ocasionó la parte central del Circo de Las Cañadas hace 0,57 ma y, al mismo tiempo, se produjo el deslizamiento de La Orotava. Por último, hace 0,17 ma, tuvo lugar el colapso que originó la cañada de Diego Hernández y lo relaciona con el deslizamiento del valle de Icod-La Guancha. Este comentario mereció la contestación de los aludidos que ratifican sus argumentos a favor del deslizamiento.

El debate sigue vivo, aunque el campo de los defensores del colapso para Las Cañadas aparece cada vez menos poblado, los partidarios del deslizamiento ven aumentar sus filas a medida que se acumulan los datos y las pruebas. Este cambio está perfectamente reflejado en el artículo de 1998 “*Origen y evolución del volcanismo de las Islas Canarias*”, del que son autores J. C. Carracedo, S. J. Day, H. Guillou, E. Rodríguez Badiola, J. A. Canas y F. J. Pérez Torrado. En él se dice: “*En las Islas Canarias se han identificado varios de estos espectaculares deslizamientos, todos ellos en las islas en fase de escudo. Sin embargo, al igual que en el caso de los rifts, deben haber sido un proceso común en las etapas iniciales de la construcción de todas las islas. Muchos de los grandes elementos del paisaje de las Canarias, como los valles de La Orotava y Güímar y la Caldera de Las Cañadas en Tenerife, el Valle de Aridane y la Caldera de Taburiente en La Palma, los valles de El Golfo y El Julan en El Hierro, son consecuencia de estos procesos catastróficos, que sólo son, por otra parte, una fase más de los procesos evolutivos de las islas*”. En la bibliografía que acompaña a este artículo no se cita a ninguno de los autores que mejor, y más tiempo, llevan trabajando sobre los deslizamientos, como T. Bravo, J. Coello o J.M. Navarro, tampoco contiene referencias a los planes hidrológicos ni mencionan la gran aportación al conocimiento de las islas que se derivan de estos estudios.

## CONCLUSIÓN

La evidencia científica de los grandes deslizamientos supone un cambio radical en los análisis geográficos y geomorfológicos. No es sólo un cambio de una teoría por otra, los deslizamientos implican un giro copernicano en los análisis espaciales del Archipiélago, pues se ha convertido en una nueva y fundamental variable explicativa en los estudios de los paisajes insulares. La confirmación y datación de las avalanchas modifica los análisis hechos hasta ahora sobre la evolución del relieve canario. La gran cicatriz que dejan los deslizamientos y la frecuente actividad volcánica que le sigue, cambia bruscamente las redes hidrográficas y la capacidad erosiva de las escorrentías. También debe influir en la distribución y diversificación de las especies, pues muchas comunidades vegetales quedarían aisladas por los deslizamientos y la actividad volcánica posterior. Las consecuencias y la importancia explicativa de la evolución morfoclimática durante el Pleistoceno deben ser revisadas. Y, a la inversa, eventos de carácter catastrófico y de duración corta, asumen un papel capital en la interpretación de las formas del relieve. Así pues, los deslizamientos se han constituido en un elemento clave para la explicación geográfica del paisaje y, como nuevo paradigma científico, pronto se verá reflejado en los libros de texto y en las publicaciones geográficas.

## BIBLIOGRAFÍA

- AFONSO PÉREZ, L. 1953. *Esquema de Geografía Física de Canarias*. Imp. J. Régulo. La Laguna. 83 pp.
- AFONSO PÉREZ, L. 1980. *Geografía Física de Canarias*. Edit. Interinsular. Santa Cruz de Tenerife. 46 pp.
- ALONSO *et al.*, 1968. *Mapa Geológico de Tenerife* 1:100.000. Inst. Geol. Y Min. De España. CSIC. Madrid
- ALVAREZ, A. 1986. El Valle de La Orotava: una génesis muy discutida. *Revista de Historia de Canaria*. Nº 175. Págs 183-87.
- ARAÑA, V. y CARRACEDO, J.C. 1978. *Los Volcanes de las Islas Canarias: Tenerife*. Edit. Rueda. Madrid. 151 pp.
- ANCOCHEA, E. *et al.*, 1990. Volcanic evolution of the island of Tenerife (Canary Islands) in the light of new K-Ar data. *J. Volcanol. Geotherm Res.* 44: 231-249
- ARAÑA, V. y COELLO, J. (eds.), 1989. *Los volcanes y la Caldera del Parque Nacional del Teide. (Tenerife, Islas Canarias)* ICONA. Madrid
- ARAÑA, V. 1971. Litología y estructura del Edificio Cañadas. Tenerife. *Estudios Geológicos* 27: 95-135.
- AROZENA, M.E. 1987. *Estudio Geográfico del Monte del Cedro*. Cabildo Insular de La Gomera. pp. 229.
- AROZENA, M.E. y ROMERO, M.C. 1987. La incidencia de las líneas estructurales en la morfología del Archipiélago Canario. *Revista de Geografía Canaria*, Tomo I nº 0. pp. 23-45
- AROZENA, M.E., *et al.*, 1981. Evolución morfoclimática cuaternaria en las islas de La Gomera y El Hierro. *Anuario Departamento de Geografía. Universidad de La Laguna*. pp 2-7
- BARKER-WEBB, P. y BERTHELOT, S. 1839. *Histoire Naturelle des Iles Canaries. Tomo II*. Bhetune Editeur. París. 417 pp.
- BENÍTEZ PADILLA, S. 1946. Síntesis geológica del Archipiélago Canario. *Estudios Geológicos* 3: 3-17
- BRAVO, T. 1952. Aportación al estudio geomorfológico y geológico de la costa de la fosa tectónica del valle de La Orotava. *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. Geol.* 50: 5-32
- BRAVO, T. 1954. *Geografía General de las Islas Canarias*. Tomo I. Goya Ediciones. Santa Cruz de Tenerife. pp. 410
- BRAVO, T. 1962. El Circo de Las Cañadas y sus dependencias. *Bol. de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 60: 93-108.
- BRAVO, T. 1982. Formaciones geológicas en la isla de El Hierro. 50 Aniversario (1932-82) *Instituto de Estudios Canarios*. pp. 85-99.
- von BUCH, L. 1836. *Description physique des Iles Canaries suivie d' une indication des principaux volcans du Globe*. Traducción de C. Boulanger Revis y Aument. París.
- CARRACEDO, J.C. 1979. *Paleomagnetismo e historia volcánica de Tenerife*. Aula de Cultura de Tenerife. 82 pp.
- CARRACEDO, J.C. 1980. *Atlas Básico de Canarias*. (Geología e hidrología) Edit. Interinsular Canaria. 82 pp.
- CARRACEDO, J.C. 1980. *Canarias*. (Geología y recursos naturales de Canarias) Edit. Anaya. pp. 12-38.
- CARRACEDO, J.C. 1996. A simple model for the genesis of large gravitational landslide hazards in the canary Islands. McGuire, Jones and Neuberg, (eds). *Volcano Instability on the Earth and other planets*. Geological Society Sp. Pub. 110: 125-135
- CARRACEDO, J.C. *et al.* 1997. *Geological map (1/33.000) of the Cumbre Vieja Volcano*. La Palma. Canary Islands. Pub C: S. I. C. Consejería de Política Territorial Gobierno de Canarias.
- CARRACEDO, J.C. *et al.* 1998. *Origen y evolución del volcanismo en Canarias*. Ciencia y Cultura en Canarias. Cabildo de Tenerife. pp 67-90
- COELLO, J. 1971. Contribución a la tectónica de la isla de El Hierro. *Estudios geológicos*. 27: 335-340.
- COELLO, J. 1973. Las series volcánicas en subsuelos de Tenerife. *Estudios geológicos*. 29: 491-512.
- FERNÁNDEZ-PELLO, L. 1989. *Los paisajes Naturales de la Isla de El Hierro*. Cabildo Insular del Hierro. C.C.P.C pp. 264.

- von FRITSCH, K., HARTUNG, G. y REISS, W. 1867. Tenerife: *Geologisch-topographische Untersuchung. Ein Beitrag zur Kenntnis vulkanischer Gebirge*. Wurster & Co. Winterthur.
- von FRITSCH, K. y von REISS, W. 1868. Tenerife: *Geologische Beschreibung der Insel Tenerife*. Wurster & Co. Winterthur. 494 pp.
- FÚSTER, J.M. et al. 1968. *Geology and volcanology of the Canary Islands: Tenerife*. Instituto Lucas Mallada C.S.I.C. 239 pp.
- HAUSEN, H. 1955. Contributions to the geology of Tenerife. *Soc. Sci. Fennica Com. Phys.-Maths.* 22.1-211 pp.
- HAUSEN, H. 1960. Las calderas Canarias. *Anuario Estudios Atánticos* 6. 133-194 pp.
- HAUSEN, H. 1970. Desprendimientos en las Islas Canarias. *Anuario de Estudios Atánticos* 16. Págs 33-62
- von HUMBOLDT, A. 1814. *Viaje a las Islas Canarias*. Traducción de Hernández, M. (1995). Francisco Lemus Editor. 209 pp.
- MARTÍ, J. 1998. Comment on «A giants landslide on the north flank of Tenerife, Canary Islands» by A. B. Watts and D. G. Masson. *J Geophys. Res.*
- MARTÍ, J. et al. 1994. Stratigraphy, structure and geocronology of the Las Cañadas Caldera. (Tenerife, Canary Islands) *Geol. Mag.* 131: 715-727.
- MARTÍ, J. et al. 1998. Vertical and lateral collapses on the Tenerife (Canary Islands) and other volcanic ocean islands. *Geology*.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. 1990. Una excursión por los Roques de García. *Revista de Geografía de Canarias* nº 3. Secretariado de Publicaciones Universidad de La Laguna. 117-140 pp.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. y QUIRANTES, F. 1981. *El Teide. Estudio Geográfico*. Editorial Interinsular Canaria. 189 pp.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. y QUIRANTES, F. 1994. El relieve de Canarias. (Romero, C. Editor.) *Jornadas de Campo sobre Geomorfología Volcánica*. Sociedad Española de Geomorfología. La Laguna. Págs 3-76.
- McFRALANE, D.J. y RIDLEY, W.I. 1968. An interpretation of gravity data for Tenerife. *Earth plan. Sci. Lett.* 4. 481-486 pp.
- MEYER, H. 1986. *Die Insel Tenerife. Wanderungen mi Canarischen Hoch-und Tiefland*. G. Hirzel, Leipzig
- MORALES, A. et al. 1977. *Formas periglaciares en Las Cañadas del Teide*. Aula de Cultura del Cabildo I. de Tenerife. 81 pp.
- NAVARRO, J.M. 1973. Geología de la isla de Tenerife. SPA-15 (Inédito)
- NAVARRO, J.M. 1974. La estructura geológica de Tenerife y su influencia en la hidrología. *Int. Symp. Hidrogeol. Volc. Terr.* Lanzarote.
- NAVARRO, J.M. y COELLO, J. 1993. *Mapa geológico del Parque Nacional de La Caldera de Taburiente*. ICONA
- NAVARRO, J.M. y FARRUJIA, I. 1989. *Plan Hidrológico Insular*. Tenerife. 147 pp.
- NAVARRO, J.M. y COELLO, J. 1989. Depressions originated by landslide processes in Tenerife. Abstracts ESF Meeting on *Canarian Volcanism*. 150-152.
- NAVARRO, J.M. y SOLER, C. 1995. *El Agua en El Hierro*. Cabildo Insular de El Hierro. 93 pp.
- PELLICER, M.J. 1979. Estudio volcanológico de la isla de Hierro. *Estudios geológicos* 33: 181-197.
- PALACIOS, D. 1990a. El origen del Valle de La Orotava. En: Romero, C. (ed.) *Jornadas de Campo Sobre Geomorfología Volcánica*. Sociedad Española de Geomorfología. La Laguna. 149-172 pp.
- PALACIOS, D. 1990b. Hipótesis sobre un proceso geomorfológico de ensache lateral de los valles de la Islas Canarias. *I Reunión Nacional de Geomorfología*. Teruel. 479-172 pp.
- PALOMO, C. et al. 1997. Morphometric interpretation of the northwest and southeast slopes of Tenerife, Canary Islands. *Journal of Geophysical* 102: 20.325-20.342.
- PÉREZ MARTÍN, J. L. 1981. Caracterización geográfica de depósitos de barranco en la Isla de La Palma. *Anuario del departamento de Geografía*. Universidad de La Laguna. 46-50 pp.
- RIDLEY, W. I. 1971. The origin of some collapse structures in Canary Islands. *Geol. Mag.* 108: 477-484.

- ROMERO, M. C., QUIRANTES, F. y MARTÍNEZ DE PISÓN, E. 1986. *Los Volcanes, Guía Física de España 1*. Alianza Editorial. 256 pp.
- URGELÉS, R. et al. 1996. The submarine «El Golfo» debris avalanche and the Canary debris flow, west Hierro island: The last major sides in the Canary archipelago. *Geogaceta* 20: 390-393.
- URGELÉS, R. et al. 1998. Sismostratigraphy of the western flanks of El Hierro and La Palma (Canary Islands): a record of Canary Islands volcanism. *Marine Geology* 146: 225-241.
- SPA-15. 1975. *Estudio Científico de los Recursos de Aguas en las Islas Canarias*. MOPU-UNESCO.
- VILLALBA, E. 1996. Importancia de los deslizamientos en la morfogénesis de los paisajes canarios. *Investigaciones Geográficas* 16: 171-178 pp.
- VARIOS AUTORES. 1984 *Geografía de Canarias*. Editorial Interinsular Canaria.
- VARIOS AUTORES. 1993. *Geografía de Canarias*. Editorial Prensa Canaria.
- WATTS, A. B. y MASSON, D.G. 1995. A giant landslide on the north flank of Tenerife. Canary Islands. *J. Geophys. Res.* 24-98 pp.
- WATTS, A.B. y MASSON, D. G. 1998. Reply to Comment on A giant landslide on the north flank of Tenerife. Canary Islands by A. B. Watts and D.G. Masson. *J. Geophys.* 10 pp.
- YANES, A. 1987. El cuaternario marino en la isla de El Hierro. *Revista de Geografía de Canarias*, 2. 197-208.
- YANES, A. 1990. *Morfología Litoral de las Islas Canarias Occidentales*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de La Laguna. 208 pp.

# MARCO ECOLÓGICO DE LAS ISLAS CANARIAS

José María Fernández-Palacios

Profesor de Ecología  
Universidad de La Laguna





## INTRODUCCIÓN A LOS ECOSISTEMAS INSULARES

Desde un punto de vista biogeográfico —estudio de la distribución espacial y temporal de los organismos y de las causas que las originan—, las islas pueden subdividirse atendiendo a su origen geológico en oceánicas, aquéllas que surgen desnudas del fondo del mar producto de la actividad volcánica de los fondos marinos, generalmente lejos de los continentes y separadas por grandes profundidades, y continentales, aquéllas otras que aun cuando formaron parte de continentes, hoy en día se encuentran separadas de éstos por brazos de mar estrechos generalmente poco profundos (Fig. 1). De hecho, la mayor parte de las islas continentales volverán en el futuro a unirse y a separarse reiteradamente de sus respectivos continentes, en función de que el nivel del mar baje, lo que ocurre durante las glaciaciones, uniéndose éstas a los continentes, o suba en los períodos interglaciares, como ocurre en la actualidad, separándose de nuevo.

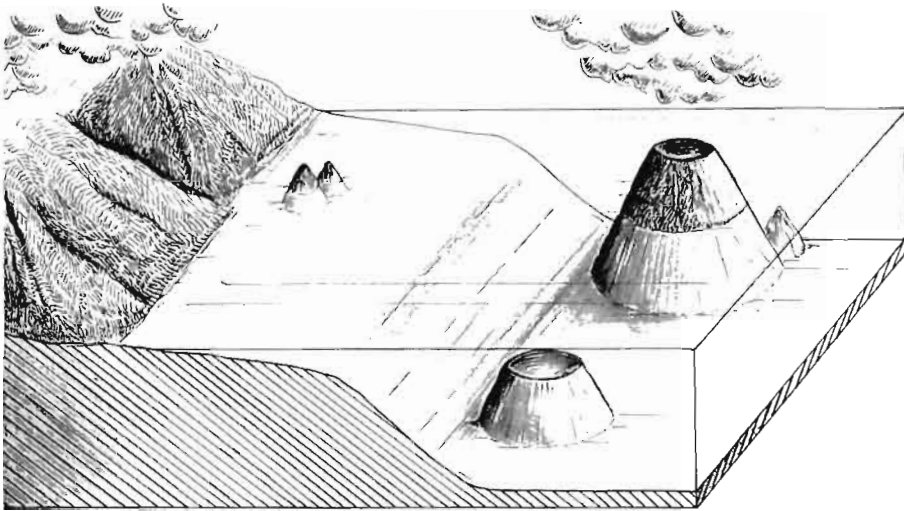


Figura 1: Diferencias entre la formación de una isla continental y una oceánica. Junto a la isla oceánica se puede observar un monte submarino de cima plana o «guyot», resto de una antigua isla sumergida, así como un volcán submarino que aún no ha emergido y que eventualmente podría dar lugar a una nueva isla.

La biota de las islas oceánicas, o conjunto de especies animales, vegetales y microbianas que las habitan, es necesariamente el producto de diferentes colonizaciones, bien de los continentes más cercanos o de otras islas emergidas previamente. Las Islas Canarias son un excelente ejemplo de islas oceánicas, al igual que Islandia, Azores,

Madeira y Cabo Verde en el Atlántico Norte, Ascensión, Santa Helena y Tristán da Cunha en el Atlántico Sur, las Mascareñas en el Índico o Hawai y Galápagos en el Pacífico, por citar las más conocidas. Las islas continentales, por su parte, están pobladas bien por descendientes de las especies que ya existían antes de su separación o por elementos llegados de fuera. Las Islas Británicas y Sicilia son buenos ejemplos de islas continentales en Europa, mientras que, Terranova, Tasmania o Sumatra, lo son del resto del Globo.

Finalmente, los fragmentos continentales constituyen un tercer grupo de islas que pese a su origen continental quedaron irreversiblemente aislados de éstos por la formación de dorsales centrooceánicas. En general, las superficies y las edades geológicas de estos fragmentos continentales suelen ser mayores que las de las islas oceánicas, por lo que los procesos de aislamiento pueden durar cientos de millones de años, lo que se traduce en tasas muy altas de endemismo como ocurre, por ejemplo, en Madagascar, Nueva Zelanda o Nueva Caledonia. Las islas oceánicas, por su parte, contrarrestan su menor edad, pues éstas surgen y desaparecen en lapsos de tiempo muy breves tal vez del orden de 10 a 30 millones de años, con un aislamiento mucho mayor que las continentales.

La capacidad de poblamiento o colonización de una isla o un archipiélago oceánico, va a ser función de determinadas características: i) geográficas, propias de las islas y del entorno en el que éstas se encuentran, ii) biológicas, inherentes a los individuos y especies que las han colonizado y iii) ecológicas, relativas a las comunidades y ecosistemas insulares que han de ser invadidos (Tabla 1).

Tabla 1. Algunos determinantes del poblamiento de una isla.

| GEOGRÁFICOS<br>propios de la isla que va a ser poblada | BIOLÓGICOS<br>propios de la especie que va a poblarla | ECOLÓGICOS<br>propios de la comunidad a invadir |
|--|---|---|
| Superficie   | Poder de dispersión                                   | Existencia de hábitats adecuados                |
| Altitud  | Tipo de reproducción                                  | Existencia de recursos adecuados                |
| Diversidad de hábitats                                 | Tasa neta de reproducción                             | Existencia de polinizadores                     |
| Distancia al continente                                | Estrategia de supervivencia                           | Existencia de competidores                      |
| Edad geológica   | Poder competitivo                                     | Existencia de depredadores                      |
| Latitud  | Plasticidad genética                                  | Invasibilidad de la comunidad                   |
| Vientos y corrientes dominantes                        |   |   |
| Historia climática de la zona                          |   |   |

En primer lugar, los regímenes eólicos y corrientes marinas existentes en la zona van a condicionar el ritmo de llegada de las diásporas y, casi siempre, su lugar de procedencia. En el caso canario, los vientos alisios y la corriente fría de Canarias, ambos con componente Noreste, han motivado que nuestra biota nativa comparta muchas especies con las zonas mediterránea y norteafricana. Además, esta capacidad de poblamiento crece con la superficie, altitud y edad geológica de las islas, al aumentar la probabilidad de llegada de las diásporas, mientras que decrece con la distancia al continente. Ha de tenerse así mismo en cuenta el papel determinante que han podido jugar en el poblamiento bancos submarinos actualmente sumergidos, pero que constituían puntos de paso ("stepping stones") en el proceso colonizador.

No obstante, es preciso tener en cuenta que la edad geológica de las islas no condiciona necesariamente la antigüedad de la biota endémica que las habita, puesto que éstas han podido servir de último refugio a seres antaño más extensamente distribuidos, como es el caso de los árboles de la laurisilva canaria, o ésta se ha originado en islas actualmente desaparecidas, pero colonizó sucesivamente islas de más reciente formación, como es el caso de la biota hawaiana.

Los condicionantes biológicos del poblamiento se centran fundamentalmente en el poder de dispersión de los organismos existentes en el "pool" continental y en el poder de colonización de los que logran arribar a las islas. En primer lugar, únicamente organismos con poder de dispersión a larga distancia, van a ser capaces de atravesar una barrera como la que constituye un brazo de mar. Esta dispersión podrá ser bien: I) activa, volando, nadando o navegando –en el caso del hombre–, II) pasiva, cuando las diásporas son transportadas por el viento, las corrientes marinas o las aves –bien en su tracto digestivo o adheridas a su cuerpo– o, por último, III) asistida, cuando han contado con la ayuda voluntaria o involuntaria del ser humano (Fig. 2).

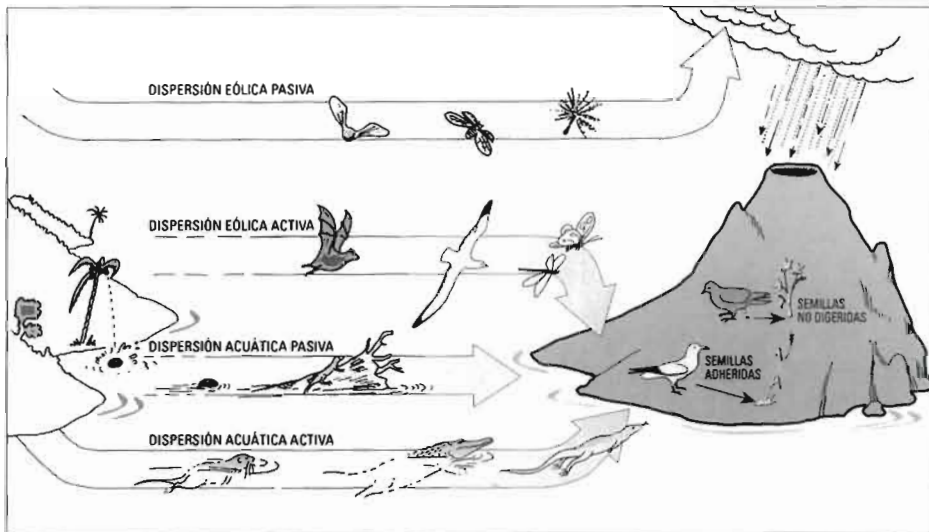


Figura 2: Diferentes vías de llegada de diásporas a una isla oceánica. No está representada la dispersión asistida por el ser humano. (Tomado de la Enciclopedia Salvat de la Fauna)

También juegan un papel de primera magnitud el tipo de reproducción del individuo recién llegado, ya que aquéllos que posean una reproducción sexual habrán de aguardar la llegada del sexo opuesto, la existencia de mecanismos de reproducción asexual que les permita aguardar esa llegada –como la reproducción vegetativa de las plantas o la partenogénesis de algunos grupos de animales–, una tasa de natalidad adecuada que les posibilite superar rápidamente los efectos de la depresión por endogamia, una estrategia de supervivencia suficientemente amplia como para poder subsistir sin grandes requisitos ambientales, o finalmente, un importante poder competidor que le permita hacerse un hueco en la comunidad a invadir.

Este poder de colonización por el cual una especie llegada a una isla va a ser capaz de establecer una población autosuficiente va a depender así mismo de una serie de condicionantes ecológicos del lugar de arribada, como serían la existencia de condiciones ambientales adecuadas para sus requerimientos, por ejemplo la disponibilidad de zonas en la isla en la que los ecosistemas maduros hayan sido destruidos por algún tipo de perturbación como la actividad volcánica. La relajación de la competencia que ocurre en estos lugares aumenta indudablemente la probabilidad de que la especie que llegue pueda establecerse. Además, jugarán también un papel la presencia, en el caso de las plantas, de vectores de polinización adecuados, la disponibilidad de recursos alimenticios, o el grado de saturación o invasibilidad existente en las comunidades, por citar los más importantes. En todo caso, es necesario tener en cuenta que la gran mayoría de las llegadas de diásporas no va a prosperar, constituyendo el establecimiento exitoso más la excepción que la norma.

Como quiera que las reglas que rigen la estructura y función de los ecosistemas son iguales en continentes que en islas, los ecosistemas insulares tenderán a repetir el modelo de

los ecosistemas continentales más próximos. No obstante, las diferentes capacidades de dispersión de los organismos continentales ante una barrera geográfica de primera magnitud como son los brazos de mar, conduce a que sólo una fracción de los mismos, pueda alcanzar las islas. Este aislamiento tiende por lo tanto a un *empobrecimiento* de las islas –de hecho sabemos que existen menos especies por unidad de superficie en una isla que en el continente–. Esta selección en la dispersión implica que la biota llegada a las islas es únicamente una representación sesgada –constituida por aquellos organismos con poder de dispersión de larga distancia– de la biota continental. Va ser pues a partir de estos “ladrillos” con los que se tendrá que construir el “edificio” del ecosistema insular. Ello va a dar lugar a la formación de ecosistemas incompletos, es decir con nichos –conjunto de recursos espaciales, temporales o alimenticios por explotar– vacíos, como ilustra, por ejemplo, la general ausencia de grandes herbívoros y, consecuentemente, carnívoros en las islas, concepto conocido en biogeografía insular como *disarmonía* (Carlquist, 1974).

Esta disarmonía promueve a corto plazo el desarrollo de una serie de procesos ecológicos por parte de los recién llegados, tendentes a ocupar los nichos vacíos existentes, como los cambios de densidad, la ampliación del rango de recursos (bien espaciales, bien alimenticios) que explota, el cambio de hábitat, o incluso el cambio de dieta, procesos en general conocidos como *relajación o liberación ecológica*. Este fenómeno está perfectamente ilustrado en Canarias con la distribución del pinzón vulgar (*Fringilla coelebs*) en La Palma y El Hierro, en donde ante la ausencia del endémico pinzón azul (*Fringilla teydea*) se extiende por el monteverde y el pinar, en contraposición con su distribución en Tenerife y Gran Canaria, islas en las que el pinzón azul explota el pinar, limitando el vulgar su distribución al monteverde.

A largo plazo, sin embargo, la disarmonía promueve procesos evolutivos tendentes a la *especiación* –creación de nuevas especies a partir de los ancestros que pudieron alcanzar y establecerse en las islas– cuando se dan las condiciones adecuadas de presión ambiental, de competencia y de existencia de recursos sin explotar, direccionándolos hacia la ocupación de estos nichos vacíos.

## EVOLUCIÓN Y ESPECIACIÓN EN ISLAS

Aún a costa de resultar reiterativo, parece necesario recordar el papel que desempeñó la visita del Beagle a las islas Galápagos en la mente del joven naturalista Charles Darwin en el desarrollo de su obra magna “El origen de las especies”, posiblemente el libro más importante jamás escrito. Lo mismo cabría decir del influjo de las islas indonesias en su colega y competidor Alfred Russell Wallace. Incluso en las formalizaciones más actuales, la teoría de la Evolución se sigue enriqueciendo de aportes insulares –como por ejemplo los trabajos punteros en las *Drosophilas* hawaianas, o en las *Asteráceas* de Juan Fernández, entre otros muchos–.

Cabría por lo tanto preguntarse ¿cuáles son las características que diferencian a las islas de los continentes para hacerlas verdaderos laboratorios de la evolución? o también ¿qué condicionantes bióticos o abióticos disparan los procesos de formación de nuevas especies exclusivas de estas islas? Indudablemente, llaman la atención las tasas de endemidad que se llegan a obtener en ciertas islas o archipiélagos del Planeta, como por ejemplo la endemidad de la flora de Hawai, superior al 95%, o de Madagascar, Nueva Zelanda o Nueva Caledonia superior al 80%. En Canarias, estos valores alcanzan el 50%, ocurriendo algo similar con la fauna.

La especiación ocurre cuando debido al aislamiento de una parte de los individuos integrantes de una población o de diferentes poblaciones entre sí, por la aparición de barreras geográficas, climáticas o incluso morfológicas, fenológicas o de comportamiento, se produce la imposibilidad de intercambiar material genético con las poblaciones de origen. Los grupos afectados por estos procesos de especiación serán aquellos con baja capacidad de dispersión o lo que es lo mismo, que posean cierta facilidad para quedarse aislados, bien por haber estado presentes en el fragmento continental que se desgajó (es el caso que ha ocurrido con las coníferas de Nueva Caledonia) o por haber sido capaces de alcanzar las islas oceánicas debido a algún evento azaroso (como, por ejemplo, ocurrió con los pinzones de Darwin en las Galápagos).

Por el contrario, en especies con alto poder de dispersión, la existencia de un flujo genético continuo impide su aislamiento y, consecuentemente, los procesos de especiación, lo que se traduce en muy bajas tasas de endemidad para grupos como los hongos, musgos o libélulas por citar algunos.

Atendiendo a un punto de vista geográfico, los procesos de especiación han sido divididos en *alopátricos*, *parapátricos* o *simpátricos*. Los primeros ocurren cuando por diferentes razones se pierde el contacto entre la población original y el o los individuos que se han aislado. Estos procesos de especiación alopátricos son los más frecuentes en la génesis de nuevas especies en islas, y a ellos limitaremos nuestros comentarios. En el segundo caso, la población que diverge se encuentra junto a la original, formándose bien un polimorfismo bioquímico o morfológico –*ecotipos*– o un gradiente de variación geográfico-ecológico que pueden dar lugar con el tiempo a nuevas especies más adaptadas a su entorno. Finalmente, en el tercer caso, el proceso ocurre en el seno de la población, cuando surgen mutaciones –como las causantes de la poliploidía– que imposibilitan súbitamente el intercambio genético entre los individuos mutantes y los de la población original. Recientemente, se ha postulado la importancia que puede tener en islas un caso particular de especiación simpátrica, conocido como *especiación competitiva*.

Este mecanismo de especiación, mucho más lento que la poliploidía, ya que puede requerir el paso de hasta cien generaciones, se basa inicialmente en un proceso de liberación ecológica en el que la especie recién llegada expande su nicho para explotar un nicho vacío. La existencia de dos o más picos de recursos bien definidos puede llevar a que se establezca

una dura competencia intraespecífica en las zonas en las que estos recursos se solapan, dando lugar con el paso del tiempo a una tendencia a evitar la competencia que lleva consigo el desdoblamiento de la población original en dos o más poblaciones, cada una especializada en su pico de recursos, cuyo resultado final es la formación de nuevas especies en simpatria procedentes de la original (Whittaker, 98).

En general, los procesos alopátricos ocurren cuando surgen barreras físicas –como por ejemplo una colada de lava– o biológicas –como la desaparición de los individuos o poblaciones intermedias– que separan en dos a una población original, aunque el fenómeno más frecuente es el aislamiento de una colonia que ocurre cuando uno o varios individuos –llamados fundadores– llegan a aislarse de su población de origen. Ello puede ocurrir tanto a escala continente-isla colonizada, como entre las islas de un archipiélago o incluso entre los barrancos de una misma isla. Este proceso, llamado *evento fundador*, implica que sólo una fracción de la variabilidad genética de la población de origen va a estar presente en el comienzo de la nueva población. Este efecto, denominado *error de muestreo*, va a suponer por un lado la pérdida de alelos y por otro la variación de las frecuencias de los alelos no perdidos en la nueva población.

Un suceso análogo, ocurre cuando por diferentes causas una población tras haber sido diezmada hasta el umbral de su extinción comienza a recuperarse. Se dice entonces que la población ha pasado un *cuello de botella*. Ello podría ser debido a causas naturales, como sería el caso extremo de una colada de lava que arrasara a toda la población excepto a pocos individuos que por encontrarse en una cresta no fueran alcanzados (*islotas o kipukas*), fenómeno en el que la selección natural no se basa en la aptitud de los individuos seleccionados sino exclusivamente en su ubicación física, de claro carácter estocástico. Al igual que en el caso anterior, los supervivientes contarán únicamente con una fracción de la variabilidad genética original.

Tanto en el caso del evento fundador como en el del cuello de botella, la nueva población que surja de los individuos supervivientes, presentará por muchas generaciones una acerbo genético muy limitado, ya que la recuperación por mutaciones de los alelos perdidos es sólo posible a muy largo plazo. Si su baja variabilidad genética no es un obstáculo para remontar el vuelo –por ejemplo, porque la especie en cuestión posee una alta tasa de reproducción– y la población puede estabilizarse en un número de efectivos suficientemente alto como para evitar los efectos corrosivos de la depresión por endogamia, va a ser la *selección natural*, de forma determinística, la que dirija el proceso hacia la formación de una nueva especie más acorde con su nuevo marco ambiental. Por el contrario, si durante varias generaciones la nueva población no es capaz de alcanzar un tamaño mínimo, para que actúe la selección natural, serán los procesos azarosos asociados a la *deriva genética* los que direccionarán la génesis de nuevas especies.

El resultado más común, aunque no el único, de estos procesos de especiación es la *radiación adaptativa*, fenómeno por el cual un ancestro original de carácter generalista que

logra colonizar una o varias islas, da lugar a la formación de nuevas especies, de marcado carácter especialista, que explotan en mejores condiciones sus respectivos medios ambientes. Ejemplos espectaculares de radiación pueden ser los pinzones de Darwin en las Galápagos o los *Drepaníidos* de Hawai.

Podríamos utilizar las plantas superiores para ilustrar la importancia que el fenómeno de la especiación ha adquirido en nuestro archipiélago. Así podemos encontrar géneros como *Aeonium* (con 32 especies diferentes), *Echium* (24 sp.), *Sideritis* (24 sp.), *Sonchus* (23 sp.), *Argyranthemum* (18 sp.), *Limonium* (18 sp.), *Micromeria* (17 sp.), *Senecio* (16 sp.), *Lotus* (16 sp.), *Monanthes* (15 sp.) o *Cheirolophus* (14 sp.). A esta lista habría que añadir la existencia de al menos 12 géneros más con un número superior a 10 especies endémicas (Bramwell & Bramwell, 1990). Por todo ello, las tasas de endemidad existentes en Canarias –cerca del 50% de la flora nativa– son con mucho las más altas de nuestro entorno y a nivel mundial son únicamente igualadas por Galápagos y superadas por Hawai, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda y Madagascar.

Una situación similar acontece con aquellos grupos taxonómicos de baja capacidad de dispersión que hayan podido alcanzar las islas por eventos azarosos, como serían los reptiles, grupo en el que todas las especies nativas canarias son endémicas, o determinados invertebrados, como los gorgojos del género *Laparocerus* que presentan una espectacular radiación con 68 especies diferentes, u otros géneros de escarabajos como *Attalus* (51 sp.), *Cardiophorus* (31 sp.), *Calathus* (24 sp.), las arañas del género *Dysdera* (43 sp.) o los caracoles del género *Hemicycla* (35 sp.), por citar algunos ejemplos (Oromí, com. pers.). Un caso especial en Canarias lo constituyen los mamíferos, pues su moderada tasa de endemidad (33%) se debe a que el grueso de la fauna nativa está constituida por murciélagos, de alto poder de dispersión (Tabla 2).

Tabla 2. Status corológico de la biota superior de Canarias.

Fuente: Aguilera et al., 1994

| GRUPO TAXONÓMICO     | TOTAL sp. | NATIVAS | ENDÉMICAS | % END. | INTRODUCIDAS |
|----------------------|-----------|---------|-----------|--------|--------------|
| Plantas vasculares   | 1950      | 1.270   | 600       | 48     | 680          |
| Aves                 | 68        | 65      | 4         | 6      | 3            |
| Mamíferos terrestres | 22        | 9       | 3         | 33     | 13           |
| Mamíferos marinos    | 20        | 20      | 0         | 0      | 0            |
| Reptiles terretres   | 13        | 11      | 11        | 100    | 2            |
| Reptiles marinos     | 5         | 5       | 0         | 0      | 0            |
| Anfibios             | 2         | 0       | 0         | 0      | 2            |
| Peces de agua dulce  | 5         | 0       | 0         | 0      | 5            |
| Peces de mar         | 553       | 553     | 5         | 1      | 0            |



No obstante, hay que hacer notar que junto a estos taxones que han radiado existen otros, asimismo endémicos, que por diferentes causas no han desencadenado procesos de especiación. Muchas han sido las razones propuestas para explicar este fenómeno de estabilidad evolutiva, entre las que destacarían la rigidez genética de estos taxones frente a la plasticidad de los que radian, su carácter marcadamente generalista, su alto poder de dispersión con la consiguiente dificultad de que algunos individuos queden aislados, o sencillamente el que no haya pasado aún el tiempo necesario para que los procesos de especiación cuajen con la formación de nuevas especies.

Un repaso a las tendencias evolutivas que muestran las especies insulares de nueva creación, haría referencia fundamentalmente a la pérdida del poder de dispersión, que una vez en las islas supone un gasto energético innecesario, y que se traduce en términos de pérdida de alas en muchas aves e insectos (como los extintos dodos que habitaron las Mascareñas) o en la reducción o desaparición de estructuras dispersoras de las semillas en muchas plantas (como ocurre en las plantas del género *Bidens* en Hawai). Además, llama también la atención el gigantismo del que hacen gala ciertas especies animales (como los lagartos, tortugas y ratas gigantes de las Islas Canarias, ya extintos) o la tendencia a la lignificación observada en algunas especies vegetales en islas (como los taginastes canarios o los girasoles arbóreos de Santa Helena). Menos perceptibles pueden ser ciertas tendencias encaminadas hacia el melanismo, enanismo y disminución de la puesta en aves.

Por otro lado, aquellos grupos taxonómicos de alto poder de dispersión –y, consecuentemente, baja probabilidad de aislamiento– presentarán tasas de endemidad bajas o muy bajas. Entre los vegetales estarían las algas (con un 7% de endemismo en Canarias), los musgos (1%) o los líquenes (15%). Por su parte, la endemidad los hongos apenas llega a un 7%, al igual que la avifauna, mientras que en algunos grupos de insectos voladores, como las libélulas, la endemidad incluso es inexistente.

La limitación del territorio insular y la elevada altitud que alcanzan las islas volcánicas, se traduce en ecosistemas estructurados en altitud sobre áreas muy limitadas. Debido a ello, muchas especies endémicas –de marcado carácter especialista, pues están perfectamente adaptadas al medio ambiente en el que crecen– están constituidas sólo por una o varias poblaciones de pequeño tamaño, a veces con un número de individuos incluso inferior a la decena, y consiguientemente poseen un “pool” genético muy limitado para adaptarse a cambios naturales o inducidos en su medio ambiente. Por ello, son altamente vulnerables, al no estar en condiciones de competir con elementos exóticos agresivos una vez que su medio ambiente haya sido alterado en mayor o menor proporción.

Podemos afirmar, por lo tanto, que los ecosistemas insulares son: I) *singulares* en la medida que están compuestos por muchos elementos exclusivos o por combinaciones exclusivas; II) *diferenciados de los continentales* en la medida que presentan nichos sin ocupar respecto a éstos con el peligro de que sean explotados por elementos introducidos; III) *territorialmente limitados y fragmentados* debido a las reducidas dimensiones de las islas y IV) por todo ello, *frágiles y vulnerables* ante actuaciones humanas irracionales.

## EL ORIGEN VOLCÁNICO DE LAS ISLAS CANARIAS

El archipiélago canario comparte con otros archipiélagos del Atlántico Oriental una serie de características geográficas que han dado lugar a la existencia de un número importante de elementos florísticos y faunísticos similares. Ello dio pie a la utilización del término "Macaronesia" acuñado por Webb en 1835 con un sentido biogeográfico más amplio, aun cuando probablemente en el ánimo de este autor tal término se restringía a las Islas Canarias. Hoy en día se incluyen en él los archipiélagos portugueses de Azores y Madeira con Salvajes, Canarias y el archipiélago de Cabo Verde. Algunos autores llegan a incorporar a esta región una estrecha franja del continente africano próxima a las Islas Canarias. No obstante, en la actualidad la pertenencia de los enclaves continentales, al igual que la del archipiélago de Cabo Verde a esta región está siendo muy discutida, lo mismo que ocurre, aunque en menor medida, con Azores.

Aun cuando hasta hace relativamente poco tiempo se asumía el carácter continental de las islas orientales (Lanzarote y Fuerteventura), lo cierto es que hoy en día el conjunto del Archipiélago Canario se considera de origen volcánico. Sin embargo, esta unanimidad existente en cuanto a su origen no se traslada a la hora de explicar cómo se originaron las islas, subsistiendo hoy en día al menos dos grandes teorías diferentes al respecto, punto caliente y fractura propagante, esta última incluyendo de alguna manera a la de los empujes ascensionales y bloques levantados, cada una de ellas con sus evidencias y hechos inexplicados. Sean cuales fueran las causas últimas de dicho origen, lo cierto es que hoy creemos que fue hace aproximadamente unos 20 millones de años cuando emergieron del Atlántico las primeras islas (posiblemente parte de lo que hoy conocemos por Lanzarote o Fuerteventura). Un segundo grupo de islas, el grupo central formado por Gran Canaria, Tenerife y La Gomera, comenzó a emerger hace unos 8-14 millones de años, y por último, dentro del grupo occidental, La Palma no surge del fondo marino hasta hace unos 1,5 millones de años, mientras que la más reciente, El Hierro no lo hará hasta hace solamente 0,7 millones de años.

Una vez emergidas, las islas volcánicas se encuentran sujetas a dos grandes procesos, los constructivos y los destructivos. Los primeros se deben al afloramiento de nuevo material magmático en la superficie de las islas, que tenderán a rejuvenecer el terreno, suavizando el relieve y aumentando la superficie y la altitud de éstas. Los segundos, debidos a la erosión hídrica, eólica y marina, tienden a dismantelarlas, produciendo orografías muy abruptas (valles, barrancos, acantilados, etc.).

A diferencia de lo que ocurre con una parte importante de las islas volcánicas del mundo, en donde los procesos constructivos y destructivos se dan consecutivamente, en las Islas Canarias ambos procesos se simultanean, existiendo en todas las islas, excepto en La Gomera que carece de volcanismo en los últimos millones de años, zonas más jóvenes junto a otras más viejas. En el primer caso, podríamos ejemplificarlo en el Archipiélago de Hawái, en donde tras una fase de construcción ocurrida cuando la Placa Pacífica se situó sobre un punto caliente existente en mitad del Océano Pacífico, las islas comienzan a ser erosionadas

hasta que acaban desapareciendo bajo la superficie del mar quedando como montes submarinos. Estos montes, denominados "guyots", poseen, a diferencia de los volcanes submarinos de cima picuda, que constituyen nuevas islas en procesos de formación, una cima plana producto de dicha erosión que deja de ser funcional cuando se alcanza el nivel del mar. Algunos autores han estimado en unos 10 millones de años la duración del proceso de desmantelamiento de una isla media hawaiana.

Además de posibilitar su propio origen, el papel de la actividad volcánica continuada sobre una isla presenta también una gran importancia ecológica, pues se están destruyendo continuamente ecosistemas de una forma natural al ser arrasados por las nuevas erupciones, a la vez que creándose territorios por colonizar por nuevas especies en los que comenzará a desarrollarse un proceso de duración muy variable, en función de la capacidad de carga del ecosistema arrasado, denominado sucesión ecológica, mediante el cual el ecosistema arrasado tiende a recuperar su estado anterior de armonía con el medio en el que se desarrolla.

### DIVERSIDAD GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL DE LAS ISLAS CANARIAS

A pesar de su origen volcánico común, las Islas Canarias, presentan un gran contraste de condiciones geográficas que les permiten diferenciarse de forma importante entre sí (Tabla 3). Así tendríamos en primer lugar sus edades, que oscilarían entre los cerca de 20 millones de años que se le atribuyen a Fuerteventura, a los 0,7 ma de El Hierro y a los pocos

miles de años de los islotes. Asimismo, la preponderancia que en las diferentes islas, o en diferentes partes de una misma isla, hayan podido tener los procesos geológicos constructivos (vulcanismo) frente a los destructivos (erosión) durante las últimas centenas de miles de años, introducen otro carácter diferencial, que es traducible en la existencia de islas envejecidas de abrupta topografía (Gran Canaria y La Gomera) frente a islas rejuvenecidas con relieves menos acusados (Lanzarote).

Además, existen importantes diferencias en área (Tenerife es 7 veces mayor que El Hierro y unas 1.700 veces mayor que Montaña Clara) y en altitud (las isletas apenas alcanzan los 300 m, Lanzarote apenas los 600 m,

Tabla 3. Algunas características geográficas de las Islas Canarias.

Fuente: Aguilera et al., 1994, parcialmente modificado.

| ISLA          | ÁREA (km <sup>2</sup> ) | ALTITUD (metros) | PERÍMETRO COSTERO (km) | DISTANCIA al continente (km) | EDAD millones de años |
|---------------|-------------------------|------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Tenerife      | 2.034                   | 3.718            | 269                    | 284                          | 11,9                  |
| Fuerteventura | 1.655                   | 807              | 255                    | 95                           | 20,5                  |
| Gran Canaria  | 1.560                   | 1.948            | 197                    | 196                          | 14,5                  |
| Lanzarote     | 807                     | 670              | 203                    | 125                          | 15,5                  |
| La Palma      | 708                     | 2.426            | 126                    | 416                          | 1,5                   |
| La Gomera     | 370                     | 1.487            | 87                     | 333                          | 12                    |
| El Hierro     | 269                     | 1.501            | 95                     | 383                          | 0,8                   |
| La Graciosa   | 27,5                    | 266              | 28,1                   | 151                          | 0,043                 |
| Alegranza     | 10,2                    | 289              | 14,0                   | 168                          | 0,03                  |
| Lobos         | 4,4                     | 122              | 9,5                    | 123                          | <0,05                 |
| Mña. Clara    | 1,3                     | 256              | 6,4                    | 159                          | 0,035                 |
| Canarias      | 7.447                   | 3.718            | 1.291                  | 95                           | 20,5                  |

mientras Tenerife es con 3.718 m, tras Hawai, la isla volcánica más alta del mundo). Incluso, la distancia al continente (cuatro veces mayor para La Palma que para Fuerteventura, que sólo dista 95 km de Punta Stafford en Sahara Occidental) o la profundidad del océano entre las islas (40 m entre Lanzarote y Fuerteventura, que hace sólo 18.000 años estaban unidas junto a los islotes para formar la gran isla oriental, para la que recientemente ha sido propuesta la denominación de Mahan, por cerca de 3.000 m entre Tenerife y Gran Canaria, o 3.500 entre La Gomera y El Hierro) son asimismo elementos diferenciales a tener en cuenta.

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

Así, en las Islas es posible encontrar rangos de variación térmica muy amplios, como ocurre, por ejemplo en Tenerife en donde la temperatura media anual puede oscilar en menos de 40 km de distancia desde los 22°C de la Punta de la Rasca, en su extremo meridional a los 1 ó 2°C del Pico del Teide, una diferencia, cuyo parangón continental supondría atravesar el continente europeo desde el Cabo Norte en Noruega hasta la isla de Creta en el Mediterráneo. Si atendemos a valores absolutos, de nuevo encontramos una alta variabilidad desde los más de 40°C de máxima absoluta que pueden alcanzarse en las Islas cuando ocurren invasiones de tiempo sahariano, hasta los -21°C de temperatura mínima absoluta registrada en Cañada de la Grieta, Tenerife. Desafortunadamente, sólo poseemos desde hace algunos años una nueva estación meteorológica en La Rambleta (3.500 m de altitud), tiempo en el que ya se ha registrado un valor de -18°C.

Las precipitaciones que se recogen en el Archipiélago tampoco son ajenas a esta variabilidad, y sus montantes anuales pueden oscilar entre los 30 mm registrados en Tefía (Fuerteventura) y los cerca de 1.500 mm que se registran para las medianías a barlovento de La Palma. Incluso en una única isla, como Tenerife, pueden observarse diferencias que oscilan desde los 78 mm de la Punta de la Rasca hasta los 1.200 mm de Aguamansa. Todo ello sin tener en cuenta el fenómeno de la precipitación horizontal, que afecta fundamentalmente a las medianías de barlovento de las islas centrales y occidentales, y aunque cuyo aporte total es aún objeto de controversias, algunos autores afirman que puede llegar a duplicar o incluso triplicar la cantidad de precipitación vertical recogida en dichos lugares.

La humedad relativa y la insolación solar tampoco son ajenas a esta importante variabilidad. La primera puede oscilar en una ascensión de la costa a la cumbre por la vertiente a barlovento desde los 70-75% en la costa, a la saturación (100%) en las medianías bajo el

influjo del mar de nubes, hasta alcanzar los 35-40% de las zonas de cumbre. La insolación, por su parte, presenta valores medios anuales cercanos a 8 horas de sol/día para la costa de sotavento y de 6 h. sol/día para la de barlovento, bajando hasta 4 h. sol/día para las zonas de medianías en el mar de nubes, para finalmente alcanzar 10 h. sol/día sobre 12 posibles en la cumbre de las islas más altas. Este último valor es realmente alto y justifica, junto a la transparencia de nuestra atmósfera, la instalación del observatorio europeo del hemisferio Norte en nuestras Islas.

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

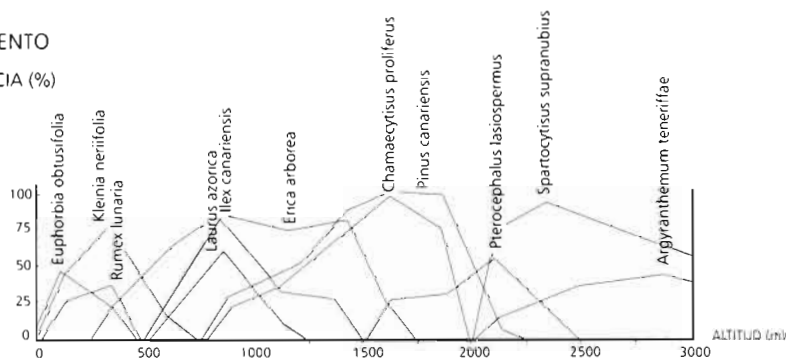
### LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

La respuesta de las especies en Canarias a la alta variabilidad de condiciones mesoclimáticas, estriba fundamentalmente en un patrón de distribución altitudinal, función de sus requerimientos ambientales, de tal manera que aquéllas con requerimientos muy específicos (especies especialistas) verán restringida su distribución a rangos altitudinales concretos, mientras que aquéllas con requerimientos menos específicos (especies generalistas) podrán encontrarse en un rango altitudinal muy amplio (Fig. 3). El resultado de esta organización

consiste en el desarrollo de *ecosistemas zonales*, es decir, ecosistemas estructurados altitudinalmente con una distribución costa-cumbre. El número de ecosistemas zonales que puede albergar una isla vendrá determinado por la altitud que alcance. De esta manera, Tenerife, como isla más alta presentará todo el abanico de ecosistemas zonales conocidos para el Archipiélago, es decir seis, de costa a cumbre: i) matorral costero, ii) bosques termófilos, iii) monteverde, iv) pinar, v) matorral de cumbre y vi) ecosistema del Pico. El resto de las islas contarán con un número menor de ecosistemas zonales en función de su altitud. Así, La Palma contará con cinco, todos excepto el ecosistema del Pico; Gran Canaria y El Hierro cuatro, es decir ni el ecosistema del Pico ni el matorral de cumbre; La

#### a) BARLOVENTO

FRECUENCIA (%)



#### b) SOTAVENTO

FRECUENCIA (%)

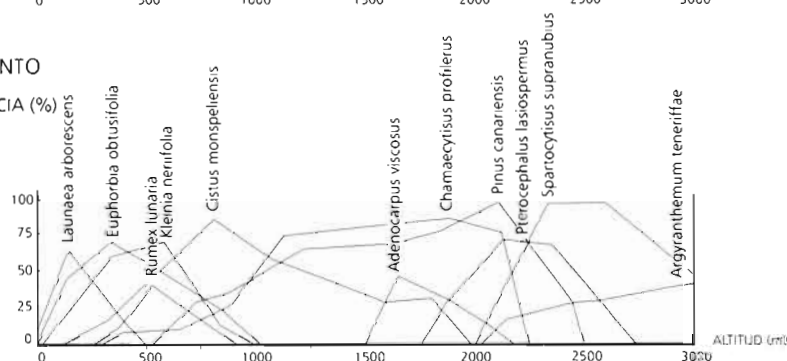


Figura 3: Distribución altitudinal por vertientes de las especies vegetales más frecuentes en Tenerife (tomado de Fernández Palacios y de Nicolás, 1995)

Gomera tres, matorral costero, bosques termófilos y monteverde y finalmente, Fuerteventura, Lanzarote y las isletas únicamente el matorral costero.

Además de estos ecosistemas zonales, cuya distribución está controlada por el clima, existen en Canarias al menos otros dos tipos de ecosistemas: los *ecosistemas azonales* cuya distribución está en última instancia controlada por factores edáficos, pudiendo por ello aparecer a diferentes altitudes y finalmente, *los ecosistemas antrópicos*, cuando los procesos que ocurren en su seno están controlados por la actividad humana (Fernández-Palacios y de los Santos, 1996).

Los ecosistemas zonales pueden ser subdivididos atendiendo al desarrollo que adquieren las especies vegetales dominantes (*fisionomía de la comunidad*), en arbustivos (matorrales) y arbóreos (bosques). Los ecosistemas arbóreos ocupan las zonas de medianías de las islas altas, caracterizadas por presentar temperaturas y disponibilidad hídrica adecuadas a lo largo del año para maximizar la biomasa y la producción. Las medianías de barlovento, bajo la influencia del mar de nubes, están ocupadas por el monteverde, bien como comunidades de laurisilva, en las zonas más protegidas o como fayal-brezal en las más abiertas. Por encima del monteverde se extiende el pinar y por debajo, los bosques termófilos. De las medianías hacia la costa y hacia la cumbre se desarrollan sendos gradientes de estrés –hídrico y térmico, respectivamente– que disminuyen progresivamente la capacidad de carga del sistema. Ello imposibilita que la vegetación de estas zonas adquiera un porte arbóreo, resultando en un matorral de costa (tabaibal-cardonal) y un matorral de cumbre (retamar-codesar), respectivamente (Fig. 4 y Tabla 4).

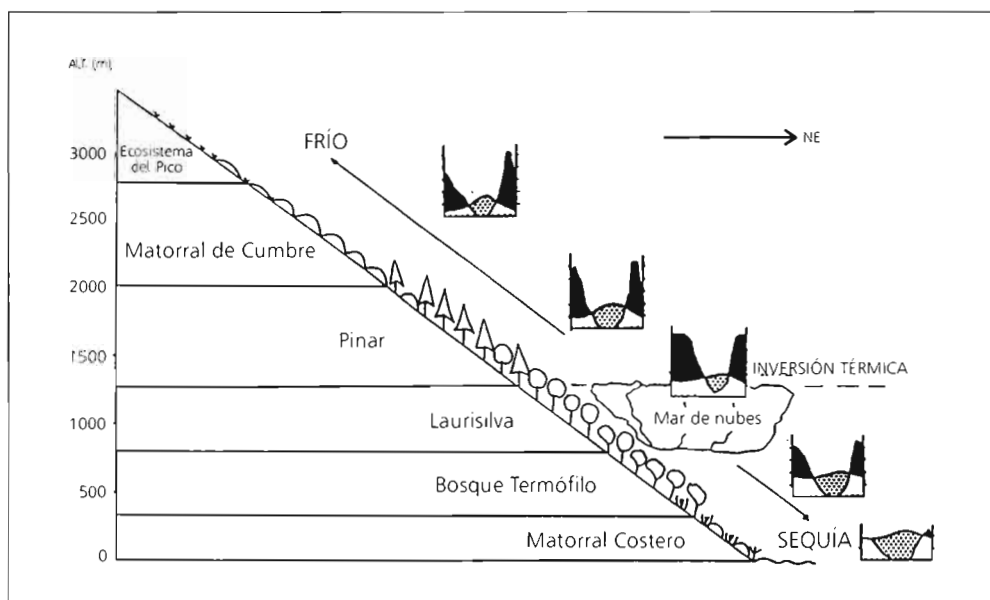


Figura 4: Distribución altitudinal de los pisos de vegetación en la ladera a barlovento de Tenerife. Se puede observar, mediante los climodiagramas, el desarrollo de un gradiente de estrés hídrico desde las medianías hacia la costa y otro de estrés térmico desde las medianías hacia la cumbre que afectarán a los diferentes ecosistemas (tomado de Fernández-Palacios, 1992)

Tabla 4. Algunas características de los principales ecosistemas zonales canarios.  
Fuente: Aguilera *et al.*, 1994, parcialmente modificado.

| CARACTERÍSTICAS               | MATORRAL COSTERO           | MONTEVERDE                     | PINAR                            | MATORRAL DE CUMBRE                  |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| GEOGRÁFICAS                   |                            |                                |                                  |                                     |
| Distribución insular          | en todas                   | en islas altas                 | en C, T, P y H                   | en T y P                            |
| Altitud (m)                   | 0-400 bv                   | 600-1.200                      | 1.200-2.100 bv                   | >2.000 ambas vertientes             |
| Exposición (bv/sv)            | 0-700 sv                   | sólo a bv                      | 700-2.300 sv                     |                                     |
| CLIMÁTICAS                    |                            |                                |                                  |                                     |
| Temperatura media anual (°C)  | 18-21                      | 13-16                          | 10-15                            | 5-10                                |
| Precipitación (mm)            | <250                       | ≈ 1.000                        | muy variable                     | ≈ 400                               |
| Incidencia del mar de nubes   | nunca                      | siempre                        | en invierno                      | ocasional                           |
| Insolación (h. sol/día)       | 8-9                        | 4-5                            | 6-8                              | >10                                 |
| Humedad relativa %            | 70-80                      | cerca de 100                   | muy variable                     | 30-40                               |
| Evapotranspiración (mm)       | 800-1.400                  | 500-850                        | 800-1.000                        | 1.000-1.400                         |
| Déficit agua en el suelo      | siempre                    | nunca                          | de septiembre a octubre          | de junio a octubre                  |
| Estrés térmico                | no existe                  | no existe                      | moderado                         | intenso                             |
| Estrés hídrico                | intenso                    | no existe                      | moderado                         | moderado                            |
| ECOLÓGICAS                    |                            |                                |                                  |                                     |
| Fisionomía de la vegetación   | matorral suculento deciduo | bosque planifolio siempreverde | bosque aciculifolio siempreverde | matorral almohadillado siempreverde |
| Especies dominantes           | tabaiba, cardón            | brezo, loro, faya              | pino, jaras                      | retama, codeso                      |
| Riqueza específica            | alta                       | alta                           | baja                             | baja                                |
| Biomasa (kg/m <sup>2</sup> )  | 0,8                        | 28                             | 30-40                            | 1,3                                 |
| Mantillo (kg/m <sup>2</sup> ) | 0,40                       | 1,00                           | 1,03                             | 0,75                                |
| PPN (kg/m <sup>2</sup> año)   | 0,12                       | 0,86                           | 0,83                             | 0,25                                |
| Eficiencia PPN/Luz            | 0,03                       | 0,32                           | 0,25                             | 0,05                                |
| DE CONSERVACIÓN               |                            |                                |                                  |                                     |
| Impactos más importantes      | Destrucción de hábitat     | Destrucción de hábitat         | Incendios y plantaciones         | Fauna exótica                       |
| Estado de conservación        | malo                       | muy malo                       | aceptable                        | bueno                               |
| Parque Nacional en Canarias   | sin representación         | P. N. Garajonay (La Gomera)    | P. N. Taburiente (La Palma)      | P. N. Teide (Tenerife)              |



El matorral costero representa el aspecto africano de las Islas Canarias. Está presente en todas las islas e isletas, se extiende desde el nivel del mar hasta unos 300-400 m a barlovento y hasta unos 800 m a sotavento. En las islas más bajas (Lanzarote, Fuerteventura e islotas) diferentes variantes de éste ocupan casi todo su territorio. Su limitación en biomasa, como refleja su porte de matorral, se debe al estrés hídrico que ha de soportar (precipitaciones inferiores a 250 mm/año). Sus especies componentes han desarrollado un síndrome adaptativo basado en la capacidad de retener el máximo de agua posible en sus tejidos

(suculencia), para evitar su rápida evaporación tras las escasas precipitaciones. Ello le confiere un aspecto característico de vegetación de desiertos, dominada por tabaibas, cardones, aulagas y balos.

Su riqueza en especies es relativamente elevada, pero no así su biomasa aérea (no acorde con su porte debido a que el contenido hídrico de las plantas supera el 95% de su peso fresco) situada sobre  $0,8 \text{ kg/m}^2$ , ni su producción primaria neta (PPN) que apenas alcanza  $0,12 \text{ kg/m}^2$  año (Fig. 5).

Las mejores manifestaciones de este tipo de matorral en el archipiélago las podemos encontrar en el Malpaís de La Corona, estando sólo puntualmente representado en los islotes del Parque Nacional de Timanfaya, en Lanzarote; en los acantilados de la costa occidental de Gran Canaria, en los Malpaíses de Güimar y de Teno en Tenerife, siendo en general el estado de conservación superior en las islas occidentales.

Los bosques termófilos, aunque potencialmente presentes en todas las islas –de hecho, constituyeron los únicos bosques de las islas orientales– hoy en día se encuentran prácticamente restringidos a La Gomera y a El Hierro. Se extienden por encima del matorral costero en ambas vertientes, ya que requieren una mayor disponibilidad hídrica que los matorrales costeros, aun cuando, como su nombre indica, no toleran bajas temperaturas. No suponen una comunidad homogénea, sino que son denominados según el o los elementos florísticos que dominen localmente, dando lugar a los sabinares, palmerales, almacigares, acebuchales, etc. Es la formación que presenta mayor afinidad en Canarias al mundo mediterráneo.

El monteverde, nombre vernáculo que designa tanto a la laurisilva como al fayalbrezal, es la representación del mundo tropical en las Islas Canarias. Se extiende casi exclusivamente a barlovento, bajo el influjo del mar de nubes debido a los vientos alisios, entre los

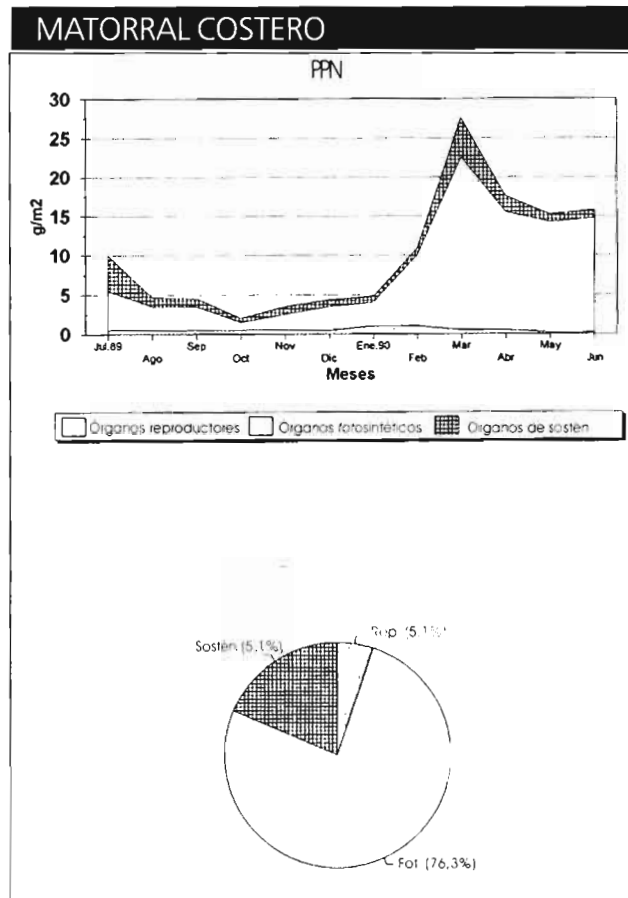


Figura 5. Evolución anual de la Producción Primaria Neta (PPN) en el matorral costero (tomado de Fernández-Palacios y de los Santos, 1996)

600 y 1.200 m de las islas centrales y occidentales. Se ubica pues en las zonas con condiciones climáticas más adecuadas para el desarrollo de la vegetación (inexistencia de estrés térmico e hídrico con temperaturas medias anuales rondando los 15°C y precipitaciones verticales cercanas a 1.000 mm/año). Además, cuentan con un aporte hídrico adicional, la precipitación horizontal, que comparte con el pinar y cuya dimensión total aún desconocemos. La laurisilva, relicto de la flora que en el Terciario pobló los márgenes del mar de Tetis (precursor del Mediterráneo), es la comunidad más rica en especies de Canarias. Está dominada por árboles como el laurel, el acebiño, el viñatigo, el barbusano o el palo blanco entre otros, alcanzando su cúpula en los fondos de barrancos, zonas favorecidas por la acumulación de aguas y nutrientes, unos 20 m. Su biomasa aérea supone unos 28 kg/m<sup>2</sup> y su PPN es del orden de 1 kg/m<sup>2</sup> año (Fig. 6).

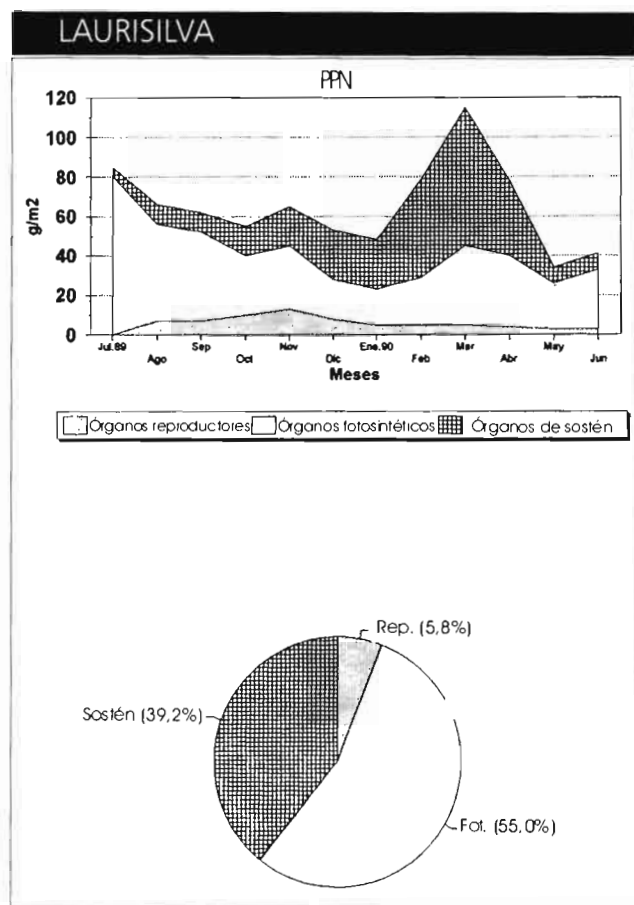


Figura 6: Evolución anual de la PPN en la laurisilva, (tomado de Fernández-Palacios y de los Santos, 1996).

del Mediterráneo), es la comunidad más rica en especies de Canarias. Está dominada por árboles como el laurel, el acebiño, el viñatigo, el barbusano o el palo blanco entre otros, alcanzando su cúpula en los fondos de barrancos, zonas favorecidas por la acumulación de aguas y nutrientes, unos 20 m. Su biomasa aérea supone unos 28 kg/m<sup>2</sup> y su PPN es del orden de 1 kg/m<sup>2</sup> año (Fig. 6).

Aunque antaño muy extendida, en la actualidad sólo subsiste en Anaga y Teno en Tenerife, así como en las islas occidentales, en donde se encuentran tal vez las mejores reservas de este tipo tan particular de bosque del Globo, concretamente en La Gomera en el Parque Nacional de Garajonay y en La Palma en la Reserva de la Biosfera de Los Tiles.

El fayal-brezal, por su parte, bien como formación de sustitución de la laurisilva o como comunidad madura en las zonas más escarpadas y expuestas al viento, es un bosque bajo dominado por fayas y brezos, que no suele rebasar los 5-10 m de altura. Es bastante más pobre que la laurisilva y tanto su biomasa como su PPN son inferiores.

Por su parte, el pinar es una formación boscosa oligoespecífica, cuya cúpula puede llegar a alcanzar los 30-40 m, estando siempre dominada por el pino canario. Se extiende por encima del matorral costero (o si estuvieran presentes, por encima de los bosques termófilos) en las vertientes de sotavento

hasta los 2.300 m, y por encima del monteverde a barlovento hasta aproximadamente los 2.100 m de altitud.

El pinar se desarrolla en zonas con condiciones climáticas muy diferentes, soportando bien tanto altas y bajas temperaturas (heladas incluidas), así como precipitaciones escasas y abundantes. Estas diferencias llegan a tal extremo, que podríamos considerar que el pinar húmedo, que se extiende a barlovento y el pinar seco, que se extiende a sotavento, son en realidad dos ecosistemas diferenciados en términos de biomasa, producción, riqueza, composición específica o dinámica, pero que al dominar en ambos ecosistemas el pino, una especie de marcado carácter generalista que le posibilita desarrollarse en condiciones ambientales muy cambiantes, éste ha cedido su nombre a ambos ecosistemas.

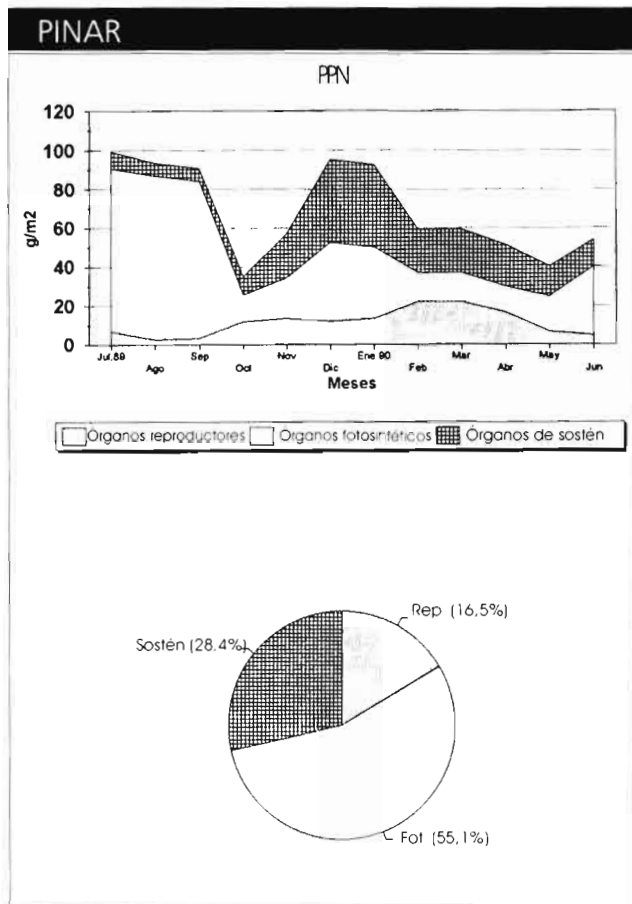


Figura 7: Evolución anual de la PPN en el pinar (tomado de Fernández-Palacios y de los Santos 1996)

Su riqueza es variable dependiendo de su estado de conservación, siendo común encontrar zonas pobladas exclusivamente por el pino. Sus acompañantes más frecuentes suelen ser la jara, el amagante, el codeso, el escobón y el tomillo. En las zonas más próximas a las cumbres, los elementos dominantes en el matorral de alta montaña ya participan claramente en el pinar. La biomasa y la producción primaria neta son muy variables dependiendo de la altitud y de que esté situado a barlovento o a sotavento pudiendo obtener valores entre 30 y 40 kg/m<sup>2</sup>, mientras que su PPN, podría cuantificarse como próxima a 1 kg/m<sup>2</sup> año (Fig. 7). Ambos parámetros decrecerían marcadamente a sotavento y con la altitud.

Actualmente pueden encontrarse excelentes pinares en Gran Canaria, con las manifestaciones de Tamadaba, Inagua o Pilancones; en Tenerife en Mamio, altos de Icod, altos de Arico o Vilafior; en La Palma, dentro y fuera de los bordes del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, así como en Cumbre Vieja y por último, en El Hierro en la zona de El Pinar.

Comentario aparte, por la extensión que llegan a ocupar en algunas islas, merecen los matorrales de medianías, como brezales, escobonales y especialmente, los jarales. Pese

a no tratarse de ecosistemas maduros, pues la capacidad de carga de las medianías admite un mayor techo de biomasa, sí reflejan el importe uso de que éstas ha hecho el hombre sobre todo a raíz de la Conquista.

Por su parte, el matorral de cumbre, representado exclusivamente en La Palma, donde domina el codeso del Pico, posiblemente por los reiterados incendios a que se ha visto sometido este matorral, y en Tenerife, donde domina la retama del Teide, se extiende aproximadamente a partir de los 2.000 m de altura en ambas vertientes. Su porte almohadillado, minimizando su contacto con el exterior, es la respuesta evolutiva de esta comunidad al estrés térmico imperante (léase gran amplitud térmica diaria y heladas nocturnas). Su riqueza es claramente inferior a la del matorral costero, pero su biomasa aérea (1,3 kg/m<sup>2</sup>) y su PPN (0,25 kg/m<sup>2</sup> año) (Fig. 8), son superiores. Su mejor manifestación, Las Cañadas del Teide en Tenerife, constituye un Parque Nacional.

Finalmente, sólo en Tenerife, por encima de este matorral se extiende una vegetación muy poco aparente, caracterizada por algunas gramíneas, la magarza y la violeta, así como por comunidades líquénicas.

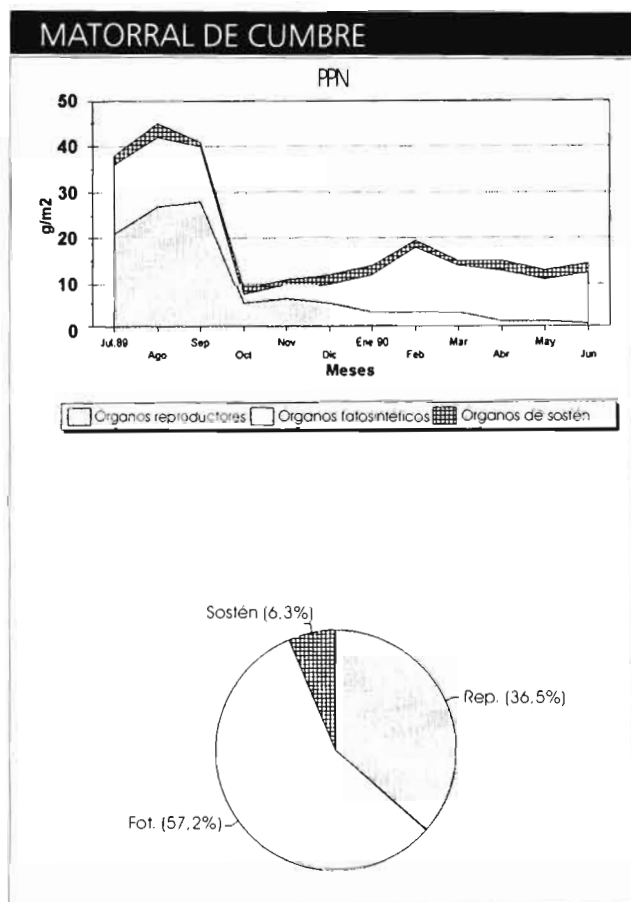


Figura 8: Evolución anual de la PPN en el matorral de cumbre (tomado de Fernández-Palacios y de los Santos, 1996).

En lo que a los ecosistemas azonales respecta, al organizarse éstos fundamentalmente en función de condicionantes edáficos, va a permitir encontrarlos a diferente altitud y en diversas exposiciones eólicas, aunque habrán de soportar los rigores del clima existente allí donde se encuentren. Vamos a diferenciar las costas, los barrancos, los riscos, las coladas recientes y las comunidades nitrófilas.

Dentro de lo que genéricamente hemos denominado costas se incluye el cinturón halófilo costero, que supone una adaptación de la vegetación a condiciones extremas de salinidad, tanto edáfica como ambiental, debida a la maresía. Dichas comunidades se extienden por las franjas costeras de todas las Islas e Islotes y se encuentran dominadas por diferentes especies de siemprevivas, tomillo marino y lechuga de mar. Así mismo, en este grupo quedarían englobados los saladares, comunidades sobre charcos salados restringidos a Fuerteventura y Lobos. La vegetación de dunas, en Canarias ligada a las costas, concluye este grupo y está fundamentalmente condicionada por la movilidad del sustrato, estando dominada por el balancón. Existen manifestaciones en las cuatro islas mayores, pero sólo en Corralejo y Jandía (Fuerteventura) y Maspalomas (Gran Canaria) alcanzan su esplendor.

A lo largo de los cauces de los barrancos presentes en todas las islas mayores se pueden encontrar comunidades en ramblas que tienen por factor común el hecho de poseer una disponibilidad hídrica superior a la de su entorno inmediato. Por un lado, se encuentran las comunidades de tarajales, dominadas por el tarajal y las palmeras, que caracterizan los barrancos de las islas orientales y los tramos bajos de las islas centrales. La segunda comunidad, los sauzales o saucedas, están dominadas por el sauce y se circunscribe a los barrancos de las islas altas.

Los riscos o paredones de las Islas, cuya característica fundamental es la escasez de suelo debido a la gravedad, se encuentran habitados por una serie de plantas que han desarrollado la habilidad de enraizarse profundamente en las propias rocas. Amén de la presencia de otras plantas menos aparentes, estos paredones se caracterizan por la presencia de bejeques, plantas crasas de los géneros *Aeonium* y *Greenovia*.

En las manifestaciones volcánicas recientes, debido a su juventud no han actuado con intensidad los agentes responsables de la alteración, de modo que sólo se ha producido una ligera disgregación física superficial, con baja capacidad de retención hídrica y de suministro de nutrientes. En estos materiales aún no transformados en suelo se desarrollan fundamentalmente especies pioneras. Las coladas históricas (menos de 500 años) y subhistóricas

se encuentran colonizadas por líquenes y fanerógamas de raíces fuertes y crecimiento profundo, como las vinagreras, pinos, tomillos, etc. Muchas de estas coladas han originado tubos volcánicos y jameos donde se desarrolla una rica fauna hipogea, que se nutre de los restos orgánicos de la vegetación epigea.

El último grupo incluido en los ecosistemas azonales engloba las comunidades nitrófilas, aquellas que se desarrollan en zonas que han sido o son perturbadas por la actividad humana y que cuentan con una disponibilidad mayor de ciertos nutrientes como los nitratos. En ellas quedan englobadas comunidades como los barrillares costeros, asociados asimismo a salinidad edáfica, la vegetación de bordes de caminos, la que crece sobre cultivos abandonados, zonas removidas, etc. que, aunque bajas en biomasa, pueden llegar a ser ricas en especies.

Finalmente, un tercer grupo de ecosistemas estaría constituido por aquellos de naturaleza artificial, producto de la intervención humana, que han de ser, en la mayor parte de los casos, subsidiados en términos de agua, nutrientes, manejo, etc. para que puedan desarrollarse. En este grupo quedarían incluidas en primer lugar, tanto las repoblaciones (de elementos nativos como el pino canario o el laurel) como las plantaciones (de elementos exóticos como los eucaliptos, las acacias, el pino insignie etc.). Ambas pueden, tras manejos adecuados, acabar por emanciparse, no necesitando la ayuda del hombre para perpetuarse. En todo caso, las plantaciones muchas veces presentan a la larga problemas insuperables. Quedarían también incluidos dentro de esta categoría los cultivos o agrosistemas, bien de secano o regadío. En los primeros el subsidio incluye siempre nutrientes, amén de los productos que limiten la competencia y el herbivorismo; en el caso de los regadíos hay que añadir un aporte hídrico suplementario y, en el caso especial de los cultivos de invernadero, se requiere además adecuar la temperatura y la humedad ambiental. Por último, los parques y jardines, son cultivos de plantas ornamentales de los que no se extrae cosecha, que requieren asimismo de subsidios similares.

En lo que se refiere a las relaciones tróficas entre los componentes de los ecosistemas, hay que señalar que los ecosistemas canarios pueden caracterizarse por la simplicidad de sus cadenas tróficas. Por un lado, la ausencia de grandes herbívoros en las Islas debido a su incapacidad de dispersión a larga distancia, ha motivado que la presión herbívora soportada por nuestra vegetación hasta la llegada del ser humano, se haya limitado a las aves granívoras, a algún roedor gigante, a los reptiles y, sobre, todo a los insectos fitófagos. A ello se debe que una fracción mayoritaria de la producción neta anual (superior al 90%) muera antes de ser consumida, quedando a disposición de los organismos detritívoros, los menos, que constituirán el primer eslabón de la cadena del detritus y, sobre todo, a disposición de los organismos descomponedores.

Por otro lado, la ausencia de grandes herbívoros lleva aparejada la inexistencia de grandes carnívoros, por lo que el papel de depredador final, no asumido por los mamíferos nativos, murciélagos y musarañas que son insectívoros, ha quedado relegado a las aves

rapaces diurnas y nocturnas. Finalmente, otras rapaces como el milano o el guirre, han desempeñado el papel de carroñeros del sistema. No obstante, estas sencillas relaciones tróficas se han visto alteradas, y en cierta medida complicadas, con la llegada del ser humano debido al impacto que sus actuaciones han generado sobre determinadas especies nativas y, sobre todo, por la introducción de especies exóticas.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, F. y otros 1994. Canarias: *Economía, Ecología y Medio ambiente*. Francisco Lemus Editor. La Laguna.
- BRAMWELL, D. y BRAMWELL, Z. 1990. *Flores silvestres de las Islas Canarias*. Rueda. Madrid.
- CARLQUIST, S. 1974. *Island Biology*. Columbia University Press. Nueva York.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. 1992. Climatic responses of plant species on Tenerife, The Canary Islands. *Journal of Vegetation Science*, 3: 595-602.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. y DE NICOLÁS, J.P. 1995. Altitudinal pattern of vegetation variation on Tenerife. *Journal of Vegetation Science*, 6:183-190.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. y DE LOS SANTOS, A. 1996. *Ecología de las Islas Canarias. Muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Sociedad La Cosmológica. Santa Cruz de La Palma.
- WHITTAKER, R. J. 1998. *Island Biogeography. Ecology, evolution and conservation*. Oxford Univ. Press. Oxford.





# ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA FLORA CANARIA

Arnoldo Santos

Director Científico del  
Jardín de Aclimatación de La Orotava (ICIA)



## CANARIAS: ARCHIPIÉLAGO MACARONÉSICO

El archipiélago canario, situado en la zona subtropical norte, entre los paralelos 27°17' y 29°25' de Latitud Norte y los meridianos 13°20' y 18°10' de Longitud Oeste, es al igual que el resto de los archipiélagos macaronésicos (Azores, Madeira, Salvajes y Cabo Verde), de origen volcánico, oceánico, con una antigüedad estimada entre los 20 ma de Fuerteventura (existen dataciones más antiguas para esta isla) y en torno a 1 ma para la más joven, El Hierro (Ancochea *et al.*, 1996), alcanzando altitudes que superan los 3.700 m (Pico de Teide, Tenerife) asociadas a un relieve geomorfológicamente muy variado.

Con un clima de características claramente mediterráneas, estación seca en verano, lluvias de otoño e invierno, nevadas en las cumbres de las islas mayores y el predominio de los vientos alisios del NE durante casi todo el año, presentan una variedad climática elevada, con cinco pisos bioclimáticos reconocidos (Santos, 1984; Rivas Martínez *et al.*, 1993). Todo ello ha contribuido, en gran medida, al desarrollo de una rica flora y fauna, con un alto porcentaje de endemismos, sometidos a lo largo de la historia geológica del archipiélago a fenómenos de evolución y extinción notables.

Si nos atenemos a su flora vascular, las islas cuentan en la actualidad con una flora, espontánea y subespontánea, en torno a las 2.000 especies (Hansen y Sunding, 1993; La Roche y Piñero, 1994; Marrero y Pérez, 1997), sin contar subespecies y variedades que supondrían unos 167 taxa añadidos, de las cuales, al menos 460 son claramente introducidas, incluyendo, 52 familias (de un total de 151 presentes en el archipiélago), que representan a 111 especies. Varios géneros (115, incluyendo a 180 taxa) o especies (60), de familias nativas, son igualmente alóctonos, habiendo llegado la mayoría después de la Conquista de las islas durante el siglo XV (Santos, en prensa).

Frente a esta flora, algunos centenares de especies, la mayoría herbáceas, de distribución en general mediterránea (europea y norteafricana noroccidental), hay que considerarlos dudosos en la flora potencial nativa, a falta de estudios futuros que pueden confirmar o no su llegada a las islas en fechas anteriores a su Conquista.

Un número indeterminado de especies fue introducido, por los diversos grupos aborígenes que llegaron a las islas, al menos 500 años a.C., junto a sus cultivos de cebada, habas, mijo,... (González, y Tejera, 1987; del Arco y Navarro, 1987).

Dentro de la flora canaria (algo semejante ocurre con la fauna) destaca el elevado porcentaje de endemismos, tanto a nivel genérico como específico (casi el 40% de las especies), no conociéndose ninguno de ellos de rango superior al género, al igual que ocurre en las regiones biogeográficas próximas (Mediterránea y Saharo-arábiga). Por otra parte, el archipiélago es, con gran diferencia, dentro del área macaronésica, que posee cerca de 3.100 especies con 831 endemismos (La Roche y Piñero, 1994), la zona más rica, en número de especies autóctonas (unas 1.300, 41%) y endémicas (570, 70%), además de 80 ssp. y 87 variedades igualmente endémicas, siendo por tanto 735 taxa el número total de endemismos presentes en Canarias (Santos, en prensa).

Esta flora endémica canaria comprende 23 (51%) géneros, del total de 44 exclusivos de Macaronesia, compartiendo otros 15 con algunas de las otras islas, lo cual representa unas cifras altas, con relación a su superficie, si las comparamos con las existentes en el mundo mediterráneo: 30.000 especies y subespecies de las cuales el 50% según Quézel (1985) o el 59% según Greuter (1991) son endémicas (Verlaque *et al.*, 1997).

Las relaciones florísticas son mayores con el archipiélago de Madeira, teniendo en común 40 especies y 8 géneros macaronésicos endémicos, pero son también significativas las existentes con el resto de los archipiélagos (7 géneros, 21 spp., 8 ssp. y 7 var.), con los territorios norafricanos próximos (unas 20 especies como mínimo y un escaso número de géneros tales como *Astydamia*, *Chenoleoides* y *Tinguarra*) y otras de distribución africana relacionada con la región saharo-arábiga, penetrando, en ocasiones, en territorios aún más orientales (zonas áridas o desérticas de Asia occidental), con raras manifestaciones puntuales en la Europa meridional árida, en particular en el SE de la Península Ibérica.

Por supuesto que las relaciones florísticas con Azores, teniendo en cuenta el clima húmedo e hiperhúmedo de este archipiélago, son a nivel de la flora relacionada con los bosques de laurisilva (comunidades de *Pruno-Lauretea azoricae*).

Con Madeira no sólo se manifiestan en este tipo de vegetación sino también en relación con los bosques esclerófilos (*Oleo-Rhamnetea crenulatae*) y la vegetación costera. Algunas relaciones son evidentes con la flora de las pequeñas y poco elevadas (154 m) Islas Salvajes, en particular en los géneros *Argyranthemum*, *Euphorbia*, *Lotus*, *Monanthes*, *Limonium* o *Scilla*) y claras afinidades se manifiestan en la mayoría de los 82 endemismos de Cabo Verde (Brochman *et al.*, 1997), tanto de zonas costeras (comunidades psamófilas litorales y vegetación potencial relacionada con los tabaibales-cardonales) como en las especies participantes en los restos de su vegetación esclerófila potencial, bosques de dragos y marmolanes, correspondientes también a la vegetación de *Oleo-Rhamnetea crenulatae* que incluyen, entre otros, a representantes de los géneros *Aeonium*, *Asteriscus*, *Campylanthus*, *Echium*, *Dracaena*, *Frankenia*, *Globularia*, *Limonium*, *Sideroxylon* o *Sonchus*.

Teniendo en cuenta la diversidad florística del archipiélago y el predominio de géneros, endémicos o no, muy diversificados, ricos en endemismos, tales como *Aeonium* (37 spp), *Aichryson* (10), *Argyranthemum* (22), *Cheirolophus* (17), *Convolvulus* (11), *Crambe* (11), *Echium* (16), *Helianthemum* (11), *Limonium* (16), *Lotus* (17), *Micromeria* (15), *Monanthes* (14), *Pericallis* (13), *Sideritis* (24), *Sonchus* (15) o *Teline* (15), por citar sólo aquéllos con 10 ó más especies endémicas, no es de extrañar el interés que ha suscitado el estudio de esta flora, máxime al estar acompañada de caracteres aparentemente relictuales como leñosidad, diploidía, géneros mono u oligotípicos, disyunciones con diversos continentes, etc...

Diversas teorías se han ido elaborando desde el pasado siglo y comienzos del presente respecto al origen relictual de esta flora, desde las míticas posturas que la relacionan

con los restos del continente hundido, Atlántida, o le dan un carácter ancestral en base a las peculiaridades indicadas anteriormente (Engler, 1879; Meusel, 1965; Schenk, 1907; Takhtajan, 1969; Axelrod, 1975; Raven, 1973; Bramwell, 1976; Sunding, 1979). Otros autores como Carlquist (1970, 1971, 1974) indican la leñosidad, para este y otros archipiélagos oceánicos, como carácter derivado, más de acuerdo con los resultados de los recientes estudios moleculares, los cuales comienzan a aclarar unas relaciones y orígenes más congruentes, con relación a los expuestos previamente, en base a estudios taxonómicos tradicionales, basados fundamentalmente en la morfología con apoyos citológicos, palinológicos o químicos.

### ORIGEN DIVERSO DE LA FLORA CANARIA

Para Raven (1970), las floras mediterráneas actuales, europeas y americanas, derivan de cambios climáticos en el Pleistoceno (1 ma) ocurridos en zonas intermedias entre áreas tropicales y templadas, de forma independiente y favorecidas por factores ecológicos favorables a la especiación (lluvias, estrés hídrico, herbacididad, polinizadores,...). Sin embargo, el poblamiento y evolución de la flora canaria es anterior, en la mayor parte de las especies autóctonas, a estas fechas.

Una de las características más notables de la flora macaronésica y, de la canaria en particular, es su diversidad de orígenes. Con los conocimientos actuales, la existencia de numerosos yacimientos fósiles mio-pliocénicos en Europa y Asia occidental, el hallazgo de fósiles vegetales en Gran Canaria (García-Talavera et al., 1996) con antigüedad en torno a los 13 ma, o las disyunciones y relaciones actuales (con América, India, Australia o África Oriental y meridional), es claro que el origen de esa flora ha tenido diversos puntos y fechas de partida y que han ocurrido, de forma ininterrumpida desde el Mioceno, una vez que los primeros edificios insulares (Fuerteventura) estuvieron permanentemente emergidos, en un entorno geográfico probablemente muy distinto al presente: islas hoy hundidas o muy diferentes a las actuales, con mayores elevaciones, bordes continentales con otra morfología, sometidos a grandes cambios climáticos y geológicos (glaciaciones, periodos pluviales y áridos en las islas y continentes, orogenias, transgresiones y regresiones marinas, vulcanismo, desecación del Mediterráneo,...).

Se pueden reconocer así, diversos componentes en esta flora, por un lado, la relictiva de los bosques de laurisilva, que al menos en sus elementos arbóreos, actualmente existentes, algunas lianas y quizás algunos arbustos y herbáceas (*Pericallis*) y helechos (*Asplenium*, *Culcita*, *Woodwardia*,...) es posible relacionar con los numerosos yacimientos fósiles terciarios de Europa y Asia occidental, distribuidos desde Londres hasta el Cáucaso, con diversos lugares significativos en toda la zona centro europea y, especialmente, meridional (Cataluña, sur de Francia, norte de Italia,...), que incluyen géneros tan representativos en la flora macaronésica actual como *Apollonia*, *Clethra*, *Ilex*, *Laurus*, *Maytenus*, *Myrica*, *Ocotea*, *Persea*, *Picconia*, *Smilax*, *Viburnum*, *Woodwardia*... (Sunding, 1979).

Restos de este origen tropical terciario son las actuales disyunciones que se observan, con respecto al mundo mediterráneo, en géneros como *Arbutus*, *Hedera*, *Ilex*, *Laurus*, *Prunus*, *Rhamnus* o *Viburnum* y aún con territorios más lejanos entre *Apollonias* (Canarias-India), *Picconia* (Macaronesia) y *Notelaea* (Este de Australia), *Clethra*, *Ocotea*, *Persea* o *Sideroxylon*. Otros géneros, no estudiados molecularmente, como *Smilax*, podrían aportar información a este conjunto florístico de notoria antigüedad.

No hay que olvidar que estas disyunciones actuales pueden ser los restos de antiguas distribuciones tetianas, en el Eoceno, más uniformes y extensas (Axelrod, 1975) extendidas desde los antiguos territorios mediterráneo occidentales y norteamericanos hacia el sureste asiático, a juzgar por la gran cantidad de fósiles existentes y la dificultad de una dispersión a larga distancia (frutos grandes y pesados) para muchas de las especies que constituyen dichas floras mio-pliocénicas.

Esta clara relación de la flora macaronésica ligada a la laurisilva, con floras casi extinguidas en Europa, quizás haya enmascarado el interés en establecer las posibles vinculaciones del resto de la flora endémica y dedicar más investigación a ella, en particular la ligada a los bosques esclerófilos, teniendo en cuenta los escasos o inexistentes yacimientos fósiles en África o Europa para relacionarlas.

Si bien las relaciones africanas actuales, como las existentes en *Canarina*, *Euphorbia* o *Dracaena*, parecen obvias, aún sin contar con datos moleculares que lo confirmen, debido a la inexistencia de otros elementos florísticos actuales en el continente europeo u otros territorios más alejados que sirvan de referencia, otras, como las propuestas tradicionalmente para géneros como *Aeonium*, *Argyranthemum*, *Bencomia*, *Echium* o *Sonchus*, donde los posibles parentescos y orígenes son múltiples, han quedado obsoletas según los estudios moleculares ya realizados (Böhle *et al.* 1996; Francisco Ortega, *et al.*, 1995, 1996, 1997, 1998; Helfgott *et al.*, en prensa; Kim *et al.*, 1996; Mes, y Hart, 1996).

En algunos yacimientos europeos terciarios, de acuerdo con Aubreville (1976) y Saporta (1862-1867) es posible también reconocer la presencia de algunos elementos florísticos relacionados con los bosques termófilos macaronésicos actuales, tales como *Phoenix*, *Dracaena*, *Maytenus*, *Phyllirea*, *Pistacia*..., pero es más evidente, para algunos componentes de esta flora, un posible origen tropical terciario norteafricano, como ya ha señalado Quézel (1983), representada en la actualidad en el archipiélago por los bosques esclerófilos puros o mixtos que llevan como elementos más significativos *Dracaena draco ssp. draco* y *D. tamaranae*, *Juniperus turbinata ssp. canariensis*, *Olea europaea ssp. cerasiformis*, *Phoenix canariensis* o *Pistacia atlantica*, sin olvidar la presencia, en este tipo de vegetación, de *Sideroxylon canariensis* y especies afines (*S. mirmulans* de Madeira y *S. marginata* de Cabo Verde; Lobin *et al.*, en prensa) o *Maytenus canariensis*, ambos géneros con afinidades actuales claramente africanas tropicales, pero sin descartar su posible presencia, o la de sus ancestros, en las floras esclerófilas terciarias del sur de Europa. Los restos fósiles que se poseen del norte de África son escasos y no aclaran esta situación, si bien es evidente que en el Sahara actual y al norte del mismo,



existieron floras de carácter tropical relacionadas con las situadas actualmente en zonas más meridionales, con *Combretáceas* como dominantes, que no llegaron o no se conservaron en Macaronesia. Al norte de esta zona, bordeando el antiguo Tetis es posible suponer una vegetación de matorrales y bosques esclerófilos (Quézel, 1979) de los que podrían derivarse algunos de los elementos canarios (*Justicia*, *Parolinia*, *Solanum*,...), macaronésicos (*Globularia*, *Hypericum*, *Jasminum*, *Teucrium*,...) o mediterráneos (*Helianthemum*, *Lavatera*, *Olea*, *Pistacia*, *Rhamnus?*, *Ruta?*, *Salvia*,...) relictos en estos tipos de vegetación.

Por su parte, las zonas costeras canarias actuales más áridas, dominadas por comunidades de tabaibales y cardonales, con diversas *Euphorbia*, presentan una rica flora de carácter xérico terciario, con relaciones evidentes hoy en día en el borde oriental africano, en especial la región nororiental. La presencia de numerosos géneros y especies, con algunas disyunciones, taxa vicariantes o especies comunes, así parece confirmarlo, tal y como ocurre con *Campylanthus*, *Ceropegia*, *Drusa*, *Euphorbia* o *Kleinia*, algunos de ellos considerados por Quézel (1979) típicos de la Rand-Flora xérica tropical africana. Otros muchos géneros, con origen o distribución africano-noroccidental, forman parte o tienen muchas especies en estas comunidades (*Argyranthemum*, *Asparagus*, *Asteriscus*, *Caralluma*, *Periploca*,...) y otros están aún pendientes de estudio. Estas relaciones se han ido confirmando molecularmente para diversos géneros, como *Argyranthemum* y *Asteriscus*.

En cuanto a la flora ligada con el pinar y las cumbres isleñas, especialmente las de Gran Canaria, La Palma y Tenerife, a falta de resultados de estudios en desarrollo, son muy probables las relaciones claramente mediterráneas, con un predominio de familias y géneros muy diversificados en esta región tales como varias *Asteráceas* (*Cheirolophus*, *Tolpis*), *Brasicáceas* (*Erysimum*, *Descurainia*), *Borragináceas* (*Echium*), *Cistáceas* (*Cistus* y *Helianthemum*), *Labiadas* (*Micromeria*, *Nepeta*, *Sideritis*), *Leguminosas* (*Adenocarpus*, *Chamaecytisus*, *Cicer*, *Lotus*, *Spartocytisus*, *Teline*) (Cristofolini, 1997; Cristofolini y Chiapella, 1984), las relaciones mediterráneo-asiáticas del propio pino canario (*Pinus canariensis*) dentro de la sección *Pinea* (Krupin et al., 1996; Liston, 1995) o las mediterráneo-orientales de *Ranunculus cortusifolius* u otras especies, actualmente de distribución altitudinal más baja como *Bosea yerbamora* o *Hypochoeris oligocephala* (Cerbah et al., 1998).

## EVIDENCIAS MOLECULARES

Los recientes estudios moleculares, llevados a cabo por diversos equipos, y, en particular, los dados a conocer por Francisco-Ortega et al., desarrollados en los departamentos de Botánica de las Universidades de Austin (Texas) y Columbus (Ohio), junto con equipos dirigidos por los profesores R. Jansen y D. Crawford respectivamente y la colaboración del Jardín de Aclimatación de La Orotava (ICIA), han aportado, en los últimos años, numerosos datos de interés para la interpretación del poblamiento vegetal canario y macaronésico en general, relativos a los fenómenos de evolución de su flora, las relaciones con otros archipiélagos y continentes, así como su origen en el tiempo, confirmando o rechazando supuestos

establecidos de acuerdo a estudios simplemente morfológicos o con un escaso soporte químico, cariológico y palinológico.

No es de extrañar, las numerosas diferencias que van surgiendo a la vista de los resultados moleculares obtenidos, poniendo en evidencia o confirmando las clasificaciones taxonómicas existentes, abriendo nuevas vías e interrogantes a la situación filogenética de muchas especies, delimitaciones genéricas o de secciones y, en particular, aportando datos para aclarar distintos tópicos en torno al origen y la evolución de la flora canaria como son el carácter ancestral, monofilético o no, de distintos grupos florísticos, o la aparente leñosidad relictual de muchas de estas entidades taxonómicas.

Contamos para una interpretación moderna del origen y poblamiento de la flora canaria, en particular, y macaronésica en general (para diversos géneros, secciones o especies endémicas de estos archipiélagos), con numerosos datos derivados de estudios relacionados con, al menos, 49 géneros (Tabla 1), que incluyen numerosas especies, sometidos a diversas técnicas moleculares, pero predominando las investigaciones de estudios de sitios de restricción en el genoma de cloroplastos (cpDNA) y de secuenciación del genoma nuclear de los ribosomas (nrDNA), incluyendo estudios de las regiones ITS y ETS, *rbcl*, RAPDs o RFLPs, aparte de los estudios de isoenzimas y electroforesis de proteínas.

Tabla 1. Relación de géneros de la flora autóctona canaria estudiados molecularmente y técnicas empleadas.

| GÉNERO        | TÉCNICA               | AUTOR  |
|---------------|-----------------------|--|
| ADENOCARPUS   | cpDNA ( <i>rbcl</i> ) | Käss et Wink, 1995   |
| AEONIUM       | cpDNA<br>ITS<br>RAPDS | Hann and Hart, 1998<br>Mes and Hart, 1996<br>Mes and Hart, 1996                                |
| AICHRYSON     | ITS                   | Mes and Hart, 1996   |
| ANDROCYMBIUM  | Iso                   | Pedrola et al., 1994, 1996   |
| ANDRYALA      | cpDNA                 | Whitton et al., 1995   |
| ARBUTUS       | ITS2                  | Hileman, L. C. et al., 1996  |
| ARGYRANTHEMUM | cpDNA<br>Iso<br>ITS   | Francisco-Ortega et al, 1996<br>Francisco-Ortega et al., 1997<br>Francisco-Ortega et al., 1997 |
| ASTERISCUS    | ITS                   | Francisco-Ortega et al.,   |
| AVENA         | Iso<br>Electroforesis | Moriwaka et al., 1990<br>Craig et al., 1974  |
| BABCOKIA      | ITS<br>Iso            | Kim et al., 1996<br>Kim et al., en prensa  |

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| BENCOMIA        | ITS  | Helfgott, M. <i>et al.</i> , 1988  |
| BETA            | Iso<br>rDNA, IGS<br>microsatélites             | Wagner <i>et al.</i> , 1989<br>Santoni <i>et al.</i> , 1992<br>Schimdt <i>et al.</i> , 1993  |
| BRASSICA        | cpDNA  | Warwick <i>et al.</i> , 1993   |
| CHAMAECYTISUS   | electroforesis<br>Iso<br>cpDNA (rbcl)<br>cpDNA | Sánchez-Yelamo <i>et al.</i> , 1995<br>Francisco-Ortega <i>et al.</i> , 1995<br>Käss <i>et al.</i> , 1995<br>Badr <i>et al.</i> , 1994 |
| CHEIROLOPHUS    | ITS  | Susana <i>et al.</i> , 1995  |
| CRAMBE          | ITS<br>ITS                                     | Francisco-Ortega <i>et al.</i> , 1998<br>Warwick <i>et al.</i> , 1997  |
| DACTYLIS        | Iso  | Sahuquillo y Lumaret, 1995   |
| DENDRIOPOTERIUM | ITS  | Helfgott <i>et al.</i> , en prensa   |
| ECHIUM          | ITS, cpDNA,<br>nDNA                            | Böhle <i>et al.</i> , 1996   |
| ERUCASTRUM      | cpDNA  | Warwick <i>et al.</i> , 1993   |
| GONOSPERMUM     | ITS  | Francisco-Ortega <i>et al.</i> , en prensa   |
| GREENOVIA       | ITS  | Mes y Hart, 1996   |
| HEDERA          | ITS  | Vargas <i>et al.</i> , en prensa   |
| HYPOCHOERIS     | cpDNA<br>ITS                                   | Whitton <i>et al.</i> , 1995<br>Cerbach, M. <i>et al.</i> , 1998   |
| IXANTHUS        | ITS, cpDNA                                     | Kadereit, en prensa  |
| KLEINIA         | cpDNA  | Knox y Palmer, 1995  |
| LACTUSOSONCHUS  | ITS<br>Iso                                     | Kim <i>et al.</i> , 1996<br>Kim <i>et al.</i> , en prensa  |
| LAVATERA        | ITS<br>cpDNA, ITS                              | Ray, 1995<br>Fuertes <i>et al.</i> , en prensa   |
| LIMONIUM        | rbcl   | Lledó <i>et al.</i> , 1998   |
| LOBULARIA       | Iso  | Borgen, 1996   |
| LOLIUM          | Iso<br>ITS, cpDNA,<br>RAPDs, RFLPs             | Olivera <i>et al.</i> , 1995<br>Charmet <i>et al.</i> , 1997   |
| LUGOA           | ITS  | Francisco-Ortega <i>et al.</i> , 1998  |

|               |                     |   |
|---------------|---------------------|---|
| MARCETELLA    | cpDNA               | Helfgott <i>et al.</i> , 1998   |
| MONANTHES     | cpDNA<br>ITS        | Mes y Hart, 1996  |
| PERICALLIS    | cpDNA<br>ITS        | Knox y Palmer, 1995<br>Francisco-Ortega <i>et al.</i> , 1998                              |
| PINUS         | cpDNA               | Krupin <i>et al.</i> , 1996   |
| PLOCAMA       | rbcl                | Bremer y Brigitte, 1996   |
| PRENANTHES    | ITS<br>Iso          | Kim <i>et al.</i> , 1996<br>Kim <i>et al.</i> , en prensa                                 |
| REICHARDIA    | ITS<br>cpDNA        | Kim <i>et al.</i> , 1996<br>Whitton <i>et al.</i> , 1995                                  |
| RETAMA        | rbcl                | Käss y Wink., 1992  |
| SEDUM         | ITS                 | Van Ham <i>et al.</i> , 1998  |
| SENECIO       | Iso, cpDNA,<br>rDNA | Lowe, A. J. y Abbot, 1996   |
| SIDERITIS     | ITS                 | Barber <i>et al.</i> , 1998   |
| SOLANUM       | cpDNA               | Olmstead <i>et al.</i> , 1997   |
| SONCHUS       | ITS<br>Iso          | Kim <i>et al.</i> , 1996<br>Kim <i>et al.</i> , en prensa                                 |
| SPARTOCYTISUS | rbcl                | Käss y Wink, 1992   |
| SVENTENIA     | ITS<br>Iso<br>cpDNA | Kim <i>et al.</i> , 1996<br>Kim <i>et al.</i> , en prensa<br>Whitton <i>et al.</i> , 1995 |
| TAECKHOLMIA   | ITS<br>Iso          | Kim <i>et al.</i> , 1996<br>Kim <i>et al.</i> , en prensa                                 |
| TANACENUM     | ITC                 | Francisco-Ortega <i>et al.</i> , 1998   |
| TELINE        | cpDNA (rbcl)        | Käss y Wink, 1992   |

Iso: Isoenzimas

Somos conscientes de que nuevas técnicas están en estudio y que en un futuro próximo se podrán ir precisando, aún con mayor exactitud, los datos conseguidos hasta ahora, hallando un mayor poder de resolución, para aquellos casos en que las técnicas empleadas no discriminan lo suficiente, a fin de establecer filogenias y diferencias entre las distintas especies, secciones o géneros macaronésicos y las relaciones con sus parientes continentales.

Esta claro que a la luz de los numerosos datos moleculares, obtenidos de diversas familias, a nivel mundial, que las técnicas empleadas tienen unos resultados distintos según las mismas, pero en cualquier caso, dando informaciones muy significativas y valiosas para establecer filogenias, diversidad genética, cálculos de origen (reloj molecular), etc..

### **ESTUDIOS REALIZADOS EN RELACIÓN A LA FLORA CANARIA**

Entre los grupos mejor estudiados en Canarias, desde el punto de vista molecular, hay que destacar los llevados a cabo en los géneros *Argyranthemum*, *Asteriscus*, *Pericallis* y *Sonchus*, incluyendo *Babcokia*, *Lactucosonchus*, *Prenanthes*, *Sventenia* y *Taeckholmia* (Asteráceas), *Crambe* (Brasicáceas), *Silene* (Cariofiláceas), *Lavatera* (Malváceas), *Bencomia*, *Dendriopoterium* y *Marcetella* (Rosáceas) o están en realización: *Sideritis* (Lamiáceas), *Cheirolophus*, grupo de *Gonospermum*, *Lugoa* y *Tanacetum* o *Tolpis* (Asteráceas), así como una nueva revisión de las Crasuláceas endémicas (*Aeonium*, *Aichryson*, *Greenovia* y *Monanthes*).

A estos estudios hay que añadir los realizados en diversos centros de investigación y universidades europeas o americanas, encuadrados, generalmente, dentro de investigaciones filogenéticas de familias, que incluyen entre otros géneros presentes o endémicos de Canarias como *Cheirolophus*, *Hypochoeris*, *Kleinia* o *Senecio* (Asteráceas), *Aeonium*, *Aichryson*, *Greenovia* y *Monanthes* (Crasuláceas), *Arbutus* (Ericáceas), *Ixanthus* (Gentianáceas), *Brassica*, *Erucastrum* y *Lobularia* (Brasicáceas), *Limonium* (Plumbagináceas), *Plocama* (Rubiáceas), *Hedera* (Araliáceas), *Isoplexis* (Escrofulariáceas), la mayor parte de los *Echium* macaronésicos (Boragináceas), *Lavatera* (Malváceas), *Pinus* (Pináceas) o *Solanum* (Solanáceas) (Tabla 1).

Además se poseen diversos datos moleculares, basados en distintas técnicas (isoenzimas, electroforesis de proteínas,...), para géneros endémicos o con especies endémicas como: *Adenocarpus*, *Genista*, *Retama*, *Spartocytisus* y *Teline* (Fabáceas), *Androcymbium* (Colchicáceas), *Beta* (Quenopodiáceas), *Avena*, *Dactylis* y *Lolium* (Poáceas).

### **RESULTADOS MOLECULARES**

Los resultados moleculares obtenidos podemos resumirlos muy brevemente en los siguientes aspectos:

#### **a) LEÑOSIDAD RELICTUAL O DERIVADA**

De acuerdo con los trabajos y planteamientos de Carlquist (1970, 1971, 1974, 1992), basados en estudios anatómicos de *Echium*, *Erysimum*, *Euphorbia* y *Plantago*, las investigaciones moleculares recientes llevadas a cabo en *Echium*, *Bencomia* y géneros afines, *Ixanthus*, *Sonchus* subgén. *Dendrosonchus* y géneros afines confirman que el carácter

leñoso es derivado en estos grupos, como adaptación de especies herbáceas a medios insulares. Esto está de acuerdo con observaciones en otros archipiélagos oceánicos como Galápagos, Hawai o Juan Fernández (Baldwin, 1997, Carlquist, 1974 y 1992) donde también se pueden observar las mismas conclusiones en numerosos endemismos leñosos, en particular en aquellos de origen y evolución reciente.

En cualquier caso, los estudios moleculares han puesto en evidencia que ambos casos están presentes en la flora canaria. Aún permanecen por estudiar numerosas especies cuyo carácter leñoso ancestral es claro, en particular los árboles de la laurisilva como *Apollonias*, *Laurus*, *Persea*, *Ocotea*, *Visnea*,... y de otras formaciones vegetales (*Juniperus*, *Maytenus*, *Pinus*, *Sideroxylon*), pero dentro de las especies herbáceas o leñosas estudiadas, que han sufrido procesos de evolución-especiación rápida, ha podido confirmarse el carácter relictual leñoso de *Lavatera phoenicea* que, ocupando además una posición basal dentro de un amplio grupo de *Lavatera* y *Malva* (Malváceas) mediterráneas y norteamericanas (Fuertes *et al.*, 1996), debe considerarse realmente como género monotípico, endémico de Tenerife, tal y como fue descrita en el siglo pasado por Webb y Berthelot, bajo el nombre de *Navae phoenicea*.

Sin embargo, en la mayoría de los otros casos, en los que se había supuesto una leñosidad ancestral, se ha visto que es derivada, en particular para géneros bien estudiados (tradicional y molecularmente) como *Sonchus* subgénero *Dendrosonchus* y géneros afines, donde los estudios de la región ITS (Kim *et al.*, 1996) confirman un origen con ancestro de tipo herbáceo, sin olvidar que a la vista de estos resultados el endemismo palmero *Lactucosonchus webbi* (hemiscriptófito) es basal al resto del grupo macaronésico mayormente leñoso. Este carácter derivado también ha sido confirmado para *Echium*, uno de los grupos emblemáticos dentro de la flora canaria. Según datos obtenidos por Böhle *et al.* (1996), los *Echium* endémicos de Macaronesia, actualmente leñosos en su mayoría, derivan de ancestros herbáceos, con distribución actual mediterráneo-occidental, a su vez con un origen asiático igualmente herbáceo (*Echium russicum*). Las relaciones directas con especies leñosas del género surafricano *Lobostemum* no concuerdan con estos resultados, siendo también derivado respecto al señalado *Echium russicum*.

Es igualmente secundaria la leñosidad de las rosáceas endémicas macaronésicas del grupo *Bencomia-Dendriopoterium* y *Marcetella* (Helfgott *et al.*, en prensa), que no están relacionadas con las rosáceas leñosas africanas orientales (*Cliffortia* y *Hagenia*) o las sudamericanas (*Polylepis*), como sugirió Bramwell (1986), sino con ancestros herbáceos del género *Sanguisorba*, mediterráneo-occidentales, y el arbustillo *Sarcopoterium spinosum*, de distribución actual mediterráneo centro-oriental.

Algo semejante ocurre con el género *Aeonium* y su grupo afín (*Aichryson*, *Greenovia* y *Monanthes*). Estudios de Mes y Hart (1996), concluyen con un carácter leñoso derivado para este grupo, siendo sus ancestros (especies de *Sedum* sect. *Monanthoidea*) herbáceos, probablemente originarios del mediterráneo occidental o mejor del noroeste africano, carácter conservado en la mayor parte de las especies de los grupos macaronésicos más primitivos (*Aichryson* y *Monanthes*).

Es también derivada la leñosidad en *Ixanthus*, relacionado con el género herbáceo, mediterráneo, *Blackstonia* (Kadereit, en prensa).

Estudios en otros grupos indican una leñosidad primitiva que ha evolucionado a herbácea, dentro del género endémico macaronésico *Pericallis* (Asteráceas), lo cual es curioso por estar una parte de las especies que lo integran ligadas al ambiente nemoral o subhúmedo-húmedo de la laurisilva (Panero et al., 1998), sugiriendo una antigüedad semejante o un origen común al de las especies leñosas, arbóreas, que caracterizan este tipo de vegetación.

Posibles casos de reversión, de leñoso a herbáceo han sido indicados en *Echium* (*E. bonnetii*) (Böhle et al., 1996) y *Pericallis* (Panero, et al., en prensa). Quizás, también, la herbacidad de *Sonchus tuberifer* (endemismo tinerfeño) podría tener una explicación semejante, aunque no fue indicado por Kim et al. (1996).

#### b) MONOFILIA-POLIFILIA

Otro de los aspectos importantes que pueden ser determinados, con los estudios moleculares indicados, es el carácter monofilético o no de los distintos grupos de endemismos, es decir, si provienen de una o varias introducciones. Entre los casos estudiados se puede asegurar el carácter no monofilético en *Lavatera*, lo cual implica dos introducciones independientes en Canarias, una para cada uno de los endemismos canarios (*L. acerifolia* y *L. phoenicea*), y el reconocimiento del género monotípico *Navae*, como ya se indicó.

Son igualmente polifiléticas las especies de *Asteriscus* (Asteráceas), con tres o cuatro probables introducciones distintas (Francisco-Ortega et al., en prensa), las especies del género *Echium* (Borragináceas) y *Sonchus* (Asteráceas) considerando todas las especies presentes, endémicas o espontáneas, en el archipiélago.

Otros casos posiblemente polifiléticos, pendientes de estudios, podrían ser *Euphorbia* o *Convolvulus* que muestran unos biotipos muy distintos, entre las especies exclusivas de Canarias, sugiriendo su origen a partir de más de una introducción.

Sin embargo, entre las especies estudiadas predominan los géneros, grupos de ellos, subgéneros o secciones, donde todas las especies forman un grupo monofilético. Así ocurre con *Aeonium* y sus géneros afines *Aichryson*, *Greenovia* y *Monanthes* (Crasuláceas), *Argyranthemum* (Asteráceas), la sección *Dendrocrambe* (*Crambe*, Brassicáceas), *Sonchus* subgén. *Dendrosonchus* y géneros afines *Babcockia*, *Sventenia*, *Taeckholmia* y la especie *Prenanthes pendula* (Asteráceas), las especies macaronésicas endémicas estudiadas de *Echium*, los tres géneros macaronésicos *Bencomia*, *Dendropoterium* y *Marcetella* (Rosáceas), *Androcymbium* (Colchicáceas), *Pericallis* (Asteráceas), *Silene* (Cariofiláceas) y *Sideritis* (Lamiáceas).

Ejemplos ya conocidos de polifilia respecto a la región macaronésica se han comprobado en *Hedera* (Vargas et al., en prensa), con tres introducciones independientes (*H. azorica*, *H. maderensis* y *H. canariensis*).



### c) RADIACIÓN ADAPTATIVA

Entre los modos de evolución que se han propuesto para las islas destaca el de radiación adaptativa, sin embargo los estudios moleculares sólo confirman, de forma inequívoca, esta vía en algunos casos o para algunos grupos de endemismos. Parece clara la existencia de una radiación adaptativa en las especies endémicas de los géneros *Argyranthemum* o *Sonchus* para el archipiélago de Madeira, lo cual también resulta lógico debido al aislamiento de este archipiélago y las dificultades de dispersión al mismo, pero esta situación es más difícil de ver en Canarias, donde una radiación parcial puede observarse, en dichos géneros, *Argyranthemum* y *Sonchus*, en Gran Canaria o en el género *Chamaecytisus* para las diferentes islas (Francisco-Ortega *et al.*, 1992).

Los fenómenos de radiación adaptativa son más evidentes en la fauna, habiéndose estudiado este tipo de evolución en los géneros *Hegeter* y *Pimelia* (Coleoptera, Tenebrionidae; Juan, *et al.* 1995, 1996) así como en *Dolichoilulus* (*Diploda*: *Julidae*; Enghoff y Báez, 1993).

### d) ESPECIACIÓN RECIENTE

En el conjunto de endemismos canarios es posible observar la presencia de numerosos endemismos de carácter ancestral, auténticos relictos, poco o no evolucionados, ya señalados en parte, pero un conjunto importante de su flora obedece a fenómenos de evolución reciente, acaecidos en los últimos 3-4 ma, tal y como se comenta en los apartados siguientes (número de introducciones y reloj molecular). Tal es el caso del género *Argyranthemum*, cuya evolución se constata tanto con resultados derivados del estudio de los isoenzimas como con el estudio de sitios de restricción en cpDNA e incluso es posible ver una segunda radiación más reciente (Francisco-Ortega *et al.*, 1997).

Estos fenómenos de especiación reciente implican la colonización de los distintos hábitats insulares tanto por géneros endémicos evolucionados en las islas (*Aeonium* y su grupo, *Argyranthemum* o *Pericallis*) como por otros de distribución más amplia que se han diversificado, con numerosas especies en dichos territorios (*Echium*, *Lotus*, *Micromeria*, *Sideritis*, *Sonchus*, *Teline*, etc...).

En estos procesos ha jugado un papel importante, en casos ya conocidos (*Argyranthemum*) y probablemente en muchos pendientes de estudios (*Aeonium*, *Echium* o *Sonchus*), los fenómenos de hibridación, dando lugar a una notable evolución reticulada (Baldwin *et al.*, 1998).

### e) COLONIZACIÓN HORIZONTAL

Más aparente, frente a la radiación adaptativa, parecen ser los fenómenos de colonización horizontal, donde se observa la dispersión entre islas o incluso entre los distintos archipiélagos, seguida de especiación por adaptación, relacionada con hábitats semejantes (zonas costeras, bosques termófilos, laurisilva, pinar o alta montaña), constituyendo a veces grupos vicariantes (Francisco-Ortega *et al.*, 1997; Baldwin *et al.*, 1998).

A raíz de los estudios moleculares parece evidente el predominio de colonización horizontal, seguida de adaptación y especiación, en la mayor parte de los géneros estudiados: *Aeonium* (p. ej. secciones *canariense* y *holochrysa*), *Aichryson* (*A. pachycaulon* y afines), *Argyranthemum* (grupo *adauctum*), *Asteriscus* (*intermedius* y *sericeus*), *Crambe*, *Echium*, *Pericallis* (grupo *appendiculatus*), *Silene* o *Sonchus*.

Algunos ejemplos han sido puestos de manifiesto para la fauna (p.ej. algunas especies de *Dolichoïulus* endémicas de la laurisilva de La Gomera o Tenerife; Enghoff y Báez, 1993).

#### g) REINTRODUCCIONES EN ÁFRICA

En casos muy particulares, está claro, en base a estos estudios que han existido reintroducciones en África, desde Canarias. Por ejemplo, después de originarse en las islas todo el grupo endémico de Crasuláceas (*Aeonium*, *Aichryson*, *Monanthes* y *Greenovia*) (Mes y Hart, 1996), incluyendo el resto de las especies macaronésicas, se ha producido la reintroducción y especiación en África del género *Aeonium*, no sólo en la zona noroccidental (*Aeonium arboreum* y *A. kornelius-lemsii*), más próxima a las islas, sino alcanzando incluso la parte oriental (*A. leucoblepharum* y *A. stuessyi*). Otro ejemplo documentado es el de *Sonchus pinnatifidus*, originado en Canarias (actualmente distribuido por Lanzarote y Fuerteventura) desde donde ha colonizado la zona cercana africana. Otros ejemplos posibles están pendientes de investigar.

#### f) VÍAS DE MIGRACIÓN

Diferentes rutas de colonización y dispersión entre los archipiélagos macaronésicos y los continentes próximos han salido a la luz de estos estudios moleculares.

Ejemplos de relaciones americanas, ya establecidas, han quedado evidentes en el grupo de *Sedum* (Crasuláceas) endémicos de Madeira (*S. nudum*), con una ssp. en Lanzarote (*S. n. ssp. lancerottense*), y otras especies mejicanas (Van Ham et al., 1998). Igualmente quedan de manifiesto en el género *Pericallis* cuyos parientes parecen estar en el género *Packera* de distribución americana con dispersión al este de Asia.

Frente a estas dijuncciones, destacan la vías de migración interarchipiélagos. De los casos estudiados se deriva una colonización del archipiélago de Cabo Verde, desde Canarias, para las especies de *Aeonium* (*A. gorgoneum*), *Echium* (*E. hypertropicum*, *E. stenopsiphon* y *E. vulcanorum*) o *Sonchus* (*S. daltoni*, subgen. *Dendrosonchus*) endémicas de dicho archipiélago, estando pendiente de estudios otros posibles casos (*Lavandula*, *Limonium*, *Lotus*, *Polycarpaea*,...), lo cual claramente marca una vía de dispersión y colonización norte-sur, independiente del continente africano, el cual puede estar implicado en la diseminación de otros géneros como *Frankenia* o *Lotus*, con endemismos compartidos o vicariantes en ambos territorios (insulares y continental).

Más numerosos son los ejemplos de dispersión, ya conocidos, entre Canarias y los archipiélagos septentrionales. Una ruta de migración norte-sur (Madera, Salvajes, Canarias) se observa en el género *Argyranthemum*, donde los resultados moleculares indican a las especies endémicas de Madera y Desertas como basales al grupo. También se incluyen aquí las especies de *Crambe* (sección *Dendrocrambe*) donde el representante maderense (*C. fruticosa*) es basal junto con el endemismo majorero (*C. sventenii*) al resto de las especies canarias.

El caso contrario, es decir una migración de Canarias hacia el norte, se manifiesta en los géneros *Aeonium*, *Echium*, *Sideritis* y *Sonchus* (representados en Madeira), así como también en *Aichryson* (llega a Madeira y Azores), *Monanthes* (llega a Salvajes) o *Pericallis* (Madeira y Azores).

Un ejemplo notable, que aportará información interesante, serán los resultados relativos al género *Tolpis* (Asteráceas), en estudio, ya que sin ser endémico, es el único género que presenta especies exclusivas en cada uno de los cuatro archipiélagos mayores.

Las rutas de dispersión continentales, desde zonas septentrionales, han quedado expuestas en el estudio del género *Saxifraga* (Vargas *et al.*, 1996), con endemismos madeirenses, originarios de la Europa templada, lo cual podría ser válido también para los géneros *Berberis*, *Frangula*, *Sorbus* o *Vaccinium* que no llegan a Canarias. Un origen semejante está pendiente de confirmar en este archipiélago con las especies endémicas del género *Silene* de la sección *Siphonomorpha* (Cariofiláceas).

Es claro, un origen mediterráneo occidental para varios géneros o especies (*Argyranthemum*, *Bencomia* y afines, *Echium*, *Hedera*, *Ixanthus*, *Lavatera acerifolia* o *Sonchus*) y parece ser en esta área donde se encuentran la mayor parte de los ancestros o los parientes actuales de muchas especies macaronésicas.

Una posible ruta con origen en el Mediterráneo Oriental, al menos las relaciones actuales así parecen indicarlo, incluyen los géneros *Arbutus?*, *Chamaecytisus*, *Cicer*, *Hypochoeris*, *Sideritis* (en parte, pendiente de confirmar) o *Pinus*. Especies no estudiadas como *Bosea yerbamora* o *Ranunculus cortusifolius* también parecen mostrar relaciones con esta zona, aunque en general, podría tratarse de disyunciones muy antiguas, en cuya evolución se han extinguido muchas especies intermedias relacionadas con los actuales supervivientes.

#### g) RELACIONES CONTINENTALES AFRICANO-ORIENTALES

Aparte del caso mencionado en el género *Aeonium*, ha sido confirmada la relación entre Canarias y África oriental para la especie *Solanum vespertilio* (Olmstead y Palmer, en prensa) y quizás lo será igualmente para *S. lidii* (Solanáceas), formando parte de un grupo probablemente relictual que incluiría *Campylanthus*, *Canarina*, *Ceropegia*, *Dracaena*, *Drusa*, *Euphorbia* o *Kleinia*, especies relacionadas, en su mayoría, con la vegetación arbustiva xérica

(*Kleinio-Euphorbieteae canariensis*) o arborescente-arbustiva termófila (*Oleo-Rhamnetea crenulatae*). Para otros endemismos canarios también han sido propuestas relaciones con plantas de esta área o zonas más meridionales, lo cual habrá de confirmarse en estudios moleculares futuros (*Adenocarpus*, *Campyloma*, *Hypericum*, *Justicia*, *Micromeria*, *Olea*, *Phyllis*, *Parolinia*; Bramwell, 1986). Parte de esta flora estaría relacionada con elementos de la denominada Rand-Flora, de carácter estepario xérico-árido y distribución terciaria africano oriental (Quezel y Barbero, 1973).

#### h) TIEMPO DE ORIGEN: RELOJ MOLECULAR

Se han calculado diversas dataciones para establecer la fecha de divergencia (origen) de algunos grupos florísticos canarios. Entre ellas, se han llevado a cabo investigaciones acerca de las fechas de posible origen, para *Argyranthemum* (2,5-3,0 ma utilizando isoenzimas ó 1,5-3,0 ma con resultados de cpDNA), con una segunda radiación quizás hace 0,6-0,7 ma, (Francisco-Ortega *et al.*, 1997), *Echium* (0,75-3,0 ma; Böhle *et al.*, 1996), *Ixanthus* (6,8-48,2 ma; Kadereit, en prensa) y *Sonchus* (4,2-3,6 ma ó 2,8-2,3 ma en el caso de mayor rapidez, Kim *et al.*, 1996). Dichos cálculos son más o menos precisos con relación al grupo al que se apliquen y la posibilidad de calibrar el rango de mutaciones que han existido en la evolución de las especies consideradas. Las edades de divergencia obtenidas son coherentes con la formación de las islas al corresponder a etapas mio-pliocénicas, cuando gran parte de los antiguos territorios insulares canarios, estaban formados.

En el caso de *Ixanthus*, cabe la posibilidad de una evolución en el archipiélago, a partir de *Blackstonia*, o también su llegada como tal *Ixanthus* y extinción posterior en el mediterráneo, caso probable teniendo en cuenta su fuerte relación a la vegetación de laurisilva y conservarse como género monotípico, sin evolución posterior.

Krupin *et al.* (1996) establecen una edad de 42-45 ma para los ancestros de *Pinus canariensis*, más antiguos que *Pinus pinea* o *P. brutia*, miembros de la misma sección, lo cual podría justificar una arribada a las islas en los primeros momentos de su colonización, a partir del Mediterráneo y una extinción en dicha área, sin que haya estado sometido a procesos evolutivos significativos de forma semejante a lo que ha ocurrido con la totalidad de las especies arbóreas que han llegado al archipiélago.

#### i) DIVERSIDAD GENÉTICA

Los estudios isoenzimáticos aportan una información muy valiosa para conocer la diversidad genética de las especies, es decir la variabilidad entre los genes de los individuos que las forman. El aplicar estos estudios a la diversidad intra o inter poblacional, de los distintos taxa, permite valorarla y por tanto planificar las estrategias para su conservación, algo del todo imprescindible en relación al rico patrimonio vegetal canario (Francisco-Ortega y Santos, en prensa).

Las investigaciones efectuadas dan como resultados, a nivel global, la existencia de una alta diversidad genética en las islas, más elevada que la existente en otros archipiélagos

volcánicos como Juan Fernández, Galápagos o Hawaii, siendo comparable con la que se presenta en territorios continentales.

En muchos de los géneros estudiados se observa que la variación genética es mayor a niveles intra que interpoblacionales, lo cual es básico para establecer las prioridades y estrategias de conservación *in* o *ex situ* (recolecciones de germoplasma, protección de hábitats, etc.).

#### j) IMPLICACIONES TAXONÓMICAS

Los estudios moleculares se muestran como un elemento clarificador y muy valioso a la hora de establecer filogenias y parentescos a distintos niveles. En el caso de la flora macaronésica, los datos obtenidos detectan diversas clasificaciones infragenéricas que no corresponden a la realidad y que por tanto deben ser revisadas.

Aparte del caso ya comentado en relación a las especies endémicas de *Lavatera*, están en prensa o estudio los datos que justifican cambios taxonómicos que afectan a secciones o especies de géneros como *Argyranthemum*, *Crambe*, *Prenanthes*, *Sonchus* o *Taeckholmia*,... o a taxa infraespecíficos como ocurre en el género *Asteriscus*.

Es asimismo significativa la posibilidad de establecer los auténticos parentescos de los géneros y especies endémicas, al menos los más próximos de acuerdo a las floras supervivientes actuales.

#### k) NÚMERO DE INTRODUCCIONES

Uno de los aspectos que pueden determinarse, una vez establecida la monofilia o polifilia de géneros o grupos de especies, es el conocer el número de introducciones necesarias para dar origen al conjunto de la flora endémica actual.

Es claro que los géneros con representación monotípica (*Apollonias*, *Arbutus*, *Laurus*, *Pinus*..) derivan de una sola introducción, pero otros con más de una especie a nivel macaronésico (p. ej. *Ilex*, *Myrsine* o *Picconia*) aún no sabemos si están relacionadas o no y por tanto si son o no monofiléticas.

Para Canarias, poseemos ahora muchos datos que van aclarando esta situación, así sabemos que con una sola introducción se ha originado todo el grupo de *Aeonium* y géneros afines (66 especies en Canarias), todas las especies de *Crambe* (11), *Sideritis* (24), las especies de *Sonchus* subgénero *Dendrosonchus* y géneros afines (26 especies), todas las *Silene* (8), o las dos especies de *Androcymbium*. Probablemente también grupos no estudiados como *Lotus*, *Micromeria* y *Teline* o en estudio como *Cheirolophus*, el complejo *Lugoa-Gonospermum-Tanacetum* o *Tolpis* sean el resultado de una sola introducción.

Sin embargo, han sido más de una las introducciones necesarias para dar origen a los siguientes endemismos: dos para las dos *Lavateras* (*Lavatera acerifolia* y *L. phoenicea*), las especies de *Sonchus* (una para la especie herbácea compartida con África, *S. bourgaei*, y

otra para el resto de *Sonchus* subgénero *Dendrosonchus* y además los géneros *Babcockia*, *Sventenia* y la especie *Prenanthes pendula*). Probablemente serán varias también las introducciones necesarias para haber dado origen a todas las especies endémicas de *Convolvulus* o *Euphorbia* teniendo en cuenta su gran diversidad morfológica.

Estudiando los endemismos canarios, considerando los géneros con representación monotípica (81) como *Phoenix* o *Pinus*, los datos derivados de los estudios moleculares indicados y el posible carácter monofilético o no, para grupos aún no investigados, puede establecerse que han sido necesarias unas 156 introducciones para dar origen a toda la flora endémica de Canarias (570 especies), sin incluir los elementos macaronésicos, destacando el hecho de que tan sólo 17 introducciones han dado origen a casi la mitad la flora endémica (270 spp), siendo el exponente máximo la evolución del grupo de Crasuláceas. Bramwell (1986) había propuesto 186 introducciones para el total de endemismos canarios que cifraba en 470 endemismos canarios y 110 macaronésicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANCOECHEA, E., BRÄNDLE, J.L., CUBAS, C. R., HERNÁN y HUERTAS, M. J. 1996. Volcanic complexes in the eastern ridge of the canary Islands: the Miocene activity of the island of Fuerteventura. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 70: 183-204.
- AUBREVILLE, A. 1976. Centres Tertiaries d'origine, radiations et migrations des flores Angiospermiqes tropicales. *Adansonia, ser.2*, 16(3): 297-354.
- AXELROD, D.I., 1975. Evolution and Biogeography of Madrean-Tethyan sclerophyll vegetation. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 62: 280-334.
- BADR, A., MARTIN, W. y JENSEN, U. 1994. Chloroplast DNA restriction site polymorphism in Genisteeae (Leguminosae) suggest a common origin for temperate and American lupines. *Pl. Syst. Evol.* 193:95-105.
- BALDWIN, B.G. 1997. *Adaptive radiatin of the Hawaiian silversword alliance: congruence and conflict of phylogenetic evidence from molecular and non-molecular investigatins*. Pages 104-128 in *Molecular Evolution and Adaptive Radiation* (T.J. Givnish and K.J. Systma, eds.). Nueva York, Cambridge University Press.
- BALDWIN, B.G., D.J. CRAWFORD, D.J., FRANCISCO-ORTEGA, J., KIM, S. C., SANG, T. y STUESSY, T. 1998. *Molecular phylogenetic insights on the origin and evolution of oceanic islands plants in Molecular Systematics of Plants II*. DNA sequencing. Kluwer Academic Publ. Boston/(Dordrecht/London).
- BARBER, J.C., FRANCISCO-ORTEGA, J., SANTOS-GUERRA, A. y JANSEN, R.K. 1998. *Chloroplast DNA evidence for the evolution of the endemic subgenus Marrubiastrum (genus Sideritis; Lamiaceae) in Macaronesia*. Abstracts Baltimore Meeting (USA).
- BÖHLE, U.T., HILGER, H.H. y MARTIN, W.F. 1996. Island colonization and evolution of the insular woody habit in Echium L. (Boraginaceae). *Proc. Natl. Acad. Sci. Usa.* 93:11740-11745.
- BRAMWELL, D., 1986. Contribución a la biogeografía de las Islas Canarias. *Bot. Macar.* 14: 3-34.
- BRAMWELL, D., 1997. *The endemic flora of the Canary Islands In: Biogeography and Ecology in the Canary Islands*. G. Kunkel (ed.): 207-240.
- BREMER, B. 1996. *Phylogenetic studies within Rubiaceae and relationships to other families based on molecular data*. Opera Bot. Belg. 7:33-50.
- BROCHMAN, RUSTAN, O.H., LOBIN, W. y KILIAN, N. 1998. The endemic plants of the Cape Verde Islands, W. Africa. *Sommerfeltia* 24: 356 pp.
- CARLQUIST, S. 1970. Wood anatomy of insular species of Plantago and the problems of raylessness. *Bull. Torr. Bot. Club.* 97(6): 353-361.
- CARLQUIST, S. 1971. Wood anatomy of Macaronesian and other Brassicaceae. *Aliso*. Vol. 7, nº 3: 365-384.
- CARLQUIST, S. 1974. *Island Biology*. Nueva York, Columbia University Press.
- CARLQUIST, S., 1992. *Hawaii. A natural History*. National Tropical Botanical Garden. Hawaii.
- CERBAH, M., SOUZA-CHIES, T., HUBIER, M.F., LEJEUNE, B. y SILKAJ-YAKOLEV, S. 1998. Molecular phylogeny of the genus Hypochoeris using Internal Transcribed Spacers of Nuclear rDNA. Inference for Chromosomal Evolution. *Mol. Biol. Evol.* 15(3): 345-354.
- CRAIB, I.L., MURRAY, B.E. y RAJHATHY, T. 1974. Avena canariensis: morphological and electrophoretal polymorphism and relationship to the A. magna-A. murphy complex and A. sterilis. *Can. J. Genet. Cytol.* 16: 677-689.
- CRISTOFOLINI, G. 1997. The Biodiversity of the Leguminosae-Genisteeae and its genesis. *Lagascalia* 19(1-2): 121-128.
- CRISTOFOLINI, G. y FEOLI CHIAPELLA, L. 1984. Origin and diversification of Genista (Fabaceae). *Webbia* 45:87-119.
- DEL ARCO, M.C. y NAVARRO, J.F. 1987. *Los aborígenes. Historia Popular Canaria* 1. CCPC. La Laguna.
- ENGHOFF, H. y BÁEZ, M. 1993. Evolution of distribution and habitat patterns in endemic millipedes of the genus Dolichoilius (Diploda: Julidae) on the Canary Islands, with notes on distribution patterns of other Canarian species swarms. *Biological Journ of the Linnean Soc.* 49:277-301.

- ENGLER, A. 1879. *Versuch einer Entwicklungsgeschichte, insbesondere der Florengebeite seit der Tertiärperiode. I. Die exträtropischen Gebeite der nördlichen Hemisphäre*. Leipzig, W. Engelmann.
- FRANCISCO-ORTEGA, J., JACKSON, M.T., CATTY, J.P. y FORD-LLOYD, B.V. 1992. Genetic diversity in the *Chamaecytisus proliferus* complex (Fabaceae-Genisteae) in the Canary Islands in relation to in situ conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 39: 149-158.
- FRANCISCO-ORTEGA, J., SANTOS-GUERRA, A., KIM, S.-C. y CRAWFORD, D.J. 1998. Plant genetic diversity in the Canary Islands: A conservation perspective. *American Journal of Botany*. En evaluación.
- FRANCISCO-ORTEGA, F., JANSEN, R.K. y SANTOS-GUERRA, A. 1996. Chloroplast DNA evidence of colonization, adaptive radiation, and hybridization in the evolution of the Macaronesian flora. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 93: 4085-4090.
- FRANCISCO-ORTEGA, F., FUERTES-AGUILAR, J., KIM, S.-C., CRAWFORD, D.J., SANTOS-GUERRA, A., y JANSEN R.K., 1996. *Molecular evidence for the origin, evolution, and dispersal of Crambe (Brassicaceae) in the Macaronesian Islands. P. 41 in Abstracts 2nd Symposium fauna and flora of the Atlantic Islands*. Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de Las Palmas.
- FRANCISCO-ORTEGA, J. y SANTOS-GUERRA, A. (en prensa). *Genes y Conservación de plantas vasculares*.
- FRANCISCO-ORTEGA, J., SANTOS-GUERRA, A., HINES, A. y JANSEN, R.K. 1997. Molecular evidence for a Mediterranean origin of the Macaronesian endemic genus *Argyranthemum* (Asteraceae). *Amer. J. Bot.* 84: 1595-1613.
- FUERTES AGUILAR, J., RAY, M.F., FRANCISCO-ORTEGA, J. y JANSEN, R.K. 1996. *Systematics and evolution of the Macaronesian endemic Malvaceae based on morphology and molecular evidence*. Pag. 55 in Abstracts of the 2nd symposium for the fauna and flora of the Atlantic islands. Gran Canaria, Spain, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- FUERTES-AGUILAR, J., FRANCISCO-ORTEGA, J., RAY, M.C., SANTOS-GUERRA, A. y JANSEN, R.K. en prensa. *Molecular evolution of paleoendemic and neoendemic Lavatera (Malvaceae) in the Canary Islands*.
- GARCÍA-TALAVERA, F., SÁCHEZ-PINTO, L. y SOCORRO-HERNÁNDEZ, S. 1990. Vegetales fósiles en el complejo traquítico-sienítico de Gran Canaria. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias* 7: 77-91.
- GOERTZEN L.R., FRANCISCO-ORTEGA, J., SANTOS-GUERRA, A., LINDER, C.R. y JANSEN, R.K. 1998. *New and improved phylogeny of the Asteriscus alliance: evidence from the external transcribed spacer of the nrDNA*. Abstracts Baltimore Meeting (USA).
- GONZÁLEZ, R. y TEJERA, A. 1981. *Los aborígenes canarios*. Colección Minor. 1. Universidad de La Laguna.
- HANSEN, A., y SUNDING, P. 1993. Flora of Macaronesia. Checklist of vascular plants, 4th revised ed. *Sommerfeltia* 17:1-296.
- HELFGOTT, M., FRANCISCO-ORTEGA, J., SANTOS-GUERRA, A., JANSEN, R.K. y SIMPSON, B.B. en prensa. *Molecular systematics of the Bencomia alliance (Rosaceae) in Macaronesia: evidence for a mediterranean origin*.
- HILEMAN, L.C., PARKER, T., VASEY, M.C. y LISTON, A. 1995. Phylogeny and Biogeography of *Arbutus* (Ericaceae), a putative Madrean-Tethyan disjunct genus. Abstracts. *Amer. Journ. Botany*. Vol. 82(6):390.
- JUAN, C., OROMÍ, P. y HEWITT, G.M. 1995. Mitochondrial DNA phylogeny and sequential colonization of Canary Islands by darkling beetles of the genus *Pimelia* (Tenebrionidae). *Procc. of the Roy. Soc. of London, Series B* 261:173-180.
- JUAN, C., OROMÍ, P. y HEWITT, G.M. 1996. *Phylogeny of the genus Hegeter (Tenebrionidae, Coleoptera) and its colonization of the Canary Islands deduced from Cytochrome Oxidase I mitochondrial DNA sequences*. *Heredity* 76:392-403.
- KADEREIT, J.W., en prensa. *The phylogenetic relationships and evolution of the Canarian laurel forest endemic Ixanthus viscosus (Ait.) Griseb. (Gentianaceae): tertiary relict or derived member of a Mediterranean clade?*
- KÁSS, E. y WINK, W. 1995. Molecular phylogeny of the Papilionoideae (Family Leguminosae): rbcL Gene Sequences versus chemical Taxonomy. *Bot. Acta* 108: 149-162.
- KIM, S.-C., CRAWFORD, D.J., FRANCISCO-ORTEGA, F. y SANTOS-GUERRA, A. 1996. A common origin for woody *Sonchus* and five related genera in the Macaronesian Islands: molecular evidence for extensive radiation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93: 7743-7748.



- KIM, S.-C., CRAWFORD, D.J., FRANCISCO-ORTEGA, J. y SANTOS-GUERRA, A., en prensa. *Adaptive radiation and genetic differentiation in the woody Sonchus alliance (Asteraceae: Sonchinae) in the Canary Islands.*
- KRUPIN A.B., LISTON, A. y STRAUSS, S.H. 1996. Phylogenetic analysis of the hard pines (Pinus subgenus Pinus, Pinaceae) from chloroplast DNA restriction site analysis. *Amer. Journ. of Botany* 83(4):489-498.
- LA ROCHE, F. y PIÑERO, C. 1994. Aproximación al número de taxones de la flora vascular silvestre de los archipiélagos macaronésicos. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*. VI (2,3,4):77-98.
- LEMS, K., 1960. Floristic Botany of the Canary Islands. *Sarracenia* 5:1-94.
- LISTON, A., 1997. Biogeographic relationships between the mediterranean and north american floras: insights from molecular data. *Lagascalia* 19(1-2):323-330.
- LLEDÓ, M.C., CRESPO, M.B., CAMERON, K.M., FAY, M.F. y CHASE, M.W. 1998. Systematic of Plumbaginaceae Based upon Cladistic Analysis of rbcL. Sequence Data. *Systematic Botany* 23(1):21-29.
- LOBIN, W., LEYENS, T., SANTOS, A., COSTA NEVES, H. y GOMES, I., en prensa. The genus *Sideroxylon* (Sapotaceae) on the Canary Islands, Cape Verde Islands and Madeira archipelago. *Nord. J. Bot.*
- LOWE, A.J. y ABBOTT, R. 1996. Origins of the new allopolyploid species *Senecio cambrensis* (Asteraceae) and its relationships to the Canary Islands endemic *Senecio teneriffae*. *American Journal of Botany* 83(10):1365-1372.
- MARRERO, A. y PÉREZ, P. 1997. *Flora terrestre de Canaria y su biodiversidad. Ecosistemas insulares canarios. Máster en Gestión Ambiental*. Vol. I:177-189. Santa Cruz de Tenerife.
- MES, T.H.M. y HART, T. 1996. The evolution of growth forms in the macaronesian genus *Aeonium* (Crassulaceae) inferred from chloroplast DNA RFLPs and morphology. *Molec. Ecol.* 5:351-363.
- MEUSEL, H. 1965. *Die Reliktvegetation der Kanarischen Inseln in ihren Beziehungen zur süd-und mitteleuropäischen Flora*. Gesammelte Vorträge über Moderne Probleme der Abstammungslehre 1:117-136.
- MORIKAWA, T. y LEGGETT, J. M. 1990. Isozyme polymorphism in natural populations of *Avena canariensis* from the Canary Islands. *Heredity* 64:403-411
- MUZZOLINI, A. 1985. Les climats au Sahara et sur ses bordures, du Pléistocène final à l'aride actuel. *Empuries*, 47:8-27.
- OLMSTEAD R.G. y PALMER, J.D. 1997. Implications for the phylogeny, classification, and biogeography of *Solanum* from cpDNA restriction site variation. *Systematic Botany* 22:19-31.
- PANERO *et al.* 1998. Molecular evidence for the origin and evolution of the Macaronesian endemic genus *Pericallis*. *Abstracts Baltimore Meeting (USA)*
- PANERO, J., FRANCISCO-ORTEGA, J., SANTOS-GUERRA, A. y JANSEN, R.K., en prensa. *Nuclear ribosomal DNA phylogeny of Pericallis (Asteraceae: Senecioneae) provides evidence for multiple origins of woodiness in oceanic islands.*
- PEDROLA-MONFORT, P. & J. CAUJAPÉ-CASTELLS, 1994. *Allozymic and morphological relationships among Androcymbium gramineum, A. europaeum, and A. psammophilum (Colchicaceae)*. *Pl. Syst. Evol.* 191:111-126.
- PEDROLA-MONFORT, J. y CAUJAPÉ-CASTELLS, J. 1996. Genetic and morphological divergence in the *Androcymbium* complex (Colchicaceae). *Pl. Syst. Evol.* 201:149-162.
- QUÉZEL, P., 1979. Analysis of the flora of mediterranean and Saharan Africa. *Ann. Missouri Bot. Garden*, vol. 65(2):480-534.
- QUÉZEL, P., 1983. Flore et végétation de l'Afrique du nord, leur signification en fonction de l'origine, de l'évolution et des migrations des flores et structures de végétation passées. *Bothalia* 14, 3 & 4: 411-416.
- QUÉZEL, P. y BARBERO, M. 1993. Variations climatiques au Sahara et en Afrique sèche depuis le pliocène: enseignements de la flore et de la végétation actuelles. *Bull. Ecol.*, t 24(2-3-4):191-202.
- RAVEN, P.H. 1973. *The evolution of mediterranean floras in Mediterranean Type Ecosystems* (F. di Castri and H. A. Mooney eds.). Nueva York.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. *et al.*, 1993. Excursion guide. Outline vegetation of Tenerife Island (Canary Islands). *Itinera Geobotánica* :5-167
- SAHUQUILLO, E. y LUMARET. 1995. Variation in the subtropical group of *Dactylis glomerata* L. 1. Evidence from Allozyme Polymorphism. *Biochemical Systematics and Ecology*, vol. 23, nº 4: 407-418.

- SÁNCHEZ-YELAMO, M.D., ESPEJO-IBÁÑEZ, M.C., FRANCISCO-ORTEGA, J. y SANTOS-GUERRA, A. 1995. Electrophoretic evidence of variation in populations of the fodder legume *Chamaecytisus proliferus* from the Canary Islands. *Biochemical Systematics and Ecology* 23: 53-63.
- SANTONI, S. y BERVILLÉ, A. 1992. Characterization of the nuclear ribosomal DNA units and phylogeny of *Beta* L. wild forms and cultivated beets. *Theor. App. Genet.* 83:533-542
- SANTOS, A., 1984. *Flora y Vegetación. Geografía de Canarias*. I. Geografía Física: 257-294. Ed. Intersinsular Canaria. Santa Cruz de Tenerife.
- SANTOS, A., 1990. *Evergreen forests in the Macaronesian region*. Nature and Environment Series, Nº.49. Council of Europe. Strassbourg.
- SAPORTA, G. 1862-1874. *Etudes sur la Végétation du Sud-Est de La France à l'époque tertiaire*. Ann. Sci. Nat. Bot. sér 4, 16:309, 348; 17:191-311(1862); 19:5-124(1863); sér. 5,3: 5-152 (1865); 8:5-136 (1867); 9:5-62(1868); 15:277-351(1872); 17:5-44 (1873); 18:23-146(1874).
- SCHENK, H. 1907. *Beiträge zur Kenntnisse der Vegetation der Canarischen Inseln*. Wiss. Ergebn. Deutsch. Tiefsee. Exped. Valdivia 1898-1899. Bd. 2. Teil 1, no 3.
- SCHMIDT, T. y HESLOP-HARRISON, J.S. 1993. Variability and evolution of highly repeated DNA sequences in the genus *Beta*. *Genoma*, vol. 36: 1074-1079.
- SUNDING, P. 1979. *Origins of the Macaronesian flora*. Pages 13-40 in *Plants and Islands* (D. Bramwell, ed.) London, Academic Press.
- SUSANA, A., GARCÍA JACAS, N., SOLTIS, D.E. y SOLTIS, P.S. 1995. Phylogenetic relationships in tribu Cardueae (Asteraceae) based on ITS sequences. *American Journal of Botany* 82(8):1056-1068.
- TAKHTAJAN, A. 1969. *Flowering Plants. Origin and Dispersal*. Washington, D.C., Smithsonian Institution Press.
- VAM HAM, R.C. y HART, T. 1998. Phylogenetic relationships in the Crassulaceae inferred from chloroplast DNA restriction-site variation. *American Journal of Botany* 85:123-134.
- VARGAS, P., C. MORTON & S. JURY. En revisión. Biogeographic patterns in mediterranean and macaronesian species of *Saxifraga* (Saxifragaceae) inferred from phylogenetic analysis using ITS sequence. *Am. J. Bot.*
- VERLAQUE R., MÉDAIL F., QUÉZEL P. y BABINOT J.-F. 1997. Endémisme végétal et paléogéographie dans le Bassin Méditerranéen. [Plant endemism and palaeogeography in the Mediterranean Basin]. *Geobios*, M.S. nº 21.
- WARWICK, S.I. y BLACK, L.D. 1993. Molecular relationships in subtribe Brassicinae (Cruciferae, tribe Brassiceae). *Canadian Journal of Botany* 71:906-918.
- WHITTON, J.R., WALLACE, R.S. y JANSEN, R.K. 1995. Phylogenetic relationships and patterns of character change in the tribe Lactuceae (Asteraceae) based on chloroplast DNA restriction site variation. *Canadian Journal of Botany* 73:1058-1073.



# **LOS PARQUES NACIONALES DE CANARIAS**

Juan José Bacallado

Director del Museo de Ciencias Naturales  
Organismo Autónomo de Museos y Centros  
Cabildo Insular de Tenerife



«*Salvar la Biodiversidad  
es salvar la diversidad cultural*»

Edgar Morín

## INTRODUCCIÓN

La creación del primer parque nacional canario en enero de 1954 (P.N. del Teide) vino a ser algo así como el pistoletazo oficial de salida que inauguraba la difícil y controvertida protección de los espacios naturales en Canarias; la primera piedra, un tanto tardía, para la conservación y protección de lo que Machado (1995) denomina con acierto infraestructura natural del archipiélago. Desde entonces, y hasta la aprobación en 1994 de la Ley de Espacios Naturales de Canarias, han quedado por el camino no pocos esfuerzos de quienes –de alguna manera y desde la buena voluntad y leal saber y entender– creíamos necesaria y prioritaria la ordenación y planificación de todo el territorio insular, un espacio físico muy reducido que sustenta unos ecosistemas especialmente sensibles a cualquier tipo de alteración.

No creo necesario desarrollar un detallado análisis histórico de cómo hemos llegado a la actual situación en materia de protección del medio natural canario. A tal fin remito al lector al espléndido trabajo “La red canaria de espacios naturales protegidos”, de Martín y colaboradores (1995), publicada por la Consejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias, donde –amén de algunas consideraciones generales– se examinan y desarrollan los principales hitos en la historia de los espacios naturales de Canarias, que para dichos autores... “se corresponden con determinadas fechas que han supuesto el punto de inflexión de diferentes planteamientos ante la naturaleza: 1) *espíritu de Yellowstone* (primer parque nacional del mundo / Ley de P.N. de 1916); 2) *Leyes de 1956/57* (del suelo y montes respectivamente); 3) *Leyes de 1975* (de espacios naturales y nueva ley del suelo); 4) *Leyes de 1987* (de espacios naturales de Canarias / planes insulares de ordenación / ordenación urbanística del suelo rústico); y 5) *Ley de 1989* (conservación de los espacios naturales y de la fauna y flora silvestre). Pero sí debo añadir –porque lo he vivido durante los casi 40 años que llevo dedicado al estudio y enseñanza de la zoología, así como a la observación y disfrute del medio natural canario– que uno de los hechos a mi juicio más relevante y de mayor importancia en lo que a la defensa del medio ambiente en Canarias se refiere, fue la acertada medida de la creación –a finales de los años sesenta– de los estudios de Ciencias Biológicas en la Universidad de La Laguna. Por aquel entonces, los foros principales donde se manifestaba la creciente preocupación por el rápido deterioro del medio natural en las islas eran algunas instituciones culturales, tales como el recién creado Museo Insular de Ciencias Naturales de S/C de Tenerife, el Ateneo de La Laguna, el Museo Canario de Las Palmas, el Instituto de Estudios Canarios y algunos pequeños núcleos de naturalistas e intelectuales ligados a la Universidad de La Laguna, a los medios de comunicación escritos, a grupos de estudiosos europeos y a lo que

podríamos definir como demócratas en la clandestinidad. Todo ello fue el germen que propició la creación de dos asociaciones pioneras en la defensa de la Naturaleza Canaria: ASCÁN en Gran Canaria y ATÁN en Tenerife, seguidas más tarde por otros colectivos ecologistas no menos importantes.

A partir de entonces, en los prolegómenos de la recuperación de las libertades, se fueron sucediendo coloquios, mesas redondas, artículos periodísticos, entrevistas e incluso protestas "cuasi consensuadas", que sirvieron para frenar el *modus operandi* oficialista en lo que a política forestal se refiere.

El Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) asume a regañadientes ciertos postulados que el tejido social canario reivindica. Se frenan en parte los aprovechamientos forestales en el monteverde y en el pinar canario, a la par que comienza a hablarse seriamente de conservación de espacios naturales en las islas, recuperación de hábitats y protección de especies amenazadas. Quien escribe estas líneas pudo presentar en el Ayuntamiento de La Laguna -con el asesoramiento y apoyo de la Universidad- una moción (que fue aprobada por unanimidad) para evitar la salvaje tala a que estaban sometidos los montes de laurisilva del municipio. Creo que estábamos en el mejor de los caminos, y también afirmo que todo ello fue crucial para el largo trecho que ha habido que recorrer hasta desembocar en la actual situación con un 40% del territorio canario protegido por la ley.

En efecto, el 16 de noviembre de 1994 quedó aprobada la ley de espacios naturales de Canarias, reclasificando todos los espacios reseñados en la ley de 1987 a las nuevas categorías. Como señalan Martín y colaboradores (op.cit): *...la nueva ley canaria constituye un nuevo episodio de la protección de los espacios naturales protegidos, para adaptar la estrategia de conservación a la realidad actual. Su carácter regulador contrasta con el meramente declarativo de la ley de 1987, en la medida que crea un marco jurídico completo y nuevo, para las mismas áreas de años antes.*

A fuer de ser sincero, nunca soñé con que en Canarias llegaríamos a contar con una ley de protección y conservación de la naturaleza tan amplia y completa, donde tuvieran cabida el mantenimiento del paisaje, la restauración y mejora de los recursos naturales y de los procesos ecológicos esenciales, amén de la protección de una serie representativa de espacios naturales que se reconocen en siete figuras diferentes: parque natural, parque rural, reserva natural integral, reserva natural especial, monumento natural, paisaje protegido y sitio de interés científico. La octava figura, los parques nacionales, son parques naturales congestionadas por la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas; es decir que cualquier resolución sobre los parques nacionales será un acuerdo compartido a partes iguales, a través de una Comisión Mixta integrada, en el caso de Canarias, por cuatro miembros en representación de la administración central y cuatro por la autonómica.

Los grandes objetivos de esta ley son: a) Promover un desarrollo sostenido de la naturaleza donde el sentido utilitario no perjudique a la conservación de sus valores; b) Promover actuaciones de investigación, educación y recreación; y c) Facilitar la conservación

a través de planteamientos realistas y coherentes con las características del archipiélago.

Así, los fundamentos de protección de los espacios naturales quedarían recogidos en los siguientes planteamientos:

- a) Desempeñar un papel importante en el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales de las islas, tales como la protección de los suelos, la recarga de los acuíferos y otros análogos.
- b) Constituir una muestra representativa de los principales sistemas naturales y de los hábitats característicos, terrestres y marinos, del archipiélago.
- c) Albergar poblaciones de animales o vegetales pertenecientes a especies catalogadas como amenazadas, altas concentraciones de elementos endémicos o especies que en virtud de convenios internacionales o disposiciones específicas requieran una protección especial.
- d) Contribuir significativamente al mantenimiento de la biodiversidad del archipiélago canario.
- e) Incluir zonas de importancia vital para determinadas fases de la biología de las especies animales, tales como áreas de reproducción y cría, refugio de especies migratorias y análogas.
- f) Constituir un hábitat único de endemismos canarios o donde se albergue la mayor parte de sus efectivos poblacionales.
- g) Albergar estructuras geomorfológicas representativas de la geología insular, en buen estado de conservación.
- h) Conformar un paisaje rural o agreste de gran belleza o valor cultural, etnográfico, agrícola, histórico, arqueológico, o que comprenda elementos singularizados y característicos dentro del paisaje general.
- i) Contener yacimientos paleontológicos de interés científico.
- j) Contener elementos naturales que destaquen por su rareza o singularidad o tengan interés científico especial.

Finalidades fundamentales que conectan a la perfección con el documento "Estrategia Mundial para la Conservación", formulado, elaborado y presentado por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus recursos), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la World Wildlife Fund, que establece tres objetivos fundamentales:

- Mantenimiento de los procesos ecológicos y de los sistemas vitales esenciales.
- Preservación de la diversidad genética.
- Utilización sostenida de las especies y de los ecosistemas.



Objetivos que marcan la filosofía concluyente de la Estrategia Mundial, resumida en la expresión: conservación es **garantía de un desarrollo a largo plazo**.

Pero la etapa más decisiva para la protección de la naturaleza en estado casi prístino se desarrolla en Norteamérica y tiene un nombre propio: Yellowstone. Se trata del primer parque nacional del mundo; creado en 1872 en las Montañas Rocosas (estados de Wyoming, Montana e Idaho), viene a representar el inicio de una etapa conservacionista cuya influencia se extendería con relativa facilidad por el resto del Planeta: es lo que se ha dado en llamar el “espíritu de Yellowstone”. Entre las muchas expediciones llevadas a cabo a aquel territorio entre 1869 y 1872 –unas privadas y otras sufragadas por el Congreso de los Estados Unidos, que informaron con detalle de tan asombrosa tierra– destaca aquélla en la que el abogado Cornelius Hedges dejó escritas estas palabras que resumen la filosofía que animaba a los expedicionarios:

*Me parece que Dios hizo esta región para que todo el pueblo y todo el mundo vea y se regocije para siempre. Es imposible que alguna persona llegara a pensar que podría adueñarse de algo de esta tierra como de su propiedad y provecho. Este gran bosque no nos pertenece, sino que pertenece a América. Hagamos de él un gran parque y reser-vémoslo para América; nunca debe ser cambiado, obligándonos a mantenerlo siempre intacto, como se lo ve ahora a fin de que los americanos puedan saber como fue de espléndida esta América primitivamente y que hermosa y maravillosa.*

Los Estados Unidos no sólo fueron pioneros, sino que actualmente cuentan con una amplia red federal de más de 60 parques nacionales excelentemente gestionados. Canadá siguió el ejemplo, habiendo iniciado su política conservacionista con la declaración del primer parque nacional en 1887 (Banff), al que pronto siguieron otros -Algonquin (1893) y Les Laurentièdes (1895)- hasta completar un sistema de espacios de gran categoría. En Europa, Suiza y Gran Bretaña crean sus primeros parques en 1914, aunque el concepto de parque nacional de los británicos se asemeja más a la creación de un área rural protegida (*countryside*). Según Machado (com. pers.): “...en países como Alemania y sobre todo en el Reino Unido, la atención sobre el “*countryside*” ha venido a desplazar el enfoque originario sobre el “*wilderness*”, y de ahí que los “parques nacionales” británicos sean reconocidos por la doctrina internacional, como meros “paisajes protegidos”, de factura antrópica, donde se acepta la presencia humana como algo consustancial del medio e, incluso, deseable”. En Rusia, la Academia de Ciencias de Moscú tomó la iniciativa propiciando la creación de las primeras reservas naturales, como la Assania Nova en Ucrania (1874), Moritsala en Letonia (1911) o Lagodekhi en Georgia (1912). Suecia crea su propia red de parques nacionales a partir de 1909, siguiéndole más tarde Polonia, Italia e Islandia. Nueva Zelanda también maduró, creando su primer parque en 1894 (Tongariro), al que siguieron otros de apreciable extensión. Indonesia, México, Brasil, Argentina, Ecuador, Chile, Costa Rica, etc., cuentan con numerosos y emblemáticos parques nacionales en los que se aprecia claramente la influencia del sistema gestor de los EEUU. El continente africano no se quedó atrás, y -como informa Paluzie (1990): ...“cabe recordar la iniciativa del Presidente Krüger, que en 1892 protege la

*Sabi Game Reserve, seguida en 1925 de la creación en el Congo del santuario de los gorilas, por decisión del Rey Alberto de Bélgica”...*

En España, si exceptuamos –como señala Paluzie (op.cit.)– que las primeras medidas “protectoras” del medio natural provenían de disposiciones dictadas por órganos de la administración “productiva” (silvicultura, caza, pesca), el primer intento serio de organizar legalmente la protección de la naturaleza fue la Ley de Parques Nacionales de 1916, conocida también como Ley Gasset, y que fue propuesta por el entonces senador Pedro Pidal y Bernaldo de Quirós, Marqués de Villaviciosa (Asturias). Fue una sencilla y a la vez magnífica ley que tuvo una aplicación casi inmediata. En su segundo artículo definía así la figura del parque nacional:

*“Son parques nacionales, para los efectos de esta ley, aquellos sitios o parajes excepcionalmente pintorescos, forestales o agrestes del territorio nacional que el Estado consagra, declarándolos tales, con el exclusivo objetivo de favorecer su acceso por vías de comunicación adecuadas, y de respetar y hacer que se respete la belleza natural de sus paisajes, la riqueza de su fauna y de su flora y las particularidades geológicas e hidrológicas que encierran, evitando de este modo con la mayor eficacia todo acto de destrucción, deterioro o desfiguración por la mano del hombre”.*

Actualmente, los parques nacionales aparecen definidos en el artículo 3 de la Ley 15/1975 de Espacios Naturales Protegidos como sigue:

*“Espacios naturales de relativa extensión que se declaran por ley como tales por la existencia en los mismos de ecosistemas primigenios que no hayan sido sustancialmente alterados por la penetración, explotación y ocupación humana y donde las especies vegetales y animales, así como los lugares y las formaciones geomorfológicas, tengan un destacado interés cultural, educativo o recreativo, o en los que existan paisajes naturales de gran belleza”.*

Es una definición claramente inspirada en la de la UICN, que a su vez conecta con el ya mentado “espíritu de Yellowstone”.

Sea como fuere, España cuenta ya con una red de parques nacionales potencialmente ampliable, en la que Canarias juega un papel de suma importancia con sus cuatro parques: Teide, Taburiente, Timanfaya y Garajonay.

Para un territorio insular tan finito y frágil como el nuestro, estas áreas protegidas se convierten en auténticas “islas dentro de las islas” y son, a no dudarlo, cuatro joyas naturales de gran relevancia paisajística; arcas de Noé en el Atlántico que llevan a bordo todo un reservorio de biodiversidad.

No obstante, sería deseable la creación en Canarias de un quinto parque nacional que recogiera la mejor y más extensa representación del cardonal-tabaibal, la formación vegetal más dañada por las actividades del hombre, lo que podría llevarse a cabo en Gran Canaria o El Hierro, con independencia de otros pequeños espacios que –bajo otra figura de

protección– ya preservan este tipo de piso basal en el que cardones y tabaibas asumen el papel de organismos productores.

Por último, con la satisfacción ya manifestada por la ley de espacios naturales de Canarias que otorga protección sobre el papel a 145 enclaves naturales, no quiero dejar de señalar el retraso con que se está abordando la ordenación y gestión de los mismos. Urge que la Comunidad Autónoma dedique una mayor dotación presupuestaria a estos menesteres, a fin de abordar con las mejores garantías el reto del siglo que se avecina.

Existe personal preparado para ello y ya no es posible esperar más. Con un modelo de desarrollo equivocado, Canarias camina hacia el colapso más absoluto; debemos ser capaces de cambiar nuestro estilo de vida y adaptarlo a las características específicas de los ecosistemas canarios, pues esos ecosistemas y paisajes son los auténticos pilares de nuestro desarrollo y bienestar.



El matorral de alta montaña canaria (retamar-codesar) es el referente más conspicuo del paisaje teideano.

## EL TEIDE

...“El día era malo y las nubes ocultaban el Pico; pero eran esas nubes, corrientes sobre el Valle, y que es preciso atravesar durante la subida, para hallar después Las Cañadas bañadas por el sol”.

...“¡Qué espectáculo! ¡Qué delicia! Hemos bajado al fondo del cráter quizás más lejos que cualquier otro naturalista. En realidad, fuera de Borda y de Mason, ninguno ha ido más allá del último cono. No hay mucho peligro, pero resulta cansado por el calor y el frío; en el cráter, los vapores de azufre nos agujereaban los trajes, mientras que nuestras manos se entumecían,

por dos grados Réaumur. Dios mío, qué sensación, en esas alturas (¡14.500 pies!) Encima de nosotros, la bóveda celeste, de un azul oscuro; a nuestros pies, viejas riadas de lava; en nuestro alrededor, aquel escenario de desolación (tres millas cuadradas de piedra pómez), rodeado por bosques de laureles; a lo lejos, abajo, los viñedos entreverados con grupos de plataneras que se extienden hasta el mar; unos pueblos preciosos en la orilla, el mar, y todas las siete islas, entre las cuales La Palma y Gran Canaria poseen volcanes muy elevados, parecían por debajo de nosotros, como en un mapa geográfico”.

....“El cielo estaba cuajado de estrellas y la noche era luminosa; pero para nosotros el buen tiempo habría de terminar pronto. La tempestad empezó a rugir violentamente alrededor de la cumbre; y tuvimos que asirnos fuertemente al borde del cráter. El viento silbaba en los abismos con el fragor de un trueno, y una capa de nubes nos separaba del mundo de los vivos. Mientras bajábamos, estábamos aislados encima de las nubes como un navío en plena mar. Este cambio rápido de un hermoso claro de luna a las tinieblas y la soledad de las nubes nos causó una honda impresión”.

...“Abandonamos, con mucho pesar nuestro, este lugar solitario, este sitio en donde la naturaleza se descubre en toda su majestad”.

Alejandro de Humboldt en Tenerife (Ascención al Teide)

## EL PARQUE NACIONAL DEL TEIDE

Pionero de los espacios protegidos de Canarias, se encuentra situado por encima de los 1.950 m de altitud en la isla de Tenerife, convirtiéndose así en el techo de la Macaronesia. Allí aparece entronizado el estratovolcán Teide que, como señala el vulcanólogo Carracedo (1984), ... *“se trata del único ejemplo actual en Canarias de un cono volcánico compuesto, constituido por la persistencia de la actividad efusiva sálica (traquitas y fonolitas) en una zona muy localizada de la isla”*. Es decir, un edificio poligénico construido tras numerosas erupciones y, por consiguiente, con superposición alternante de coladas y piroclastos. La leve asimetría que presenta se debe a la aparición de otro centro importante de emisión cual es el Pico Viejo. Este majestuoso complejo Teide-Pico Viejo, singular estratovolcán del archipiélago que se ha formado en el Pleistoceno y permanece todavía activo, está ubicado en el interior de una gran depresión o caldera ovalada de 130 km<sup>2</sup> de superficie, conformada por la suma de dos calderas menores a diferentes alturas y separadas por los famosos roques de García, desde la base de Guajara a la del mismo Teide. El origen de este recinto, encerrado por Las Cañadas del Teide y de 17 km de diámetro mayor, parece asociado a deslizamientos gravitatorios, favorecidos –como indican los geólogos J. Bravo y T. Bravo (1989)– por la existencia en el subsuelo de materiales plásticos que fluyen bajo presión y son altamente deslizantes.

Las paredes que bordean este singular e irreplicable recinto están conformadas por una serie de tramos más o menos diferenciados (Bravo y Bravo, *op. cit.*): La Fortaleza-El Cabezón; Portillo de la Villa; Siete Cañadas y Cañada de Diego Hernández; Risco Verde-Topo de la Grieta-Pasajirón; Degollada de Peraza a Boca de Tauce; Boca de Tauce-El Cedro; Montañetas de Chasogo.

Este Parque es un libro abierto para los estudiosos del vulcanismo; además del emblemático volcán Teide (3.718 m) - Pico Viejo (3.103 m) -declarado Monumento Natural- podemos admirar un paisaje siempre cambiante y novedoso donde malpaíses basálticos, coladas lávicas viscosas y obsidiánicas, campos de cenizas, bombas volcánicas, conos de cinder, domos sálicos, diques, hornitos, tubos de lava, solfataras, etc., nos hablan bien a las claras de la espectacular variedad de materiales y estructuras de este paradigmático enclave.

No debo dejar de señalar el elevado valor histórico de estos parajes, donde abundan yacimientos arqueológicos que los guanches dejaron como consecuencia de sus reiteradas visitas a **Echeyde**, nombre con el que conocían al Teide, bien por el carácter sagrado que para ellos tenía el recinto de Las Cañadas, bien -como señala el desaparecido arqueólogo canario Cuscoy (1968)- porque la zona representaba un recurso fundamental para la supervivencia, sobre todo durante el estío en el que llevaban el ganado a pastar en el matorral xerófilo de la alta montaña. Pequeñas cuevas de habitación o refugio, rudimentarias cabañas de abrigo, rediles para el ganado y escondrijos para sus vituallas de mayor valor y utilidad: gánigos, molinos, tabonas, etc., e incluso se han encontrado enterramientos con momias

depositadas sobre lecho de ramas del lugar y con el ajuar correspondiente. Para los aborígenes canarios en Echeyde moraba **Guayota**, fuerza maligna que generaba devastación, quizás una especie de infierno que tenía para ellos una significación sobrenatural.

Asimismo este Parque es un auténtico santuario para la flora de alta montaña canaria. La vegetación dominante es el matorral de alta montaña de carácter estrictamente heliófilo, una comunidad vegetal arbustiva y abierta dominada por dos leguminosas: la **retama del Teide** (*Spartocytisus supranubius*) y el **codeso** (*Adenocarpus viscosus*); la primera, de vigoroso porte arbustivo y flores blancas muy olorosas, es una planta melífera que marca la pauta en el paisaje de la alta montaña canaria; el **codeso de pico**, arbusto frondoso y rastrero, nos inunda con el "pegajoso" e intenso aroma que desprenden su amarillas flores. El predominio de estas especies ha dado lugar al nombre con que se conoce este matorral: **retamar-codesar**. Como acompañantes de esta formación aparece una serie de plantas arbustivas y herbáceas, líquenes saxícolas y musgos, que se distribuyen por el terreno según sus diferentes exigencias ecológicas.

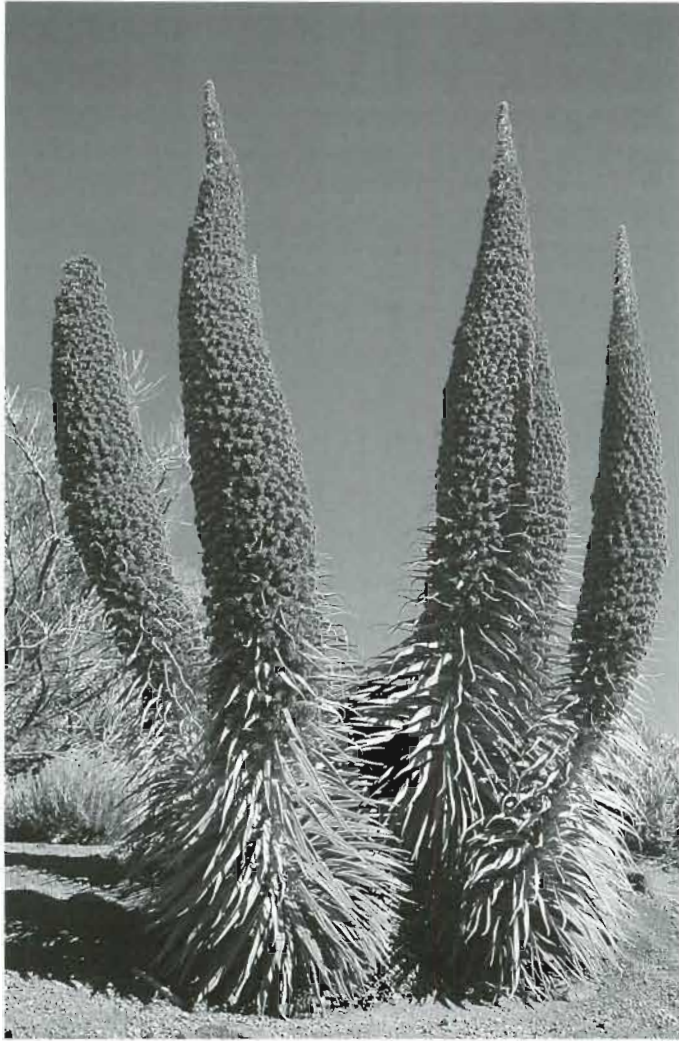
No hay que olvidar que quien realmente manda en la alta montaña canaria es el clima; un rudo clima que ejerce su tiranía por encima de cualquier otro factor, ralentizando los procesos naturales y estrechando la banda de tiempo en el que el desarrollo de la vida cobra su máximo esplendor. Cuanto más crudo se presenta el invierno -nieve, frío y cencellada- mayor y más fastuosa será la primavera, con máxima producción floral; en frase de Telesforo Bravo: ... "*la alta montaña canaria necesita un duro castigo invernal para mostrarnos su mejor primavera*".

Así, la vegetación ha ido encontrando sus mejores soluciones: se ha adaptado a los vientos, a la sequedad ambiental y edáfica, a la fuerte insolación y a las heladas. Aparece con porte bajo y almohadillado, en semiesfera; con profusión de raíces que se hunden buscando el agua; con hojas tomentosas y reducidas para evitar la desecación; presentando estructura en rosetas; disponiendo de muchas flores y por ende de una producción exagerada de semillas. Sobre la explosión de una primavera avanzada en la alta montaña teideana, Antonio Machado sentencia: "*La floración en Las Cañadas es un espectáculo único en el mundo, porque único es el entorno geológico que la enmarca, la atmósfera traslúcida que la envuelve y únicos son también sus protagonistas, especies vegetales que han evolucionado aisladas en este universo apiario, ajenas al diente de los herbívoros, al fuego del hombre y forzadas por el medio a producir más y más flores. Todas las plantas que aquí vemos son cautivas obligadas de su presidio ecológico y marchitan trasladadas a otros predios: son endemismos, en términos científicos*".

De todo el cortejo florístico acompañante -mucho más rico y variado en Tenerife que en La Palma- hay especies ampliamente distribuidas, como la **hierba pajonera** (*Descurainia bourgaeana*), que con su porte almohadillado y su espléndida floración primaveral tapiza todo el parque y sirve de planta nutricia para la larva de la blanca mariposa *Euchloe belemia eversi*; el **alhelí del Teide** (*Erysimum scoparium*), pionera en anunciar el cambio de estación



en las alturas con sus vistosas flores de color malva; la hierba de la cumbre o fistulera (*Scrophularia glabrata*), con flores granates y hojas muy apeticidas por la llamativa oruga del noctuido endémico *Cucullia canariensis*; los olorosos tomillos de las Cañadas, *Micromeria lachnophylla* y *M. lassiophylla*; la falsa conejera o rosalillo de cumbre (*Pterocephalus lasiospermus*) nos muestra, acantonada en las alturas, sus pelosas hojas y sus flores de tona-



El tajinaste rojo (*Echium wildpretii*) es todo un símbolo de la alta montaña canaria (Tenerife y La Palma).

lidad rosa muy delicada; la margarita del Teide (*Argyranthemum teneriffae*), paraíso floral y hogar de numerosas especies entomológicas, así como el cabezón del Teide (*Cheirolophus teydis*) que, al igual que las anteriores, presenta porte de arbusto. Con talla herbácea aparecen también la hierba del Teide (*Nepeta teydea*) de propiedades medicinales y la flor del malpaís (*Tolpis webbi*). Pero como broche de oro destacamos el tajinaste rojo (*Echium wildpretii*), todo un símbolo de la alta montaña canaria (Tenerife y La Palma), cuyas vistosísimas flores rojas aparecen dispuestas en una gran y llamativa inflorescencia cónica muy visitada por las abejas; como también el tajinaste azul (*Echium auberianum*) -primo hermano con el que se hibridiza más modesto y de requerimientos edáficos diferenciados, uno de los endemismos tinerfeños exclusivos del Parque Nacional. El primero prolifera al pie de riscos y escarpes, mientras que el segundo prefiere suelos de escorias y pómez. El cardo de plata (*Stemmacantha cynaroides*) y la cistácea *Helianthemum juliae* son dos especies en peligro de extinción de la alta montaña tinerfeña propias de suelos pedregoso arenosos algo inestables. Y qué decir de los paredones de la caldera que conforman el circo de Las Cañadas, terrenos más antiguos y alterados que atesoran una gran riqueza florística: el cedro canario (*Juniperus cedrus*) –único árbol que tuvo su auge en estos parajes, pero que fue relegado a vivir en riscos casi inaccesibles debido al intenso aprovechamiento de que fue objeto–, algún

ejemplar natural de pino canario (*Pinus canariensis*), el raro rosal del guanche (*Bencomia extipulata*), la malpica (*Carlina xeranthemoides*) y una especie de jara (*Cistus osbaeckiaefolius*) cuya distribución aparece ligada a la presencia de rocas fonolíticas, amén de las plantas rupícolas que crecen entre las fisuras y oquedades de los escarpes, como el pastel de risco (*Aeonium smithii*), el sayón (*Aeonium spathulatum*), el perejil blanco o de cumbre (*Pimpinella cumbrae*), la hierba pastelera (*Monanthes niphophila*) y otras muchas.

También aparece una óptima representación del piso cacuminal, que ocupa las zonas de mayores rigores climáticos donde sólo crecen unas pocas fanerógamas: la **violeta del Teide** (*Viola cheiranthifolia*) -cuya efímera existencia comienza después del deshielo, salpicando los suelos pumíticos, lapillis y pedregales con sus delicadas flores malvas o más raramente blancas y trepando hasta los 3.600 m de altitud-, la **hierba conejera** (*Silene nocteolens*) y, en los bordes de las fumarolas, la **borriza de cumbres** (*Gnaphalium teydeum*) y la gramínea *Vulpia myuros*, junto a líquenes saxícolas y musgos.

En cuanto a la fauna del más emblemático de los Parques Nacionales canarios hay que resaltar dos aspectos bien diferentes: escasa relevancia en lo que a vertebrados se refiere y presencia de numerosas especies de invertebrados, en especial de fauna entomológica.

Un reciente inventario de la fauna invertebrada del Parque, llevado a cabo por Oromí y colaboradores, casi ha duplicado el número de especies conocidas hasta el presente, lo que por otra parte viene a confirmar las estimaciones previstas. No menos de un millar de especies de invertebrados viven en la alta montaña tinerfeña: 834 insectos, 115 arácnidos, 22 miriápodos, 7 crustáceos 6 gasterópodos y 3 oligoquetos (Oromí *et al.* 1996), el cincuenta por ciento de las cuales son endémicas de Canarias. En efecto, en este universo apiario –según feliz definición de Machado (1992)– insectos y arácnidos se afanan por resolver su ciclo vital en comunión con una corta pero esplendorosa primavera en la que la flora endémica impone su ley.

Sirvan de ejemplo algunas emblemáticas especies, endemismos de estas altas cumbres, que año tras año luchan por sobrevivir frente a las duras condiciones climatológicas de la alta montaña: escasas precipitaciones, sequedad ambiental y edáfica, heladas, nevadas irregulares, alta insolación, vientos, etc. La madera de retamas y codesos sirve de alimento a las larvas del coleóptero **cerambícido** *Trichoferus roridus*; el **curculiónido** *Cyphocleonus armitagei* es un asiduo visitante de las margaritas; los **tenebriónidos** *Pimelia ascendens* y *Hegeter lateralis* se adaptan muy bien a la sequedad ambiental; *Anthaxia fernandezi*, **bupréstido** endémico, rivaliza en colorido con el entorno floral. El **mántido** *Pseudoyersinia teydeana* es un raro endemismo exclusivo de Las Cañadas del Teide y de los pinares adyacentes.

La abundante **araña** *Aculepeira annulipes* hace su agosto durante la época más soleada, así como *Zelotes teydei*, notable endemismo de estos parajes que vive sobre el suelo, o *Nomisia teideana*, que mantiene su actividad a lo largo de todo el año; el ubiquista **opilión** *Bunochelis spinifera* es posible encontrarlo hasta en el cráter del propio Teide; y, en fin, el **solífugo** *Eusimonia wunderlichii* se acantona en las cumbres, adentrándose en los pinares que bordean la alta montaña.

Mención aparte merecen algunos lepidópteros heteróceros exclusivos de estos parajes: *Dipsosphesia vulcanica* -bello endemismo del Parque- es un **aegérido** cuya larva se alimenta de las raíces de *Lotus campylocladus* que crecen en Las Cañadas; *Euxoa beatissima*,



*Noctua noacki* y *Caradrina teidevolans* son tres de los noctuidos más apetecidos por los murciélagos que pululan por el Parque y en las cotas más altas del pinar; el geométrido *Gnophos canariensis teidensis* es un interesante caso de especiación intransular; y, entre los microlepidópteros, *Alucita canariensis* es inconfundible con sus alas hendidas en forma de abanico. Entre las mariposas diurnas, aparte de la ya mentada *C. webbianus* (manto de Canarias) es posible observar al sátiro moreno de Canarias (*Hipparchia wyssii*) y a la más modesta *Euchloe belemia eversi*.

Como himenópteros exclusivos debemos citar los icneumónidos *Temelucha tenerifensis* y *Lisonotidea ornatula* (este último género conocido hasta ahora sólo de Canarias) y el gasterúptido *Gasteruption canariae*, cleptoparásito de nidos de abejas y avispas, nutriéndose tanto del alimento almacenado como de los huevos. Otros himenópteros más comunes son *Hylaeus canariensis*, un colétido fácil de observar libando sobre retamas y hierbas pajoneras, así como el crisídido *Chrysis canaria*, avispa de bellos colores iridiscentes y que se comporta también como cleptoparásito de abejas.

El diminuto caracol terrestre *Xerotrachia nubivaga* -endémico de la zona alta de Tenerife- es relativamente abundante bajo piedras.

El lagarto tizón (*Gallotia galloti*) se deja ver con frecuencia durante la primavera y el verano, alcanzando incluso altas cotas, allá donde la abundancia de frutos tiernos e insectos le sirven de sustento. Más rara es la lisa (*Chalcides viridanus*) restringida a pequeñas áreas con mayor humedad edáfica.

Las especies más relevantes de aves que pueden observarse prácticamente durante todo el año en el área del retamar-codesar teideano son: el alcaudón real (*Lanius excubitor koenigi*), la curruca tomillera (*Sylvia conspicillata orbitalis*) y el bisbita caminero (*Anthus berthelotii*), este último siempre fiel a espacios relativamente abiertos como los matorrales de alta montaña.



El pinzón azul (*Fringilla teydea*) tiene su hábitat en los pinares de la corona forestal que rodean al Parque Nacional del Teide.

El cuervo (*Corvus corax tingitanus*), que antaño era un elemento común en Las Cañadas, hoy en día es extremadamente raro en estos parajes. Otras especies penetran e incluso nidifican en el Parque durante la época más favorable (primavera/verano): el herrerillo (*Parus caeruleus teneriffae*) y el cernícalo (*Falco tinnunculus canariensis*) aprovechan las oquedades de construcciones en la zona de El Portillo.

El pinzón azul (*Fringilla teydea*), cuyo hábitat es el pinar de *Pinus canariensis*, raramente

se aventura a penetrar en la zona exclusiva del retamar-codesar en busca de larvas e insectos durante la época de cría.

Al menos cinco especies de quirópteros pueden encontrarse en el Parque: **murciélago de Madeira** (*Pipistrellus maderensis*), **murciélago montañoso** (*Hypsugo savii*), **nóctulo pequeño** (*Nyctalus leisleri*), **murciélago rabudo** (*Tadarida teniotis*) y el endemismo conocido como **orejudo canario** (*Plecotus teneriffae*). Ni siquiera estos altos parajes están libres de mamíferos introducidos por el hombre, como el conejo (*Oryctolagus cuniculus*), cuya caza está permitida, o el muflón (*Ovis ammon*), que suponen un serio peligro para la flora endémica del Parque; también el erizo moruno (*Atelerix algirus*) y la ubiquista **rata campestre** (*Rattus rattus*) están presentes.

Miguel Castroviejo, buen conocedor de este Parque, ha dejado escrito:

*“Cuando ya el árbol no puede crecer, aparece algo verdaderamente nuevo en Tenerife. El bosque se transforma en matorral, las plantas se dispersan, el suelo se desnuda, los interiores de la tierra se presentan con sus grises, con sus ocre, con sus blancos, con sus negros. Por encima la pureza del aire, del sol, de la luz, de las estrellas, sin una nube, sin una sombra. Por debajo, las pendientes, los bosques, la agricultura, el hombre y, casi dos mil metros más abajo, el mar”.*

En fin, el Teide –como decimos los canarios cuando subimos de visita a la alta montaña tinerfeña– es un mundo aparte; un lugar para la contemplación, el sosiego y el encuentro con uno mismo. Con cada estación, el estratovolcán y su entorno nos ofrecen sutiles o bruscos cambios que se convierten en regalos inesperados e insuperables para los espíritus sensibles.

## TABURIENTE

*"Al hablar de esta bella especie de árbol de alta cima (Pinus canariensis), mis recuerdos me conducen naturalmente a este archipiélago perdido en el seno de los mares, rincón del mundo que ha sido llamado Islas Afortunadas. Es aquí donde he pasado los más hermosos años de mi vida. Poniendo de su parte algo de poesía, como a los campos Elíseos de los Griegos, hay que atravesar capas de lava, una región de fuego, para llegar hasta los verdes bosques, mansión de paz y de felicidad".*

*... "Habitante privilegiado de las altas regiones, esta árbol poderoso domina como soberano las mesetas superiores y cubre las pendientes escarpadas de los valles de la segunda zona forestal".*

Sabino Berthelot de "Arboles y bosques"



*Imponente paisaje del interior de la Caldera de Taburiente.*

## EL PARQUE NACIONAL DE LA CALDERA DE TABURIENTE

Situado en la isla de La Palma, es una gigantesca cuenca erosiva del gran Barranco de las Angustias, que forma parte del sector más antiguo de la isla (lo que se conoce como Paleopalma).

El término “caldera” fue acuñado por el famoso geólogo alemán Leopold von Buch quien la estudió por primera vez en 1825 y creyó –erróneamente– que se trataba de un cráter de explosión. Hoy se sabe que se trata de una “caldera” erosiva; la acción del agua y la gravedad han excavado una formidable cabecera de barranco de unos 8 km de diámetro, cuyas paredes rebasan los 2.000 m de altura y su fondo se encuentra a unos 800 m sobre el nivel del mar. La geología de esta zona se caracteriza por el afloramiento del complejo basal de más de 3 millones de años de edad.



El pino canario (*Pinus canariensis*) parece haber evolucionado con el volcanismo.

El ecosistema dominante en La Caldera es el **pinar canario**, pero en las cumbres aparecen óptimas manifestaciones de comunidades de alta montaña, dominadas por matorrales más o menos xerofíticos.

Las poblaciones de *Pinus canariensis* en las islas centro-occidentales muestran, a pesar de la sobreexplotación a que han sido sometidas, una variabilidad morfológica extremadamente alta. Quizás sean los pinares de una buena parte de la Caldera de Taburiente los de mayor madurez evolutiva, con ejemplares frondosos y rejuvenecidos, alcanzando su estrato óptimo y su clímax.

Hace tiempo sugerí (Bacallado, 1976) que el pino canario había evolucionado de la mano del vulcanismo, dada su gran resistencia al fuego y su facilidad para el rebrote en poco tiempo; paralelamente, la aparición de plantones nuevos y la germinación en claros y áreas de sotobosque se me antoja espectacular. No obstante, como señalan Díaz y colaboradores (1998):

*“La frecuente aparición de incendios produce un importante retraso en la evolución del pinar, debido fundamentalmente a las pérdidas en la biodiversidad, las alteraciones en el ciclo de los nutrientes y en la eliminación de los pinos más jóvenes”.*

No cabe duda que estamos ante una joya de conífera, una auténtica reliquia de belleza y porte muy superiores al resto de sus parientes; además, los bosques de pino canario albergan y mantienen una fauna –vertebrada e invertebrada– de gran relevancia científica, garantizando una alta biodiversidad ecosistémica. Como afirma K. Wilhelm (1986):

“Las diferentes variantes de *P. canariensis* contienen caracteres de casi todos los pinos mediterráneos de orillas; además, tienen las relaciones más cercanas al pino *Haploxylon* de América central, así como a los *Diploxylon* del Caribe. Todo ello sugiere que *P. canariensis* es un viejo relictos (Cretácico Inferior) de un antiguo centro evolutivo del Mediterráneo”.

Recientes estudios moleculares parecen indicar que está estrechamente emparentado con *P. pinea*.

Este Parque Nacional palmero, pues, atesora la manifestación más genuina del pinar canario, con otras notables especificidades geológicas, botánicas y faunísticas no menos interesantes.

Las partes altas, por encima de los 2.000 m, están pobladas por esos matorrales de alta montaña en los que la escasa retama y el abundante codeso, como señalamos para Tenerife, son las especies dominantes. Junto a ellas aparece el raro **retamón de las cumbres** (*Genista benehoavensis*) así como el famoso **pensamiento de cumbre** (*Viola palmensis*), dos emblemáticos endemismos. Otras especies de carácter rupícola son *Tolpis calderae* y *Greenovia diplocyla*.

Asimismo, el **bejeque noble** (*Aeonium nobile*) -interesante endemismo insular- aparece acantonado en los roquedos; el **corazoncillo** (*Lotus hillebrandii*) es otro endemismo insular que cubre casi por completo el suelo del pinar; otra especie, el **turgayte** (*Senecio palmensis*) la comparte con Tenerife; como también *Echium wildpretii* ssp. *trichosiphon*, *Cheirolophus teydís* y otras muchas.

Tradicionalmente, el agua ha sido un recurso importante en La Caldera. Los manantiales que afloran en la línea de contacto del complejo basal y los basaltos que se asientan sobre él producen hasta 200 litros por segundo.

Los casi 2.000 m de desnivel entre las cresterías de sus cumbres y el fondo de la caldera, con paredes inaccesibles, cascadas, desfiladeros y barrancos encajonados por donde circula abundante y límpida agua, permiten el asiento de una variada vegetación que se adapta al accidentado relieve y a la diversidad climática existente: **saucedas** (*Salix canariensis*) en los riachuelos de los cauces, restos de **monteverde** y endemismos locales de gran interés científico, como *Helianthemum cirae*, el **cardoncillo** (*Ceropegia hians*) y los **tajinastes** (*Echium* spp.).

No existe un inventario exhaustivo de la entomofauna de La Caldera de Taburiente; sin embargo disponemos de datos suficientes que apuntan a una elevada diversidad en varios grupos, como consecuencia de los múltiples hábitats disponibles: desde las comunidades de alta montaña constituidas por matorrales de leguminosas, hasta el omnipresente y dominador pinar, pasando por manantiales, barrancos y paredones de variada orientación, saucedas, un monteverde vestigial y hasta pequeños rodales de cultivos.

Los gasterópodos endémicos *Insulivitrina solemi*, *Canarivitrina taburientensis* y



*Napaeus boucheti* se distribuyen por las zonas más húmedas del Parque (Valido, 1997).

Entre los coleópteros destacan los tenebriónidos *Pimelia laevigata* y *Hegeter glaber*, exclusivos de La Palma, así como el cerambícido *Criocephalus pinetorum*; el curculiónido *Brachyderes sculpturatus* o el bello buprestido *Buprestis bertheloti*, todos ellos endemismos canarios.

*Promachus palmensis* es un díptero asilido endémico de La Palma, al igual que *Calliphona palmensis* (ortóptero, tetigónido) y el mántido *Pseudoyersinia canariensis*.

*Andrena chalcogastra palmensis*, *Anthophora alluaudi* y *Eucera gracilipes* son himenópteros fáciles de localizar en Taburiente; como también los icneumónidos *Ischnus canariensis* y *Cryptus nigratarsis*, endémicos pero no exclusivos de La Caldera.

Varias especies de lepidópteros diurnos y nocturnos vuelan por toda el área de La Caldera, preferentemente en zonas abiertas de sotobosque, barranqueras y pistas: la monarca africana (*Danaus chrysippus*) es rara en los bordes del Parque; los licénidos manto bicolor (*Lycaena phlaeas*) y manto de Canarias (*Cylyrius webbianus*) son frecuentes; *Hipparchia tilosi* (sátiro de La Palma) se encuentra muy localizada; y, en fin, *Argynnis pandora* (pandora), *Pararge xiphioides* (maculada de Canarias) y algunas vanesas es posible observarlas en otros puntos de La Caldera de Taburiente. *Noctua noacki* y *Brionicta pineti opulenta* son dos noctuidos representativos, aunque el limántrido *Macaronesia fortunata* es por excelencia nuestra "procesionaria" particular, pues su larva (lagarta del

- búho chico (*Asio otus*)
- paloma bravía (*Columba livia*)
- paloma rabiche (*Columba junoniae*)
- gavián (*Accipiter nisus*)
- ratonero común (*Buteo buteo*)
- cernicalo vulgar (*Falco tinnunculus*)
- chova piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*)
- cuervo (*Corvus corax*)
- mirlo (*Turdus merula*)
- petirrojo (*Erithacus rubecula*)
- herrerillo común (*Parus caeruleus*)
- reyezuelo sencillo (*Regulus regulus*)
- mosquitero común (*Phylloscopus collybita*)
- curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*)
- curruca tomillera (*Sylvia conspicillata*)
- lavandera cascadeña (*Motacilla cinerea*)
- bisbita caminero (*Anthus berthelotii*)
- pinzón vulgar (*Fringilla coelebs*)
- canario (*Serinus canaria*)

pino) se alimenta de las acículas de los pinos causando serios estragos cuando se producen superpoblaciones, lo que ocurre muy de tarde en tarde.

El lagarto endémico (*Gallotia galloti palmae*) se hace presente en las áreas más soleadas y allí donde rocas y piedras le proporcionan el necesario cobijo, cuales son las cumbres, la localidad de Tenerra, bordes y lechos de barrancos, así como las construcciones y paredes de piedra del caserío de Taburiente.\*

La avifauna de La Caldera de Taburiente se conoce bien gracias al exhaustivo trabajo de Delgado y colaboradores (1995), en un detallado atlas de distribución en cuadrículas de 1x1 km, con estimación de densidades y la composición de la avifauna nidificante y migratoria. Estos autores encontraron pruebas de nidificación segura de una veintena de especies, otras dos de reproducción probable en el área (vencejo unicolor y tórtola común), así como cuatro más consideradas como accidentales. Por cortesía de Delgado et al. reproduzco la lista de nidificantes en cuadro aparte.

\* El anfibio *Rana perezii* ha sido citado para el Parque.

De todas ellas, la “graja” o chova piquirroja -símbolo animal de la Isla- viene a ser también el emblema del Parque; se la puede observar prácticamente durante cualquier época del año y en toda La Caldera, a veces formando nutridos bandos de hasta 350 individuos.

La paloma rabiche, notable endemismo cuya mayor población se encuentra en La Palma (aproximadamente 1.500 ejemplares), es una de las especies más relevantes del Parque Nacional, donde nidifican unas 40 parejas concentradas en la vertiente noroccidental (Roque de la Viña y La Fondada). El cernícalo y el gavilán son las rapaces más abundantes, con 50 y 10 parejas respectivamente. El pinzón vulgar, con un período de cría muy amplio de febrero a agosto, está claramente vinculado a las masas forestales de *Pinus canariensis*, sea cual sea su cobertura. El mosquitero común es la especie más frecuente y mejor distribuida; detectada en todos los pinares, especialmente en los más densos y desarrollados, así como en los de sotobosque de escobón y en el matorral de cumbre. Otra especie frecuente es el canario, aunque su patrón de distribución difiere en función de la época del año. La paloma bravía, principal presa del gavilán, encuentra en los riscos y paredones rocosos del Parque lugares idóneos para su nidificación y proliferación. El cuervo, por el contrario, es una especie escasa, tal y como sucede en el resto del archipiélago donde está en franca regresión. Como “accidentales” se han considerado a la perdiz moruna (*Alectoris barbara*), chocha perdiz (*Scolopax rusticola*), paloma turqué (*Columba bollii*) y curruca cabecinegra (*Sylvia melanocephala*).

Al menos cuatro especies de murciélagos pululan por el Parque: murciélago de Madeira (*Pipistrellus maderensis*), murciélago montañero (*Hypsugo savii*), murciélago rabudo (*Tadarida teniotis*) y nóctulo pequeño (*Nyctalus leisleri*).

Como mamíferos introducidos aparecen el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y el arruí (*Ammotragus lervia*), este último fruto de una desgraciada política llevada a cabo desde la administración en épocas relativamente recientes.

Por otra parte, el Parque Nacional de La Caldera de Taburiente es un ejemplo excepcional en el ámbito conservacionista en nuestro país; téngase en cuenta que casi su totalidad pertenece a los Heredamientos de Argual y Tazacorte, propiedad privada que no sólo es concurrente en los deseos de preservar intacta el área, sino que ha asumido esa tarea históricamente y con anticipación a las administraciones públicas.

Manuel Durbán nos ilustra a la perfección las bondades y valores de este Parque cuando dice:

*“En este paraje indescriptible el pino canario encuentra las últimas áreas vírgenes donde desarrollarse al margen de la influencia humana, en lucha constante contra la agresión de las aguas. En los fondos de los barrancos, en las escarpadas paredes y en las cresterías de las cumbres surgen verdaderas joyas botánicas, en algunos casos exclusivas de estas zonas. Agreste y dura, sin embargo la Caldera envuelve al visitante con un hálito de paz y*

*soledad, y le hace recordar con melancolía que una vez fue parte integrante de esa Naturaleza que hoy le asombra”.*

La Palma es una isla misteriosa, para mí hermana gemela de San Borondón, que guarda todavía celosamente muchos secretos sobre su particular biota. Quizás el Roque de Idafe, ese monolito sedimentario que se yergue solitario y desafiante en el interior de Taburiente, conoce bien los misterios naturales de la ínsula de los **auaritas**, pero afortunadamente nunca nos los revelará, sería un desafío y un agravio al corazón de **Aceró**.



## TIMANFAYA

*"1º de septiembre de 1730, entre nueve y diez de la noche, la tierra se abrió de pronto cerca de Timanfaya a dos leguas de Yaiza en la primera noche, una enorme montaña se elevó del seno de la tierra, y de ese ápice se escaparon llamas que continuaron ardiendo durante diez y nueve días. Pocos días después, un nuevo abismo se formó y un torrente de lava se precipitó sobre Timanfaya, sobre Rodeo y sobre una parte de Mancha Blanca. La lava se extendió sobre los lugares hacia el norte, al principio con tanta rapidez como el agua, pero bien pronto su velocidad aminoró y no corría más que como miel".*



Lavas cordadas («pahoe-hoe») en Timanfaya.

*... "El 11 de septiembre la erupción se renovó con más fuerza y la lava comenzó a correr".*

*... "El 18 de octubre, tres nuevas aberturas se formaron inmediatamente encima de Santa Catalina, que arden todavía, y de sus orificios se escapan masas de un humo espeso que se extienden por toda la isla, acompañadas de una gran cantidad de escorias, arenas y cenizas que se reparten todo alrededor, viéndose caer de todos los puntos gotas de agua en forma de lluvia. Los truenos y las explosiones que acompañaron a estos fenómenos, la oscuridad producida por la masa de cenizas y el humo que recubre la Isla, forzaron más de una vez a los habitantes de Yaiza y de los lugares circunvecinos a tomar la huida, volviendo bien pronto porque éstas detonaciones no parecían acompañadas de otro fenómeno de devastación..."*

Relación escrita por el cura de Yaiza, Don Andrés Lorenzo Curbelo

## EL PARQUE NACIONAL DE TIMANFAYA

Situado en la isla de Lanzarote, viene a representar la muestra más interesante del volcanismo reciente en Canarias. Sus 5.107 ha albergan un sector casi virgen de la erupción histórica de 1730-1736. Es un libro abierto, una gigantesca aula de la naturaleza donde podemos apreciar "en vivo y en directo" las más diversas muestras materiales y estructuras volcánicas: rudos malpaíses, caprichosas formaciones de lavas cordadas, conos de lapilli o zahorra, cenizas, hornitos, islotes de terrenos antiguos que se salvaron de la quema y aparecen rodeados de materiales modernos, tubos volcánicos, bombas volcánicas, bolas de acreción, cierta actividad geotérmica, etc. Es el infierno en la tierra; un infierno en momentáneo reposo, que deja paso a la vida; una vida no tan incipiente como todo el mundo cree. Es un laboratorio viviente para estudios de colonización de lavas recientes y un filón para el descubrimiento de especies lavícolas en pleno proceso evolutivo (*in status nascendi*). La vida animal ofrece una interesante representación de invertebrados adaptados a los hábitats aerolianos, en los que las partículas nutritivas llegan a través del viento, a modo de plancton aéreo, ya que los suelos volcánicos recientes poco pueden ofrecer. Se trata de especies ocultas que de día se protegen en fisuras, grietas y oquedades; tras el crepúsculo acuden a la superficie para ramonear los restos animales y vegetales depositados por el viento. Existe un documentado y exhaustivo trabajo sobre la fauna invertebrada de Timanfaya (Martín, 1991); este autor ha censado unas 120 especies en las lavas del Parque, de las que 18 viven en la zona halófila de las lavas recientes y antiguas, 29 en las lavas históricas alejadas de la costa y 14 viven en las cuevas. Entre otras cita los gasterópodos pulmonados endémicos *Theba geminata*, *Hemicycla sarcostoma* y *Simplicula plutonia*; el opilión *Bunochelis spinifera*; el endemismo canario-maderense *Chalcoscirtus subletus* (saltícido); el ortóptero gríllido *Hymenoptyla lanzarotensis*; los coleópteros melíridos *Gietella fortunata* e *Ifnidius petricola*, el primero endémico de Canarias y el segundo exclusivo de Lanzarote; así como los tenebriónidos *Hegeter politus* y *Arthrodeis inflatus*. Hasta los diminutos colémbolos encuentran su hábitat entre las fisuras y grietas de los malpaíses.



Volcanes alineados en el Parque Nacional de Timanfaya.

Aunque no abundan los lepidópteros dada la escasez de vegetación, es posible observar en vuelo a la migradora *Cynthia cardui* y al piérido más común *Pieris rapae*. Los nóctuidos *Cryphia (Nyctobrya) simonyi*, *Chrysodeixis chalcites* y *Polymixis bacheri* hacen también presentes, al igual que el geométrido *Eucrostes simonyi*.

El lagarto de Haría (*Gallotia atlantica*) puede observarse en los "islotes" y en zonas cercanas a la costa; el perenquén (*Tarentola angustimentalis*) y un micromamífero, la musaraña canaria (*Crocidura canariensis*), también están presentes.

Concepción (1992) aporta un estudio detallado de la avifauna del Parque, comprobando la nidificación de 17 especies. Destacan las colonias de aves marinas: **pardela cenicienta** (*Calonectris diomedea*), **petrel de Bulwer** (*Bulweria bulwerii*) y **paño de Madeira** (*Oceanodroma castro*); el casi ubiquista **caminero** (*Anthus berthelotii*), la **paloma bravía** (*Columba livia*), el **camachuelo trompetero** (*Bucanetes githagineus*), el **cernícalo** (*Falco tinnunculus dacotiae*), la **lechuza** (*Tyto alba gracilirostris*), el **cuervo** (*Corvus corax*) y el **guirre** (*Neophron percnopterus*), este último con sólo dos parejas nificantes en el área de Timanfaya y su entorno.



*Gaviotas patiamarillas (Larus cachinnans atlantis) en el Parque Nacional de Timanfaya.*

Desafortunadamente, ratas, conejos y gatos asilvestrados completan el reducido elenco de vertebrados del Parque.

Los suelos volcánicos suelen estar colonizados por las comunidades vegetales propias de las islas. Sólo los más recientes, producto de fenómenos volcánicos relativamente cercanos en el tiempo, constituyen un buen ejemplo para estudiar a los colonizadores del primer período de la sucesión vegetal.

Los líquenes (*Stereocaulum vesubianum*, *Ramalina* sp., *Roccella* sp.

y otros) son los pioneros, ocupando progresivamente los malpaíses y todo tipo de coladas lávicas; en realidad los líquenes dominan por doquier e imprimen carácter al paisaje. Los musgos pueden aparecer en los lugares con cierta humedad. Con el tiempo empiezan a aparecer plantas superiores adaptadas a la aridez, como la **ratonera** (*Forsskaolea angustifolia*), la **mecha** (*Phagnalum purpurascens*), el **geranio silvestre** (*Pelargonium capitatum*), el **corazoncillo** (*Lotus lancerottensis*), la **aulaga mayorera** (*Launaea arborescens*) y así hasta más de 200 especies, la mayoría de ellas acantonadas en los "islotos" o "kipukas" –donde dominan los tabaibales de **tabaiba dulce** (*Euphorbia balsamifera*)–, terrenos más antiguos que coadyuvan a la colonización de las lavas más recientes. Uno de estos enclaves, auténticos centros de dispersión genética, es el Monumento Natural de **Islote de Halcones**, donde proliferan euforbias, aulagas y espinos que sirven de refugio a una fáunula entomológica poco variada.

En este Parque se presentan curiosas formaciones de juncos (*Juncus acutus*), lo que puede explicarse por el poder higroscópico de materiales como las cenizas y lapillis. Otros endemismos de la isla es posible encontrarlos aquí: el **bejeque del malpaís** (*Aeonium lancerottense*), el **salado blanco** (*Polycarpaea robusta*), el **tojío** (*Nauplius intermedius*) y la **lengua de vaca** (*Echium lancerottense*), *Nauplius intermedius* y *Reichardiax ligulata*, así como otros compartidos por la vecina isla de Fuerteventura.

Timanfaya, además, extiende sus dominios hasta el mar, abarcando desde la Piedra Alta al N y el Paso Abajo en el S unos 12 km de costa anfractuosa, muy castigada por la acción erosiva de un mar embravecido. En la zona de influencia marina aparece la **uvilla de mar** (*Zygophyllum fontanesii*) junto a otras plantas halófilas.

Un estudio detallado de las comunidades marinas y poblaciones faunísticas del mentado litoral fue llevado a cabo por Carrillo y Cruz (1992) bajo la coordinación y colaboración de quien esto escribe.

Estos autores ponderan la calidad estética y posibilidades pedagógicas del área costera, uno de los pocos espacios de esta índole que en Canarias tienen posibilidades reales de preservarse de cara al futuro.

*“Sobre una costa más o menos rectilínea y de orientación NE-SW, formada a raíz de las erupciones cuaternarias antiguas y remodelada por la erosión marina, se depositó gran parte del enorme volumen de lavas (unos 200 km<sup>2</sup>) emitidas durante 6 años de ininterrumpida erupción. La forma convexa de la costa comprendida entre El Janubio y Las Animas es la resultante de la invasión del litoral marino por parte de ingentes cantidades de productos lávicos. Podemos, por lo tanto, hablar en este caso de un gran delta de lava”* (Carrillo y Cruz, *op. cit.*).

La abrasión y desmantelamiento de esta costa ha configurado un litoral variopinto muy escarpado, con escasas playas, pequeñas áreas de charcos o pocetas y acantilados de entre 10 y 15 m.

El límite inferior del piso supralitoral, bajo la influencia de constantes salpicaduras, está colonizado por líquenes y cianofitas, comunidades algales de *Calothrix crustacea*, así como por **moluscos pulmonados** (*Littorina* spp.), un **isópodo** (*Ligia italica*) y el **cangrejo rojo** (*Grapsus grapsus*) al igual que ocurre en el resto del archipiélago.

El piso mesolitoral o intermareal es relativamente rico, encontrando las típicas bandas de **tamalos** (*Chthamalus stellatus*), **burgados** (*Osilinus trappei* y *O. atratus*), **lapas** (*Patella piperata*) y otros moluscos como *Siphonaria grisea* y el **burgado macho** (*Thais haemastoma*) en el horizonte superior. Los tapices de **algas cespitosas** (*Gelidium*, *Caulacanthus*, *Ralfsia*, *Codium* y otras) marcan el inicio del nivel medio, apareciendo otras especies de **lapas** (*P. candei crenata* y *P. ulyssiponensis*) o *Diodora gibberula*. En los charcos del mesolitoral que asientan comunidades algales (*Cystoseira humilis* y *Padina pavonica* entre otras), crustáceos como el **camarón de charco** (*Palaemon elegans*), el **camarón de lunares** (*Gnathophyllum elegans*), el **cangrejito peludo** (*Porcellana platycheles*), la **jaca** (*Eriphia verrucosa*), la **carnada de vieja** o **cangrejilla** (*Xantho poressa*) o el **cangrejo de roca** (*Pachygrapsus marmoratus*); todo ello junto a pequeños peces como los **cabosos** (*Gobius paganellus* y *G. roulei*) y **barrigudas** (*Paablennius parvicornis*). Los niveles inferiores, sometidos a un menor estrés, albergan comunidades más maduras de algas, invertebrados y peces, solapándose con el nivel medio; así es dable encontrar **algas cespitosas** (*Corallina*,



*Jania*, *Ceramium*), esponjas (*Hymeniacidon sanguinea*, *Terpios fugax* o *Clathrina coriacea*), cnidarios como las anémonas (*Anemonia sulcata*, *Bunodactis verrucosa* y *Actinia equina*), equinodermos tales como los erizos (*Paracentrotus lividus* y *Sphaerechinus granularis*), las holoturias (*Holothuria sanctorii* y *H. arguinensis*) o las estrellas (*Marthasterias glacialis* y *Coccinasterias tenuispina*), poliquetos (*Eulalia viridis*, *Harmothoe spinifera*, *Nereis funchalensis*) y sipuncúlidos (*Phascolosoma spp.*) compartiendo hábitat con pejeverdes (*Thalassoma pavo*), fulas (*Abudefduf luridus*) y otros.

En lo que podríamos denominar “ecotono” o límite entre los pisos meso e infralitoral aparecen comunidades de coralináceas incrustantes y céspedes mixtos de algas *Laurencia*, *Gelidium*, *Ceramium*, etc. Las paredes más expuestas ofrecen un sustrato adecuado para lapas y clacas (*Balanus tintinnabulum*), así como grupos de mejillones (*Perna perna*) y percebes (*Pollicipes cornucopiae*).

El “musgo” (*Cystoseira spp.*) aparece -junto a otras algas- en regulares manchones arborescentes, propiciando el asentamiento de un moderado número de especies de invertebrados.

Las comunidades algales y faunísticas del piso infralitoral muestran una mayor uniformidad y estabilidad, como consecuencia de unas condiciones ambientales homogéneas debido a su constante inmersión. Hasta los 50 m de profundidad puede encontrarse variedad de ambientes y un creciente número de especies de fauna. Sirvan de ejemplo algunos peces: morena negra (*Muraena augusti*), murión (*Gymnotorax unicolor*), cabrilla (*Serranus atricauda*), abade (*Mycteroperca rubra*), pejeperro (*Pseudolepidaplois scrofa*), sargos (*Diplodus spp.*), vieja (*Sparisoma cretense*), fula negra (*A. luridus*), fula blanca (*Chromis limbatus*), romero (*Centrolabrus trutta*), pejeverde, doncella (*Coris julis*), jurel (*Pseudocaranx dentex*), y tantos otros, sin olvidar al tamboril espinoso (*Chilomycterus atringa*) especie rara y de gran valor ecológico para el ecosistema marino de Canarias, al tratarse del predador más efectivo del erizo de lima o ericera (*Diadema antillarum*), que propicia la aparición de blanquiales y empobrece los fondos someros.

Timanfaya hace bueno el apelativo de “islas de fuego y agua”; una tierra atormentada difícil de domeñar y un mar embravecido muy duro, que se encarga de cuidar por sí solo los tesoros faunísticos que propician su alta productividad.

Antonio Fernández de Tejada, uno de los Directores/Conservadores del Parque ha escrito -entre otras cosas- estos párrafos sobre Timanfaya:

“Timanfaya, lugar descrito por algunos como un desierto en donde la vida no tiene cabida, abre sus puertas a todos aquellos organismos capaces de asentarse sobre su rugosa superficie e iniciar el proceso de la colonización. Timanfaya, corazón ardiente del suelo lanzaroteño que no nos deja olvidar sus orígenes, lo que es y lo que puede ser. El Parque Nacional es algo más que un simple nombre, es el reconocimiento de la grandiosidad de esta tierra y de sus gentes que han sabido adaptarse a este entorno y cuidarlo como sólo el Conejero sabe hacerlo”.

Sabino Berthelot de "Arboles y bosques"

"Antes de la conquista de las Canarias, los bosques lauríferos (para darles el nombre de las especies de árboles que allí dominan en mayor número) debieron extenderse hasta las cercanías del litoral, por donde quiera que la exposición había venido a favorecer el desarrollo de estos árboles. Los primeros navegantes que visitaron estas islas hablan de ellas como un país montuoso hasta el mar; pero hoy los montes están ya bien distantes de la costa. Todo ha cambiado de aspecto: los árboles indígenas han cedido su antiguo puesto a las plantas cultivadas: los montes talados por todas partes se han clareado en vastos espacios; y la vegetación primitiva ha sido rechazada hacia los sitios más escarpados"

## GARAJONAY



## EL PARQUE NACIONAL DE GARAJONAY

Situado en La Gomera, contiene la representación más genérica y valiosa del **monteverde**, de esa reliquia del Terciario que es la **laurisilva**, una **paleoflora viviente** como la definió acertadamente Ciferri. El Parque está situado en lo alto de la meseta central de esa especie de "pasa o ciruela arrugada" que es isla colombina, surcada por barrancos, acantilados, contrafuertes y andenes, como si quisieran proteger y dificultar el acceso a ese paraíso de biodiversidad que es el bosque húmedo gomero.

Se trata de un bosque/esponja, auténtica reserva acuífera de primordial importancia para el conjunto de la isla, un reservorio de biodiversidad, un jardín botánico del Terciario, un monte encantado que reposa sobre la semimeseta central (de unos 10 km<sup>2</sup>) que corona La Gomera, y de la que parte todo el sistema de barrancos que dota de personalidad propia a esta singular ínsula. Este piso montano húmedo se encuentra (sobrevive y se nutre) bajo la influencia directa de los alisios, hallándose en Garajonay la manifestación más interesante y genuina de **laurisilva** (*Pruno-Lauretea azoricae*), aunque en el conjunto del Parque y de su área de amortiguamiento pre-parque "no funcional", podemos localizar otras formaciones vegetales, la mayoría de las cuales son "*situaciones disclimáticas motivadas por los aprovechamientos, talas e incendios que han destruido o alterado la composición original*" (Fernández, 1997). Todo ello ocurre a partir de los 500-550 m en la vertiente húmeda y de los 800-850 en la opuesta; de ahí hasta las cumbres más altas de la isla reina el **monteverde**, correspondiendo a La Gomera la mitad de todo el bosque casi puro (maduro) que aún pervive en Canarias.

Lejos de lo que se puede pensar, esta selva subtropical dista mucho de ser homogénea; quizás lo fuera en parte cuando el hombre aún no había intervenido, pero aún en estado primigenio devendría en un mosaico de formaciones ligadas a topografías cambiantes, grado de exposición a los alisios, altitud, tipos de suelos, orientación, etc. Así es posible encontrar desde el **fayal-brezal** de degradación; el **fayal-brezal seco termófilo**, que en zonas bajas de ecotono se entremezcla con elementos residuales de durisilva canaria (bosquetes esclerófilo-termófilos); la **laurisilva de valle**, con esplendorosos árboles de gran porte y altura que nos hablan de una zona umbrosa con suelos bien desarrollados, aquí dominan especies nobles del monteverde, como el **viñátigo** (*Persea indica*) y el **til** (*Ocotea foetens*), junto a **loros** y **acebiños**; la **laurisilva de ladera**, también con querencias umbrosas y de orientación norte, donde el **loro** (*Laurus azorica*), la **faya** (*Myrica faya*) y el **acebiño** (*Ilex canariensis*) marcan la pauta, arropados por **brezos** (*Erica arborea*) y **paloblanco** (*Picconia excelsa*) hasta los **brezales de cumbre** con **brezo arbóreo** (*E. arborea*) y las impresionantes formaciones cumbreñas de **tejo** (*Erica scoparia platycodon*) que semejan un bosque encantado, con árboles retorcidos y ampliamente recubiertos de musgos que también enmoquetan y almohadillan el suelo.

En fin, un ecosistema forestal singularísimo, muy heterogéneo y de gran complejidad ecológica, del que apenas se conoce su funcionamiento.

Este Parque Nacional alberga en sus entrañas cerca de 400 especies vegetales, la mitad de las cuales son autóctonas y muchas de ellas endemismos insulares. A las ya citadas pueden añadirse otras no menos conocidas: **barbusano** (*Apollonias barbujana*) –el “ébano de Canarias”–, **madroño** (*Arbutus canariensis*), **naranjero salvaje** (*Ilex perado*) con la subespecie gomera *lopez-lilloi*, **aderno** (*Heberdenia excelsa*), **follao** (*Viburnum rigidum*), el raro **peralillo** (*Maytenus canariensis*), **sanguino** (*Rhamnus glandulosa*), el sauce macaronésico (*Salix canariensis*) o el **cedro macaronésico** (*Juniperus cedrus*) al que podemos observar en rincones casi inaccesibles de los Roques del Parque.

Helechos, hongos, musgos, líquenes, plantas trepadoras, hierbas, matojos y arbustos -con multitud de especies- representan toda una cohorte que imprime carácter y enriquece el bosque. De entre los helechos (casi una treintena de especies) citaremos los muy comunes **helecho macho** (*Dryopteris oligodonta*), la **helechera** (*Pteridium aquilinum*) y la **doradilla negra** (*Asplenium onopteris*), poco exigentes en cuanto a umbría se refiere; todo lo contrario que *Blechnum spicant* y *Dryopteris guanchica*, casi acantonados en los umbrosos y húmedos bosques de tejos. Otros crecen como epífitos, cual es el caso de la **batatilla** (*Davallia canariensis*) o el **polipodio** (*Polypodium canariensis*). Más raros son la **doradilla** (*Ceterach aureum*) y la **tostonera** (*Adiantum reniforme*), mientras que el espectacular **penco labrado** (*Woodwardia radicans*) se descuelga elegantemente de las paredes de barranqueras donde el agua rezuma en abundancia.

Multitud de líquenes (100 spp.) epífitos, terrícolas y saxícolas, así como variadas especies de briófitos -en números aún desconocidos- aparecen por doquier, abundando en las zonas del Parque más expuestas a la influencia del alisio.

Trepadoras como la **hiedra** (*Hedera helix canariensis*), la **gibalbera** (*Semele androgyna*) y la **corregüela de monte** (*Convolvulus canariensis*), buscan la luz que se filtra por entre el dosel arbóreo, compartiendo espacio con el **bicácara** (*Canarina canariensis*) o la **zarza de monte** (*Rubus bollei*).

Multitud de plantas herbáceas y matas crecen en el sotobosque, muchas de las cuales se desarrollan en los claros del bosque y bordes de pista, dando una nota de color y ofreciendo sus variadas flores a las apetencias de una variada grey entomológica: el **algaritofe** (*Cedronella canariensis*), la **morgallana** (*Ranunculus cortusifolius*), el **alhelí** (*Erysimum bicolor*), la **reina de monte** (*Ixanthus viscosus*), el **patagallo** (*Geranium canariensis*) y otras muchas son visitadas asiduamente por insectos florícolas.

Algunos arbustos de zonas más o menos umbrosas son: la **estrelladera** (*Gesnouinia arborea*), la **gildana** (*Teline stenopetala*), el **granadillo** (*Hypericum canariensis*) o la **malfurada** (*Hypericum grandifolium*).

Dos Monumentos Naturales se encuentran ubicados dentro del Parque: el Roque Blanco, pitón fonolítico situado en el límite sur de Garajonay que alberga una excelente población de **madroños canarios**; y los Roques (Agando, Ojila y la Zarcita), afloramientos





El paisaje de los Roques es emblemático dentro del Parque Nacional de Garajonay.

sálicos de gran belleza paisajística donde sobreviven algunos endemismos florísticos de carácter rupícola, escasos ejemplares naturales de pino canario y el tajinaste gomero (*Echium acanthocarpum*).

De todos los parques canarios, Garajonay es el que cobija una fauna más rica y variada, como no podía ser menos al tratarse de un ecosistema tan peculiar, suma de tantos microambientes y pluriespecificidad florística, así como de suelos tan maduros y ricos en materia orgánica que en parte se autorreciclan y dan vida al bosque. Bruma y sol, umbría y solana, barrancos y cumbres, arroyos y fuentes, junto a las fitocenosis ya esbozadas representan el mejor "caldo de cultivo" para el desarrollo de una vida animal ciertamente notable y de gran trascendencia científica.

Se podría hablar de una fauna del monteverde o mejor de la macroserie subhúmeda de la laurisilva dentro del piso termocanario.

Aproximadamente un año antes de la creación por Ley del Parque Nacional de Garajonay y su zona de protección periférica, se encargó a quien suscribe un inventario faunístico que, dados los medios materiales y personales a nuestra disposición en aquel entonces, hubo que restringirlo al estudio más o menos detallado de grupos como las aves -que en parte actúan como buenos

bioindicadores de la salud de los ecosistemas- coleópteros, lepidópteros, dípteros y oligoquetos.

Un estudio global y minucioso de la fauna de Garajonay, que abarque todos los grupos de invertebrados y vertebrados, está todavía pendiente y debe ser abordado cuanto antes. Por el momento sí se ha llevado a cabo una minuciosa recopilación de todo lo publicado sobre la fauna invertebrada por Oromí y colaboradores (1993), de forma que podemos saber exactamente qué especies se conocen y cuál es su distribución dentro del Parque.

Muchos de los elementos faunísticos que aún perviven en esta formación vegetal pueden considerarse asimismo como vestigios de una fauna de mayor riqueza al abrigo de un bosque más potente, extenso y variado.

Los invertebrados y muy especialmente los insectos y arácnidos marcan la pauta en cuanto al número de especies y a la alta tasa de endemismos presentes. Otros grupos, como los oligoquetos terrícolas o lombrices de tierra, están pobremente representados (unas 12 especies) –menos de lo que suponíamos dada la "pasta orgánica" de algunos suelos de textura limoarcillosa– destacando *Octolasion lacteum*, *Lumbricus rubellus* y *Allolobophora chlorotica*; todas sin embargo, llevan a cabo una tarea fundamental en la aireación de suelos y en el propio reciclado de la materia orgánica en descomposición.

Por el contrario, los gasterópodos terrestres –como ya ha puesto de manifiesto Ibáñez en Pérez de Paz (1990)– presentan una elevada proporción de endemismos en el entorno de Garajonay (hasta un 85%), sobresaliendo los **vitrínidos** o babosas del género *Insulivitrina* (*I. oromii* y *I. gomerensis*) y *Guerrima* (*G. emmersoni* y *G. christinae*) habitantes de la hojarasca, troncos en franca descomposición y grietas de las zonas más umbrosas de laurisilva; o *Canarivitrina dianae*, más propia de zonas ecotónicas o de transición. Otras especies destacables de concha bien conformada son: *Canariella gomeræ*, así como *Napæus texturatus*, *N. grohi* y *N. bertheloti* (Valido, 1997; Ponte-Lira, 1992 y Henríquez, 1991). Como señala Valido, los vitrínidos posiblemente estuvieron ligados inicialmente a los bosques laurifolios, donde llevan a cabo un efectivo proceso de degradación de la hojarasca, sin olvidar la función necrófaga de algunas especies.

Resulta obvio señalar que los artrópodos ostentan el “señorío” y dominio de toda el área de Garajonay: hojarascas, cortezas, suelos, hojas, troncos, flores, dosel arbóreo, musgos, líquenes y hasta el medio aéreo aparecen colonizados por ellos. Como acertadamente señala Oromí (1990): “*Sus adaptaciones a las formas de vida más variadas e inusitadas hacen que podamos encontrar especies en los microhábitats más distintos, y ocupando nichos ecológicos muy particulares*”. No obstante, no hay que olvidar otros grupos de invertebrados menos conspicuos aunque no menos interesantes, como es el caso de protozoos, nemátodos, turbelarios, enquitreidos, naídidos (oligoquetos limícolas), rotíferos y hasta nemertinos, la mayoría de ellos habitantes de zonas umbrosas y húmedas o en el agua de capilaridad de musgos y hepáticas.

Los **arácnidos** están muy bien representados en el Parque, en especial los ácaros, pseudoescorpiones, opiliones y araneidos. De acuerdo con Oromí *et al.* (1993) hay citadas 85 especies de araneidos, 38 de ácaros, 9 de pseudoescorpiones y 2 de opiliones, aunque un estudio detenido de la aracnofauna arrojaría una fauna mucho más rica y exclusiva.

*Acherontacarus cedro* es un ácaro hidracnéido endémico de La Gomera. *Bunochelis canariana* y *Parascleropilio fernandesi* son dos **opiliones** propios de áreas umbrías y frondosas, allí donde hojarasca y troncos caídos nos hablan de una laurisilva en su apogeo; igualmente sucede con algunos **pseudoescorpiones** corticícolas (*Pselaphocernes lacertus* y *Dendrochernes cyrneus*). Con toda probabilidad más de un centenar de especies de **arañas** viven en Garajonay y su zona periférica, aunque actualmente sólo se conozcan 85; *Dysdera gomerensis* y otras 7 especies endémicas del género, *Micaria gomeræ*, *Oecobius hayensis*, así como las más conocidas y notables *Latrodectus tredecimguttatus* (**viuda negra**) y la “aterciopelada” e imponente *Eresus crassitibialis* son sólo algunos ejemplos.

**Cochinillas de humedad** (isópodos), anfípodos endémicos como *Orchestia gomeri* -también de requerimientos cuasi acuícolas- junto a **ciempiés** (*Lithobius gomeræ*) y **milpiés** (*Dolichoilulus spp.*) son algunos elementos omnipresentes en estos privilegiados parajes.

Un somero repaso a los insectos que viven en los diferentes hábitats y microambientes del monteverde gomero ocuparía por sí sólo una vasta monografía. Oromí *et al.* (1993) señalan que este grupo de artrópodos está representado por 20 órdenes que incluyen 875 especies, la mitad de ellas endemismos canarios, de los que 140 son exclusivos de Garajonay. Siguiendo las pautas marcadas por Oromí y por mí mismo en la obra preparada por Pérez de Paz (1990), me limitaré a reseñar aquellos órdenes de insectos más conocidos que reúnen algunos elementos conspicuos de gran relevancia científica.

Entre los **ortópteros** debe destacarse el raro y llamativo *Acrostira bellamyi*, panfágido endémico de La Gomera, áptero y de marcado dimorfismo sexual; *Canariola willemsei* habita en las zonas más umbrías de la laurisilva, mientras que *Calliphona alluaudi* patrulla por todo el bosque en busca de presas para alimentarse.

Particularmente abundantes en los niveles más bajos del bosque y entre cortezas, troncos caídos, hojarasca y bajo piedras, los **dermápteros** endémicos del género *Guanchia* (*G. storai* y *G. gomerensis*) son indicadores de zonas húmedas y umbrosas.

Variadas especies de **hemípteros heterópteros** (chinchas, pulgones y cochinillas) tienen en la siempreverde laurisilva su despensa particular a lo largo de todo el año, alimentándose de la savia y líquidos tisulares de la floresta. Entre la hojarasca podemos encontrar el **ligueido** endémico *Stygnocoris subglaber*, y bajo cortezas de árboles muertos el **arádido** *Aneurus avenius tagasastei*. Las chinchas acuáticas, de hábitos predadores, cuentan con hábitats idóneos permanentes (charcos, rezumaderos, riachuelos) para completar sus ciclos biológicos: se trata de especies de los géneros *Notonecta*, *Corixa*, *Hydrometra* y otros. Los **homópteros** presentan una mayor tasa de endemismos y exclusividad respecto al monteverde; *Cyphopterus gomerense* (flátido) y *Canariotettix brachypterus* son dos típicos ejemplos.

Las delicadas **crisopas (neurópteros)**, cuyas larvas se alimentan de pulgones, es posible observarlas posadas sobre la vegetación a la espera del crepúsculo o la noche para emprender el vuelo; *Anisochrysa carnea*, *A. fortunata* y *Chrysopa* spp. son relativamente comunes.

Uno de los órdenes de insectos mejor estudiados en el archipiélago es el de los **coleópteros**, de los que Oromí sitúa en el Parque unas 400 especies. La laurisilva viene a ser para este grupo un reservorio donde encontramos una elevada relación de endemismos genéricos y específicos, muchos de ellos exclusivos de la isla que nos ocupa. La diversificación, especialización y adaptación de los miembros del grupo a los microhábitats y nichos disponibles es asombrosa. El ambiente epiedáfico, la hojarasca, el suelo y el subsuelo, los hongos, las plantas y flores, la madera, los ambientes corticícolas, los troncos en descomposición, el entorno rupícola y el medio acuático son aprovechados al máximo por estos consumados especialistas.

Encontramos carábidos tan emblemáticos como *Brosicus crassimargo*, *Gomerina calathiformis*, *Pseudoplatyderus amblyops* (subterráneo), *Paraeutrichopus pecoudi* y varias especies del género *Calathus* (*C. laureticola*, *C. gomerensis*, etc.) compartiendo con los diminutos pseláfidos, criptofágidos y otros el ambiente epiedáfico húmico, las cortezas o el subsuelo, como es el caso del estafilínido *Entomoculia canariensis*.

Muchos gorgojos (curculiónidos) son fitófagos, como las diferentes especies de *Laparocerus*; o *Cionus variegatus*, cuya larva se alimenta exclusivamente de la borraja salvaje (*Scrophularia smithii*). Las distintas especies de *Tarphius* encuentran en los mohos que se desarrollan bajo las cortezas su alimento específico. Las larvas de otras especies de gorgojos, carcomas (anóbidos) y longicornios (cerambícidos) dedican sus esfuerzos al aprovechamiento de la madera muerta, dejando su impronta en los troncos a modo de intrincadas galerías y puntuales perforaciones. Los ditiscidos (*Meladema* spp.) y los diminutos girínidos viven en los charcos y riachuelos tan frecuentes en Garajonay.

Como ya he señalado en repetidas ocasiones, la laurisilva representa el ecosistema más interesante donde han tenido lugar los casos más llamativos de especiación en lo que a lepidópteros se refiere, y muy especialmente en los heteróceros (mariposas nocturnas de las familias *Noctuidae*, *Geometridae* y otras). La elevada riqueza de lepidópteros intrínseca a la propia laurisilva se ve aumentada en Garajonay debido a la gran capacidad de dispersión de estas especies, así como a otros factores como el efecto borde, la penetración de plantas invasoras e introducidas en el área, los cultivos colindantes, la polifagia de algunos elementos del orden, etc. Teniendo en cuenta las premisas expuestas, no es de extrañar que en una zona tan reducida compartan su hábitat cerca de 200 especies de macro y microlepidópteros, muchos de ellos todavía inéditos (Bacallado, 1990).

Las mariposas diurnas (ropalóceros) se encuentran bien representadas, destacando los dos piéridos endémicos de Canarias, cleopatra canaria (*Gonepteryx cleobule*) y blanca



La mariposa cleopatra canaria (*Gonepteryx cleobule*) es un endemismo propio de la laurisilva canaria.

de la col (*Pieris cheiranthi*); la primera de ellas es propia de la laurisilva y su larva se alimenta de las hojas del sanguino. Es corriente observarlas en vuelo los días soleados de finales de primavera y durante todo el verano, sobre todo en áreas abiertas y bordes de pistas de todo el Parque, libando sobre las flores silvestres del algaritofe, zarza de monte, etc., en compañía de otros piéridos más comunes, como la denominada azufrada (*Colias crocea*) y la cosmopolita *Pieris rapae*, o los llamativos ninfálidos conocidos como vanesas: desde la migratoria *Cynthia*

*cardui* hasta el endemismo macaronésico *Vanessa vulcania* y la rarísima *Cynthia virginiensis*, cuya observación supone un auténtico hallazgo para el lepidopterólogo aficionado.

Durante los meses de verano también puede observarse en vuelo rápido a la par que potente y majestuoso, una de las mariposas de colorido y dibujos más espectaculares; nos referimos a *Argynnis pandora*, que frecuenta bordes de pista, claros de bosque y laderas de barrancos en localidades tales como Mora de Gaspar, Raso de la Bruma, Cañada de Jorge, El Cedro y Meriga entre otras. La maculada de Canarias y la loba (*Maniola jurtina fortunata*) son dos satíridos con querencias más umbrófilas, por lo que es dable encontrarlas en el interior del bosque volando a ras de suelo. Algunos pequeños licénidos son comunes en todo Garajonay, destacando por su abundancia *Lycaena phlaeas* y *Aricia cramera*.

Pero donde realmente se manifiesta la gran influencia de la exclusiva y peculiar vegetación que alberga Garajonay es en el amplio grupo de los heteróceros. Una serie de endemismos gomeros y otras especies compartidas con Tenerife, Gran Canaria, La Palma y El Hierro, pueden considerarse vestigios acantonados en estos reductos de laurisilva. Se trata de elementos ligados a esta formación vegetal, cuya polifagia parece atenuada, nutriéndose en general de endemismos canarios de los géneros *Sonchus*, *Rumex*, *Adenocarpus*, *Erica*, *Viburnum*, *Sideritis*, *Myrica*, *Silene*, *Teline*, etc. La mayor parte de estas especies tienen una sola generación anual, y los adultos alcanzan su óptimo poblacional durante los meses de octubre a enero. Los noctuidos *Mniotype schumacheri obscurata*, *Mniotype usurpatrix*, *Euplexia euplexina* y *Paranataelia whitei* son incontestables reliquias a los ojos del lepidopterólogo científico y aficionado. Junto a ellas pueden volar, en esa o en otras épocas del año, *Paradrina rebeli lapalmae*, *Mesapamea pinkeri*, *Abrostola canariensis* y *Cryphia canaria*, siempre mostrando poblaciones vigorosas y robustas de tonalidades más oscurecidas y máculas bien contrastadas, lo que es indicativo de un bosque especialmente húmedo y bien conservado.

Los geométridos cuyas larvas (“orugas medidoras”) se distinguen con dificultad debido a su constatada capacidad mimética, se encuentran representados por una veintena de especies pertenecientes a los géneros *Eupithecia*, *Gymnoscelis*, *Episauris*, *Sterrha*, *Cyclophora*, *Cleora*, *Scopula* y *Crocallis*, entre otros. Unas son endémicas de Canarias (*Eupithecia rosai*, *E. boryata*, *Cleora fortunata*, *Gymnoscelis insulariata*, etc.), otras lo son de Madeira y Canarias (*Episauris kiliani* y *Cyclophora maderensis*) y unas pocas son exclusivas de La Gomera, cuales son los casos de *Eupithecia gomerensis* (cuya larva vive sobre *Sideritis gomerana*) y *Crocallis bacalladoi*, bello endemismo que tuve la suerte de descubrir y que parece vivir en áreas del Parque orientadas al SW con mayor insolación y una vegetación más expuesta, en la que dominan brezales, fayal-breza de degradación y el pequeño pinar de Argumame.

Pero en el Parque y su zona periférica también penetran muchas especies de noctuidos y geométridos cosmopolitas, así como otras endémicas: *Rhyparia rufescens gomerensis* (ártido) o *Cerura delavoyei canariensis* (notodóntido), esta última ligada a los escasos



saucos (*Salix canariensis*) disponibles. Los esfíngidos *Hyles euphorbiae tithymali* (esfinge de las euforbias) y *Macroglossum stellatarum* (colibrí) pueden localizarse en las áreas abiertas del Parque, siempre libando y ejerciendo su oficio de polinizadores.

Tal y como revela Báez (1990), se conocen unas 300 especies de dípteros en los bosques de laurisilva del archipiélago, con un porcentaje de exclusividad que roza el 30%; estos endemismos aparecen ligados a las zonas más húmedas y umbrías del Parque, desarrollando sus fases larvianas en el medio acuático, como por ejemplo las típulas *Dicranomyia michaeli* y *Molophilus baezi*. Otras son fitófagas, tal ocurre con *Phytomyza cortusifolii* o *Euleia separata*. Las especies depredadoras agrupan singulares endemismos como *Teneriffa spicata* o el asílido *Promachus gomerae* exclusivo de La Gomera. Entre los parásitos merece destacarse *Stevenia fernandesi* (rinofórido), cuya larva se desarrolla sobre cochinillas de la humedad.

Los dípteros más conspicuos y llamativos son sin duda los sírfidos florícolas, cuyos tegumentos brillantes y dibujos abdominales los hacen inconfundibles; algunos ejemplos son *Eumerus latitarsis*, *Scaeva pyrastris* o *Chrysotoxum triarquatunum*.

Los himenópteros más frecuentes en los bosques de laurisilva son los del grupo *Parasitica*, avispas parásitas que se desarrollan a expensas de las larvas de otros insectos, estableciéndose en ocasiones relaciones muy complejas de hiperparasitismo. Entre ellos destacan icneumónidos endémicos como *Zaglyptus rufa*, *Itopectis tunetana insularis* y *Tossinolodes felicitor*, que seleccionan sus hospedadores entre los numerosos lepidópteros heteróceros que vuelan en el Parque; *Orthocentrus canariensis*, especie menos frecuente y exclusiva de los bosques de lauráceas, y *Gelis nivariensis*, especie áptera que vive ligada a la hojarasca.

El otro gran grupo de himenópteros, el de las abejas y avispas aculeadas, suele preferir las zonas más abiertas y menos umbrías del Parque, dado el carácter heliófilo de sus componentes, hasta el punto de no existir ninguna especie exclusiva de este tipo de formación boscosa.

En los senderos soleados o pistas forestales pueden verse diversas especies de avispas depredadoras sobrevolando el suelo en busca de presas, con las cuales abastecen sus nidos, que también son construidos en el suelo; son frecuentes las avispas cazadoras de arañas (pompílidos), entre ellas *Arachnospila consobrina nivariae*, la más común, y *Evagetes cabrerai canaricus*; y las cazadoras de orugas, como los esfécidos *Podalonia tydei tydei*, endemismo macaronésico, y *Cerceris concinna*, exclusiva de Canarias, ambas ampliamente distribuidas en todo el archipiélago y en distintos ecosistemas, o el euménido *Ancistrocerus haematodes antelucanus*.

Entre las abejas destaca el halíctido *Lasioglossum chalcodes gomerae*, subespecie exclusiva de La Gomera y además el apoideo más ligado a la laurisilva, donde colecta néctar y polen de plantas como la estornudera (*Andryala pinnatifida*), la margarita (*Argyranthemum*

*broussonetii*) y el **brezo** (*Erica arborea*); el endemismo *Lasioglossum loetum*, uno de los **halictidos** más frecuentes en las Islas, el **antofórido** *Anthophora alluaudi alluaudi*, la **abeja** cortadora de hojas *Megachile canariensis* (**megaquílido**) o el **abejón** (*Bombus terrestris canariensis*), perteneciente a la familia de los **ápidos**. Diversas especies de **hormigas** pululan en el suelo, troncos en descomposición, hojarasca y bajo piedras.

En cuanto a los **vertebrados** el cuadro que exhibe Garajonay es proporcionalmente simplificado -al igual que hemos reseñado para los otros Parques canarios- si bien al sustentar un ecosistema con más "posibilidades" para las aves, éstas se encuentran mejor representadas. La existencia de la **ranita verde** (*Hyla meridionalis*) o de los reptiles *Gallotia galloti gomerae* (**lagarto gomero**) y *Chalcides viridanus coeruleopunctatus* (**lisa gomera**) se nos antoja testimonial y muy restringida a zonas marginales, donde las áreas de cultivos y la insolación permiten hábitats más adecuados.

Emmerson (1990) ha llevado a cabo un estudio pormenorizado sobre la avifauna de Garajonay, citando 28 especies cuya lista incluimos en cuadro aparte.

- |   |  |
|---|--|
| - <b>gavilán</b> ( <i>Accipiter nisus</i> )               | - <b>curruca cabecinegra</b> ( <i>Sylvia melanocephala</i> ) |
| - <b>aguillilla</b> ( <i>Buteo buteo</i> )                | - <b>curruca tomillera</b> ( <i>Sylvia conspicillata</i> )   |
| - <b>cernícalo</b> ( <i>Falco tinnunculus</i> )           | - <b>reyezuelo</b> ( <i>Regulus regulus</i> )                |
| - <b>gallinuela</b> ( <i>Scolopax rusticola</i> )         | - <b>mosquitero común</b> ( <i>Phylloscopus collybita</i> )  |
| - <b>perdiz moruna</b> ( <i>Alectoris barbara</i> )       | - <b>petirrojo</b> ( <i>Erithacus rubecula</i> )             |
| - <b>paloma bravía</b> ( <i>Columba livia</i> )           | - <b>mirlo</b> ( <i>Turdus merula</i> )                      |
| - <b>paloma rabiche</b> ( <i>Columba junoniae</i> )       | - <b>herrerillo común</b> ( <i>Parus caeruleus</i> )         |
| - <b>tórtola</b> ( <i>Streptopelia turtur</i> )           | - <b>pinzón vulgar</b> ( <i>Fringilla coelebs</i> )          |
| - <b>búho chico</b> ( <i>Asio otus</i> )                  | - <b>jilguero</b> ( <i>Carduelis carduelis</i> )             |
| - <b>abubilla</b> ( <i>Upupa epops</i> )                  | - <b>pardillo</b> ( <i>Acanthis cannabina</i> )              |
| - <b>vencejo unicolor</b> ( <i>Apus unicolor</i> )        | - <b>canario</b> ( <i>Serinus canaria</i> )                  |
| - <b>alpispa</b> ( <i>Motacilla cinerea</i> )             | - <b>triguero</b> ( <i>Emberiza calandra</i> )               |
| - <b>bisbita caminero</b> ( <i>Anthus berthelotii</i> )   | - <b>cuervo</b> ( <i>Corvus corax</i> )                      |
| - <b>curruca capirotada</b> ( <i>Sylvia atricapilla</i> ) |  |

Como señala este autor, seis de ellas (**gavilán**, **gallinuela**, **palomas rabiche** y **turqué**, **reyezuelo** y **pinzón vulgar**) están casi estrictamente ligadas a los bosques de laurisilva (*sensu lato*), pudiendo ser consideradas como especies características de esta formación. Asimismo otras tres especies (**mirlo**, **mosquitero** y **herrerillo**), aunque habitantes frecuentes de otros ambientes de la Isla, alcanzan su mayor abundancia dentro de las formaciones de laurisilva.

La **chocha perdiz** o **gallinuela** tiene en Garajonay el enclave más importante de nidificación de todo el archipiélago, distribuyéndose a lo ancho y largo del monteverde. El **gavilán** es el predador ornitófago del Parque, ajustando el período de cría a épocas de mayor abundancia de jóvenes del año de otras aves; se estiman en 10 a 12 el número de parejas reproductoras. El pequeño **reyezuelo** deja oír su casi imperceptible llamada por todo el bosque, aunque parece preferir los brezales bien desarrollados. El **pinzón vulgar**, emblemática especie que constituye un típico ejemplo de evolución insular, goza de una saludable población bien distribuida por todo el espacio protegido, si bien -como apunta Emmerson- es más abundante en la laurisilva de cuenca con estrato arbóreo maduro y sotobosque ralo.

Mención aparte merecen las **palomas de la laurisilva**, dos especies endémicas de Canarias que pueden considerarse como auténticas reliquias que han evolucionado en notorio paralelismo con su hábitat (Bacallado, 1976); aunque según Martín y Hernández (com. pers.) la **paloma rabiche** debió tener su hábitat principal en el bosque termófilo -hoy casi desaparecido-, adaptándose secundariamente al monteverde, la **paloma turqué** podría contar actualmente en el Parque con una población que ronda los 1.000 individuos, distribuyéndose de manera amplia por toda la laurisilva y nidificando en árboles, donde emplaza una burda plataforma de ramitas para depositar un único huevo. La **paloma rabiche** cuenta con menos efectivos (140-200 individuos), aunque habría que actualizar estos datos con un estudio pormenorizado en el que paralelamente se investigara la actividad depredadora de las ratas **campestres** (*Rattus rattus*) sobre huevos y pollos. Un trabajo similar en Tenerife (Hernández, 1997) ha puesto de manifiesto la incidencia de este múrido en el éxito reproductor de ambas palomas; así, la **rabiche** mostraba un fracaso en la nidificación mucho más acusado que la **turqué**, lo que podría deberse a que aquélla emplaza sus nidos en el suelo de cornisas, andenes y barrancos, sin duda más asequibles a los roedores.

Respecto a los mamíferos la representación es bien parca; a la mencionada **rata campestre** se une el **ratón de campo** (*Mus musculus*), el **conejo** y el **gato cimarrón** (*Felis catus*), como también tres especies de **murciélagos**: *Pipistrelus maderensis*, *Tadarida teniotis* y *Barbastella barbastellus*.

En lo más alto de este Parque -Patrimonio Mundial de la Humanidad desde 1986-, donde la bruma rasante descarga con profusión su preciada carga de agua sobre brezos y tejos, sigue latente el espíritu de la pareja Gara y Jonay que todavía impregna el alma de los gomeros.

Ángel Fernández -Director/Conservador del Parque- relata a la perfección el mosaico ecológico del umbroso monteverde:

*"Garajonay es un selva formada por muchas selvas diferentes. Su variedad interna se debe a la sensibilidad de la vegetación ante las modificaciones ambientales. Desde lo más hondo y umbrío de las quebradas y cañadas, en las que siguiendo los cauces de agua se desarrolla una esbelta bóveda forestal, pasando por las laderas con bosques más modestos, hasta las venteadas cumbres pobladas de brezales musgosos empapados en humedad*



*–con troncos contorneados en formas caprichosas– se llega, sin apenas darnos cuenta, al fayal-brezal de las orientaciones más secas. En tan poco espacio tenemos la posibilidad de acercarnos a ecosistemas tan distantes en el mundo como las laurisilvas oceánicas, las selvas nubladas de las montañas del trópico húmedo o, sin ir tan lejos, al más familiar mundo mediterráneo”.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Son muchos los colegas –investigadores y naturalistas– que me han ayudado con sus sugerencias y aportaciones personales. Los doctores Pedro Oromí y Gloria Ortega han llevado a cabo una lectura crítica del manuscrito, habiendo aportado detalles de gran relevancia en lo que a entomología se refiere; estoy en deuda con ellos.

En cuanto a ornitología, las contribuciones de Guillermo Delgado, Aurelio Martín y Rubén Barone han sido decisivas. Asimismo he apreciado mucho los comentarios de Lázaro Sánchez-Pinto, Francisco García-Talavera, Antonio Machado, Arnoldo Santos, Eustaquio Villalba y Efraín Hernández. Para mantener la uniformidad y calidad de material fotográfico he contado con la desinteresada colaboración de Sergio Socorro, Aurelio Martín, Leopoldo Moro, Pedro Oromí, Guillermo Delgado, Diego Sánchez y José Manuel Moreno.

Ana Pérez, con su innata amabilidad y proverbial paciencia, le dió forma a un manuscrito ilegible. Gracias a todos.

## BIBLIOGRAFÍA

- BACALLADO, J.J. 1973. *Estudio de los macrolepidópteros nocturnos (Lep. Heterocera) de las islas Canarias*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna (inédita).
- BACALLADO, J.J. 1976. Biología de *Cylyrius webbianus* (Brullé) (Lep. Lycaenidae) especie endémica de las islas Canarias. *Vieraea*. 6 (1): 139-150.
- BACALLADO, J.J. 1976. Notas sobre la distribución y evolución de la avifauna canaria. pp. 413-431. En: Kunkel G. (ed.). *Biogeography and Ecology in the Canary Islands*. Junk. La Haya.
- BACALLADO, J.J. 1990. Lepidópteros. pp: 195-198. En: P.L. Pérez de Paz (Ed.) *Parque Nacional de Garajonay, Patrimonio de la Humanidad*. ICONA. Cabildo de La Gomera. Colección Técnica. 351 pp.
- BACALLADO, J.J. Y TALAVERA, J.A. 1980. Introducción al estudio de los oligoquetos terrícolas del Parque Nacional de Garajonay (Isla de La Gomera, Canarias). *Vieraea* 10 (1-2): 137-146.
- BÁEZ, M. 1990. Dípteros e Himenópteros. pp: 198-201. En: P.L. Pérez de Paz (Ed.) *Parque Nacional de Garajonay, Patrimonio de la Humanidad*. ICONA. Cabildo Insular de La Gomera. Colección Técnica. 351 pp.
- BRAVO, T. 1962. El circo de Las Cañadas y sus dependencias. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 60: 93-135.
- BRAVO, J. Y BRAVO, T. 1989. Esquema geológico de la pared de Las Cañadas. pp: 85-100. En: V. Araña y J. Coello (Ed.) *Los volcanes y la caldera del Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias)*. ICONA, Serie Técnica. Madrid. 443 pp.
- CAMPOS, C.G. Y PERAZA, J. M. 1986. Estudio de la aracnofauna de superficie en el sector nororiental del Parque Nacional del Teide (Tenerife, isla Canarias). I. Variabilidad y distribución temporales. *Actas del X Cong. Int. Aracnol.* Jaca/España, I: 189-196.
- CARRACEDO, J.C. 1984. El relieve volcánico. En: *Geografía de Canarias*. Tomo 1. Capítulo VI. Ed. Interinsular Canaria, pp: 66-104.
- CARRILLO, M. Y CRUZ, T. 1992. *Estudio de las Comunidades Marinas y Poblaciones Faunísticas del litoral del Parque Nacional de Timanfaya. (Lanzarote - I. Canarias)*. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias. Nº 153. Santa Cruz de Tenerife. 223 pp.
- CASTROVIEJO, M. 1989. El Parque Nacional del Teide. pp: 13-36. En: V. Araña y J. Coello (Ed.) *Los volcanes y la caldera del Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias)*. ICONA, Serie Técnica. Madrid. 443 pp.
- CONCEPCIÓN, D. 1992. *Avifauna del Parque Nacional de Timanfaya*. ICONA. 256 pp.
- DELGADO, G., E. HERNÁNDEZ Y J.M. MORENO. 1995. *La avifauna del Parque Nacional de La Caldera de Taburiente (La Palma, Islas Canarias)*. DYPSA. Informe inédito.
- DÍAZ, A.L. Y OTROS. 1998. Dinámica selvícola del Pino Canario en Tamadaba. *Rev. de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente*, 8: 7-10. Gobierno de Canarias.
- EMMERSON, K.W. 1990. Aves. pp: 204-220. En: P.L. Pérez de Paz (Ed.) *Parque Nacional de Garajonay, Patrimonio de la Humanidad*. ICONA. Cabildo de La Gomera. Colección Técnica. 351 pp.
- FERNÁNDEZ DE TEJADA, A., MUNILLA, S. P. Y RUIZ DEL PORTAL, A. 1990. Pasado y presente de la Red Estatal de Parques Nacionales. *Natura*: VI-VII.
- FERNÁNDEZ, J. Y PRADAS, R. 1996. *Los Parques Nacionales españoles (una aproximación histórica)*. Colección Parques Nacionales. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid. 482 pp.
- FERNÁNDEZ, M. 1983. Esquema de la vegetación potencial de la isla de Gomera. *Comunicações apresentadas ao II Congresso Internacional pró Flora Macaronésica*. Funchal. pp: 269-293.
- HENRÍQUEZ, F.C. 1991. *La familia Enidae (Mollusca, Gastropoda) en el Archipiélago Canario*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna. 336 pp.
- HOHMANN, H., LA ROCHE, F., ORTEGA & BARQUÍN, J. 1993. Bienen, Wespen und Ameisen der kanarischen Inseln. *Veröff. Übersee-Museum Bremen (Naturwiss.)*, 12: 1-712.

- HUERTA, A. 1991. Parques Nacionales. Garajonay. *Natura*, 105: 122-143.
- MACHADO, A. 1988. El Parque Nacional, una figura de protección. pp. 13-16. En: A. Machado (ed.). *Los parques nacionales, aspectos jurídicos y administrativos*. Madrid. ICONA, 137 pp.
- MACHADO, A. 1992. La floración en Las Cañadas del Teide. pp: 197-200. En: B. Cardellús (ed.). *Momentos estelares de la Naturaleza Española*. Banco de Santander Ed. 227 pp.
- MACHADO, A. 1997. Parques Nacionales, Crisis de identidad. *Ecosistemas* 19: 60-65.
- MARTÍN, J.L. 1991. *Fauna invertebrada del Parque Nacional de Timanfaya (Lanzarote - I. Canarias)*. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias. Nº 145. Santa Cruz de Tenerife. 166 pp.
- MARTÍN, J.L., GARCÍA, H., REDONDO, C. E., GARCÍA, I. y CARRALERO, I. 1995. *La red canaria de espacios naturales protegidos*. Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias. 412 pp.
- MORALES, P., IBÁÑEZ, M. y ALONSO, M. R. 1988. La familia Vitrinidae en Canarias. III. Tres nuevas especies de La Gomera (Gastropoda: Pulmonata). *Arch. Moll.* 118: 153-166.
- NAVARRO, J.M. y COELLO, J. 1989. Depressions originated by landslide processes in Tenerife: *European Science Foundation Meeting on canarian Volcanism*. Cabildo Insular de Lanzarote. Abstracts. pp 150-152.
- NIETO, P. 1991. Parques Nacionales. Teide. *Natura*, 96: 50-71.
- ROMÍ, P. 1990. Artrópodos. pp: 184-195. En: P.L. Pérez de Paz (Ed.) *Parque Nacional de Garajonay, Patrimonio de la Humanidad*. ICONA. Cabildo Insular de La Gomera. Colección Técnica. 351 pp.
- ROMÍ, P., BÁEZ, M. y ARECHAVALETA, M. 1993. *Banco de datos informatizados sobre la fauna de invertebrados de la isla de La Gomera*. Universidad de La Laguna (Informe para P.N. Garajonay): 516 pp.
- ROMÍ, P., ZURITA, N., ARECHAVALETA, M. & CAMACHO, A. 1996. *Inventario de la fauna de invertebrados del Parque Nacional del Teide. II Estudio de las comunidades de invertebrados*. Universidad de La Laguna (Informe para P.N. Teide): 370 pp.
- ORTEGA, G. 1988. *Los Icneumonidos de las Islas Canarias (Insecta: Hymenoptera, Ichneumonidae)*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna. 525 pp.
- PALUŽIĆ, L. 1990. *Los espacios naturales protegibles*. Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. 231 pp.
- PASCUAL, J.A. 1997. *El arca de la Biodiversidad*. Colección: Divulgadores Científicos Españoles. Celeste Ediciones. 366 pp.
- PÉREZ DE PAZ, P.L. (ed.) 1990. *Parque Nacional de Garajonay, Patrimonio de la Humanidad*. ICONA. Cabildo Insular de La Gomera. Colección Técnica. 351 pp.
- PONTE-LIRA, C.E., 1992. *La subfamilia Ciliellinae (Mollusca Gastropoda: Hygromiidae) en el Archipiélago Canario*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna. 230 pp.
- SANTOLALLA, F. 1997. *Canarias. Guía de ecosistemas y espacios naturales protegidos*. Editorial Rueda. Madrid. 106 pp.
- SANTOS, A. 1983. Vegetación de la Región Macaronésica. *Comunicações apresentadas ao II Congresso Internacional pró Flora Macaronésica*. Funchal. pp: 185-203.
- VÁZQUEZ-FIGUEROA, A. 1991. Parques Nacionales. Timanfaya. *Natura*. 99: 74-95.
- VALIDO, M.J. 1997. *La familia Vitrinidae Fitzinger, 1833 (Mollusca Gastropoda: Pulmonata) en el Archipiélago Canario*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna. 281 pp.
- VELASCO, M. 1992. Parques Nacionales. Caldera de Taburiente. *Natura*. 109: 146-167.
- VILLALBA, E. 1996. La importancia de los deslizamientos en la morfogénesis de los paisajes canarios. *Investigaciones Geográficas* nº 16. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante. P. 171-178.
- WILHELM, K. 1986. Mediterranean pines and their history. *Pl. Syst. Evol.* 162: 133-163. In: Woody plants, evolution and distribution since the tertiary. En Ehrendorfer (ed.), Springer.

**ECONOMÍA Y ECOLOGÍA EN CANARIAS:  
La necesidad de repensar la Ciencia, la Cultura  
y la Democracia**

Federico Aguilera-Klink

Catedrático de Economía Aplicada  
Universidad de La Laguna



*«Lo que yo juzgo que debe ser la principal tarea: convencer a la gente de la necesidad de un cambio radical en la manera habitual de observar los acontecimientos económicos. En cuanto a la practicabilidad política, no resulta demasiado difícil conseguir una buena reputación por la sensatez de juicios y el realismo por medio de una exhibición de moderación, marchando a la medida de los tiempos y cuidando de no sugerir nada que el público no se halle dispuesto a aceptar. Tal sentido político tiene sus aplicaciones, pero no puede contribuir en absoluto a un replanteamiento radical de la política social. Ideas que parecen en un primer momento estar condenadas a la impotencia política, pueden calar hondo en las mentes de los hombres y mujeres corrientes, extenderse y aumentar en fuerza, hasta que llegue el momento en que puedan emerger en forma de medidas de política. Puesto que lo que sea políticamente factible, depende, en última instancia, de la influencia activa de la opinión pública.»*

*E.J. Misham*

*"Los costes del desarrollo económico". 1969*

## **INTRODUCCIÓN**

Existe ya poca discusión sobre la relación de inevitable interdependencia entre la economía y la ecología. Es más, está bastante claro que mientras la ecología no necesita de la economía —entendida aquí como conjunto de las actividades humanas en el que prima la dimensión monetaria— sino que se ve deteriorada por ella, la economía, por el contrario, necesita de la ecología y sólo tiene sentido como un subconjunto de ésta, inserto en y dependiente de ella. No se trata de ser más o menos ecologista sino de reconocer y asumir que la realidad es multidimensional y que frente a una idea de ciencia que descansa en una visión parcelada de esa realidad, como si estuviera formada por una lista de diferentes elementos aislados y sin conexión alguna, cada vez tiene mayor capacidad explicativa la noción de ciencia que intenta comprender la existencia de interdependencias sistémicas, aunque no sepamos bien cómo razonar bajo esta nueva perspectiva. No deja de llamar la atención el que mientras la mayoría de los economistas siguen razonando bajo sistemas de pensamiento cerrados, es decir, puramente económicos y aislados de los sistemas sociales y naturales, algunos biólogos reconozcan claramente lo contrario, es decir, que:

*"... la seguridad nacional, la justicia social, la economía, y la salud humana deben ser considerados como cuestiones ambientales puesto que cada una de ellas depende, de alguna manera, de la estructura, el funcionamiento, y la resiliencia de los sistemas ecológicos. Por eso, las interdependencias que existen entre los sistemas sociales, políticos, económicos, físicos, biológicos, químicos y geológicos, presentan nuevos retos a los científicos."*  
*(Lubchenco, 1998, p.494)*

En otras palabras, es necesario reconocer que la dimensión económico-monetaria sólo es una dimensión más, aunque estemos habituados a razonar en términos monetarios para tomar la mayoría de las decisiones, pero ni es la única dimensión posible ni es la más

importante. Así pues, la llamada racionalidad económica, que supuestamente guía el comportamiento económico racional de los consumidores y empresarios, está inserta en un contexto social y ambiental más amplio que asume la importancia de los valores y que configura el comportamiento o racionalidad de las personas en tanto que ciudadanos.

El tratar de comprender las relaciones entre economía y ecología nos plantea, como mínimo, tres cuestiones o campos de reflexión destacados, que para mí son:

- a) La necesidad de profundizar en su conocimiento científico (Ciencia-Universidad)
- b) La necesidad de profundizar en las implicaciones ambientales de los estilos de vida (Cultura).
- c) La necesidad de replantear la manera de tomar decisiones (Política-Democracia).

### LA PROFUNDIZACIÓN EN EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

La primera cuestión parece, en principio, clara. Se trataría de profundizar en el conocimiento científico de estas cuestiones, dedicándoles más fondos y personal para potenciar la investigación y obtener mejores resultados. Sin embargo, esto no es tan sencillo. Destaco sólo dos aspectos. El primero tiene que ver con las limitaciones, con frecuencia ignoradas o no explicitadas, del conocimiento científico para abordar cuestiones complejas en las que es clave el estudio de las interdependencias y sinergias. Por ejemplo,

*“Todavía se siguen estudiando los posibles efectos cancerígenos o mutágenos de las sustancias químicas de manera aislada. Pero este procedimiento ya no puede justificarse. Para determinar los efectos reales, necesitaríamos probar las sustancias químicas en todas sus combinaciones posibles, algo que es imposible, tanto desde el punto de vista logístico como financiero. La razón es que para probar sólo las 1.000 sustancias químicas tóxicas más comunes, en combinaciones de tres (en una dosis estándar, es decir, sin cambiar las dosis en ningún experimento) requeriría, como mínimo, 166 millones de experimentos diferentes. Suponiendo que cada experimento lleva sólo una hora y que 100 laboratorios trabajen siete días a la semana, probar las combinaciones citadas llevaría 180 años”.*  
(Howard, 1997, p.193)

Con la economía y los problemas ambientales sucede algo parecido ya que los indicadores utilizados son confusos, distorsionados y tardíos. Ahora bien como los economistas tienen éxito para ocultar las características de esos indicadores y para hacer creer a la gente que si la economía va bien todo lo demás va bien, el resultado es la ignorancia sobre qué es lo que realmente ocurre. Donella Meadows lo ha expuesto con gran lucidez y sentido del humor sugiriendo que tratar de conducir la economía con los indicadores actuales es como si estuviéramos conduciendo con el parabrisas empañado y confiando en un pasajero borracho que puede ver fuera para que nos dé indicaciones sobre la carretera. Para cuando descifremos la confusa información y descubramos lo que hay delante, ya lo habremos pasado o atropellado. Más concretamente:

*“Una economía que se duplica cada 20 años, que recibe señales de alarma con retrasos de 10 ó 20 años y que tarda 26 en responder es simplemente incontrolable. Es imposible dirigirla. Aunque todos los políticos fueran sabios, honrados y estuvieran bien informados, aunque nuestras tecnologías funcionaran sin fallos y aunque el sistema de mercado se comportara de forma tan eficiente como sus autores dicen, nuestro sistema social, con el “crecimiento” como meta primordial, no puede evitar sobrepasar a toda marcha sus límites de aguante. Ya lo ha hecho (...) ¿Qué podría decirse a un conductor con el parabrisas empañado, lento de reflejos, en una carretera helada y que insistiera en acelerar? Probablemente: “¡ive más espacio!”. Luego habría que hacer lo posible para limpiar el parabrisas. Y cuando, finalmente, pudiera verse un poco lo que hay delante diríamos: “sigamos a una velocidad estable y sostenible para llegar a nuestro destino sin accidentes”.* (Meadows, 1996, p.64).

El segundo aspecto consiste en asumir que no sólo se trata de profundizar en la disciplina bajo la que cada uno se ha formado, sino también de conocer mejor las interrelaciones o interdependencias que existen entre los diferentes campos de conocimiento (disciplinas). Así pues, nos metemos de lleno en el terreno, tan atractivo como movedido, de la transdisciplinariedad, buscando la comprensión del contexto en el que tienen lugar los problemas que tratamos de entender. Esto exige una reforma del pensamiento que acepte la complejidad sistémica del mundo en el que vivimos y supone, en definitiva, un reto a la formación que proporciona la Universidad y a la idea de conocimiento con la que estamos familiarizados. Como señala von Weizsäcker,

*“La investigación disciplinaria está perdiendo su atractivo a gran velocidad (...) Las universidades deberán crear unidades interdisciplinares más que departamentos disciplinares (...) Las universidades no deberían tener miedo a estos nuevos retos”.* (von Weizsäcker, 1996, p.121).

Sin embargo, el miedo existe, sobre todo el miedo a perder “competencias” o parcelas de poder (o de ignorancia).

*“Hay, sobre todo, una resistencia del “stablishment” mandarinal / universitario al pensamiento transdisciplinario tan formidable como fue la de la Sorbona del siglo XII al desarrollo de las ciencias (...) La posibilidad de pensar y el derecho a pensar son rechazados por el principio mismo de organización disciplinaria de los conocimientos científicos y por el confinamiento de la filosofía sobre sí misma”* (Morin, 1993, p.68).

Ciertamente, en la Universidad se sigue prestando más atención a “estudiar” apuntes que a “pensar” y a reflexionar, consolidando así un largo proceso de empobrecimiento intelectual y de anquilosamiento sociocultural. El resultado es que la Universidad –transformada en un “consulting” sumergido– apenas reflexiona sobre los problemas de la sociedad en la que está inserta puesto que ello le obligaría a cambiar de manera de pensar, es decir, a replantearse conceptos, teorías y métodos, algo que choca frontalmente con el inmovilismo intelectual que, en gran medida, domina la Universidad.



En suma, la tarea de profundizar en el conocimiento científico encuentra serias limitaciones. No estoy rechazando la perspectiva científica, sólo estoy señalando que en relación con las cuestiones ambientales, como mínimo, las incertidumbres son tan elevadas y los aspectos afectados por la inconmensurabilidad son tan importantes que es necesario cambiar la perspectiva científica e incorporar el principio de precaución (en el último punto insistiré sobre esta cuestión).

### **EL PROBLEMA DE LOS ESTILOS DE VIDA**

Para la mayoría de los problemas ambientales carecemos de una percepción inmediata, es decir, puede que estos problemas existan en términos biofísicos (que sean reales) pero que no sean socialmente percibidos. Con esto quiero decir que la mayoría de los problemas ambientales sólo “existen” cuando son percibidos por la sociedad o por determinados grupos, aunque tengan su origen, bien en el comportamiento “habitual” de los consumidores, bien en el comportamiento “habitual” de las industrias, desentendiéndose ambos de los residuos generados y de las implicaciones ambientales de los estilos o comportamientos citados. En otras palabras, los problemas ambientales no son exclusivamente ambientales o económicos o sociales sino que son fundamentalmente culturales, puesto que reflejan pautas culturales de comportamiento, es decir, de uso y consumo, asumidas y aprendidas como consustanciales, normales o inevitables, incluyendo dentro de estas pautas la capacidad de ocultar información (con la connivencia o no de las autoridades públicas) sobre residuos y vertidos.

En consecuencia, apenas se nos ocurre pensar que estas pautas sólo se pueden mantener mientras no se generalicen, por la sencilla razón de que ni los recursos naturales, ni el espacio físico son infinitos, ni existe capacidad de asimilación para la mayoría de los residuos que generamos. Es más, en alguna de las raras ocasiones en que se abordan estas cuestiones, el optimismo tecnológico todavía es capaz de proporcionar cierta tranquilidad, aunque hay que reconocer que cada vez a menos personas. Lo que me interesa destacar es que mientras la existencia de la percepción social suele responder al funcionamiento de reductos de la sociedad civil, la ausencia de esa percepción suele explicarse, bien por la acción de los grupos de poder y de los medios de comunicación que ocultan deliberadamente información o bien porque no existe interés en generarla y difundirla. Por ejemplo, la “Lanzadera de El Hierro” se convierte en un problema cuando la gente de El Hierro se organiza y “construye socialmente el problema” a pesar del rechazo de algunos políticos y de ciertos científicos que aseguraban que su incidencia ambiental y social iba a ser mínima en la isla. Y esto refiriéndose a un Centro de Lanzamiento “Comercial” de Satélites que iba a ocupar, dejando de lado otro tipo de implicaciones, unos 40 km<sup>2</sup> en una isla cuya superficie total es de 269 km<sup>2</sup>.

Como ha mostrado con enorme claridad el sociólogo alemán Ulrich Beck, los gobiernos cada vez se rodean de más expertos y “científicos” cuyo trabajo no consiste en

profundizar en el conocimiento de los problemas ambientales (ni en mostrar las limitaciones del conocimiento relacionadas con estos problemas) sino en insistir en que todo está controlado y en que no pasa nada ni hay motivos para la preocupación. Esto es lo que Beck llama la "Política simbólica de descontaminación" (Beck, 1991) que tiene su origen en la "irresponsabilidad organizada", es decir, en el comportamiento "habitual" de los representantes políticos que asumen que la sociedad soporte importantes riesgos, despreciando su incidencia e ignorando la incapacidad de evaluarlos. Eso sí, cuando alguien se opone a asumir esos riesgos, automáticamente se le califica de alarmista, de radical o, incluso, se le penaliza por ello. Ahora bien, en la medida en que los problemas ambientales—cuya casuística es enormemente variada, yendo desde pequeñas cuestiones locales hasta el calentamiento global—afectan a los derechos de las personas, violándolos con frecuencia, nos encontramos con que los problemas ambientales se pueden presentar como problemas de falta de democracia real y de violación de los derechos humanos ya que no sólo se ignoran, deliberadamente en muchos casos, los efectos negativos sobre las personas, sino que se ignora a las propias personas.

Otra manera de ver lo anterior consiste en reconocer que los problemas ambientales, en tanto que conflictos sociales, reflejan un conflicto distributivo intra e intergeneracional de carácter multidimensional. En otras palabras, el deterioro ambiental o la defensa del medio ambiente imponen costes y generan beneficios, tanto monetarios como no monetarios (sobre la salud, los ecosistemas, las propiedades, ...etc), que recaen sobre, y son apropiados por diferentes personas y grupos en diferentes momentos de tiempo, debido a que numerosos efectos tardan muchos años en aparecer. A veces, aunque no frecuentemente, es posible llevar a cabo comparaciones entre los costes y los beneficios monetarios de determinadas actuaciones ambientales, pero cada vez cobra más fuerza la idea de inconmensurabilidad (o al menos de una conmensurabilidad débil) de la mayoría de los impactos ambientales, por lo que las discusiones se centran en la explicitación del conflicto entre valores e intereses y en el reconocimiento de la legitimidad de esos valores frente al cálculo puramente monetario que, al mismo tiempo, ignora gran número de impactos.

La cuestión de la mayor o menor conmensurabilidad suscita discusiones acaloradas. Si no podemos medir, objeta alguna persona, todo vale y nuestra actividad investigadora carece de sentido. Me gustaría dejar claro que no es eso lo que estoy diciendo. Al contrario, todos los esfuerzos realizados para mejorar las medidas y para buscar indicadores más completos son apreciados y bienvenidos pero, otra cosa diferente es pensar que ante problemas complejos podemos confiar en la construcción de indicadores sencillos o lineales que, en gran medida, son incapaces de reflejar esa complejidad, como pone de manifiesto el trabajo de Howard citado más arriba. Por supuesto, esto no significa que no podamos usar indicadores sencillos, como el consumo de energía fósil por habitante entre países (dejando de lado temporalmente las diferencias dentro de un país) para "hacernos una idea de lo que podría pasar" si se generalizan los consumos más elevados de algunos países al resto del mundo. Reconozco que es posible llevar a cabo este tipo de "extrapolaciones" y que pueden ser útiles,

pero esto no tiene nada que ver con la idea de medir con precisión los impactos y de conocer (medir) con precisión las implicaciones de esos impactos. Muy al contrario, la utilización de esos indicadores se acerca más a lo que sugiere el principio de precaución que, precisamente, reconoce las limitaciones de la ciencia para medir con precisión los impactos. En cualquier caso, la pertinencia o no de las mediciones y comparaciones depende de cada caso concreto puesto que la casuística que existe bajo el rótulo de “problemas ambientales” es muy variada.

Por otro lado, gran parte del debate reciente sobre la existencia o no del cambio climático (aunque no se limita exclusivamente a este problema sino que también es extensible a muchos otros, especialmente los relacionados con la salud humana) insiste en la dificultad de medir o relacionar de manera adecuada los efectos y las causas. En cualquier caso, entiendo que uno de los problemas que subyacen en este tipo de cuestiones consiste en que aceptamos que el punto de partida sea: “Demuestren científicamente que existe una relación entre esta causa y estos efectos”, recayendo el peso de la prueba sobre las personas que se oponen a la continuación de las actividades que supuestamente originan dichos efectos, en lugar de exigir que el punto de partida sea: “Demuestren científicamente que no existe una relación entre esta causa y estos efectos”, recayendo en este caso el peso de la prueba sobre las empresas que aseguran que sus actividades no son responsables de los impactos ambientales, cualesquiera que sean. Debe quedar claro que tanto la demostración de la existencia de la relación como la demostración de su inexistencia son igualmente difíciles, la única e importante diferencia es que el peso de la prueba recae sobre los que aseguran que no pasa nada, siendo ahora nosotros, es decir, los posibles afectados los que tenemos la capacidad de rechazar la demostración de la inexistencia, argumentando que los resultados no son científicamente concluyentes.

### EL RETO A LA FORMA DE TOMAR DECISIONES

Si nos fijamos en lo que podemos llamar las características de las cuestiones ambientales (Cuadro 1), o por lo menos de la mayoría de ellas, podemos ver que difieren de las cuestiones nítidas y claras, de carácter unidimensional o estrictamente disciplinario, con las que estamos más familiarizados. Por eso insistía anteriormente en que los problemas ambientales suponen un reto al conocimiento disciplinario. Ahora bien, son estas propias características las que plantean, a su vez, un reto a la manera habitual de tomar las decisiones puesto que no hay expertos que sean capaces de manejar con éxito dichas características.

Bajo estas condiciones surgen una serie de preguntas relevantes cuyas respuestas no son fáciles. Por ejemplo, ¿debemos esperar a contar con un, improbable, conocimiento científico –clara relación causa-efecto– para tomar una decisión sobre la prohibición o no de un compuesto químico cuyos efectos acumulativos, sobre un número

Cuadro 1

#### ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

|   |
|---|
| <i>Multidimensionalidad</i>                       |
| <i>Efectos sinérgicos a largo plazo</i>           |
| <i>Inconmensurabilidad y comparabilidad débil</i> |
| <i>Incertidumbre e irreversibilidad</i>           |
| <i>Número elevado de afectados</i>                |
| <i>Limitada percepción social</i>                 |
| <i>Conflicto distributivo</i>                     |
| <i>Conflicto entre valores e intereses</i>        |

elevado de personas, pueden empezar a aparecer en un plazo de 10 ó 20 años o, simplemente, en un plazo desconocido? ¿es científicamente apropiada esta manera de tomar decisiones? ¿podemos arriesgarnos y autorizar el compuesto químico? ¿qué pasa si se generan impactos irreversibles y no compensables (ausencia de reposición o de restauración)?

Para algunas personas, la aplicación del principio "Él que contamina paga", al que incluso califican de principio ecológico, permitiría dar respuesta a las preguntas anteriores. El citado principio parte del supuesto según el cual todo es reversible, de ahí que postule una compensación o un pago monetario para hacer frente a los daños provocados por la contaminación, es decir, para compensar monetariamente a los afectados o para restaurar ambientalmente la zona deteriorada. De acuerdo con las declaraciones de algunos políticos, es el principio que se está invocando para tratar de hacer frente al desastre de Doñana. La realidad, sin embargo, es bien distinta ya que, como muestra el cuadro 1, además de la existencia de impactos irreversibles, existen impactos que sólo veremos a largo plazo y que posiblemente también sean irreversibles.

No se trata sólo de la disminución o desaparición de determinadas especies sino de los impactos sociales ocasionados al hacer imposible durante un número elevado de años la continuidad de la agricultura como forma de vida (económica y social) de un elevado número de personas. ¿Cuál es la compensación para las personas que no puedan seguir siendo agricultores? ¿la que fijen los "expertos" en agricultura? ¿la que fijen los tribunales? ¿la que acepten los afectados? ¿la que negocien entre ambos? ¿existe realmente una compensación adecuada?

Ante la imposibilidad de dar una respuesta única a estas preguntas que, como he repetido varias veces, nos llevan fundamentalmente a reconocer la existencia de limitaciones científicas para abordar estos problemas, se está proponiendo como alternativa la aplicación del principio de precaución (O' Riordan y Jordan, 1995), principio que es ambiguo, pero que trata de evitar la generación de impactos irreversibles tanto sobre la salud de las personas como sobre la de los ecosistemas. Se trata, en suma, de asumir un conjunto de valores (los derechos humanos y la inserción de las personas en el medio ambiente del que dependemos) y de colocarlos por encima de unos intereses monetarios que sólo son legítimos cuando respetan o no cuestionan esos valores. Es lo mismo que si enfrentamos a la democracia con los intereses monetarios. No deseo aparecer como un ingenuo puesto que es notorio que, con frecuencia, los principios o valores democráticos son violados o ignorados en favor de determinados intereses económicos. Lo que estoy diciendo es que si queremos vivir en democracia es porque defendemos unos valores frente a los potenciales mejores resultados económicos (sobre todo en términos de beneficios empresariales) que proporcionaría un sistema no democrático.

En este sentido, el corolario del principio de precaución, dado que en muchos problemas ambientales todos somos potenciales afectados y carecemos de expertos en pro-

blemas complejos, consiste en abrir y consolidar vías efectivas de información, discusión, participación y debate, es decir, profundizar en la democracia cotidiana a la hora de tomar decisiones que nos pueden afectar y que los que, en principio, están “legitimados” para tomarlas, no tienen necesariamente mayor capacidad que el resto de las personas. Así pues, hace falta tomarse la democracia en serio, hay que ejercerla diariamente y no limitarse a votar cada cuatro años, y ser más activos políticamente, no en el sentido de los partidos sino en el de los problemas. De acuerdo con Funtowicz y Ravetz:

*“Cuando los problemas carecen de soluciones claras, cuando destacan los aspectos ambientales y éticos de las cuestiones y cuando todas las técnicas de investigación están abiertas a la crítica metodológica, los debates sobre la calidad no se refuerzan excluyendo a los no expertos. La extensión de la comunidad de evaluadores (incluyendo a los afectados o a los que están preocupados por el problema) no constituye un mero acto político o ético, sino que puede enriquecer el proceso de investigación científica (...) se puede argumentar que los no expertos carecen de conocimientos teóricos, están sesgados y son egoístas pero también se puede argumentar que los expertos carecen de un conocimiento práctico y tienen sus propios sesgos, aunque no sean conscientes de ellos.” (Funtowicz y Ravetz, 1993, pp. 752-753).*

Considero interesante destacar, dentro de una perspectiva similar el planteamiento que hace Romeo Casabona al asumir la incapacidad del Derecho como disciplina para proporcionar respuestas adecuadas que sean válidas para realidades o fenómenos sociales nuevos, como ocurre con el avance en las Ciencias Biomédicas. ¿Qué soluciones propone? Fundamentalmente dos: incorporar los nuevos valores éticos y abrir un amplio debate público. Más concretamente, para este autor, “El problema jurídico (o uno de ellos) consiste en detectar los nuevos valores ético-sociales necesarios para asimilar o hacer frente a esa también nueva realidad social, en cómo se integran en el Derecho y, lo que no es menos importante, en cómo se van perfilando o “creando” esos valores ético-sociales” (Romeo Casabona, “El derecho ante el avance científico” ABC, 7 de Marzo de 1997), encontrando en la Constitución de 1978 el apoyo suficiente para que los valores que ella consagra permitan el ordenamiento jurídico en relación con los avances biomédicos.

Es más, insiste este autor que en la toma de decisiones sobre este tipo de avances han de aceptarse como principios irrenunciables una serie de puntos mínimos (de los que resumo y destaco los siguientes): a) La búsqueda de principios regulativos no corresponde exclusivamente a los investigadores (...) al afectar potencialmente a toda la colectividad, en la discusión debe participar ésta, a través de las personas o de los grupos que, por su preparación, cualificación o interés, puedan crear opinión o sean capaces de aglutinar o encauzar las ya existentes. b) Debe asegurarse el pluralismo ideológico, de creencias o concepciones de cualquier clase y, c) Creación de opinión, fomento del debate en la opinión pública y orientación de las instancias públicas.

Desde el punto de vista de la economía se está prestando especial atención al

ejercicio de la democracia deliberativa. El razonamiento consiste en que si los temas ambientales tienen que ver con bienes públicos o colectivos, se hace necesario un debate público que no se puede confundir con un debate político ni con un debate parlamentario. La creación de "jurados de ciudadanos", configurados de manera aleatoria y a los que se familiariza con las distintas dimensiones del problema sobre el que se les pide que dictaminen, sea o no vinculante dicho dictamen, podría ser una opción. La aplicación del análisis multicriterio, incentivando la participación y el debate público y explicitando los conflictos entre valores e intereses puede ser otra opción interesante. Ambas, en cualquier caso, permiten sacar el problema del ámbito estrecho de los "expertos" y enriquecerlo con las aportaciones y perspectivas de aquellos que se sienten afectados en sus derechos como ciudadanos o, sencillamente, como personas directamente interesadas y con las que no se cuenta. No pretendo que se vea en lo anterior una propuesta para la democratización de la ciencia, propuesta con la que no estoy de acuerdo. Sin embargo, sí entiendo que el papel de los valores es fundamental para comprender adecuadamente los problemas ambientales. Es el debate sobre los valores y su importancia en la configuración de opciones en contextos que presentan las características mencionadas en el Cuadro 1, el que me interesa abrir, fundamentalmente porque es un debate ético que afecta a los derechos de los ciudadanos actuales y futuros, derechos cuyo respeto real y no formal debemos reivindicar continuamente.

## LOS PROBLEMAS AMBIENTALES EN CANARIAS

¿Cuáles son los problemas ambientales de Canarias? ¿son diferentes de los de otros países de la CEE? En primer lugar quiero aclarar que cuando hablo de problemas ambientales, entiendo que es más correcto hablar de resultados derivados de unos procesos de producción y consumo. Quiero decir que la contaminación no es un problema en sí misma, el problema es el tipo de procesos de producción y consumo cuyo resultado es la contaminación. Así pues, es necesario enfrentarse a esos procesos y no desviar la atención solamente a los resultados que generan. En segundo lugar, ya es imposible ignorar que, tal y como señala el reciente documento de la CEE (1992) titulado "Hacia un Desarrollo Sostenible. Programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible", *"Los auténticos 'problemas' responsables de las pérdidas y daños ecológicos los constituyen las pautas de conducta y consumo de los seres humanos en la actualidad"*, de ahí que la nueva estrategia sobre medio ambiente y desarrollo tenga por objeto *"... modificar las pautas de comportamiento y de consumo"*, siendo el objetivo primordial del quinto Programa "romper las tendencias".

Ahora bien, ¿cuáles son las tendencias o las características del estilo de vida que mantenemos en Canarias y que produce esos efectos ambientales adversos? En mi opinión hay tres aspectos claves que separo a efectos expositivos pero que todos están directamente relacionados: *el uso de la energía y del agua; el modelo de transporte y el uso del suelo; y la generación de residuos*. Sin olvidar, como resultado final, una muy desigual distribución de la renta (Aguilera et al. 1994).

Pero tampoco se puede olvidar que estos problemas son la expresión visible de una cuestión previa que consiste en ¿cómo se toman las decisiones? En otras palabras, se confunde la democracia con el voto cada cuatro años, dando carta blanca a los políticos para que decidan (en función de las presiones de los grupos empresariales). Parece claro, sin embargo, que es necesario repensar la democracia pues sólo tiene sentido cuando ésta es algo que se ejerce de manera cotidiana.

## EL USO DE LA ENERGIA Y DEL AGUA

Energía y agua constituyen un binomio fundamental en cualquier modelo o estilo de vida, pero en un contexto insular cobran una importancia todavía mayor. El consumo de energía en Canarias para el año 1991 se muestra en el Cuadro 2. En él vemos que la Industria, seguida del Comercio y los Servicios, son los principales consumidores mientras que el consumo doméstico es muy bajo en relación con los anteriores. Este primer dato me parece bastante aclaratorio pues en las discusiones sobre las necesidades de nuevas plantas de energía se suele argumentar que la razón de estas plantas se encuentra en que a los consumidores domésticos nos gusta estar equipados con todo tipo de electrodomésticos. Como vemos, la realidad es otra. Pero además, resulta que en las tres actividades citadas existe un potencial realmente elevado de ahorro energético, según Fernández de Mata y Vollbrecht (1991). En efecto, tal y como señala el Cuadro 3, es posible ahorrar, incorporando la tecnología de ahorro correspondiente, entre un 25% y un 42% en la industria, entre un 35% y un 60% en el comercio y los servicios y entre un 30% y un 51% en el consumo doméstico. Esto puede parecer una exageración, pero según los cálculos de las Naciones Unidas presentados en el documento "Revisión provisional..." sobre las posibilidades de la eficiencia energética, el potencial que ofrece una mejora del rendimiento energético para reducir el crecimiento del consumo de energía es muy elevado ya que permitiría pasar de 9.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) en 1990 a 13.000 millones, en lugar de los 20.000 millones de tep inicialmente estimados para el año 2.050 (p.19).

En otro orden de cosas, se sabe, positivamente, que es más barato ahorrar un kilowatio (KW) que generar uno más. Dicho de otra manera, es más barato invertir en mejorar la eficiencia energética que invertir en la construcción de nuevas centrales. Todo lo anterior, sin tener en cuenta que se evitaría, además, un volumen considerable de emisiones contaminantes. La pregunta pertinente consiste entonces en ¿por qué no se invierte en eficiencia energética? ¿por qué las leyes no obligan a las empresas generadoras de energía a cambiar su orientación? Desde luego que existe un importante conflicto de intereses, pero debo admitir que no tengo una respuesta clara, aunque puede servirnos a título orientativo los obstáculos que indica el Informe Jensen del Parlamento Europeo (1991), a saber:

- La existencia de un pensamiento político rutinario
- La oposición de determinados intereses profesionales
- Unas estructuras de precios inadecuadas
- La falta de cooperación entre los estados miembros



Cuadro 2

| CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CANARIAS (MWH) |                |         |            |         |
|--|----------------|---------|------------|---------|
|  | S. C. TENERIFE |         | LAS PALMAS |         |
|  | Absoluto       | %       | Absoluto   | %       |
| Industria                                      | 610.019        | (44,65) | 945.023    | (47,43) |
| Comercio y Servicios                           | 478.467        | (35,02) | 568.219    | (28,52) |
| Uso doméstico                                  | 140.458        | (10,28) | 176.483    | (8,85)  |
| Captación, depuración y distribución de agua   | 20.184         | (1,47)  | 302.379    | (15,17) |
| TOTAL  | 1.366.126      |         | 1.992.104  |         |

Fuente: Consejería de Industria, Comercio y Consumo

Cuadro 3

| CONSUMO (REAL E HIPOTÉTICO) DE ELECTRICIDAD EN TENERIFE (MWH)         |  |
|---|--|
| Escenarios de ahorro: MT= Mejor Tecnología<br>TA= Tecnología Avanzada |  |
| CONSUMO Y AHORRO EN INDUSTRIA   |  |
| 1991  | 610.019  |
| MT  | 454.403 (155.615) (Hipótesis MT: Ahorro 25,51%)  |
| TA  | 348.626 (261.393) (Hipótesis TA: Ahorro 42,85 %) |
| CONSUMO Y AHORRO EN COMERCIO Y SERVICIOS                              |  |
| 1991  | 478.467  |
| MT  | 307.176 (171.291) (Hipótesis MT: Ahorro 35,80%)  |
| TA  | 189.042 (289.425) (Hipótesis TA: Ahorro 60,49%)  |
| CONSUMO Y AHORRO EN USOS DOMÉSTICOS                                   |  |
| 1991  | 140.458  |
| MT  | 98.166 (42.292) (Hipótesis MT: Ahorro 30,11%)    |
| TA  | 67.799 (72.659) (Hipótesis TA: Ahorro 51,73%)    |
| CONSUMO Y AHORRO TOTAL  |  |
| 1991  | Consumo.....1.366.126                            |
| MT  | Consumo 859.745 (62,94) Ahorro 506.381 (37,06)   |
| TA  | Consumo 605.467 (44,32) Ahorro 760.659 (55,68)   |

Fuentes: a) Datos. Consejería de Industria, Comercio y Consumo. b) Hipótesis MT y TA: "Ahorro y Eficiencia Energética. El Enfoque Demanda de la Planificación Eléctrica para España". Greenpeace 1991.

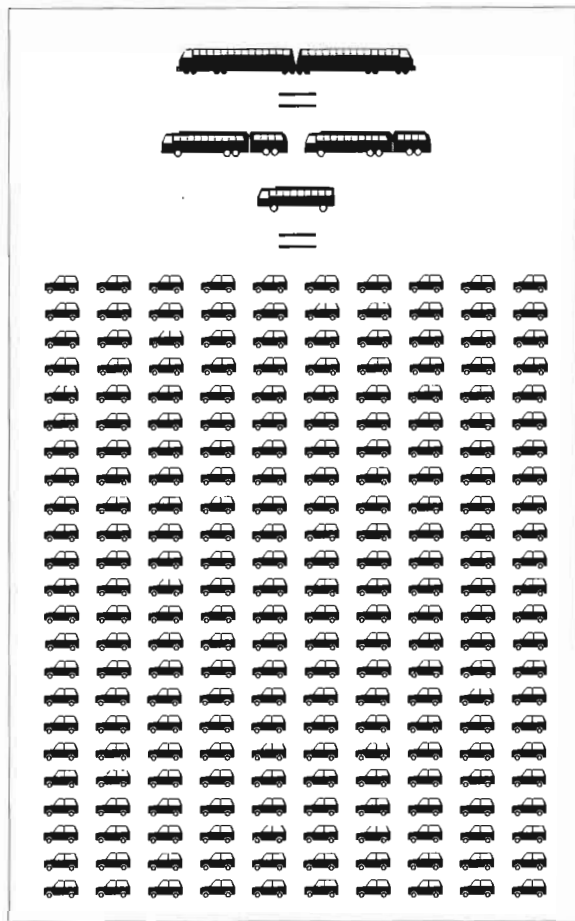
En definitiva, la existencia de un entramado político-económico, aderezado con ciertos intereses profesionales, a los que hay que añadir el razonamiento falaz (ver la réplica en Aguilera *et al.* 1994) de que las energías renovables no son todavía competitivas y la idea equivocada de que a mayor consumo energético mayor nivel de desarrollo (medido por el aumento del PIB) conforma un marco que opone una seria resistencia tanto a la mejora de la eficiencia energética como a la aplicación de las energías renovables. Es cierto que, de llevar a cabo las inversiones anteriores, disminuiría el consumo energético en Canarias y la factura “petrolífera” sería menor, pero el bienestar de los canarios habría mejorado claramente y aumentaría el empleo. Sin embargo, parece existir una oposición clara entre el bienestar de los canarios y la cuenta de resultados de algunas empresas. Es más, nos fijamos en el “producto” que representa el consumo de energía, cuando lo importante es la función o el servicio que cumple dicha energía. Así pues, seguimos confundiendo todo.

Con respecto al agua, el cuadro 2 muestra la importante diferencia que existe entre la provincia de S. C. de Tenerife y la de Las Palmas en relación con el consumo energético dedicado a la captación, depuración y distribución de agua. Ciertamente son dos situaciones muy diferentes, pero tiene interés mostrar que el deterioro de los acuíferos en la isla de Tenerife, debido a la sobreexplotación, puede conducirnos a una situación como la de Gran Canaria, en la que la extracción de agua es un problema, fundamentalmente energético. No obstante, la aplicación de energía eólica para desalinización podría ser una excelente alternativa, tal y como ya ocurre con los Planes Eólicos de Fuerteventura y Lanzarote. En cualquier caso, parece bastante contradictorio lamentarse por la escasez de agua cuando las pérdidas en las redes urbanas y agrícolas son tan elevadas que, si se eliminasen, dejaría de ser necesaria en gran medida la instalación de nuevas plantas desalinizadoras. En este sentido, y según el avance del Plan Hidrológico de Gran Canaria, las pérdidas en las redes urbanas de dicha isla ascienden a 12,7 Hm<sup>3</sup> y suponen casi un 34% del agua distribuida, es decir, casi la mitad del agua desalinizada en Gran Canaria se pierde en la distribución, pérdidas que, por otro lado, equivalen a la mitad del consumo que requiere el cultivo del plátano en esta isla. Algo similar ocurre en la isla de Tenerife llegando en algunos municipios a pérdidas del 60 y 70 % en la red. La excepción la constituye Santa Cruz donde las pérdidas están en torno al 10 % y donde en la actualidad EMMASA compra menos agua que en 1974 –gracias a la mejora en las redes– a pesar de que ha aumentado notablemente el número de usuarios.

## **EL MODELO DE TRANSPORTE**

El desplazamiento mediante el uso de vehículos individuales, a pesar de que es relativamente reciente, limitándose a los últimos treinta años, parece considerarse como algo consustancial e inevitable de nuestra manera de vivir. La rapidez, la autonomía y la flexibilidad que nos proporciona el transporte individual son, sin lugar a dudas, muy estimables. Sin embargo, a medida que este tipo de transporte se generaliza aparecen serios inconvenientes que hacen dudar de los beneficios que proporciona. Entiendo, en consecuencia, que hay que

incorporar otro tipo de criterios que permitan evaluar razonadamente la deseabilidad de este modelo de transporte. En este apartado, pretendo proporcionar algunos de estos criterios de acuerdo con los datos proporcionados por el "Libro verde sobre el impacto del transporte en el medio ambiente. Una estrategia comunitaria para un desarrollo de los transportes respetuosos con el medio ambiente" (CEE, 1992 a).



Un primer criterio consiste en la eficiencia del consumo de energía. En efecto, el consumo de energía por viajero-kilómetro, suponiendo un 100% de ocupación del vehículo, es de 0,29 para el autobús y el tren "intercity", de 0,69 para un coche diesel y de 0,75 para un coche de gasolina, mientras que para el avión es de 1,45. Esto ya nos indica que el transporte colectivo por carretera o ferrocarril consume menos de la mitad de lo que gasta el vehículo individual, aunque éste vaya plenamente ocupado. En un contexto de escasez de carburantes, parece ser un criterio a tener en cuenta.

El segundo criterio hace referencia a las emisiones de CO<sub>2</sub> según los tipos de transporte. En efecto, ya se reconoce ampliamente que la acumulación de CO<sub>2</sub> constituye un resultado indeseable del actual estilo de vida, cuyas consecuencias pueden ser especialmente graves para el Planeta. Según la CEE, el sector del transporte en 1986 emitía 557 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que suponía el 22,5% del total de las emisiones de la Comunidad. Por tipos de transporte, el vehículo privado emitía el 55,4%, mientras que el transporte colectivo por carretera (autobús) era responsable sólo del 1,6% y el transporte de viajeros por ferrocarril representaba el 2,8%. De nuevo vemos que este criterio es relevante a la hora de decidir la deseabilidad o no del tipo de transporte.

No es posible ignorar, finalmente, que, además de los impactos anteriores, cada tipo de transporte plantea unas exigencias diferentes sobre el suelo. En este sentido, el transporte individual por carretera es el que requiere una mayor disponibilidad de espacio, disponibilidad que aumenta al aumentar la densidad de tráfico. El Cuadro 4 proporciona una buena aproximación a las necesidades de espacio que requieren los distintos tipos de transporte en función de la velocidad media y de la ocupación. En efecto, cuanto más aumenta el tráfico individual, más carreteras son necesarias para mantener el nivel de fluidez, pero al mejorar éste más incentivos existen para adquirir nuevos automóviles, lo que lleva, en poco tiempo, a aumentar la congestión y, de nuevo, a aumentar la construcción de carreteras. Nos encontramos pues metidos en una rueda que no tiene fin y que va deteriorando continuamente el espacio. Sin ir más lejos, el Plan Insular de Ordenación de Tenerife (PIOT) ha señalado que de continuar el ritmo de matriculación de automóviles, sería necesario construir cada año

Cuadro 4

| USO DE ESPACIO POR DIFERENTES TIPOS DE TRANSPORTE |                |   |
|---|----------------|---|
| TRANSPORTE  | VELOCIDAD km/h | ESPACIO OCUPADO por persona (m <sup>2</sup> ) |
| Automóvil lleno                                   | 40             | 20  |
| Automóvil 1 persona                               | 40             | 60  |
| Autobús lleno                                     | 30             | 9,4   |
| Autobús 1/3 ocupación                             | 30             | 28,1  |
| Tranvía lleno                                     | 30             | 2,2   |

Fuente: Whitelegg (1993)

115 kilómetros de nuevas carreteras. En estas circunstancias, la "solución" al problema del tráfico pasa inevitablemente por la disminución del transporte privado y por la incentivación del transporte colectivo, tal y como señala correctamente el "Libro verde sobre el impacto del transporte en el medio ambiente". Más aún, la reciente "Revisión provisional..." citada anteriormente es muy contundente en relación a este tema al señalar textualmente "El crecimiento del transporte debe considerarse como un obstáculo para el futuro desarrollo económico y como una fuente de problemas medioambientales" (p. 26).

Se suele argumentar, sin embargo, que el transporte colectivo no es rentable y que hay que subvencionarlo para que pueda competir con el transporte individual. Ahora bien, si tenemos en cuenta los criterios anteriores, estaremos de acuerdo en que la supuesta rentabilidad del transporte individual se basa en que no tiene en cuenta los costes ambientales y sociales que genera. Dicho de otra manera, si el transporte individual tuviera que pagar por estos costes, posiblemente no podría competir con el transporte colectivo. Más aún, esto significaría que el tipo de transporte que está realmente subvencionado es el transporte privado. De hecho, es el documento "Revisión provisional..." citado anteriormente, el que señala que "La ausencia de un nivel adecuado de internalización de los costes externos (incluidos los costes medioambientales) en el transporte falsea los precios. Ello crea distorsiones en los mercados del transporte, que favorecen sobre todo al transporte por carretera y al transporte aéreo" (p. 23).

Por ejemplo, un reciente trabajo (Arrojo y Fernández, 1995) que intenta calcular sólo los costes monetarios en los que incurriría el transporte individual en comparación con el transporte colectivo -en términos de inversiones en infraestructuras necesarias para proporcionar a los usuarios un nivel similar de movilidad en la ciudad de Zaragoza- muestra que las inversiones requeridas por el transporte individual en túneles, aparcamientos y viario subterráneo ascendería a 70.000 millones de pesetas, mientras que el transporte colectivo sólo requeriría una inversión que apenas llega a los 6.000 millones de pesetas (compra de nuevos autobuses y adecuación de carriles-bus). Sin embargo, el papel que juega el automóvil individual en el entramado económico-fiscal (impuestos sobre gasolina y automóvil, construcción de carreteras, empleo) proporciona unos beneficios privados (pero no sociales) tan elevados que impiden el cambio necesario en el modelo de transporte.

En el caso concreto de Canarias nos encontramos plenamente instalados en la espiral más coches, más carreteras, más coches.... Obviamente esta espiral es disparatada pero no irracional puesto que constituye un excelente negocio para los constructores de carreteras

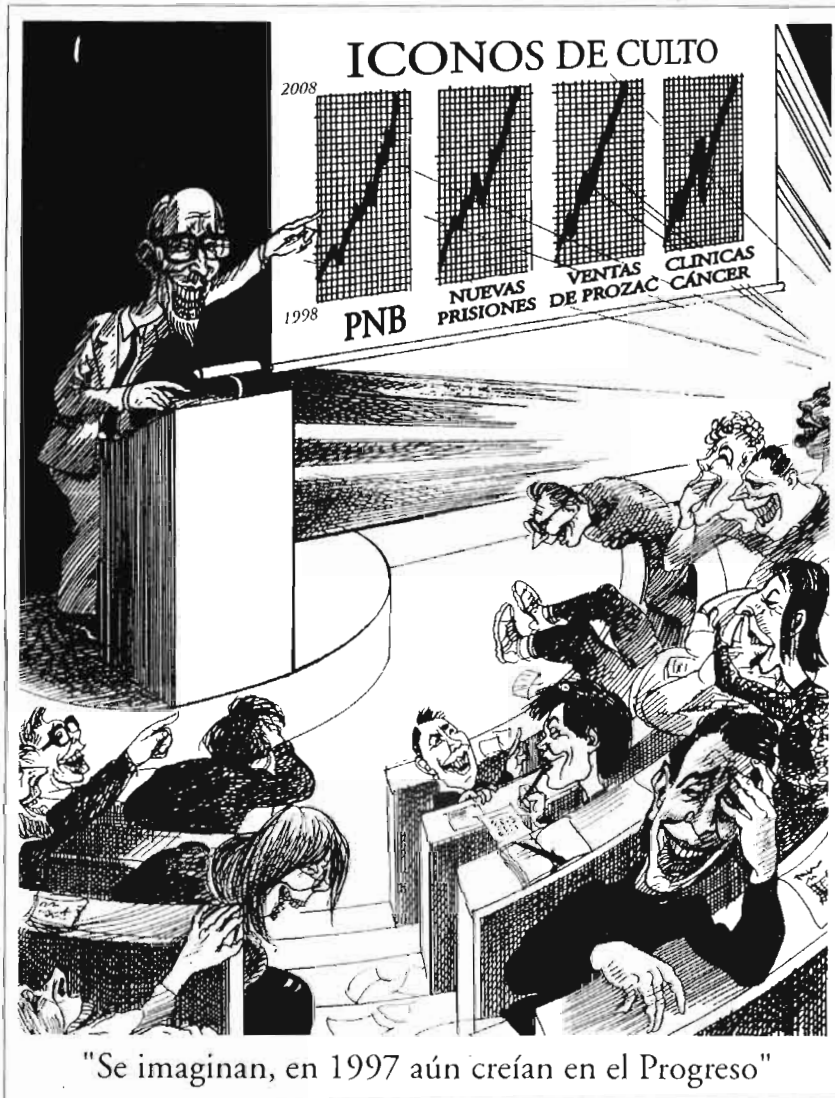
y los vendedores de vehículos y gasolina, por no hablar de los impuestos recaudados. Es más, cuanto mayor es la congestión más gasolina se despilfarra y más aumenta el PIB. El problema es que esta situación no puede continuar. Como señala el "Estudio de la Demanda de Transporte", realizado por SENER y ENSITRANS para el Cabildo de Tenerife "Los crecimientos de movilidad se traducirán en un mayor nivel de congestión de vías actuales, a pesar de las mejoras previstas en los próximos 10 años con el cierre del anillo insular. El índice de congestión promedio para las vías rápidas, pasa del 75,8% actual a más de 95% en el 2008 y casi un 98% en el 2018" (Cabildo Insular de Tenerife, 1998). La pregunta relevante es, en consecuencia: ¿qué problema resuelve la construcción de más carreteras? Desde luego, cualquier otro problema que uno pueda imaginarse pero no el problema del tráfico que, al contrario, agrava continuamente deteriorando, a su vez, las islas que, como decíamos hace ya algunos años (Aguilera et al. 1994), se están convirtiendo en un inmenso solar o, siendo más actuales, en un gran "parque temático", es decir, en todo lo contrario a un espacio social.

### **EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS URBANOS**

El tercer aspecto negativo que quiero señalar es el de la generación de residuos urbanos. Los residuos son un producto inevitable e inherente a los procesos de producción y consumo, desde un punto de vista físico. Lo que ocurre es que las islas poseen una limitada capacidad de asimilar los residuos urbanos ya que éstos son, en su mayoría, no reciclables, al menos tal y como se vierten actualmente. Los espacios disponibles para arrojar residuos (vertederos) cada vez son más escasos, mientras que la incineración es considerada por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) de Estados Unidos como una solución peligrosa y altamente contaminante. Al mismo tiempo, la Comunidad Autónoma de Canarias ocupa el tercer lugar del país en cuanto a generación de residuos por habitante y año. No pretendo ser simplista, pero cada vez se insiste más en que el mejor residuo es el que no se genera. Esto quiere decir que frente a las "soluciones" que tienden a "eliminar" los residuos (es decir, a cambiar su forma física) una vez generados, habrá que ir primando las soluciones orientadas hacia la menor generación mediante la recuperación, el reciclaje y el uso de envases retornables frente a los desechables.

En esta línea, Alemania, a través del decreto Töpfer, se ha embarcado en un ambicioso proyecto del que merecen destacarse cinco puntos: a) responsabilidad jurídica de los distribuidores sobre los envases y embalajes; b) establecimiento de depósitos elevados para garantizar el retorno de los envases y la obligatoriedad de alcanzar un 72% en el porcentaje de retorno; c) exclusión de la incineración y obligatoriedad del reciclado de materiales; d) establecimiento de objetivos elevados de recuperación y reciclado, así como determinación de fechas para su cumplimiento; e) posibilidad de evitar a los comercios la obligación de aceptar los envases devueltos y la devolución del depósito mediante la participación en un sistema que garantice la recogida de envases.

En mi opinión, estas medidas son perfectamente aplicables en Canarias, al menos



THE ECOLOGIST, por Richard Wilson

siempre que los intereses generales primen más que los intereses particulares y que los "expertos" que legitiman seudocientíficamente las soluciones tipo incineración –ahora denominada de manera engañosa "valorización energética"– comiencen a reconocer que la auténtica solución pasa por tomar decisiones encaminadas a generar menos residuos y a reutilizar y reciclar la mayoría de ellos, es decir, a transformarlos de nuevo en recursos.

### LA DESIGUAL DISTRIBUCIÓN DE LA RENTA

Como colofón a los impactos ambientales provocados por los tres ejes fundamentales del estilo de vida, me queda resaltar brevemente el impacto sobre la distribución de la renta en términos monetarios. Digo esto porque entiendo que debe quedar claro que los anteriores impactos también afectan a las condiciones de vida de las personas. Es decir, la contaminación atmosférica, generada por las centrales eléctricas y el tráfico, los atascos, el ruido y los residuos urbanos ya afectan inevitablemente a una gran parte de personas. No obstante, se suele justificar, ocasionalmente, dicha contaminación, como el precio que debemos pagar por el progreso y la mejora de

las condiciones de vida. Nada más lejos de la realidad, pues, además de lo anterior, los datos disponibles muestran que a pesar del llamado crecimiento económico, medido en términos de aumento del Producto Interior, cada vez se distribuye de manera más desigual la renta generada. En otras palabras, cada vez son más ricos los ricos y cada vez son más pobres los pobres. Concretamente, y según el trabajo realizado por EDIS (1991) para el Gobierno Autónomo de Canarias, el 9,62% de la población obtenía el 1,75% de la renta mientras que el 13,11% de la población obtenía el 34,07%, situación agravada en los últimos años.

A la vista de los resultados anteriores considero que es necesario preguntarse sobre la deseabilidad y viabilidad ambiental y social y, por lo tanto, económica (en el sentido de economía de sistema abierto) del estilo de vida o de desarrollo que se sigue en Canarias, pues si no se introducen modificaciones pueden agravarse ciertos problemas y tensiones que dificultarían sensiblemente las opciones a tomar. Ahora bien, considero importante recordar

–a modo de conclusión– que dicho estilo no nos está llevando ni es posible que nos lleve hacia lo que Max-Neef (1994) califica como una “sociedad coherente”, puesto que no cumple ninguna de las condiciones señaladas por este autor. Es decir, estamos conformando una sociedad que carece de *Compleitud* (pues no está interesada en una reproducción crecientemente autodependiente del sistema, esto es, sin que tenga lugar a expensas de las privaciones de las personas), carece de *Consistencia* (ya que el estilo seguido se mantiene a costa de la depredación de los ecosistemas y de los recursos naturales) y carece de *Decidibilidad* (puesto que no se cuenta con una estructura participativa, donde la retroalimentación no sea inhibida). Entiendo, en cualquier caso, que los economistas no podemos olvidar, tal y como nos recuerda Adam Smith en su Teoría de los Sentimientos Morales que en último término, la justicia es la columna principal que sostiene todo el edificio, sin la cual, el inmenso entramado de la sociedad humana se deshace en átomos instantáneamente.

## BIBLIOGRAFÍA

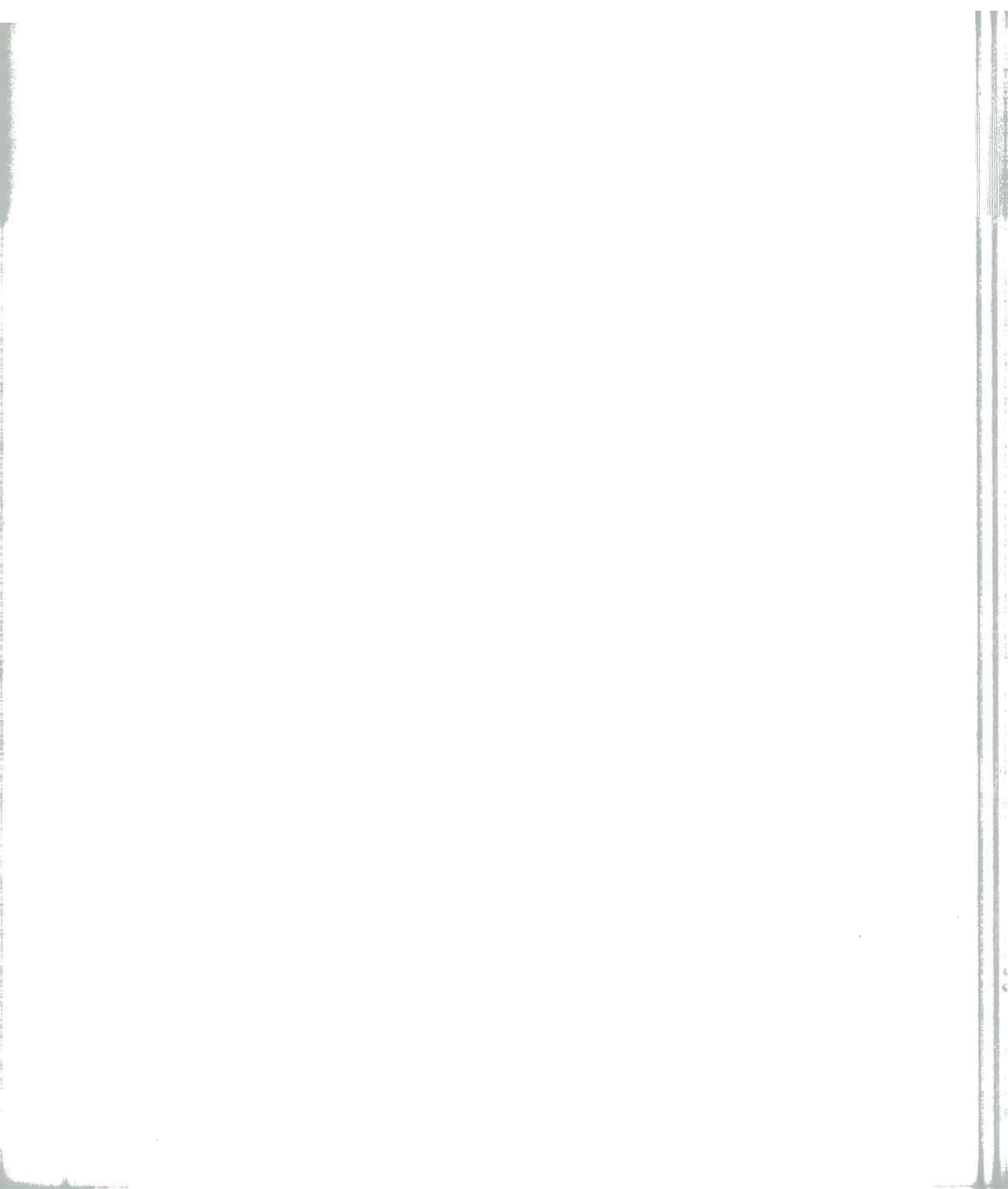
- AGUILERA, F. y otros, 1994. *Canarias. Economía, ecología y medio ambiente*. Ed. Lemus. La Laguna. Tenerife.
- ARROJO, P. y FERNÁNDEZ, J. 1995. *Análisis de modelos de movilidad*. Departamento de Análisis Económico. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Zaragoza. Inédito.
- BECK, U. 1991. La irresponsabilidad organizada. *Debats*, 35-36.
- CABILDO INSULAR de TENERIFE 1998. *Estudio de la demanda de transporte y plan para la realización de la planificación intermodal del transporte terrestre en la isla de Tenerife*. SENER y ENSITRANS.
- CEE, 1992. a) *Hacia un desarrollo sostenible*. Programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente.
- CEE, 1992. b) *Libro verde sobre el impacto del transporte en el medio ambiente. Una estrategia comunitaria para un desarrollo de los transportes respetuoso con el medio ambiente*.
- CEE, 1994. *Revisión provisional de la aplicación del programa de política y acción de la comunidad europea en relación con el medio ambiente y el desarrollo sostenible*.
- EDIS, 1991. *Elementos para la orientación de una política de lucha contra la pobreza en Canarias*. Consejería de Trabajo. Gobierno Autónomo de Canarias.
- FERNÁNDEZ DE MATA, J. y VOLLBRECHT M. 1991. *Ahorro y eficiencia energética*. Greenpeace. Madrid.
- FUNTOWICZ, S. y RAVETZ, J. 1993. Science for the post-normal age. *Futures*, 25:739-755.
- HOWARD, V. 1997. Synergistic Effects of Chemical Mixtures; Can we rely on Traditional Toxicology? *The Ecologist*, 27: 192-195.
- LUBCHENCO, J. 1998. Entering the Century of the Environment: A New Social Contract for Science, *Science*, 279: 491-497.
- MAX-NEEF, M. 1993. *Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Icaria. Barcelona.
- MEADOWS, D. 1996. Más allá de los límites. En: Francisco Díaz Pineda (ed.). *Ecología y Desarrollo*. Universidad Complutense. Madrid. pp. 57-72.
- MORIN, E. 1993. El desafío de la globalidad. *Archipiélago*, 16: 66-72
- O'RIORDAN, T. y JORDAN, A. 1995. The Precautionary Principle in Contemporary Environmental Politics. *Environmental values*, 4: 191-212.
- PARLAMENTO EUROPEO 1991. *Informe de la Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Protección del Consumidor, sobre energía y medio ambiente (Informe Jensen)*.
- PLAN HIDROLÓGICO de Gran Canaria. 1992. Avance. Cabildo Insular de Gran Canaria.
- VON WEIZSÄCKER, E. 1996. Nuevo camino para el avance tecnológico. En: Francisco Díaz Pineda (ed.). *Ecología y Desarrollo*. Universidad Complutense. Madrid. pp. 113-122.
- WHITELEGG, J. 1993. *Transport for a Sustainable Future*. Belhaven Press. Londres.



# CULTURA Y ECOLOGÍA

Joaquín Araújo

Ecólogo y Divulgador Científico



## CULTURA Y ECOLOGÍA

Apenas encuentro espacios de separación entre buena parte de las acepciones de cultura y de ecología. A partir de los supuestos científicos de la ecología y de los planteamientos más progresistas del humanismo de todos los tiempos estamos avanzando por el camino de una cultura más amplia y por supuesto más cuidadosa. Un conato de nuevo pensamiento, por supuesto con profundas raíces, que anima a una creciente porción de los humanos que pretendemos vivir en un mundo más limpio, más hermoso, más duradero, más lento, más silencioso, pero sobre todo más justo. Entre otros motivos porque la solución más barata y progresista, porque beneficia a más personas, es optar por aprovechar más y mejor los procesos que gratuitamente nos proporciona el derredor en todas y cada una de las facetas de la producción. De lo contrario ésta se convierte en destrucción.

La cultura ecológica no desvincula, ni por un instante, las condiciones de vida de los más desfavorecidos del Planeta de las penosas afrentas que los poderosos infringen cotidianamente a los débiles por un lado y al conjunto de los medios naturales, los procesos ecológicos, los otros seres vivos y sobre todo a la continuidad de lo espontáneo en todas sus inabarcables facetas.

Es una apuesta no tanto por el control del futuro, como pretende la tecnología, sino por la garantía de que el futuro nos alcance. La permanente y decidida consideración de que se debe participar en todas y cada una de las decisiones sobre lo que puede afectarnos y destruye a lo que nos sostiene. Es vigilar el sentido de los cambios, para que éstos no favorezcan siempre a los de siempre. Es respetar la vocación de los paisajes y la calidad de vida de sus inquilinos. Pero no menos garantizar la libertad de las personas para formarse un criterio independiente y acrecentar las posibilidades de disfrutar de lo que se desea.

Porque no es menor sino la base inmensa en la que se apoya la degradación ambiental la enorme conformidad en que las cosas deben ser como son. Y para alcanzar semejante consenso se ha movilizad la más poderosa fuerza homogeneizadora de las ideas y de los deseos. Un pensamiento uniforme que destilan continua y cotidianamente los medios de comunicación, especialmente ese elemento esencialmente educador que son los argumentos de las películas exhibidas por la televisión. Además la imagen sustituye con facilidad a la reflexión y acaso todavía más a la imaginación.

Desactivadas en buena parte de la capacidad de movilización social, apenas quedan trampolines para el pensamiento constructivo. Conviene visualizar con claridad que es la destrucción lo que realmente ha cosechado la totalidad de los triunfos desde hace al menos medio milenio. Los avances, conquistas en el campo de la convivencia y el bienestar resultan innegables, pero en el balance nunca se ha querido incluir lo que quedó masacrado en el camino.

Se debe tener presente que las cuentas están muy mal hechas y que el modelo no

puede seguir justificándolo por un crecimiento económico, tan insostenible como irrelevante, al menos en cuanto se adjuntara al balance de la contabilidad los costes ambientales. Una de las primeras apreciaciones de fondo es que debe firmarse la paz con la Naturaleza. Que ha sido la dominación de todas las fuerzas espontáneas y la casi extinción de la multiplicidad cultural de nuestra propia especie la parte que se quiere olvidar del balance de una civilización que camina aceleradamente hacia la hegemonía absoluta. Más grave, sin duda, es lo que la degradación ambiental nos hace a los humanos que las destrucciones del entorno.

El más valioso de los patrimonios, es decir el conjunto de interpretaciones diferentes sobre qué hacer y cómo estar en este mundo, está desgastado por la acelerada mutilación de la diversidad cultural de la Humanidad. Algo que en absoluto contradice la ineludible necesidad de mejorar las condiciones de vida de los que tan a menudo quedan por debajo de los mínimos imprescindibles para poder disfrutar de la condición de ser humano. Y con ello me estoy refiriendo a multiplicar la higiene y la salud que debe derivarse de la misma, la dignidad de la mujer, una vivienda apropiada y desde luego la libertad individual y la no esclavitud de la infancia y de los desfavorecidos en general.

La ecología política, por tanto, o es solidaria o se queda en menos que la pretendida moda. Esa actitud de los más ricos que, aburridos de arrasar lo real, como Nerón, quieren fieras exóticas para entretenerse en las tardes de circo es a menudo lo que interesa que sea identificado como ecológico. Pero los señoritos, sólo amantes de los animales en peligro extinción, aunque hacen aflorar una más de las contradicciones del sistema, apenas aportan transparencia al análisis desde el momento en que no se incluyen entre las fuerzas que precisamente están favoreciendo la desaparición de las formas vivas. Los que pueden adentrarse en un análisis más completo no desvinculan la insaciabilidad del sistema económico de la ruptura de los sistemas vitales y de la supeditación de la Humanidad al proyecto de algunas minorías de seguir enriqueciéndose.

Por eso el ecologismo ofrece la posibilidad de pelear por la equidad, por los derechos de lo femenino, por la calidad de los deseos individuales, por la profundización de la democracia y por la principal y alivante incógnita que es siempre el futuro. Y todo ello desde los más estrictos planteamientos y prácticas pacifistas.

De la misma forma que resulta imposible arreglar ninguna de las enfermedades ambientales con soluciones violentas o no participativas, no puede, ni siquiera desde la más rabiosa individualidad, plantearse sin paz acción alguna que pretenda evitar la degradación ambiental o la injusticia hacia el tercer mundo. Es más, me parecen por completo ilegítimos los sabotajes, las acciones que destruyen un patrimonio ajeno, aunque éste se dedique a arrasar bellezas, derechos y sensateces. Estamos planteando, por tanto, una permanente acción solidaria, pacífica y en la mayoría de los casos descaradamente altruista. Esto último porque, si bien existen equipos de profesionales que cobran por sus trabajos a favor del tercer mundo o los espacios naturales, la inmensa mayor parte de los que lo hacemos jamás cobramos por ese tipo de servicio público.

El profundo respeto a los demás, el no avasallamiento de lo que nos rodea es campo donde casi todo está por hacer. Ha sido tan vasta la destrucción de lo palpante, de sus fuentes, de las bellezas creadas por lo no considerado como creativo que seguramente no hay, ni siquiera en la imaginación, nada tan vasto donde instalarse. Porque se trata de reconstruir el Planeta, de sumar nuestra creatividad a la de la Naturaleza, de reparar daños, de limpiar, de asegurar la continuidad de lo vivo... Pero no de cualquier forma sino precisamente desde la asunción de que tenemos la posibilidad de salirnos de la espiral consumista y así ampliar sobre todo la capacidad de controlar individualmente esto que llamamos vida. Incluso de serenar las conciencias al desactivar la obligación de tener éxito. El protagonismo silencioso en el diseño de los caminos a seguir podría resultar tan compensador como la búsqueda de posiciones altas en la jerarquía.

Todo ello además desde un escrupuloso respeto a la libertad individual. Acaso por sus vínculos con algunos de los pilares de las filosofías orientales de respeto a la vida, el proselitismo brilla por su ausencia en buena parte de los más concienciados ecologistas. Se ofrece un panorama, por supuesto. Se exhibe una determinada sensibilidad pero no se requiere a nadie para que se incorpore a la opción si no es a partir de una comprobación directa que permita la más libre decisión posible. Sin duda por eso no puede hablarse de captaciones en el sentido clásico del término. Las personas que hacen política en el campo ecológico casi siempre han buscado su propio camino sin demasiados lazarillos. Lo que no quiere decir, en absoluto, que no se estén dando magisterios, principalmente de tipo filosófico, económico, político y pedagógico.

El ecologismo critica y protesta pero no sólo desde tribunas, algo que casi resulta imposible desde el momento en que es raquítica su presencia en los medios de comunicación. Desde hace ya más de la mitad de su andadura, es decir unos 15 años, casi todas las acciones de oposición por la degradación ambiental van acompañadas de propuestas sopesadas, analizadas y hasta en muchos casos más realistas y hasta rentables que las de la racionalidad economicista a las que invariablemente se enfrentan.

Así pues cabe relacionar la acción de protesta ecológica a la de estudio, indagación y planteamientos claramente alternativos. Una amplia gama de profesionales trabajan permanentemente en este campo para ofrecer soluciones. Hay, a pesar de lo tantas veces y tan malévolamente aireado, mucho más de propositivo que de simple negativa o descalificación. El "no a todo", la negativa universal a las propuestas del sistema, apenas aparece a pesar del abismo que suele mediar entre hacer y dejar de hacer. Acaso lo menos comprendido de los planteamientos y de la acción ecológica es que ésta es reversible mientras que la economicista suele resultar en la mayor parte de los casos irreversible.

Al mismo tiempo la participación política dentro del campo del medio ambiente, es sin duda una de las que ofrecen más posibilidades de seguir de cerca a los poderes públicos. El control democrático de las diferentes administraciones resulta especialmente factible desde la vigilancia que ejercen los ecologistas. Es, por obvias razones, uno de los últimos refugios

de los comprometidos que quedan en el primer mundo. El sistema consumista al que se enfrenta cae en la profunda contradicción de resultar insostenible y los críticos del modelo lo saben y utilizan con el ánimo de crear un modelo no destructivista. Los ecologistas forman parte de las opciones progresistas del espectro de la izquierda. Aunque hay ecologismos de otras tendencias lo cierto es que en su inmensa mayor parte lo verde está bastante teñido de rojo. Algo que me trae a la memoria el verso de Pessoa:

*"El verde de los árboles es parte de mi sangre". .*

No todo, por supuesto, queda dentro de los marcos ideales de la definición teórica tantas veces, acaso aquí mismo, teñida de ingenuo voluntarismo.

La ecología política también se extravía, como todo lo humano y lo compartido. Se comporta a menudo de forma evanescente, esquizoide y hasta contradictoria, pero seguramente no más que cualquiera de las otras formas que hemos elegido para organizar nuestras relaciones. Queda mucho por indagar, proponer, madurar, vertebrar y plasmar. Poco es lo que sale de lo particular y anecdótico, sin que por ello falten alternativas en casi todos los campos de la actividad y la especulación humana. El calificativo ecológico es uno de los que puede ser aplicado a casi todo. Hay usos fraudulentos del mismo pero también muchos completamente honrados, y en el mejor sentido del término. Entre otras cosas porque no se trata de crear una nueva certeza sino que incluyamos en nuestra consideración el mayor número posible de realidades y de fantasías, sin que nada excluya a nada. El pensamiento ecológico aboga precisamente porque no nos acojamos a una sola creencia sino a las múltiples posibilidades que ofrece la capacidad de pensar y de sentir.

Por tanto es sin duda una oferta cultural, vastísima por cierto. Y parte de los criterios de que hay otras prioridades más estimulantes en nuestro posible proceder. Al respecto creo oportuno que consideremos que la palabra cultura, por cierto una de las que más acepciones tiene, incluye para mí la más importante, la que considera también las formas de relacionarnos con nuestro derredor.

Todo esto y lo que sigue queda en consecuencia inscrito en las culturas del diálogo, y de la reciprocidad. Pretende la inclusión por tanto de los otros humanos, de lo que palpita cerca, es decir de los otros seres vivos del pasado y del futuro.

Ciertamente todos provenimos de y avanzamos hacia, pero el presente ha sacralizado de tal forma al presente que en buena medida vivimos dentro de una permanente instantánea que, como tal, minimiza cuando no desprecia los orígenes y el destino. Lo que supone ignorar que lo humano es una lenta destilación de lo natural, lo industrial de lo rural, lo virtual de lo real... Avanzar no debería suponer la ruptura con los puntos de partida sino que siempre se llega más lejos y con mayor equidad cuando en el destino está incluido el origen. Pero ciertamente lo real, lo rural, lo natural no están de moda. Quedan relegados a episódicos elementos de la cotidianidad y por tanto a la más escasa de las materias informativas. Ante todo desde que nos han predisuesto, con tanto éxito, a creer principalmente en las apariencias y en las opiniones de los que usan los medios de comunicación con cierta asiduidad.

Hay que insistir y profundizar, porque nada de lo que podemos llamar cultura ecológica sea posible sin entender como funciona en la actualidad la comunicación de masas. Porque la televisión, la radio, los periódicos e internet, son el primer campo de batalla de la Humanidad, es donde se libra el principal combate, no sólo para todo lo constructivo sino también para el mantenimiento de las relaciones de dominación y saqueo, tan consolidadas en la actualidad. No se puede olvidar que los medios son los principales formadores de la apetencia y de las ideas básicas sobre cómo debemos comportarnos. Porque si bien todos queremos obtener el certificado de existencia apareciendo en los "papeles", no cabe la menor duda de que tal y como son y funcionan los grandes medios de comunicación apenas quedan posibilidades de hacer a este mundo más habitable y justo.

### **HACIA UNA CULTURA DEL DIÁLOGO**

Acabé de entender lo que son hoy los medios de comunicación el día en que leí una publicidad sobre un medio de comunicación en otro medio de comunicación sobre un fenómeno, nunca tan patente, provocado por los medios de comunicación. Decía aquel anuncio en un periódico que el mítico gol de Zarra en aquellos, no sé cuáles, mundiales lo había metido realmente el locutor de radio que lo retransmitió.

Nadie es pues protagonista de nada si no es convertido en existente a través de un mediador mediático. Actor, espectadores y escenario ya no acuden al abrazo que en realidad les explicaba, todo acaba siendo escena, casi siempre capturada, sin contraprestación, por un sacerdote que la ofrece a la contemplación para sostener la creencia de las mayorías en su capacidad de voluntad, cuando ya la han perdido casi por entero.

La realidad ciertamente no es la realidad sino lo que aparece en los medios, como su sucedáneo y, sin embargo, autenticador. Un disfraz que nos place más satisfactorio que lo real y que además es sustancia central del rito más celebrado: que nos cuenten lo que pasa, que nos lo analicen y que nos ofrezcan su interpretación. Así avanza la comodidad hasta el extremo de que resulta perfectamente plausible que una imponente porción de cualquiera de las sociedades actuales puedan llegar a la tumba sin haber tenido, no ya una idea propia, ni tan siquiera una apetencia. Es muy probable que hasta los deseos pasen a la categoría de programados en su totalidad. Y que además esto nos parezca lo correcto y especialmente deseable.

Monólogos encadenados, redundancia en los temas y exhibicionismos sin cuento demuestran la nunca conseguida culturización de nuestra cultura. El loable intento de los más intensos intelectuales del siglo de que los medios de comunicación sirvieran para ampliar la sensibilidad y el saber se ha saldado con una desactivación más en los campos de la Humanidad y de la Naturaleza.

La crítica a los modos y logros del único modelo caen demasiadas veces en la peor de las ciénagas. Me refiero al frecuente alegato de los jefes de medio de comunicación sobre

que la defensa del derredor no interesa o, para ser más explícitos, de que “no vende”. Acaparar el tiempo y el espacio de los medios de comunicación para lo que “sí vende” es la triunfal situación cosechada por los tres poderes. Cada día más desde el momento que el primer negocio del Planeta es ya la comunicación y sin ella apenas hay otros negocios ni mucho menos poder político. Está pasando bastante inadvertido el dato de que lo relacionado con la comunicación de masas y la circulación de información es lo que está generando un mayor volumen de negocio en Planeta. Ninguna otra actividad humana supera actualmente a los “media” en su contribución a los PIBs de las principales potencias.

Como los medios son demasiadas veces la noticia y la noticia es casi siempre relativa a los mecanismos de gobierno, lo de la pluralidad apenas amanece. Como al mismo tiempo, la publicidad comercial ampara todos los procesos de acumulación de riqueza monetaria, se adensa el que he denominado más arriba monólogo.

Se dice mucho, incluso muchísimo más que nunca, pero con una redundancia y una seguridad tan masivas que apenas queda lugar para la aparición de criterios independientes. Tengamos además en cuenta que, incluso desde los escasos escaparates por los que afloran propuestas constructivas para la participación de lo diferente, se pelea por la no extinción. La información ambiental, la divulgación de estas inquietudes bordean permanentemente la catástrofe de la minimización o la exclusión. La norma casi universal es que, si algo tiene que desaparecer de los medios, por falta de tiempo o de espacio, eso será lo relativo a lo espontáneo, lo solidario o lo pacífico.

Apenas cabe duda de que reconstruir el medio ambiente, o cualquiera de las formas de verdadera participación de los ciudadanos en lo público, pasa porque los medios de comunicación acepten que existen las alternativas progresistas, solidaristas, y no menos la Naturaleza, sus elementos esenciales, sus procesos y sus necesidades.

Los espacios que en las grandes tribunas públicas son dedicados a todo esto son verdaderos oasis que pueden secarse en cualquier momento hasta por decisiones por completo triviales. Aquí, como en casi todo lo demás, la debilidad es masacrada. Por tanto hay que acorazarla con la única herramienta que poseemos, la honestidad de los planteamientos, la limpidez de las emociones que acompañan a nuestra opción de apoyar a lo que se desvanece, la profundidad de unas ideas, la falta de intereses concretos, los fines públicos que se persiguen... Y si eso se hace desde la más estricta corrección formal, al hablar y escribir. Si se comunica desde lo que es realmente sentido, acaso vayamos ganando algo más de presencia en lo que crea la realidad.

Pero todo tiene un principio y en este campo, insisto que hoy el más crucial, lo ecológico en los medios debe comenzar por airear que la realidad existe. Que la violencia resulta innecesaria, que la pobreza acampa en todas las esquinas, que delegamos demasiado las decisiones que van a regir todos los destinos. O que hay aire en los pulmones, agua en nuestras venas, genes en el ADN que vienen de la noche de los tiempos.



Queda mucho camino por recorrer, y más si esto no se dice en la radio, la televisión o los periódicos, hasta que seamos capaces de entender que, al procurar para sí mismo, el ambiente procura para los que en él están incluidos. Que los procesos de constante renovación, es decir de esa tan archimencionada como desconocida sostenibilidad, son los que hace durar a los vivos. Al respirar transparencia, el aire purificado por la vegetación, fecunda la vida en todos los rincones. Al beber limpidez, el agua funda paraísos allí donde le dejamos. Al multiplicarse la multiplicidad juega a ser eterna, a burlar las leyes más constantes del Universo que son precisamente las del desgaste continuo. ¿Hay que recordar qué sucede cuando se respira humo, se bebe contaminación o se masacra a lo viviente?

Esto puede ser sabido pero raramente asumido. Y desde la pelea por el dominio en los medios resulta casi imposible de expresar y de amplificar en la justa medida. No es nada extraño que lo ecológico apenas alcance el 0,5% del tiempo y el espacio de los medios de comunicación de amplio radio.

Nada de lo que sorprenderse desde el momento en que entre otras cosas el pensamiento ecológico trata de escribir de nuevo las reglas del juego y de ponerse a jugar a otra cosa, a la amistad, cuando la dominación ha sido y es la casi única tarea de nuestra civilización, por cierto perfectamente lograda y hasta culminada.

Sigue siendo imprescindible recordar a Demócrito, como hacía Schrödinger en su ensayo sobre los griegos. Me refiero a una de las frases de los famosos diálogos entre los sentidos y la razón, es decir lo que sigue siendo el centro de la cuestión, si hay que le dicen a la mente: "Pobre mente ¿tomas de nosotros la evidencia por la cual quisieras destronarnos? Tu victoria es tu derrota."

Cuando estemos perfectamente informados y publicitados ignoraremos más sobre nosotros mismos y nuestro mundo. Para que no seamos derrotados tenemos que dialogar, incluir al otro, a lo otro.

Términos en los que desde luego merece la pena hacer un pequeño alto para descansar. Si queremos una cultura del diálogo no menos de la fluidez, la transparencia, de la formación de criterios independientes, y de la inacabable oportunidad de descubrir la ética de la gratuidad. Acaso no sea desacertado recordar que casi todo lo realmente importante es por completo gratuito. Pero no menos que precisamente por eso nuestro mundo es acogedor, hospitalario. Lo armonioso no es lo dulcemente celestial sino lo que incluye la mayor cantidad de aspectos posibles.

Cuando se intenta tildar de apologética, maximalista a la cultura ecológica casi siempre se hace desde presupuestos que no sólo defienden intereses particulares, por supuesto casi siempre legítimos, sino que se olvida que si se apuesta por el diálogo al menos se reconoce la validez del interlocutor. Y eso por ambas partes. Si se defiende como lo más importante la independencia de las personas a la hora de trazar su proyecto vital, difícilmente se puede tildar de tiranía en ciernes a las corrientes culturales que pretenden incluir a todas las

realidades posibles y no sólo a las nuestras. Se trata de no confundir una propuesta con lo que esa misma intención pretende corregir.

## LA GRATUIDAD

Apenas se ha recapitado en lo que, llevado incluso a una interpretación de mínimos, suponen los tratados pomposamente firmados por casi todos los mandatarios mundiales en Río de Janeiro allá por 1992.

Primero, porque a pesar de lo que es práctica común y desde luego estereotipo cultural y de comportamiento individual y social, se le conceden derechos de facto a lo espontáneo. Esos documentos firmados por la mayor parte de los presidentes de gobiernos del mundo mantienen que la multiplicidad vital tiene valor en sí mismo, que el clima es un patrimonio común, que la vida no puede ser patentada. Todo eso ciertamente es violentado con contundencia y cotidianamente, pero al menos la idea con mayor éxito de la historia de la Humanidad tiene, no ya la crítica de todos los humanistas utópicos, sino también curiosamente se les ha colado de rondón a los dueños de lo posible. Porque, desde que Adam Smith convenció de que nada no alterado y/o manipulado por el humano era sujeto de riqueza, apenas afloran opiniones o criterios sobre el valor de lo intocado, es decir de lo que trabaja, sin embargo a nuestro lado sin hacernos trabajar. Lo tiene y casi incalculable. La luz que cada día libera sobre el Planeta 15.000 veces más energía de la que necesitamos para todos nuestros procesos. El ciclo hidrológico que nos trae gratis el agua. La depuración del aire que acometen a nuestro favor los árboles. La fecundación de las plantas que realizan espontáneamente los insectos. Hasta los latidos de nuestros corazones. Todo eso y mucho más funciona incesantemente y a nuestro favor, aunque lo neguemos o lo destruyamos.

Algunos especialistas de la economía saben ya que los servicios que al sistema productivo prestan los procesos ecológicos esenciales superan con mucho a toda la riqueza monetaria creada por el conjunto de las sociedades del Planeta. Al respecto nada encaja mejor en la popular conseja "matar a la gallina de los huevos de oro" que la destrucción creciente y acelerada del derredor y de sus engranajes y procesos. A no ser claro está que abogemos por la eutanasia de casi todo.

De ahí que las actitudes de las ONGs de conservación del derredor sean en realidad de una enorme rentabilidad para el conjunto de la ciudadanía. No sólo no se está limitando de forma alguna la creación de riqueza sino que se está garantizando la de los que vengan en el futuro. Y a esa tarea nos enfrentamos con toda la corriente en contra.

## CONCLUSIÓN

La dimensión a mi entender claramente altruista de la cultura ecológica queda relacionada con la evidencia de que el derredor es un bien público. Las condiciones ambientales pueden ser disfrutadas por el conjunto de la población sea cual sea su condición económica.

Por si lo hasta aquí afirmado no fuera suficiente quedan flecos de la importancia de lo que recientemente ha desvelado la Organización Mundial de la Salud. De acuerdo con este organismo el 25% de las defunciones del Planeta están directamente relacionadas con la degradación ambiental. La salud del derredor repercute invariablemente de forma positiva en la salud de las personas. Tanto es así que apelando a otra información médica se sabe, por ejemplo, que una zona boscosa tiene la mitad de los gérmenes patógenos que cualquier enclave desarbolado. Los que plantamos árboles en consecuencia no sólo estamos engalanando el paisaje, contribuimos directamente a mejorar la salud de las personas. Estos aspectos abren caminos que desahogan en buena medida la ambivalencia de casi toda acción humana.

Con Anna Harent cabe estimar que nuestros actos raramente son el resultado de un claro sentido de la anticipación, es decir que hacemos sin capacidad real para predecir las consecuencias. Casi siempre el actuar resulta irreversible y además suele ser anónimo en cuanto la acción es de los poderes públicos o las sociedades comerciales asumida por las masas. Acaso el acto más compartido en la actualidad es el consumismo, al que cuadran con exactitud esas tres premisas señaladas por la gran filósofa. A mi entender lo irreversible, lo que no calcula las consecuencias y lo que se ampara en el anonimato está muy cerca de ser amoral. También debe ser calificado como torpe desde el momento en que como decía el gran poeta persa Omar Khayan: “¿Que comprarás mejor que lo que vendes?” Porque no caben demasiadas dudas sobre que vendemos demasiada vida propia, ilusiones, criterios y rebeldías a cambio de la posibilidad de poder consumir. Lo que sin duda vale mucho menos que lo entregado a cambio. No renunciar a disfrutar de lo mejor. Y lo mejor somos nosotros mismos cuando no estamos entregados a lo planificado por el sistema. No es fácil pero la activación de la responsabilidad completa y complace.

La acción constructiva a la que podemos sumarnos es aquella que no erosiona la sostenibilidad, la que no degrada, la que permite deshacer los nudos, la que nos hace compatibles con nuestro mundo. Una de las facetas más estimulantes de la participación individual en las causas ecológicas es que la acción sencilla, individual y doméstica, repercute en una cadena de beneficios ambientales. No hay acción despreciable, como tampoco inocua en el otro extremo. Cualquier austeridad aceptada, cualquier reciclaje, cualquier elección de técnicas blandas contribuye a no desgastar a la vida. A que de ello se benefician todos, hasta los que ahora no están.

Cuando los árboles de fruto se cansan, por haberlos agotado al forzarles a una acelerada producción se debe volver a empezar. Para ello nada mejor que injertar una rama de la vieja planta en un tronco silvestre del mismo género. La fuerza de lo espontáneo se transmite a la porción cultivada y de inmediato vuelven a cosecharse dulces y abundantes primicias. La acción política es una de las mejores formas de participar en la condición humana, pero como en los cerezos está agotada y el injerto más factible y necesario es el que podría hacerse en el más verde de los planteamientos que es el de lo ecológico.

Nada tiene tanta potencia creativa como la Naturaleza, entre otras cosas porque destiló a esta especie, el humano, que es otro ilimitado creador. Si nos restamos del mundo que nos trajo y nos incluye la merma acaba en devastación. Si nos sumamos a la Humanidad saqueada y a la Naturaleza esquilada, se multiplicarán la belleza, la calidad de vida, la justicia y la alegría de vivir. Hay pues un quehacer fundamentalmente constructivo, estimulante, satisfactorio y comprometido al alcance de quien lo acepte libremente como su forma de participar en el diseño del porvenir.

---

Este texto es una ampliación y revisión del que el autor incluyó en el libro de José María Mendiluce "Tiempo de rebeldes".







## ECOLOGÍA Y CULTURA EN CANARIAS