

# El Indiferente

CENTRO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL



**INTERACCIONES MUTUALISTAS  
EN ECOSISTEMAS INSULARES**  
integración e impacto de las especies invasoras

Nº 21 • 2011  
DIFUSIÓN GRATUITA

# Sumario

## FOTO DE PORTADA

Después de trepar por las espinosas palas, un joven de lagarto canario moteado *Gallotia intermedia* aprovecha el hueco hecho por algún pájaro en el fruto de una tunera india *Opuntia dillenii* para consumir su pulpa. Cuando se trata de machos adultos de talla considerable, un fruto de este tamaño no necesita “preparación” previa y puede ser devorado completamente en muy poco tiempo. De una forma u otra se produce una interacción mutualista entre estas especies: el reptil endémico de Tenerife obtiene alimento y la planta invasora se beneficiaría de la dispersión de semillas que éste ocasiona mediante la ingesta fortuita y posterior defecación.



## PONIENDO FECHAS a una catástrofe: <sup>14</sup>C, cronologías y causas de la extinción de VERTEBRADOS EN CANARIAS

El episodio actual de extinción –la denominada Sexta Gran Extinción– ha afectado sobre todo a los animales de gran talla (“megafauna”) y a los ecosistemas insulares, y se diferencia en un detalle de los anteriores. Está causado en último término por una única especie: *Homo sapiens*. **Juan Carlos Rando, Josep Antoni Alcover, Juan Francisco Navarro, Jacques Michaux & Rainer Hutterer**

6

## LAS PALOMAS endémicas de las ISLAS CANARIAS. Ecología trófica en los bosques de laurisilva

A pesar de que los colúmbidos tienen una influencia potencial como agentes dispersores y (o) depredadores de semillas, en la composición y estructura de los ecosistemas en los que habitan, muy pocos trabajos científicos han abordado el estudio de los requerimientos alimentarios de estas aves y las implicaciones ecológicas de su comportamiento. **Patricia Marrero, David P. Padilla, Ángel B. Fernández, Antonio Zamorano & Manuel Nogales**



16

26

## Los bosques TERMÓFILOS. El aspecto mediterráneo de CANARIAS

Los bosques termófilos constituyen con diferencia el ecosistema zonal peor conservado del archipiélago y, por ello, el menos conocido de los que integran la naturaleza canaria. Pese a ello, sí sabemos que poseen una altísima diversidad de especies, estando muchas de ellas amenazadas. **José M. Fernández-Palacios, Rüdiger Otto, Juan D. Delgado, José R. Arévalo, Agustín Naranjo, Francisco González Artilles, Carlo Morici & Rubén Barone**



42

## Los PELÍCANOS BLANCOS como depredadores aviares: expansión de la población y consecuencias para la conservación de AVES MARINAS

Desde la década de 1990, las observaciones puntuales cerca de la colonia de cría en la isla de Dassen mostraron que los pelícanos, al menos ocasionalmente durante la temporada de cría, eran capaces de capturar y engullir pollos de otras aves nidificantes en la isla. **Marta de Ponte Machado**



## INTERACCIONES mutualistas en ecosistemas insulares. Integración e impacto de las ESPECIES INVASORAS

Se habla de invasión biológica cuando las especies son transportadas (intencionada o involuntariamente) hasta un territorio alejado, distinto al de su origen, y éstas se establecen en él, pudiendo alterar así el funcionamiento de los ecosistemas receptores. **Benigno Padrón**

54



## ECOLOGÍA Y EVOLUCIÓN de plantas ornitófilas de la MACARONESIA

El elemento ornitófilo macaronésico podría comprender hasta 16 especies, distribuidas en nueve géneros correspondientes a seis familias. Las plantas incluidas son endemismos canarios, con las excepciones de *Musschia wollastonii* e *Isoplexis sceptrum*, que son endémicas del archipiélago de Madeira. **Alejandro González & Javier Fuertes**

64



76

## Gran impacto de los HERBÍVOROS INTRODUCIDOS en Canarias: el caso del Parque Nacional de la CALDERA DE TABURIENTE

El efecto de los herbívoros introducidos debe ser considerado como un factor determinante, provocando que muchas especies hayan quedado refugiadas de estos animales en las zonas más escarpadas e inaccesibles. Probablemente otras muchas se han extinguido antes de ser conocidas. **Víctor Garzón Machado**



## EL ROQUE de GARACHICO, un valioso patrimonio natural frente a la costa NOROESTE de TENERIFE

Los roques marinos imprimen un cierto carácter emblemático al sector costero donde se encuentran, conformando casi siempre un paisaje muy pintoresco. Aunque pudieran parecer lugares inhóspitos y desprovistos de vida, a mayor o menor distancia del litoral, la verdad es que estos pueden albergar especies de flora y fauna de interés. **M.ª Leticia Rodríguez Navarro, Beatriz Fariña, Felipe Siverio & Rubén Barone**

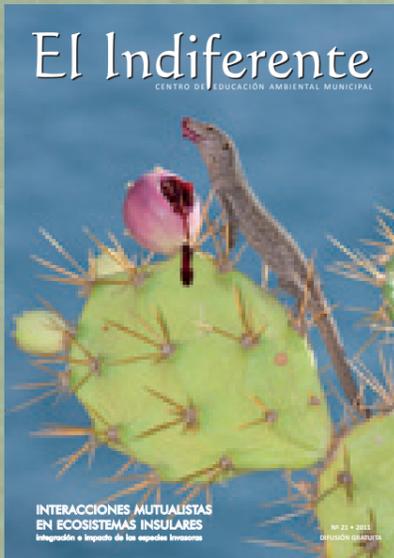
86



## SEPARATA. El Darwinismo hoy

El año 2009 fue declarado año Darwin, ya que concurrían en él dos circunstancias conmemorativas en la historia del darwinismo; por un lado, se cumplieron 200 años del nacimiento del ilustre naturalista británico y, por otro, se conmemoraron los 150 años de la publicación de su magna obra *El Origen de las Especies*, publicada con el título original de *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*.





El Indiferente nº 21 marzo 2011

Foto de portada, última página y contraportada  
José J. Hernández

#### Editor y coordinador

Nicolás Martín

#### Comité editorial

Felipe Siverio

David P. Padilla

Nicolás Martín

#### Diseño, maquetación y tratamiento de imagen

Nicolás Martín y Toño García

#### Fotógrafos colaboradores para este número

José J. Hernández, Beneharo Rodríguez, Daniel González, Aurelio Acevedo, Gustavo Peña, Nicolás Trujillo, Jesús Palmero, Marta de Ponte Machado y Aarón González

#### Fotografías

Rüdiger Otto, Patricia Marrero, Alejandro González, Víctor Garzón, Nicolás Martín, Juan C. Rando, Rubén Barone, Benigno Padrón, Rafael S. Almeida, Javier Gil León, Gary Brown, Marta Coll, Mark Anderson, Beatriz Fariña, Marcelino Del Arco Aguilar, Pedro L. Pérez de Paz, Domingo Trujillo, Consuelo E. Hernández, M.ª Leticia Rodríguez Navarro y Pedro Felipe

#### Edita

Excmo. Ayuntamiento de La Orotava

Concejalía Delegada de Medio Ambiente

#### Copyright

Autores y Centro de Educación Ambiental Municipal

#### AGRADECIMIENTOS

Una vez más, queremos mostrar nuestro más sincero agradecimiento a José J. Hernández y Beneharo Rodríguez quienes, haciendo gala de su enorme generosidad, han cedido una importante cantidad de material gráfico de extraordinaria calidad. A David P. Padilla por la inestimable colaboración que, de forma eficaz y altruista, viene desempeñando desde hace algunos años en el comité editorial. A Manuel Nogales por sus siempre bien recibidas contribuciones en diferentes aspectos, y por su esencial papel como "agente dispersor a gran distancia" de los contenidos de esta publicación. Damos las gracias a Daniel González, Aurelio Acevedo, Nicolás Trujillo, Jesús Palmero, Gustavo Peña y Aarón González por su incondicional apoyo al facilitar excelentes fotografías para ilustrar algunos artículos. A Toño García y Cristo García, profesionales de la Imprenta García S.L., por su asesoramiento y acertados consejos para afrontar la compleja labor de dar forma a la presente publicación. También al resto del personal, en especial a Arabia Méndez y Juan García, por el agradable y confortable trato que ofrecieron durante el periodo de trabajo. Las importantes aportaciones de los investigadores canarios Aurelio Martín, Alfredo Valido, Juan Carlos Rando, Lázaro Sánchez Pinto y Juan Carlos Ilera, hechas en un momento crucial, cimentaron una nueva etapa editorial de esta publicación. A los amigos y excelentes naturalistas Domingo Trujillo y Rubén Barone su encomiable predisposición a colaborar siempre que se les requiere. Con sus acertados comentarios, las compañeras Regina González y Yolanda Morales mejoraron sustancialmente el resultado final. A Felipe Siverio su responsabilidad y rigurosa profesionalidad en el desempeño de su trabajo dentro del comité editorial. Como siempre, desde los inicios de esta aventura editorial, a Salomé Báez por el incondicional y anónimo apoyo prestado durante el proceso de gestación de la presente edición. Para terminar, dar también las gracias a todos los lectores que nos muestran su cariño y nos impulsan a continuar trabajando en este pequeño y, para nosotros, necesario proyecto editorial.

## 15 AÑOS EN UNA LÍNEA DE DIVULGACIÓN

*El Indiferente* es la publicación decana de la Comunidad Autónoma de Canarias que publica artículos de divulgación científica sobre ecosistemas terrestres y marinos de medios insulares, prestando especial atención a los archipiélagos macaronésicos. Con una difusión gratuita y periodicidad anual, se viene editando desde enero de 1996 por el Excmo. Ayuntamiento de La Orotava, a través de su Centro de Educación Ambiental Municipal (CEAM). Esta revista, presentada en los formatos impreso y digital, ha sido el soporte de un buen número de artículos divulgativos, con gran valor didáctico, escritos por científicos e investigadores de reconocido prestigio, y donde colaboran, además, excelentes fotógrafos canarios a la hora de ilustrar gráficamente sus contenidos. Está abierta a la presentación de trabajos siempre que estos cumplan con el requisito de rigurosidad científica y se adecuen a los objetivos y normas de la línea editorial. Esta publicación pretende servir como vehículo de comunicación entre los profesionales, cuyo trabajo es la investigación de la biodiversidad en territorios insulares, y los ciudadanos que cada día están más interesados en recibir esa información relacionada con la conservación de esos bienes patrimoniales.



Para contactar con la redacción de esta publicación, dirigirse al Centro de Educación Ambiental Municipal del Excmo. Ayuntamiento de La Orotava. Plaza del Ayuntamiento s/n - 38300 La Orotava - Tenerife  
Tfno.: 922 328 129 – 618 105 173  
www.villadelaorotava.com  
medioambiente@villadelaorotava.org  
nmcarabus@gmail.com  
Depósito Legal: TF-2329/2004  
ISSN: 1885 - 5172  
Tipografía García, S.L.  
Ctra. Gral. La Perdoma, 108 – 38300 La Orotava - Tenerife  
crisnod@tipografiagarcia.com

Esta publicación no se responsabiliza ni se identifica necesariamente con las opiniones y textos de sus colaboradores, así como de las imágenes utilizadas por los autores en sus artículos. Queda prohibida la reproducción total o parcial de la presente publicación con fines mercantiles o comerciales, así como la edición de sus contenidos en cualquier proceso reprográfico, o fónico, electrónico, mecánico, fotocopia o cualquier otra forma de impresión sin la previa autorización escrita del editor y autores.



Después de casi dos años desde el anterior número de la revista *El Indiferente*, hemos renovado el compromiso de acercar los valores de nuestra natura a todos los ciudadanos. Por ello, con estas líneas presentamos una nueva edición de una publicación que, casi sin darnos cuenta, se ha afianzado dentro del campo de la divulgación científica del medio natural entendido desde un sentido amplio y sin fronteras. Aunque cada lector será quien deba valorar lo que hemos puesto en sus manos, siempre tratamos de ofrecer un trabajo serio y riguroso, con artículos verdaderamente sorprendentes que nos permitan introducirnos en aspectos cada vez más apasionantes y sugestivos.

Esa base sólida y estable, conseguida poco a poco por *El Indiferente* después de su tímido nacimiento, allá por el año 1996, no solo ha sido gracias al tesón del Ayuntamiento de la Villa de La Orotava, a través del Centro de Educación Ambiental Municipal, sino también a un fundamental equipo de colaboradores: los autores. Ellos han contribuido de forma desinteresada para que cada página, cada artículo, cada fotografía o cada ilustración puedan ver la luz sin obviar la incondicional basa de los lectores.

Producto de una pequeña semilla que brotó, la revista hoy día tiene una raíz que se expande, que profundiza y se consolida, mirando constantemente hacia un futuro lleno de nuevos retos e ilusiones. En definitiva, podemos decir que es una ventana que se abre al mundo como portadora de la responsabilidad de coadyuvar en la medida de lo posible a la preservación de los valores del patrimonio natural.

En esta ocasión vamos a tener la oportunidad de conocer lo que consumen las dos palomas endémicas de Canarias y los pelicanos blancos, estos últimos en su faceta de depredadores aviares en islas de la costa suroeste de Sudáfrica. Nos adentraremos en un apasionante artículo sobre las causas de extinción y fechas de llegada de algunos vertebrados en Canarias, e igualmente descubriremos las curiosas interacciones mutualistas entre flora y fauna en medios insulares, o la evolución de plantas ornitófilas de la Macaronesia. Además de leer acerca de las características de los bosques termófilos canarios y de los valores naturales del roque de Garachico, en el NW de Tenerife, también podremos reflexionar sobre lo que ha dado de sí un estudio acerca del impacto ocasionado por los herbívoros introducidos en la Caldera de Taburiente. Por último, la Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia nos acercará a la figura de Darwin.

No podemos dejar de agradecer sinceramente el intenso y arduo trabajo que durante varios meses, e incluso años, han desarrollado todas aquellas personas que se han querido sumar a este proyecto editorial. Una labor callada, aunque llevada a cabo con esfuerzo, dedicación y rigor. Una labor de incalculable valor para la sociedad en general y, de forma especial, para nuestros jóvenes estudiantes e investigadores. Una labor de información y difusión que persigue y anhela transmitir un sentimiento de justa valoración del espacio en el que vivimos.

Manuel Ángel Martín González,  
Teniente de Alcalde Delegado de Medio Ambiente

# PONIENDO FECHAS A UNA CATÁSTROFE

<sup>14</sup>C, cronologías y causas de la extinción  
de vertebrados en Canarias

Juan Carlos Rando, Josep Antoni Alcover, Juan Francisco Navarro,  
Jacques Michaux & Rainer Hutterer



**Dating a catastrophe: <sup>14</sup>C, chronology and causes of the vertebrate extinctions in the Canary Islands.** During the history of life on earth, there occurred six periods characterized by a high loss of the flora and fauna on our planet. In short periods of time, speaking on a geological scale, many species became extinct. The most recent of these periods, in which species disappeared with a high speed, began about 50,000 years ago. This process is not yet finished and continues with great virulence. The current extinction episode is called "The Sixth Great Extinction" and has mainly affected large-sized species ("megafauna") and island ecosystems. It differs in one detail from the former five great extinctions, it is caused by a single species: *Homo sapiens*. To analyse the processes causing the extinctions and the patterns that govern them could be helpful to understand the current biodiversity crisis. In this way islands provide an ideal framework for understanding the dynamics of these processes, as insular ecosystems had suffered abundant recent extinctions during prehistoric and historic times, and because they house a high number of endangered species. This article describes the methodologies and protocols to address these researches. Using these techniques and the House Mouse *Mus musculus* as markers of human presence, the Aboriginal settlement of the Canary archipelago can be situated between 756 cal BC and 313 cal AD. Furthermore, we show that some of

the endemic extinct vertebrates from Canary Islands (Lava Shearwater *Puffinus olsoni* and Lava Mouse *Malpaisomys insularis*) survived until the European colonization in the 14<sup>th</sup> century, and that both extinctions were probably due to the introduction of other alien species such as the rats. By other hand, the last record of the Dune Shearwater *P. holeae* (1159-790 cal BC), its accessible breeding areas, and its anatomical traits seems to indicate an early extinction event, coincident with the first human presence on the islands. While progress has been made in recent years, we are still far from having a complete knowledge about the processes of extinction in the archipelago.

A lo largo de la historia de la vida se han producido seis episodios en los que ha desaparecido gran parte de la fauna y de la flora del planeta. En ellos, en cortos periodos de tiempo, hablando en escala geológica, se han extinguido un gran número de animales y plantas. El último de estos episodios, en los que las especies desaparecen a velocidad vertiginosa, comenzó hace unos 50.000 años, y aún sigue mostrándose con enorme virulencia. El episodio actual de extinción –la denominada Sexta Gran Extinción– ha afectado sobre todo a los animales de gran talla (“megafauna”) y a los ecosistemas insulares, y se diferencia en un detalle de los anteriores. Está causado en último término por una única especie: *Homo sapiens*. Conocer los procesos involucrados en las extinciones y los patrones que las rigen puede ser muy útil para tratar de poner freno a la crisis actual de biodiversidad. En este sentido, las islas con sus abundantes extinciones recientes, algunas de ellas acontecidas en épocas aborígenes, otras en épocas históricas, y con un enorme elenco de especies en peligro de extinción (o, lo que es lo mismo, las que corren un alto riesgo de desaparecer si no se acometen acciones para revertir su estado de conservación), ofrecen un marco ideal para entender la dinámica de estos procesos. El presente trabajo pretende abordar la metodología empleada en estas investigaciones, así como exponer algunos de los resultados disponibles a día de hoy para el archipiélago canario.

#### AVERIGUANDO LA EDAD DE LOS HUESOS

##### Técnicas radiométricas de datación

Uno de los factores clave en el estudio de las extinciones consiste en establecer su cronología de la forma más precisa posible. Así, un obje-

tivo que se encuentra en la diana de los investigadores que estudian estos procesos es documentar fehacientemente las fechas de la “última presencia conocida de una especie”. Estas fechas se obtienen gracias a las propiedades de algunos elementos que se pueden encontrar en forma de isótopos radioactivos. Los isótopos son átomos de cualquier elemento

### El episodio actual de extinción

–la denominada Sexta Gran Extinción– ha afectado sobre todo a los animales de gran talla (“megafauna”) y a los ecosistemas insulares, y se diferencia en un detalle de los anteriores. Está causado en último término por una única especie: *Homo sapiens*

químico que difieren con respecto a su forma común en su masa, debido a que tienen un diferente número de neutrones, pero que poseen sus mismas propiedades químicas elementales al tener el mismo número de protones. Existen isótopos estables e isótopos radioactivos de diferentes elementos. Los isótopos radioactivos se desintegran de forma constante y espontánea, originando otros elementos y emitiendo radiaciones de alta energía al hacerlo. Un parámetro que describe la radioactividad de un elemento es su vida media o T (que es el tiempo que tarda en desintegrarse la mitad de los átomos de dicho elemento, que es constante y característico de cada isótopo radioactivo). Al final del periodo de vida media, la mitad de la cantidad original del elemento radiactivo ha desaparecido, se ha transformado en otro elemento; después de otro periodo igual, lo que quedaba se reduce de nuevo a la mitad, reduciendo a una cuarta parte el total inicial, y así sucesivamente. La T

de los diferentes isótopos cubre un rango muy extenso de tiempo, desde los pocos microsegundos hasta miles de millones de años. Así, por ejemplo, la vida media del isótopo 40 del potasio ( $^{40}\text{K}$ ) es de 1.300 millones de años (Ma), mientras que la del isótopo 14 de carbono ( $^{14}\text{C}$ ) es de 5.730 años, la del isótopo 16 del nitrógeno es de 7,36 segundos,

y la del isótopo 16 del carbono es de 0,74 segundos. Desde que una cantidad de un isótopo radiactivo se incorpora bien a un cristal de mineral en crecimiento, o bien a un ser vivo, ésta empieza a disminuir a un ritmo fijo, creándose un porcentaje determinado de productos derivados en función del tiempo transcurrido<sup>1</sup>. Estos “relojes de huesos y rocas” son cronómetros naturales del tiempo geológico.

**La técnica del radiocarbono: el  $^{14}\text{C}$**   
A mediados del siglo XX, Williard Libby concibió que la desintegración del  $^{14}\text{C}$  podía ser utilizada para calcular las edades de restos históricos y prehistóricos. Actualmente, la técnica del  $^{14}\text{C}$  es el método de datación absoluta más usado para datar muestras del Pleistoceno Superior y del Holoceno. Su puesta a punto por Libby, además de valerle el Premio Nobel en Química en 1960, supuso una revolución en las técnicas arqueológicas y paleontológicas. Esta técnica puede ser aplicada a la

mayoría de los materiales orgánicos y puede usarse tanto en aquellos con unos pocos cientos de años hasta en los de casi 50.000 años. Es necesario que la muestra alguna vez haya formado parte de un organismo vivo. La datación por  $^{14}\text{C}$  nos aportará información sobre cuándo el organismo estuvo vivo<sup>2</sup>.

#### ¿Cómo funciona?

El  $^{14}\text{C}$  por ser un isótopo radiactivo, por un lado, se desintegra continuamente (espontáneamente), mientras que por otro se forma constantemente (en la atmósfera por la acción de rayos cósmicos de alta energía sobre átomos de N). Se encuentra como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que es capturado por las plantas a través de la fotosíntesis. De esta forma, la relación  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  en la atmósfera es la misma que en las plantas. El carbono que se encuentra en los cuerpos de los animales, incluyendo a los carnívoros, procede en último término de la materia vegetal, lo que hace que tengan la misma relación  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  que la atmósfera. En cuanto un animal muere y su carbono no es

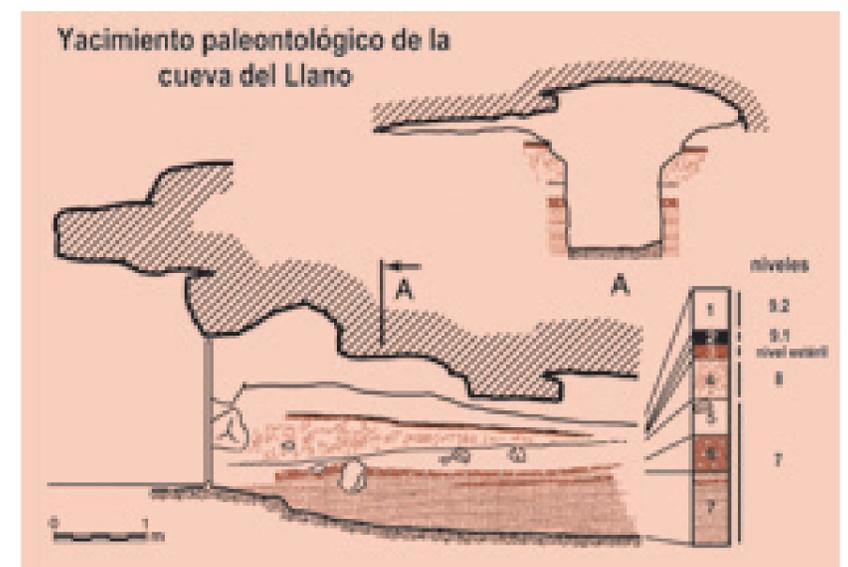


Figura 2. Esquema del yacimiento y de la estratigrafía de la cueva del Llano. Autor Miquel Trias.

reemplazado, su radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) comienza a decaer poniendo en marcha el cronómetro de sus huesos.

Cuando efectuamos una datación sobre un hueso, el laboratorio mide la proporción de  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  que hay en la muestra. Conociendo la vida media del  $^{14}\text{C}$  se puede calcular la edad radiocarbónica. A este dato suministrado por los laboratorios se le denomina edad o años de radio-

carbono y se expresa en años antes del presente (BP; del inglés *before present*), por ejemplo  $670 \pm 35$  BP. Este dato no se corresponde con la edad real de la muestra datada por diversas razones: para el cálculo de la edad radiocarbónica se sigue usando el protocolo empleado por Libby, es decir, la T empleada por él para el  $^{14}\text{C}$  fue 5.568 años, mientras que hoy sabemos que es 5.730, y los cálculos se efectúan asumiendo que la proporción  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  en la atmósfera ha sido siempre la misma, y por tanto igual a la que existía en 1950, año en que por primera vez se empleó la técnica (hoy sabemos que esto tampoco es cierto). Por esta razón, si las fechas se ofrecen como BP tenemos que tener en cuenta que el “presente” corresponde al año 1950<sup>2</sup>. Además, si la muestra que queremos datar es de un organismo que obtiene su radiocarbono de otra fuente (o “reservorio”) diferente a la atmósfera (como lo obtienen animales marinos tales como peces, mamíferos o aves marinas), ésta ofrecerá una edad de radiocarbono más antigua que la real (“efecto reservorio”). En el caso de organismos que consumen alimentos de origen marino, esto se debe a que la proporción  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  es diferente en la atmósfera que en los océanos. Por término medio las muestras marinas ofrecen una edad unos 400 años más



Figura 1. Detalle de una sección del yacimiento de la cueva del Llano (nivel 8) donde se aprecia la enorme cantidad de huesos acumulados. Foto Juan C. Rando. Página anterior La lechuza *Tyto alba* es una rapaz nocturna que habita el archipiélago canario desde antes de la presencia humana. Es responsable de la formación de enormes acumulaciones de huesos de pequeños mamíferos, como consecuencia de su alimentación, que pueden dar lugar a yacimientos paleontológicos como el de la cueva del Llano (Fuerteventura), de enorme importancia para entender los cambios ecológicos acaecidos en las islas. Foto Nicolás Trujillo.

**Si estamos estudiando la extinción de una determinada especie, siempre que sea posible debemos ir a los yacimientos donde aparece, y seleccionar *in situ* en las estratigrafías los materiales más recientes, es decir, los que se encuentren más arriba**

antigua que la real, aunque existe una gran variación dependiendo de las regiones geográficas<sup>2</sup>. Hoy sabemos que en Canarias el efecto reservorio es de unos 600 años. Entonces, ¿cómo calculamos la edad real de una muestra? Para saber la edad real de los materiales sometidos a la técnica del <sup>14</sup>C, las fechas obtenidas en el laboratorio deben ser calibradas.

#### Calibración de las muestras de <sup>14</sup>C

La calibración se basa en un principio muy simple. Determinados materiales pueden ser datados mediante dos técnicas: por ejemplo, los anillos de crecimiento de un árbol pueden ser datados por <sup>14</sup>C, pero también por recuento directo. Si conocemos la cantidad de radiocarbono de una muestra (laboratorio), podemos tratar de localizar el anillo de crecimiento de un árbol con la misma proporción de radiocarbono, y como la edad del anillo puede ser

conocida por recuento directo de los anillos, entonces se puede establecer la correspondencia exacta entre la edad de la muestra analizada (edad radiocarbónica) y la edad real (también pueden ser usados otros organismos como los corales). A partir de estas correspondencias se elaboran las curvas de calibración –marina o terrestre–, que sirven para conocer las edades reales de las muestras datadas por <sup>14</sup>C mediante programas de calibración (OxCal<sup>3</sup> y CALIB<sup>4</sup> son los más usados). Las curvas actuales permiten calibrar muestras de hasta unos 26.000 años de edad.

Las fechas obtenidas proceden en último término de mediciones de las cantidades de isótopos efectuadas en el laboratorio, por lo que como cualquier otra medición están sujetas a un error. Por este motivo, las fechas calibradas se ofrecen como un rango de edad con un intervalo de confianza determinado (normalmente 2σ ó

95% de confianza). Por ejemplo, a una edad de radiocarbono suministrada por el laboratorio que fuese de 670 ± 35 BP le correspondería una edad calibrada de 1271-1394 cal AD, con un 95% de confianza (“cal” se usa por convenio y hace referencia a que los años indicados en la fecha corresponden a años calendario de la fecha ya calibrada). Las fechas calibradas se pueden ofrecer en años antes del presente (BP), teniendo en cuenta que el “presente” corresponde a 1950; (AD) *Annus Domini* o años calendario de nuestra Era; y (BC) *Before Christ* o antes de Cristo<sup>2</sup>.

Con la datación por <sup>14</sup>C ¿no podemos saber la edad exacta de nuestra muestra! Lo que conocemos es un intervalo de tiempo que, con un 95% de probabilidad, contiene la edad del material datado. En el ejemplo anterior, esto implicaría que nuestra muestra (con un 95% de confianza) no puede ser más antigua que el año 1271 ni más joven que el 1394, ambos de nuestra Era.

#### Una potente herramienta: la espectrometría de aceleración de masas (AMS) y el radiocarbono (<sup>14</sup>C)

Hasta hace relativamente poco tiempo, la cantidad de material que se necesitaba para establecer una de estas dataciones “convencionales” hacía casi imposible obtener dataciones

directas sobre especies de pequeña talla (p. ej. roedores), por lo que la inmensa mayoría de los análisis se realizaban sobre carbones (por su enorme contenido en carbono), o sobre huesos de animales grandes, extrapolándose estas edades a materiales –supuestamente coetáneos– que aparecían en los mismos niveles arqueológicos o paleontológicos. Esta aproximación presentaba algunos problemas derivados de la fiabilidad de las asociaciones, de la perdurabilidad de las maderas en el ambiente, y de la longevidad de algunas especies vegetales sobre las que se podían haber obtenido los carbones.

Una variante que ha supuesto una verdadera revolución en los últimos años es la llamada AMS (espectro-

en dataciones convencionales o en la extrapolación de éstas a diversos materiales.

#### ALGUNOS RESULTADOS PARA CANARIAS. Los protocolos de “higiene cronológica” y dos ejemplos: la cronología de la cueva del Llano y la introducción de los ratones domésticos *Mus musculus* en Canarias

Aunque se disponga de múltiples dataciones en el análisis de la cronología de cualquier acontecimiento de extinción, solo una de ellas es significativa: la referida a la presencia documentada más reciente de la especie en cuestión. El último registro de una especie es una fecha importante, ya que suministra un *terminus post quem* para la extinción, es decir, su

En el caso concreto del estudio de las primeras colonizaciones humanas, es imprescindible realizar las dataciones sobre restos humanos o sobre fauna introducida<sup>6</sup> (p. ej., restos de roedores), evitando la extrapolación de fechas obtenidas sobre maderas, carbones o cenizas, por la multitud de problemas derivados de ellos<sup>7</sup>. Especial cuidado se debe tener a la hora de datar conchas de moluscos (por la incorporación de carbono inorgánico durante su alimentación por el raspado producido por su órgano alimenticio, la rádula), que pueden ofrecer fechas muchos más antiguas que su edad real<sup>8</sup>, o con las dataciones de muestras que contengan sedimentos por los mismos motivos<sup>9</sup>.

**En el caso concreto del estudio de las primeras colonizaciones humanas, es imprescindible realizar las dataciones sobre restos humanos o sobre fauna introducida (p. ej., restos de roedores), evitando la extrapolación de fechas obtenidas sobre maderas, carbones o cenizas, por la multitud de problemas derivados de ellos**

metría de aceleración de masas). Esta técnica permite hacer mediciones muy precisas de los componentes de una muestra muy pequeña. No alarga el límite temporal ni mejora el error de las fechas, pero permite datar muestras mucho más pequeñas (≈ 100 mg)<sup>2</sup>, lo que permite obtener la edad incluso de una única semilla, o un pequeño conjunto de huesos de un único individuo de un animal pequeño (p. ej. de un ratón) o un único hueso o fragmento de un animal de tamaño medio (p. ej., una pardela).

Esta técnica ha permitido un gran avance en los últimos años en el conocimiento de las causas y cronologías de extinción de muchísimas especies, al permitir trabajar directamente sobre sus huesos, además de poner de manifiesto muchísimos errores cronológicos basados

desaparición fue un acontecimiento posterior a dicha fecha<sup>5</sup>. Cuando el objeto es averiguar la cronología de las arribadas humanas o de las especies exóticas, el razonamiento es justo el inverso, es decir, la fecha importante es la que documenta la presencia más temprana, la cual constituye una fecha mínima de su presencia, siendo la cronología real de la llegada un evento anterior a esta fecha.

Es imprescindible realizar las dataciones directamente sobre los huesos de las especies a estudiar, evitando la obtención de cronologías a través de inferencias estratigráficas, es decir, a partir de otros materiales datados en los mismos yacimientos. Este es uno de los principios básicos de los protocolos de higiene cronológica.

Otro principio igual de importante es que los materiales a datar no deben ser seleccionados al azar. Si estamos estudiando la extinción de una determinada especie, siempre que sea posible debemos ir a los yacimientos donde aparece, y seleccionar *in situ* en las estratigrafías los materiales más recientes, es decir, los que se encuentren más arriba. En principio, estos restos deberían ser más modernos que los que se encuentran a más profundidad, por lo que son buenos candidatos para revelarnos su fecha más reciente. Cuando se trabaja con especies exóticas el razonamiento es nuevamente el inverso, es decir, tendremos que buscar los restos que se encuentren más abajo en la estratigrafía para tratar de obtener la fecha más antigua de su presencia.

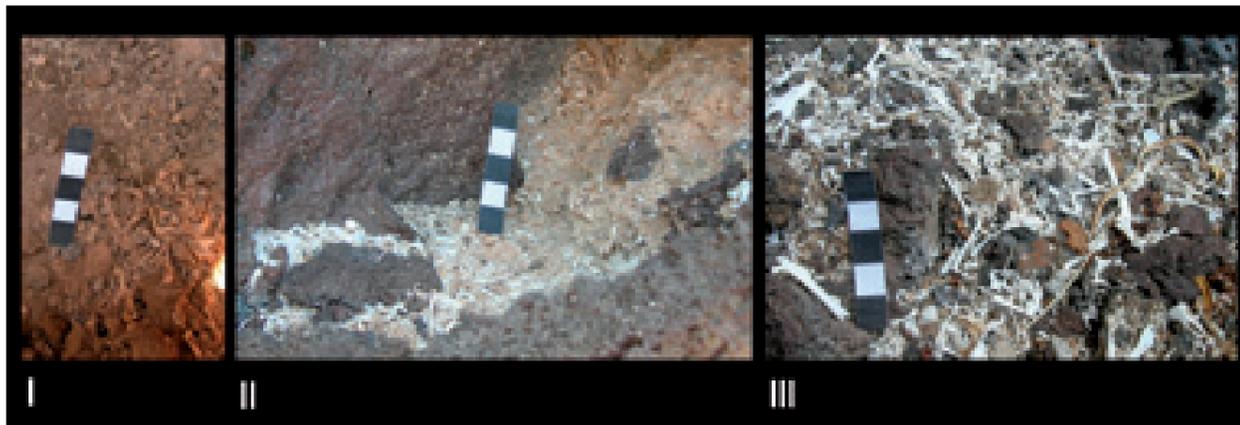


Figura 4. Tres posaderos de lechuga localizados en Fuerteventura. En ellos es posible encontrar diferentes combinaciones de restos de roedores: solo ratón del malpaís (I); ratón del malpaís y ratón doméstico (II); y ratón doméstico y ratas (III). Los primeros corresponden a una etapa anterior a la llegada de los ratones, los segundos al periodo en el que los ratones del malpaís y doméstico coexistieron, y los terceros a una etapa posterior a la extinción del ratón del malpaís y la introducción de las ratas. Escala = 5 cm. Fotos Juan C. Rando.



Figura 3. Detalle de los niveles superiores de la cueva del Llano: 9.2, 9.1, n. e. (nivel estéril) y 8. Barra negra de la foto = 5 cm. Foto Juan C. Rando.

La estratigrafía de la cueva del Llano (Fuerteventura), uno de los mejores yacimientos paleontológicos de Canarias, es un buen ejemplo de la solvencia de estos protocolos. La parte principal de este yacimiento (sección norte del tubo volcánico) se formó por la acumulación de restos de presas procedentes de la actividad depredadora de las lechuzas durante unos 10.000 años, por lo que está integrado por centenares de miles, quizás millones, de huesos distribuidos en diversos niveles (Fig. 1). En los niveles superiores (9.1 y 9.2) aparecen mayoritariamente huesos de ratón doméstico, mientras que en los inferiores (7 y 8) éste está ausente y la muestra integra sobre todo restos del ratón del malpaís *Malpaisomys insularis* (Figs. 2 y 3). *A priori*, este yacimiento constituye un lugar ideal para averiguar la fecha de la llegada de los ratones domésticos al archipiélago. Sus primeras cronologías se obtuvieron a partir de conchas de caracoles terrestres

de los niveles superiores, y sirvieron de base para proponer una llegada de los ratones domésticos a Canarias hace unos 7.000 años, antes incluso de que lo hicieran los aborígenes<sup>10,11</sup>. Sin embargo, la aplicación de la metodología citada anteriormente ha permitido saber que los ratones presentes aquí son relativamente recientes—de tiempos históricos— y por tanto no tienen siete milenios<sup>12</sup>. La obtención de múltiples dataciones, efectuadas directamente sobre huesos de roedores de diversos niveles de este yacimiento, permitió detectar un periodo de por lo menos 6.500 años en el cual no hubo acumulación de huesos y que aparece en la estratigrafía como un nivel estéril (Figs. 2 y 3)<sup>12</sup>. Este periodo engloba el momento de la llegada de los aborígenes a Canarias y termina a comienzos del segundo milenio de nuestra Era, por lo que este espectacular yacimiento no aporta información relevante sobre la llegada de los ratones al archipiélago.

### Conociendo la llegada de los ratones domésticos a Canarias gracias a unas excepcionales colaboradoras: las rapaces nocturnas

Las rapaces nocturnas (búhos y lechuzas) funcionan como eficientes detectores de los pequeños mamíferos (ratas, ratones, musarañas, etc.) que habitan los lugares donde viven. Para hacernos una idea de la fauna de pequeños mamíferos que habita en una zona determinada nos bastaría con encontrar un nido de lechuza y examinar los restos de su alimentación. De hecho, las primeras evidencias de la existencia de musarañas en Canarias se obtuvieron de esta forma<sup>13</sup>. Esto es posible hacerlo (y en Canarias se ha hecho) tanto en el espacio como en el tiempo, o sea, localizando y datando yacimientos—en este caso antiguos posaderos de lechuzas con restos de su alimentación— con diferentes combinaciones faunísticas: (1) con restos de ratón del malpaís, pero



Figura 5. Representación esquemática de los intervalos de confianza de las dataciones (AMS <sup>14</sup>C) para los últimos registros de algunas especies extintas (ratón y pardela del malpaís, y pardela del jable), la primera presencia de los ratones domésticos en Canarias, así como el intervalo propuesto para la colonización aborigen basado en la datación de antiguos posaderos de lechuzas. Se indica también el comienzo de la colonización europea.

sin ratón doméstico; (2) con restos de ambos roedores; y (3) con restos de ratón doméstico y ratas *Rattus* spp. (Fig. 4). En el caso concreto de Fuerteventura, los posaderos del grupo 1 corresponderán a un periodo anterior a la llegada de los ratones; los del grupo 2 al periodo en el cual ratones doméstico y del malpaís coexistieron en Fuerteventura; y los del grupo 3 a una etapa posterior a la extinción del ratón del malpaís y a la introducción de las ratas. La aplicación de esta metodología ha permitido saber que en el año 756 cal BC no había ratones en Fuerteventura y que los ratones más antiguos detectados en esta isla son posteriores al 565 cal AD<sup>12</sup>. Los restos más antiguos de ratones datados en Canarias proceden de Lanzarote y son de algún momento entre el 128 y el 313 cal AD<sup>12</sup>. La combinación de estas fechas nos permite establecer un intervalo temporal entre 756 cal BC y 313 cal AD en el cual tuvo lugar la llegada de los ratones al archipiélago. Al tratarse de un roedor que ha acompañado a las poblaciones humanas por todo el planeta, podemos concluir también que muy probablemente en este rango temporal tuvo lugar la llegada de los aborígenes a Canarias<sup>12</sup> (Fig. 5). Por otro lado, los restos de ratones domésticos con más de un milenio (782-981 cal AD) hallados en La Palma parecen indicar que estos roedores fueron introducidos en tiempos aborígenes, muy probablemente en todas las islas y no solo en las orientales (Lanzarote y Fuerteventura)<sup>12</sup>.

### El último ratón del malpaís

La datación más reciente efectuada sobre restos de este roedor procede de los niveles superiores de la cueva del Llano (1271-1394 cal AD)<sup>14</sup>. Esto implica que su extinción fue un evento posterior al año 1271 de nuestra Era. De estos datos podemos concluir que esta especie extinta coexistió con los aborígenes así como con los ratones domésticos durante muchos siglos, por lo que parece poco probable que su extinción se deba a la introducción de esta última especie, tal y como había sido indicado anteriormente<sup>15</sup>. El último registro del ratón del malpaís se encuentra muy próximo a la primera presencia europea en Fuerteventura<sup>16</sup>; de hecho, su intervalo de confianza (1271-1394 cal AD)<sup>14</sup> solapa con esta presencia (Fig. 5). De esta forma, las evidencias apuntan a una relación entre ambos eventos (extinción del ratón del malpaís y colonización europea). Un dato que debemos tener en cuenta es la total ausencia de ratas en los yacimientos aborígenes de Fuerteventura. Su introducción se debió producir a raíz de la presencia europea en la isla. Las ratas han sido responsables de la extinción de muchas especies insulares<sup>17,18</sup>, incluidos muchos roedores endémicos, a través de procesos como la depredación o la competencia, teniendo especial importancia su papel como trasmisoras de parásitos y enfermedades. Efectivamente, son muchos los ejemplos en los que las poblaciones de roedores insulares desaparecen rápidamente tras la llegada de las ratas a causa de la

introducción de patógenos<sup>19</sup>. En el caso concreto de la isla Christmas (océano Índico) se ha constatado la extinción de dos roedores endémicos en un intervalo de tiempo no superior a nueve años, tras la llegada de las ratas negras *R. rattus* y la rápida transmisión de parásitos (tripanomas) a las especies insulares<sup>20</sup>. Los datos disponibles a día de hoy indican que las ratas, y los parásitos y enfermedades que transportan, son las candidatas más fiables para explicar la extinción del ratón del malpaís.

### Lo que tienen en común la pardela del malpaís *Puffinus olsoni* y el alca gigante *Pinguinus impennis*

Estas dos especies comparten una siniestra característica, son las dos únicas aves marinas cuya extinción se ha constatado durante el último milenio en el Paleártico occidental



Las dataciones obtenidas en Canarias a partir de huesos de ratones domésticos indican que esta especie fue introducida en el archipiélago después del año 756 cal BC, y como mínimo desde el año 313 de nuestra Era (hace unos 1.700 años). Foto Domingo Trujillo.

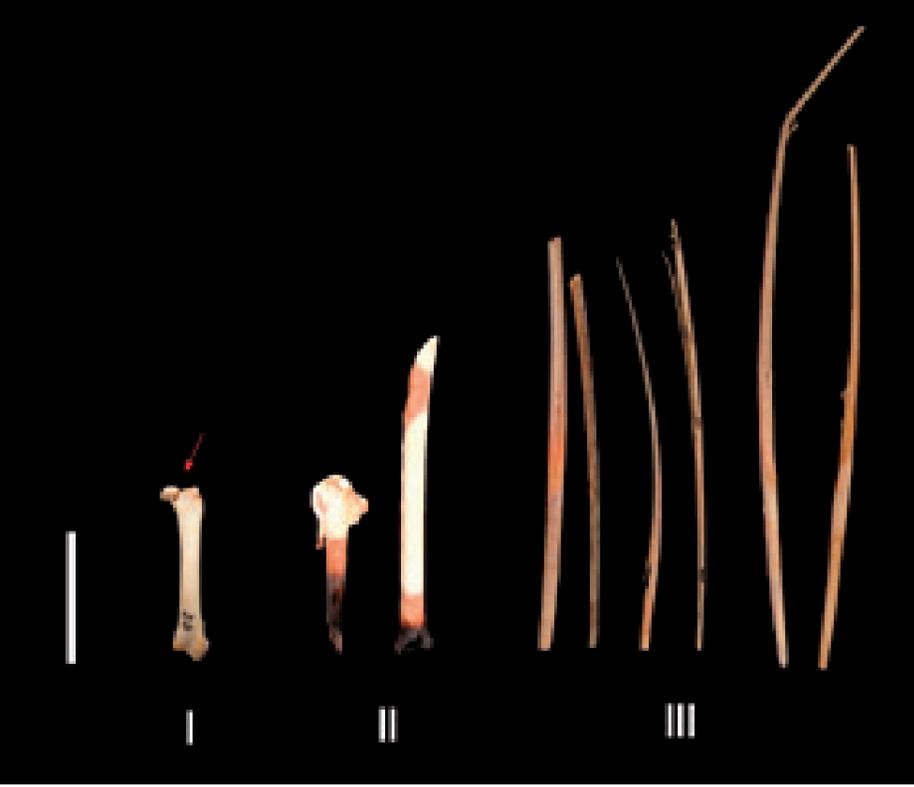


Figura 6. Restos de pardela del malpaís donde se aprecia su consumo por parte de los aborígenes de Fuerteventura: algunos huesos aparecen cortados (I), quemados (II), e incluso en algunos yacimientos aparecen restos de plumas (III) que parecen corresponder a esta especie. Escala = 2 cm. Foto Juan C. Rando.

(Europa y norte de África), siendo por tanto acontecimientos muy recientes. Si bien se tiene información histórica sobre el alca gigante, que habitó el Atlántico Norte nidificando en la mayor parte de sus costas e islas, de donde fue desapareciendo paulatinamente hasta su extinción a mediados del siglo XIX<sup>19,21</sup>, no existen datos históricos sobre la pardela del malpaís, aunque se sabe que era consumida por los aborígenes<sup>22</sup> (Fig. 6). Su último registro (1270-1475 cal AD)<sup>23</sup>, obtenido para la isla de Fuerteventura, indica que sobrevivió al impacto de los aborígenes y la fauna introducida por ellos, incluidos los ratones. Este intervalo temporal nuevamente solapa con la presencia europea en el archipiélago (Fig. 5), lo que parece indicar una relación entre la extinción de esta especie y la colonización europea. La depredación por mamíferos exóticos invasores introducidos tras el contacto europeo en el siglo XIV, como las ratas y los gatos, aparece como la causa más probable para explicar la extinción de la pardela del malpaís.

#### La temprana desaparición de la pardela del jable *Puffinus holeae*

La pardela del jable es la otra pardela endémica y extinta de Canarias. A diferencia de la pardela del malpaís, que nidificaba en zonas inhóspitas como cuevas y malpaíses recientes<sup>24</sup>, la pardela del jable excavaba huras para nidificar en zonas de dunas para nidificar en zonas de dunas muy accesibles<sup>25</sup>. Esta característica y su mayor talla hacen que sea una candidata perfecta para haber sido consumida asiduamente por el hombre, a pesar de que sus restos no han sido localizados en yacimientos arqueológicos, justo lo contrario que la pardela del malpaís<sup>22</sup>. Hasta hace poco, el único dato cronológico para esta especie ofrecía una fecha de  $32.100 \pm 1.100$  BP<sup>25</sup>. Sin embargo, la datación de un hueso localizado a nivel superficial en el islote de Lobos, Fuerteventura (Fig. 7), ofreció una edad muchísimo más reciente ( $1159-790$  cal BC)<sup>26</sup>. La proximidad de este intervalo con el propuesto para la llegada de los aborígenes a Canarias ( $756$  cal BC- $313$  cal AD)<sup>12</sup> sugiere fuertemente que esta pardela y los aborígenes coincidieron en los primeros momentos de la coloni-

zación del archipiélago. Probablemente por ello, como muchas otras especies de otros archipiélagos<sup>27,28</sup>, desapareció rápidamente –quizás a causa de la explotación aborígen– en un periodo tan corto de tiempo que no dejó constancia arqueológica sobre este trágico encuentro<sup>26</sup>.

#### Lo que aún no sabemos

El número conocido de especies de vertebrados extintas –endémicas y no endémicas– en Canarias es elevado. Esta cifra irá en aumento en los próximos años y, de la misma forma, las dataciones efectuadas hasta la fecha –verdaderamente informativas– son escasas, por lo que aún nos queda mucho por saber sobre las cronologías y causas de sus extinciones. Del mismo modo, los procesos de extinción insulares no son siempre tan sencillos de interpretar como los expuestos en este trabajo. Por ejemplo, especies que habitaron diferentes islas y que están hoy día extintas pueden haber desaparecido por diferentes causas y (o) en un momento diferente en cada isla. En definitiva, es necesario afinar el intervalo temporal en el que

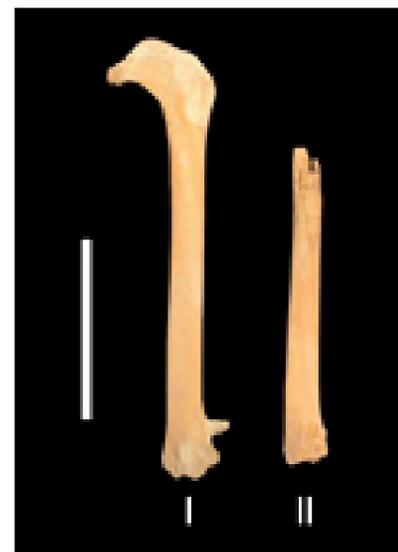


Figura 7. Huesos de la pardela del jable. El fragmento localizado en el islote de Lobos (I) mostró una edad de  $1159-790$  cal BC. Los yacimientos del sur de Fuerteventura, donde sus restos son muy abundantes (II), ofrecen una edad mucho más antigua  $32.100 \pm 1.100$  BP. Escala = 4 cm. Foto Josep A. Alcover y Juan C. Rando.

se produjo la primera colonización humana del archipiélago, así como tener en cuenta las características de las especies estudiadas, su distribución, sus hábitos, su ecología y sus últimos registros en todo el rango de su distribución. Igual de importante es estar al día en cuanto a las investigaciones que sobre este tema se están desarrollando en diferentes archipiélagos comparables a Canarias. Todo esto nos permitirá tener un conocimiento amplio sobre las causas, mecanismos y procesos implicados en la pérdida de biodiversidad –pasada y presente– en este archipiélago como consecuencia de las colonizaciones humanas. Estamos en ello ▼

#### Agradecimientos

A las unidades de Patrimonio, y a su personal, de las islas de Fuerteventura, Lanzarote y La Palma, especialmente a Nacho Hernández, Nona Perera y Jorge Pais. A Miquel Trias y Francisco García-Talavera por la colaboración prestada. Algunas de las publicaciones en las que se basa este artículo fueron realizadas dentro de los proyectos “Cronología y causas de las extinciones de vertebrados autóctonos en Canarias y Baleares: un análisis comparativo. I y II”, financiados por la Dirección General de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación,

#### Bibliografía

- THACKRAY, J. 1990. *La edad de La Tierra*. Akal. Madrid. 37 pp.
- <http://www.c14dating.com/>
- <http://c14.arch.ox.ac.uk/embed.php?file=oxcal.html>
- <http://calib.qub.ac.uk/calib/>
- MACPHEE, R.D.E. 1999. *Extinctions in Near Times. Causes, Contexts, and Consequences*. Kluwer Academy/Plenum Publishers. New York. 384 pp.
- WILMSHURST, J.M., ANDERSON, A., HIGHAM, T.F.G. & WORTHY, T.H. 2008. Dating the late prehistoric dispersal of Polynesians to New Zealand using the commensal Pacific rat. *PNAS* 105: 7676-7680.
- LANTING, J. & BRINDLEY, A. 1991. Radiocarbon dating. *Archaeology Ireland* 5: 24-26.
- ROMANIELLO, L., QUARTA, G., MASTRONUZZI, G., D'ELIA, M. & CALCAGNILE, L. 2008. <sup>14</sup>C age anomalies in modern land snails shell carbonate from Southern Italy. *Quaternary Geochronology* 3: 68-75.
- PREBBLE, M. & WILMSHURST, J.M. 2009. Detecting the initial impact of humans and introduced species on island environments in Remote Oceania using palaeoecology. *Biological Invasions* 11: 1529-1556.
- COELLO, J.J., CASTILLO, C. & MARTÍN, E. 1999. Stratigraphy, chronology and paleoenvironmental reconstruction of the Quaternary sedimentary infilling of a volcanic tube in Fuerteventura, Canary Islands. *Quaternary Research* 52: 360-368.
- CASTILLO, C., MARTÍN, E. & COELLO, J.J. 2001. Small vertebrate taphonomy of La Cueva del Llano, a volcanic cave on Fuerteventura (Canary Islands, Spain). Palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 166: 277-291.
- ALCOVER, J.A., RANDO, J.C., GARCÍA-TALAVERA, F., HUTTERER, R., MICHAUX, J., TRIAS, M. & NAVARRO, J.F. 2009. A reappraisal of the stratigraphy of Cueva del Llano (Fuerteventura) and the chronology of the House Mouse (*Mus musculus*) introduction into the Canary Islands. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 277: 184-190.
- MARTÍN, A., HUTTERER, R. & CORBET, G.B. 1984. On the presence of shrews (Soricidae) in the Canary Islands. *Bonn. Zool. Beitr.* 35: 5-14.
- RANDO, J.C., ALCOVER, J.A., NAVARRO, J.F., GARCÍA-TALAVERA, F., HUTTERER, R. & MICHAUX, J. 2008. Chronology and causes of the extinction of the Lava Mouse, *Malpaisomys insularis* (Rodentia: Muridae) from the Canary Islands. *Quaternary Research* 70:141-148.
- BOYE, P., HUTTERER, R., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. & MICHAUX, J. 1992. A reconstruction of the Lava Mouse (*Malpaisomys insularis*) an extinct rodent of the Canary Island. *Zeitschrift fuer Säugetierkunde* 57: 29-38.
- AZNAR, E., CORBELLA, D., PICO, B. & TEJERA, A. 2006. *Le Canarien. Retrato de dos mundos. I. Textos*. Instituto de Estudios Canarios. Santa Cruz de Tenerife. 293 pp.
- TOWNS, D.R., ATKINSON, I.A.E. & DAUGHERTY, C.H. 2006. Have the harmful effects of introduced rats on islands been exaggerated? *Biological Invasions* 8: 863-891.
- JONES, H.P., TERSHY, B.R., ZAVALETA, E.S., CROLL, D.A., KEITT, B.S., FINKELSTEIN, M.E. & HOWALD, G.R. 2008. Severity of the effects of invasive rats on seabirds: a global review. *Conservation Biology* 22:16-26.
- FLANNERY, T. & SCHOUTEN, P. 2001. *A gap in Nature: discovering the world's extinct animals*. William Heinemann. London. 184 pp.
- WYATT, K.B., CAMPOS, P.F., GILBERT, M.T.P., KOLOKOTRONIS, S.-O., HYNES, W.H., DESALLE, R., DASZAK, P., MACPHEE, R.D.E. & GREENWOOD, A.D. 2008. Historical Mammal Extinction on Christmas Island (Indian Ocean) Correlates with Introduced Infectious Disease. *PLoS ONE* 3: e3602.doi:10.1371/journal.pone.0003602.
- FULLER, E. 2000. *Extinct Birds*. Oxford University Press. Oxford. 398 pp.
- RANDO, J.C. & PERERA, M.A. 1994. Primeros datos de ornitofagia entre los aborígenes de Fuerteventura (Islas Canarias). *Archaeofauna* 3: 13-19.
- RANDO, J.C. & ALCOVER, J.A. 2008. Evidence for a second western Palaeoartic seabird extinction during the last Millennium:

the Lava Shearwater *Puffinus olsoni*. *Ibis* 150: 188-192.

- MCMINN, M., JAUME, D. & ALCOVER, J.A. 1990. *Puffinus olsoni* n. sp.: nova espècie de baldritja recentment extinguida provinent de depòsits espeleològics de Fuerteventura i Lanzarote (Illes Canàries, Atlàntic Oriental). *Endins* 16: 63-71.
- WALKER, C.A., WRAGG, G.M. & HARRISON, C.J.O. 1990. A new shearwater from the Pleistocene of the Canary Islands and its bearing on the evolution of certain *Puffinus* shearwaters. *Historical Biology* 3: 203-224.
- RANDO, J.C. & ALCOVER, J.A. 2010. On the extinction of Dune Shearwater (*Puffinus holeae*) from the Canary Islands. *Journal of Ornithology* 151: 365-369.
- WORTHY, T.H. & HOLDAWAY, R.H. 2002. *Prehistoric Life of New Zealand. The lost world of the Moa*. Indiana University Press. Indiana. 718 pp.
- STEADMAN, D. 2006. *Extinction & Biogeography of Tropical Pacific Birds*. University of Chicago Press. London. 594 pp.

#### Los autores

El Dr. **Juan Carlos Rando** ha trabajado en proyectos y acciones de conservación relacionadas con los lagartos gigantes y especies exóticas invasoras, así como en la caracterización de la composición genética de la población –actual y aborígen– del archipiélago canario. La mayor parte de sus investigaciones se han centrado en el estudio de las faunas originales de Canarias y en el impacto de las colonizaciones humanas sobre ellas (e-mail: canariomys@yahoo.es). El Dr. **Josep Antoni Alcover** es investigador del Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB, Mallorca). La mayoría de sus investigaciones se han centrado en el estudio de la evolución de vertebrados insulares. Sus publicaciones recientes abordan las cronologías y causas de las extinciones de vertebrados en Canarias y Baleares (e-mail: josepantoni.alcover@uib.es). Por su parte, el Dr. **Juan Francisco Navarro** es profesor de Prehistoria en el Departamento de Prehistoria, Antropología e Historia Antigua de la Universidad de La Laguna. Esencialmente trabaja en la arqueología del territorio y la colonización aborígen de Canarias (e-mail: jnavarro@ull.es). El Dr. **Jacques Michaux** es investigador emérito del Institut des Sciences de l'Évolution (Université Montpellier, Francia). Ha trabajado con la biocronología y evolución de roedores, sobre todo en los linajes del suroeste de Europa. También cuenta con publicaciones sobre la extinción reciente de roedores de Córcega y Canarias. (e-mail: jjmichau@univ-montp2.fr). Por último, el Dr. **Rainer Hutterer** es investigador en el Museo Alexander Koenig (Bonn, Alemania). Si bien posee publicaciones sobre moluscos terrestres y lagartos gigantes fósiles de Canarias, la mayor parte de su trabajo se ha centrado en el estudio de micromamíferos, tanto actuales como extintos, de diversos ámbitos geográficos (Canarias, Filipinas, norte de África, Europa, etc.) (e-mail: r.hutterer.zfmk@uni-bonn.de).

#### Cita recomendada

RANDO, J.C., ALCOVER, J.A., NAVARRO, J.F., MICHAUX, J. & HUTTERER, R. 2011. Poniendo fechas a una catástrofe: <sup>14</sup>C, cronologías y causas de la extinción de vertebrados en Canarias. *El Indiferente* 21: 6-15.

# Las PALOMAS endémicas de las ISLAS CANARIAS

ecología trófica en los bosques de laurisilva

Patricia Marrero, David P. Padilla, Ángel B. Fernández,  
Antonio Zamorano & Manuel Nogales



**The endemic pigeons of the Canary Islands. Trophic ecology in laurel forests.** The main aim of this study was to assess the trophic ecology of the two Canary endemic pigeons (*Columba bollii* and *C. junoniae*) in the Garajonay National Park (La Gomera). These two birds inhabit this relict laurel forest, one of the best well-preserved in all the Macaronesian islands. These threatened pigeons show a shy behaviour and therefore direct observations in the field are difficult. So, the microhistological analysis of faeces after their molecular identification at species level was used. Fieldwork included the seasonal collection of fresh dropping samples of both pigeons during a year, in eight study areas scattered for all Garajonay, trying to cover the main habitats represented there. In these places, we simultaneously studied the fruit production for the different tree species by the establishing of different transects. Lastly, the combinations of all this kind of methodologies permitted us to study the diet and trophic ecology of these two endemic pigeons. As general patterns, we have confirmed that both species have a vegetarian diet and that they share a high number of diet items. However, the quantitative component is clearly different. While fruits of *Laurus azorica* (Lauraceae) are basic for *C. bollii*, fruits and leaves of *Rhamnus glandulosa* (Rhamnaceae) and seeds of *Bituminaria bituminosa* (Fabaceae) constitutes the main part of the diet of *C. junoniae*.

En el mundo se conocen 306 especies de aves pertenecientes al orden Columbiformes (palomas y tórtolas), de las cuales 168 (~55%) habitan exclusivamente en islas, especialmente en aquellas situadas en latitudes tropicales. Si bien la mayor diversidad se concentra sobre las innumerables islas del Pacífico, su rango de distribución incluye áreas tan distantes como las Antillas en el Caribe, las islas de São Tomé y Príncipe y los archipiélagos macaronésicos en el Atlántico, o las islas de Mauricio y Rodrigues en el océano Índico<sup>1</sup>. Estas últimas cuentan además con los ejemplos más conocidos y emblemáticos de este grupo. Podemos citar a la paloma rosada *Nesoenas mayeri*, sujeta a grandes esfuerzos de conservación desde hace más de 30 años por su inminente riesgo de extinción<sup>2</sup>, y a los extintos dodo *Raphus cucullatus* y solitario *Pezophaps solitaria*, que desaparecieron como consecuencia de la llegada del hombre a estas islas a finales del siglo XVII<sup>3</sup> y mediados del XVIII<sup>4</sup>, respectivamente.

A pesar de que los colúmbidos tienen una influencia potencial como agentes dispersores y (o) depredadores de semillas, en la composición y estructura de los ecosistemas en los que habitan, muy pocos trabajos científicos han abordado el estudio de los requerimientos alimentarios de estas aves y las implicaciones ecológicas de su comportamiento<sup>1</sup>. Este fue uno de los motivos que llevó al Grupo de Ecología y Evolución en Islas, IPNA-CSIC (La Laguna, Tenerife), a plantear el estudio de la ecología trófica de las palomas endémicas de Canarias, desarrollado a través de un proyecto de investigación en el Parque Nacional de Garajonay (La Gomera), financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

### LAS PALOMAS DE LA MACARONESIA

Asociadas a la distribución de los sombríos y húmedos bosques de laurisilva se encuentran tres auténticas joyas de la avifauna: la paloma trocaz *Columba trocaz* en la isla de Madeira, y las palomas turquí *C. bollii* y rabiche *C. junoniae* en Canarias (Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro). Aunque son similares en morfología, pueden ser distinguidas por el tamaño corporal y la coloración de su plumaje. En general, la paloma trocaz, con unos 45-50 cm y 390-530 g, presenta una coloración gris azulada con una franja pálida en la cola y un área blanca en el cuello<sup>5</sup>; la paloma turquí, con 35-37 cm y 340-380 g, se parece a la trocaz en coloración, aunque sin esta mancha blanca; y la paloma rabiche, con 37-38 cm y un peso intermedio entre las dos especies anteriores, tiene un color rosado vinoso y una banda terminal blanca en la cola<sup>6</sup>.

El origen y las relaciones filogenéticas de estas aves son poco conocidos. No obstante, recientes estudios moleculares señalan que las palomas trocaz y turquí



La paloma turquí *Columba bollii* es un ave exclusiva de los bosques de laurisilva canarios. Morfológicamente similar a la paloma rabiche, se puede distinguir de ésta por el plumaje más azulado de su dorso y por la presencia de una banda subterminal gris en su cola. Foto Beneharo Rodríguez. Página anterior La paloma rabiche *Columba junoniae* es una de las dos especies de palomas endémicas del archipiélago canario. Aunque asociada a los bosques de laurisilva es, sin embargo, frecuente en zonas de pinar y reductos de bosque termófilo. La drástica desaparición de su hábitat original ha provocado que se considere actualmente en peligro a nivel mundial. Foto Jesús Palmero.

podrían derivar de un ancestro común con la paloma trocaz *C. palumbus*<sup>7</sup>, cuya distribución se extiende por la mayor parte de Europa, norte de África, Afganistán y norte de la India. La paloma rabiche, en cambio, tendría un origen evolutivo independiente y más antiguo, aunque sus parientes más cercanos quedan aún por descubrir<sup>7,8</sup>.

La drástica destrucción que han sufrido las formaciones boscosas en estas islas macaronésicas ha sido la causa principal de la disminución de sus poblaciones. Los registros fósiles y las crónicas de los colonizadores europeos indican que estas especies tuvieron una distribución más amplia en el pasado, ocupando áreas actualmente desprovistas de su vegetación natu-

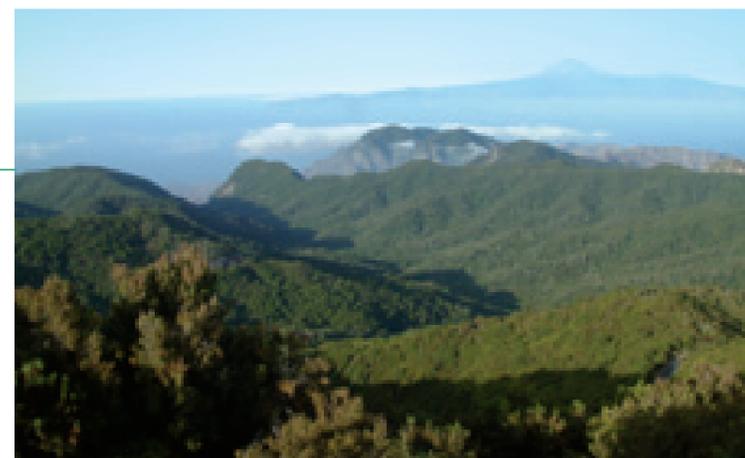
Antes de la llegada del hombre al archipiélago, esta formación vegetal cubría las zonas más húmedas, formando estrechas bandas a lo largo de las vertientes norte de las islas de mayor relieve, entre aproximadamente 500 y 1.300 m de altitud, donde se registra la mayor pluviometría e incidencia de nieblas

ral. Restos óseos pertenecientes a la paloma trocaz se han encontrado en la isla de Porto Santo y la Ponta de São Lourenço en el archipiélago de Madeira<sup>9</sup>, mientras que en Canarias alguna especie de paloma de laurisilva existió también en Gran Canaria<sup>10,11</sup>, Fuerteventura y Lanzarote<sup>12</sup>. Actualmente, las palomas sobreviven en las áreas de laurisilva de las vertientes montañosas del norte y en algunas zonas aisladas del sur de las islas, aunque la paloma rabiche frecuenta además reductos de bosque termófilo y pinar<sup>6,13</sup>. Pueden verse también en plantaciones de exóticas y campos de cultivo cercanos al monte<sup>6,14,15</sup>.

Aunque se han adoptado importantes medidas de conservación, estas tres palomas endémicas continúan estando amenazadas. La pérdida y degradación de enclaves no protegidos, la depredación por mamíferos introducidos (principalmente ratas), los incendios forestales y el pastoreo libre de cabras y ovejas constituyen algunas de las principales causas de amenaza<sup>6,16</sup>. Esta situación ha llevado a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) a incluir a las palomas trocaz y turquí en la categoría de “Casi-amenazada”, y a considerar a la paloma rabiche especie “En peligro” con tendencia a la reducción de sus poblaciones<sup>17</sup>.

### ANTECEDENTES EN LOS ESTUDIOS DE LA DIETA DE LAS PALOMAS CANARIAS

La alimentación es uno de los aspectos menos estudiados de la biología de las palomas turquí y rabiche<sup>6</sup>. La información disponible hasta ahora sobre la dieta de estas aves procedía de observaciones de campo y de algunos análisis de excrementos o contenidos estomacales, siendo la recopilación desarrollada por el ornitólogo Keith W. Emmerson, entre los años 1980-1985, el trabajo más exhaustivo<sup>18</sup>. Estos datos señalan que las palomas canarias son aves básicamente frugívoras, consumiendo



Barranco del Cedro, corazón del Parque Nacional de Garajonay. La aparente homogeneidad del manto vegetal que este macizo nos ofrece, en un primer y superficial golpe de vista, esconde y concentra una amplia variedad de asociaciones forestales resultado del abrupto relieve. Foto Ángel B. Fernández.



Cuenca de la meseta de Vallehermoso, localidad donde se encuentra la Piedra Encantada, magnífica muestra de vegetación de laurisilva húmeda dominada por grandes árboles de til *Ocotea foetens* y viñático *Persea indica*. Foto Ángel B. Fernández.

los frutos de la mayor parte de los árboles presentes en la laurisilva, aunque también de árboles frutales de los cultivos cercanos al bosque. Las hojas y flores de árboles, arbustos y herbáceas son también incorporados a la dieta<sup>6,18</sup>.

A pesar de estos valiosos datos de historia natural, se carecía de un estudio cuantitativo y sistemático de la ecología trófica de estas especies. Por ello, la principal finalidad de nuestro trabajo fue poner a punto la metodología necesaria para evaluar la importancia espacio-temporal de los distintos recursos en la dieta de las palomas. La coexistencia de estas aves en un mismo hábitat es un valor añadido a los resultados, puesto que podrían ayudar a comprender cómo dos especies frugívoras comparten dichos recursos.

### EL BOSQUE DE LAURISILVA EN EL PARQUE NACIONAL DE GARAJONAY (LA GOMERA)

Las cumbres de la isla de La Gomera están caracterizadas por una vasta y llamativa cobertura de bosques de gran espesura pertenecientes al ecosistema conocido como laurisilva o monteverde canario. A grandes rasgos, se trata de un bosque siempreverde compuesto por una veintena de árboles de hoja perenne en el que dominan los de tipo lauroide, es decir, con hojas lustrosas de mediano tamaño que recuerdan a las del laurel, y que son el resultado de una adaptación a climas relativamente homogéneos a lo largo del año con temperaturas moderadas y estables, y de humedad elevada. Estas especies arbóreas aparecen acompañadas por el brezo *Erica arborea* y el tejo *E. platycodon*, de pequeñas hojas aciculares propias de condiciones más extremas. Estos bosques son extraordinariamente interesantes y originales, porque además de su frondosidad permanente constituyen una reliquia de los bosques que cubrieron buena parte del sur de Europa y norte de África durante el Terciario, desapareciendo del continente como consecuencia de

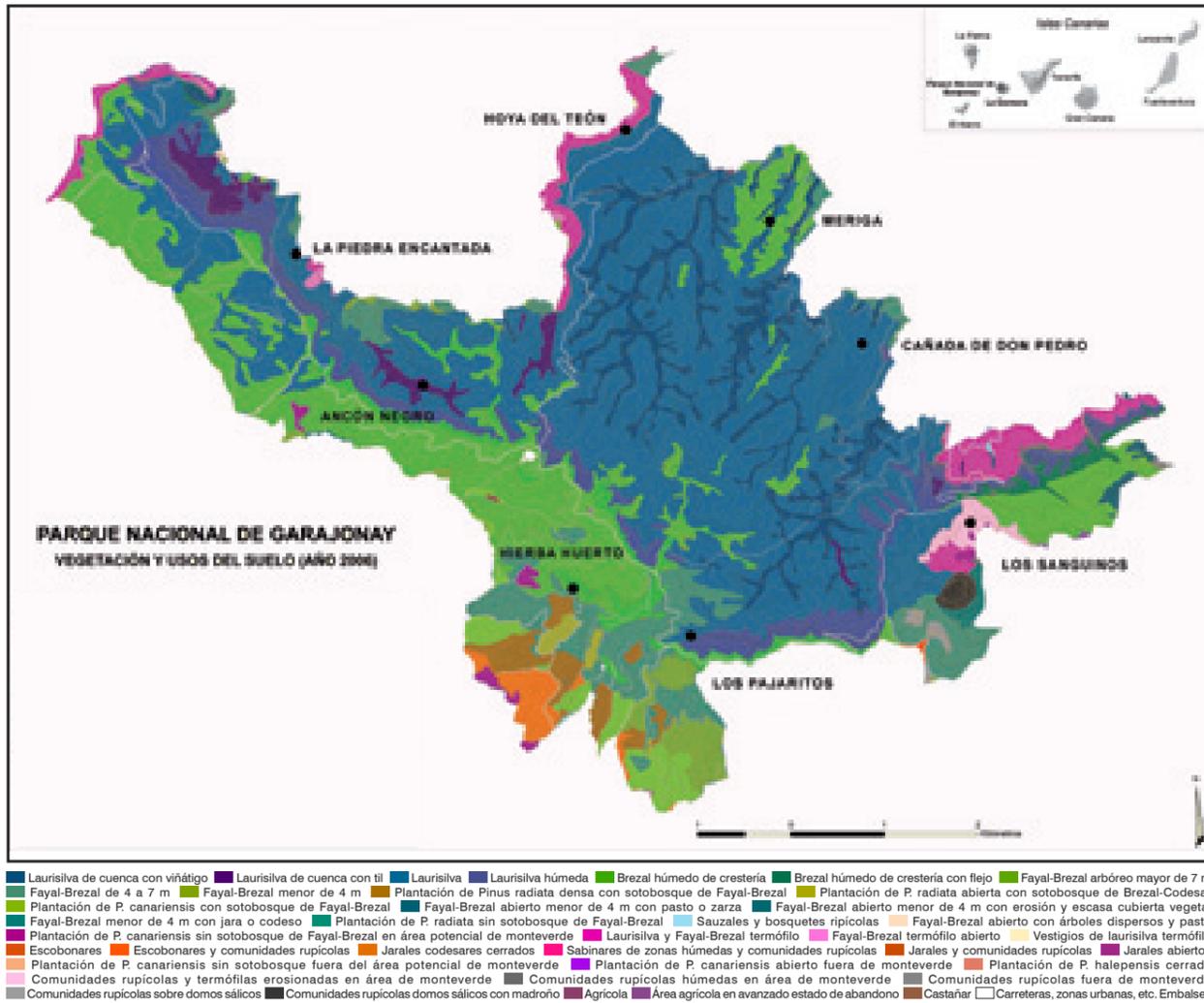


Figura 1. Mapa de vegetación del Parque Nacional de Garajonay (La Gomera) mostrando la localización de las ocho áreas de estudio. Fuente P. N. Garajonay.

grandes cambios climáticos y quedando únicamente representaciones de los mismos en los archipiélagos macaronésicos de Azores, Madeira y Canarias. Al interés de este carácter relicto se suma su enorme riqueza de endemismos consecuencia de su condición insular.

Antes de la llegada del hombre al archipiélago, esta formación vegetal cubría las zonas más húmedas, formando estrechas bandas a lo largo de las vertientes norte de las islas de mayor relieve, entre aproximadamente 500 y 1.300 m de altitud, donde se registra la mayor pluviometría e incidencia de nieblas. A raíz de la colonización de las islas por los europeos a partir del siglo XV, estos bosques fueron ampliamente devastados, estimándose que en la actualidad queda un 18% de su superficie original<sup>19</sup>. A esto hay que añadir una intensa alteración y degradación de las manifestaciones existentes, estimándose que tan solo un tercio de las mismas son montes maduros en buen estado de conservación. En este sentido, la laurisilva de la isla de La Gomera conserva una proporción muy importante de los remanentes de bosques antiguos y bien conservados que quedan en

Canarias. Un significativo indicador de esta afirmación es el dato aportado por el Inventario Forestal Nacional, que señala que en La Gomera se concentra en torno al 85% de los árboles de laurisilva con diámetro superior a los 60 cm, lo que viene a corroborar la abundancia de árboles de gran porte que dan a estos bosques su característico aspecto selvático sin parangón en las restantes islas.

Las formaciones de monteverde en La Gomera conforman un macizo forestal que cubre unas 6.000 ha de superficie continua sin fragmentar, desde los 500-600 m s.n.m. hasta las cumbres del Alto de Garajonay a 1.487 m de altitud. La aparente homogeneidad del manto vegetal que este macizo nos ofrece en un primer y superficial golpe de vista esconde y concentra, en un territorio relativamente reducido, una amplia variedad de asociaciones forestales resultado de la sensibilidad de la vegetación a las cambiantes variaciones ambientales (grado de incidencia de las nieblas, umbría, estabilidad térmica, etc.), como consecuencia del abrupto relieve. De este modo, el macizo forestal gomero se articula como un rico mosaico de asociaciones vegetales que

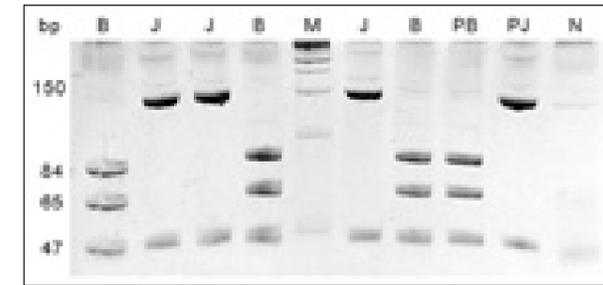


Figura 2. Productos de ADN amplificado (196-7 pb) y digeridos con la enzima HaeIII. Tres fragmentos de restricción (47, 65 y 84 pb) fueron obtenidos para la paloma turquí (B) y dos (47 y 150 pb) para la paloma rabiche (J). M, marcador de ADN de 50 pb; PB y PJ, controles positivos de muestras conocidas de ADN fecal de turquí y rabiche, respectivamente; N, control negativo. Fuente Patricia Marrero y colab.<sup>21</sup>

se suceden unas veces de forma gradual y otras de una forma sumamente brusca, sin apenas transiciones. Además de conformar una singular formación vegetal y de contener importantes elementos endémicos en su flora, la laurisilva también incluye especies animales únicas. Los invertebrados, y particularmente los insectos, arañas y moluscos terrestres exhiben una gran riqueza, mientras que entre los vertebrados destacan las aves y los murciélagos<sup>20</sup>. Las investigaciones realizadas entre 1996-99, con el fin de conocer el estado de las poblaciones de las palomas turquí y rabiche en el archipiélago, pusieron de manifiesto los altos valores de abundancia de estas dos especies en la isla de La Gomera, observándose tanto en áreas de monteverde del interior del Parque Nacional de Garajonay, como en enclaves fuera de estos límites<sup>6</sup>.

El Parque Nacional de Garajonay se creó en 1981 para proteger las zonas mejor conservadas de bosques de laurisilva de las islas. Fue declarado Patrimonio Mundial por la UNESCO en 1986 y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) en 1988.

**¿QUÉ COMEN LAS PALOMAS?**

Responder a esta cuestión no fue tarea fácil. En primer lugar debíamos resolver cómo obtener información de la dieta sabiendo que las palomas tienen un comportamiento tímido y reservado, que su hábitat con frecuencia se sitúa en áreas de orografía escarpada y que la observación de las conductas de alimentación de estas aves a través de la densa y alta cobertura vegetal de la laurisilva es realmente complicada. La mejor opción para llegar al mismo fin es utilizar un modo indirecto como, por ejemplo, coleccionar sus excrementos y analizar el contenido. Sin embargo, las muestras fecales de las palomas turquí y rabiche son morfológicamente muy similares e imposibles de diferenciar visualmente. En este caso, contamos con una pista decisiva: el rastro genético. Y por último, como consecuencia del paso del alimento a través del tracto digestivo, los excrementos están constituidos por restos vegetales y (o) animales muy fragmentados. La identificación y cuantificación de



La laurisilva gomera conserva una destacada proporción de los remanentes de bosques antiguos y bien conservados que quedan en Canarias. Sus notables valores naturales son Patrimonio Mundial por la UNESCO desde 1986. Foto Ángel B. Fernández.

estos pequeñísimos fragmentos debe realizarse mediante un análisis microhistológico usando la combinación de lupa, microscopio y unas buenas dosis de paciencia.

**Trabajo de campo.**- El trabajo de campo se llevó a cabo en ocho áreas de estudio en el interior del Parque Nacional de Garajonay (La Gomera) durante el periodo 2007-08 (Fig. 1). El material coleccionado en cada una de las estaciones de muestreo consistió en excrementos frescos, que eran localizados en posaderos próximos a las fuentes, plumas de la cola de las dos especies de palomas para conocer la diversidad genética intra e interespecífica, y hojas y frutos de las distintas especies de plantas para elaborar una colección microhistológica de referencia. Por otra parte, en cada área de estudio se recorrió a pie un transecto de unos 500 m de longitud anotando la abundancia de frutos en cada estación del año. De este modo, se obtuvo una estima de la cantidad de frutos disponibles a lo largo del año para relacionarla con el consumo por las palomas<sup>1</sup>.

**Identificación molecular de los excrementos.**- Antes de abordar este aspecto, fue preciso determinar las secuencias genéticas de la región control del ADN

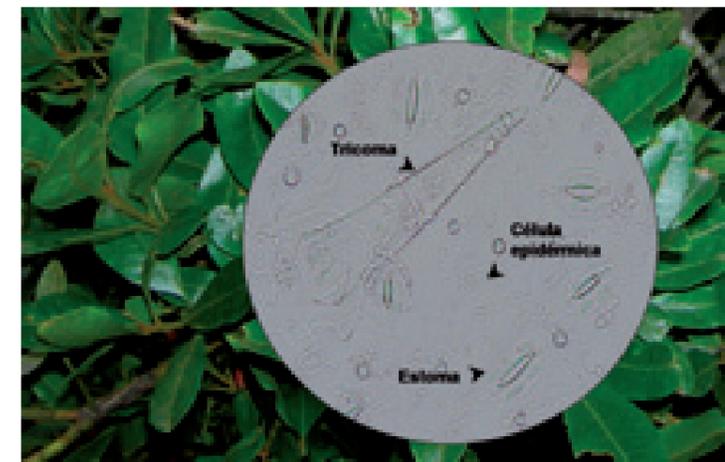


Figura 3. Las células epidérmicas de las plantas presentan estructuras de diferente tamaño y morfología, que son diagnósticas para su identificación. Foto Patricia Marrero.

Familia	PALOMA TURQUÉ					PALOMA RABICHE				
	Frecuencia de aparición									
Especies	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Total	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Total
Lauraceae										
Barbusano <i>Apollonias barbuiana</i> (f)	-	-	2,08	-	0,50	-	-	15,06	-	4,05
Laurel <i>Laurus azorica</i> (f, h)	66,75	25,33	18,58	68,12	45,37	12,50	-	15,86	30,28	9,82
Til <i>Ocotea foetens</i> (f)	-	0,29	6,41	4,44	2,72	0,75	-	30,40	28,57	11,82
Viñático <i>Persea indica</i> (f)	2,64	8,00	27,16	16,08	13,21	16,50	0,07	1,06	26,28	5,96
Aquifoliaceae										
Acebiño <i>Ilex canariensis</i> (f, h, fl)	4,37	27,45	13,29	-	11,05	-	0,61	0,66	13,42	2,14
Rhamnaceae										
Sanguino <i>Rhamnus glandulosa</i> (f, h)	9,16	15,04	23,54	4,08	12,81	-	68,46	13,2	-	35,32
Fabaceae										
Tedera <i>Bituminaria bituminosa</i> (f, h)	12,33	14,58	3,12	0,36	7,68	72,5	30,69	8,53	-	26,89
Tagasaste <i>Chamaecytisus proliferus</i> (h)	2,18	3,79	3,29	3,71	3,22	-	0,23	-	-	0,10
Rubiaceae										
<i>Galium cf. scabrum</i> (h)	0,15	1,54	0,83	1,06	0,87	-	-	-	-	-
Capitana <i>Phyllis nobla</i> (h)	-	-	1,37	-	0,33	-	-	-	-	-
Ericaceae										
Brezo <i>Erica arborea</i> (h)	-	0,04	-	0,04	0,02	-	-	-	-	-
Bryophyta	0,03	0,45	0,20	0,12	0,20	0,25	-	-	-	0,03
Invertebrados	4,00	4,25	-	0,12	2,13	0,25	-	0,26	0,28	0,14
Gen. spp. indeterminadas (h)	0,11	-	-	0,04	0,04	-	-	0,26	0,28	0,10

Tabla 1. Composición y variación estacional de la dieta de las palomas turqué y rabiche en el Parque Nacional de Garajonay, La Gomera. Los valores se expresan como porcentajes del total de campos ópticos observados por muestra fecal. f = frutos, h = hojas y fl = flores. Fuente Patricia Marrero<sup>1</sup>.

mitocondrial para cada una de las especies y estimar su variación inter e intraespecífica utilizando el ADN extraído de las plumas de la cola que, como se comentó con anterioridad, presentan un patrón de coloración diferente en ambas especies. Una vez conocidas dichas secuencias y su variación, se procedió a la extracción

Para reducir los costes y ahorrar en tiempo, se utilizó una enzima de restricción que corta las secuencias de ADN de modo específico, obteniéndose fragmentos de secuencia de distinto tamaño que pueden ser visualizados mediante electroforesis en un gel de agarosa (test RFLP)

del ADN fecal. Este tipo de ADN se encuentra en bajas concentraciones y muy fragmentado debido a las condiciones ambientales y a la acción bacteriana, lo cual dificulta la amplificación óptima de los extractos y se hace necesario aumentar el número de muestras para el estudio. Para reducir los costes y ahorrar en tiempo, se utilizó una enzima de restricción que corta las secuencias de ADN de modo específico, obteniéndose fragmentos de secuencia de distinto tamaño que pueden ser visualizados mediante electroforesis en un

gel de agarosa (test RFLP). Se obtuvo un modelo de corte distinto para las secuencias de ADN de ambas especies, lo que fue diagnóstico para su identificación<sup>21</sup> (Fig. 2). Esta misma metodología se utilizó también para la extracción e identificación del ADN adherido a la testa de semillas regurgitadas por las palomas<sup>22</sup>.

**Colección microhistológica de referencia.** - La epidermis de las plantas tiene una función protectora frente al exterior, pero al mismo tiempo permite el intercambio de materia con el entorno. Esta adaptación hace que la epidermis presente diversas estructuras celulares (estomas, tricomas, pelos glandulares, etc.) de diferente



Palomas turqué comiendo hojas de tagasaste *Chamaecytisus proliferus*. Esta leguminosa, rica en proteínas, es una de las plantas arbustivas que es consumida por ambas especies de palomas. Foto Nicolás Martín.

morfología y tamaño, por lo que son muy útiles para la identificación de las plantas incluso a la categoría de especie (Fig. 3). Este trabajo consistió, por tanto, en elaborar una clave microhistológica de referencia de las hojas (haz y envés) y de los frutos de la mayoría de las plantas de laurisilva, anotar sus características epidérmicas, dibujarlas y fotografiarlas, con el fin de poder así distinguir los fragmentos epidérmicos en los excrementos de las palomas<sup>23</sup>.

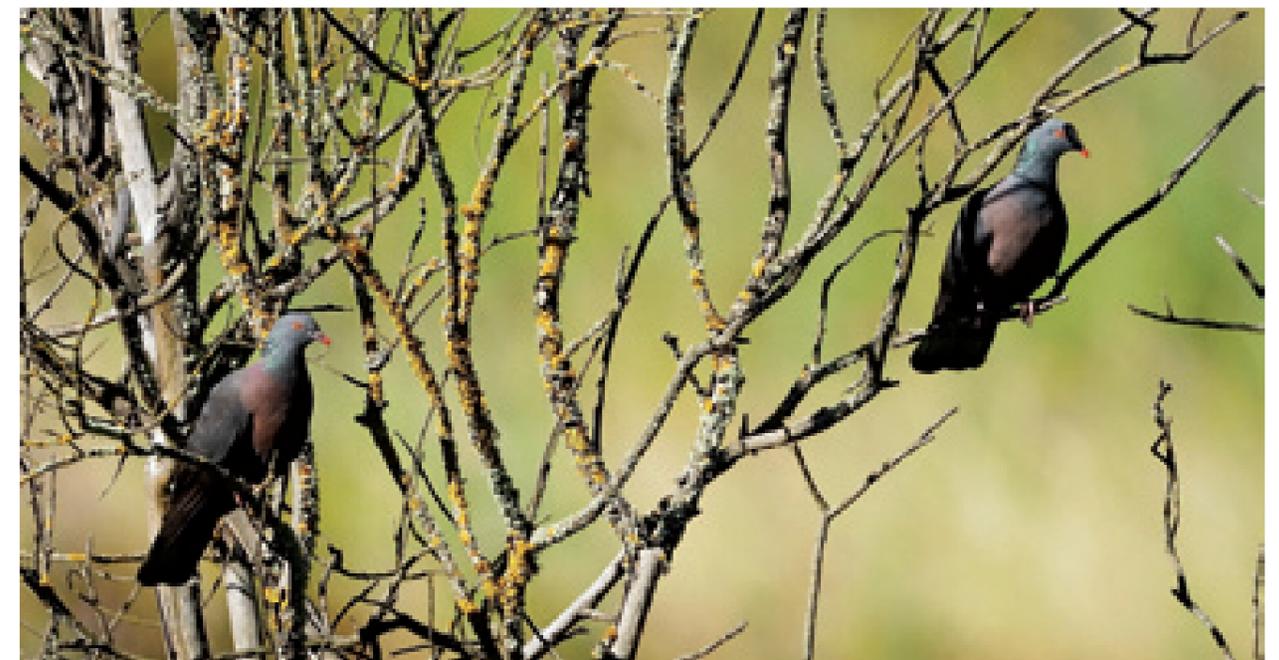
### ECOLOGÍA TRÓFICA DE LAS PALOMAS TURQUÉ Y RABICHE

El análisis molecular de los excrementos permitió conocer la distribución de las palomas en las ocho áreas de estudio establecidas en el Parque Nacional de Garajonay, además de poner de manifiesto la abundancia relativa de sus poblaciones. A partir del número de excrementos identificados, se sugiere que la paloma turqué es abundante tanto en áreas localizadas en el interior del bosque como en zonas de transición, mientras que la paloma rabiche, mucho más escasa, se detectó principalmente en áreas de borde. Este hecho implicaría que esta última especie podría estar actualmente ocupando un ambiente subóptimo debido a la desaparición de gran parte del bosque termófilo, presumiblemente su hábitat original<sup>6,13</sup>.

Las palomas endémicas son especies básicamente frugívoras, si bien las hojas son un aporte alimentario importante en determinadas épocas del año. Aunque las dietas de estas aves no se diferenciaron respecto a la composición de las principales especies de plantas, sí se distinguieron en la proporción en las que éstas fueron

Las palomas endémicas son especies básicamente frugívoras, si bien las hojas constituyen un aporte alimentario importante en determinadas épocas del año. Aunque las dietas de estas aves no se diferenciaron respecto a la composición de las principales especies de plantas, sí se distinguieron en la proporción en las que éstas fueron ingeridas

ingeridas (Tabla 1). Los frutos de laurel *Laurus azorica* son básicos en la alimentación de la paloma turqué, mientras que la paloma rabiche consume principalmente frutos y hojas de sanguino *Rhamnus glandulosa* y semillas de tedera *Bituminaria bituminosa*, y presenta además una significativa preferencia por los frutos de til *Ocotea foetens*. Por otra parte, se detectó una importante variabilidad temporal y espacial de los recursos consumidos. Esto supone que la composición de sus dietas está asociada a los patrones estacionales en la disponibilidad de los alimentos, y de la composición vegetal del hábitat. Por tanto, dado que la topografía y orientación del terreno determina que la estructura de la laurisilva no sea uniforme en toda su extensión, las palomas se mueven a través del monte en función de sus preferen-



Estas grandes aves frugívoras tienen un papel ecológico primordial para el mantenimiento de la dinámica y composición de los relictuales bosques de laurisilva de las islas. Foto José J. Hernández.



Brezal de crestería con tejos. Las crestas de los barrancos se caracterizan por una vegetación de bajo porte, resistente a la intensa incidencia de las nieblas. Foto Ángel B. Fernández.

cias. De este modo, si existe algún grado de competencia entre las dos especies por un recurso poco abundante, parece que ciertos mecanismos temporales o espaciales podrían estar actuando para permitir su coexistencia.

En verano y otoño se registró el pico de producción de frutos en el total de las áreas de estudio en La Gomera, observándose una tendencia general en las dos palomas de aumentar el consumo de frutos cuando estos estaban maduros en la mayoría de las especies arbóreas. Aunque por el momento se desconoce el grado de influencia de esta relación, posiblemente determine el comienzo de importantes aspectos del ciclo anual de las palomas, como la reproducción, muda o crecimiento.

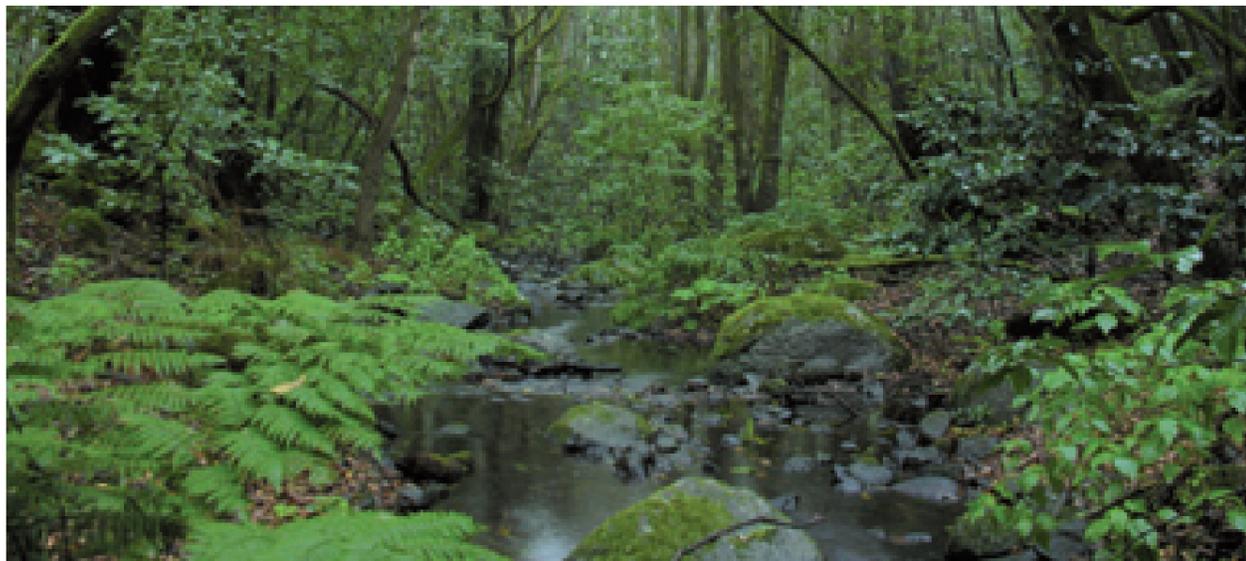
Las palomas canarias quizá actúen como dispersantes de ciertas especies de semillas, y como depredadoras frente a otras, puesto que, aunque en los excrementos se encontraron semillas dañadas de todas las especies de frutos presentes en la dieta, algunas semillas (las de menor tamaño y mayor consistencia) soportaron mejor el

tratamiento digestivo. En cualquier caso, el papel global de estas aves en el sistema de dispersión de las distintas especies con frutos carnosos depende de muchos factores, desde las adaptaciones conductuales y fisiológicas hasta los componentes ambientales del hábitat<sup>24,25</sup>, lo cual requiere ser analizado en profundidad.

Por último, los resultados de este trabajo pretenden comprender la relación generada en el curso de la evolución entre dos especies únicas, las palomas turquí y rabiche, y los ancestrales bosques de laurisilva. Todos los esfuerzos dedicados al estudio de la biología y ecología de estas emblemáticas aves y su hábitat tienen como fin contribuir a su respeto y conservación ▼

### Agradecimientos

Queríamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han colaborado en la realización de este estudio, y muy especialmente a Vicente M. Cabrera y Rosi Fregel del Departamento de Genética de la Universidad de La Laguna, al personal del Parque Nacional de Garajonay, a los profesores del Departamento de Zoología de la Universidad de La Laguna, a los compañeros del Grupo de Ecología y Evolución en Islas del IPNA-CSIC, y al Organismo Autónomo de Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino que financió este trabajo (ref. 80/2005). Nos gustaría agradecer también a Beneharo Rodríguez, José J. Hernández, Nicolás Martín y Jesús Palmero por su desinteresada colaboración para ilustrar este artículo con sus magníficas fotografías. A Nicolás Martín por invitarnos a escribir este trabajo y a Felipe Siverio por sus sugerencias y comentarios. Finalmente, nuestro reconocimiento a la revista *El Indiferente* por su fundamental labor en la divulgación de los trabajos científicos que se realizan en las islas.



El agua es un recurso primordial para las aves que habitan en estos bosques. Los cursos de agua permanentes, como este riachuelo en El Cedro, son de vital importancia para las palomas, especialmente durante los meses de verano. Foto Ángel B. Fernández.

### Bibliografía

- MARRERO, P. 2009. *Ecología trófica de las palomas endémicas de las islas Canarias*. Tesis doctoral, Universidad de La Laguna. Santa Cruz de Tenerife. 198 pp.
- SWINNERTON, K.J., GROOMBRIDGE, J.J., JONES, C.G., BURN, R.W. & MUNGROO, Y. 2004. Inbreeding depression and founder diversity among captive and free-living populations of the endangered pink pigeon *Columba mayeri*. *Animal Conservation* 7: 353-364.
- JANOO, A. 2005. Discovery of isolated dodo bones (*Raphus cucullatus* (L.), Aves, Columbiformes) from Mauritius cave shelters highlights human predation, with a comment on the status of the family Raphidae Wetmore, 1930. *Annales de Paléontologie* 91: 167-180.
- CHEKE, A.S. 1987. An ecological history of the Mascarene Islands, with particular reference to extinctions and introductions of land vertebrates (pp. 5-89). En Diamond, A.W. (ed.) *Studies of Mascarene Island birds*. Cambridge University Press. Reino Unido.
- OLIVEIRA, P. 2003. *Conservation and ecology of the endemic Madeira Laurel Pigeon, Columba trocaz*. Tesis doctoral, the Manchester Metropolitan University. Manchester. 188 pp.
- MARTÍN, A., HERNÁNDEZ, M.A., LORENZO, J.A., NOGALES, M. & GONZÁLEZ, C. 2000. *Las palomas endémicas de Canarias*. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias & SEO/BirdLife. Santa Cruz de Tenerife. 191 pp.
- DUARTE, M.A., GROSSO, A.R., BASTOS-SILVEIRA, C., MARRERO, P., OLIVEIRA, P., PAULO, O.S. & DIAS, D. (en rev.) The origin of the endemic Macaronesian species of the genus *Columba*.
- GONZÁLEZ, J., DELGADO CASTRO, G., GARCÍA DEL REY, E., BERGER, C. & WINK, M. 2009. Use of mitochondrial and nuclear genes to infer the origin of two endemic pigeons from the Canary Islands. *Journal of Ornithology* 150: 357-367.
- PIEPER, H. 1985. The fossil land birds of Madeira and Porto Santo. *Bocagiana* 88: 1-6.
- TRISTRAM, H.B. 1889. Ornithological notes on the Island of Gran Canaria. *Ibis* 6: 13-32.
- ALCOVER, J.A. & FLORIT, X. 1989. Els ocells del jaciment arqueològic de La Aldea, Gran Canaria. *Butlletí de la Institució Catalana d' Història Natural* 56 (Sec. Geol., 5): 47-55.
- RANDO, J.C. & PERERA, M.A. 1994. Primeros datos de ornitofagia entre los aborígenes de Fuerteventura (Islas Canarias). *Archaeofauna* 3: 13-19.
- NOGALES, M., MARRERO, P., PADILLA, D.P. & MEDINA, F.M. 2009. The study of habitat use by censuses and molecular methods in birds: the case of two sympatric pigeons. *Bird Study* 56: 414-418.
- ZINO, F. & ZINO, P.A. 1986. An account of the habitat, feeding habitats, density, breeding and need of protection of the Long-toed wood Pigeon, *Columba trocaz*. *Bocagiana* 88: 1-16.
- OLIVEIRA, P. & JONES, M. 1995. Population numbers, habitat preferences and the impact of the Long-toed Pigeon, *Columba trocaz*, on agriculture. *Boletim do Museu Municipal do Funchal* 4: 531-542.
- OLIVEIRA, P. & HEREDIA, B. 1996. Action plan for the Madeira Laurel Pigeon, *Columba trocaz* (pp. 303-309). En Heredia, B., Rose, L. & Painter, M. (eds.) *Globally threatened birds in Europe. Action plans*. Council of Europe Publishing. Estrasburgo, Francia.
- IUCN. 2010. IUCN Red list of threatened species. Versión 2010.2 <www.iucnredlist.org>.
- EMMERSON, K.W. 1985. Estudio de la biología y ecología de la Paloma Turquí (*Columba bollii*) y la Paloma Rabiche (*Columba junoniae*) con vistas a su conservación, Vol. II. Informe final. Ornistudio SL, Icona. Santa Cruz de Tenerife. 355 pp.
- FERNÁNDEZ, A.B. 2001. Conservación y restauración ecológica de los bosques (pp. 375-382). En Fernández-Palacios, J.M. & Martín Esquivel, J.M. (eds.) *Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y conservación*. Publicaciones Turquesa SL. Santa Cruz de Tenerife.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, A.B. (ed.) 2009. *Parque Nacional de Garajonay, Patrimonio Mundial*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 707 pp.
- MARRERO, P., CABRERA, V.M., PADILLA, D.P. & NOGALES, M. 2008. Molecular identification of two threatened pigeon species (Columbidae) using faecal samples. *Ibis* 150: 820-823.
- MARRERO, P., FREGEL, R., CABRERA, V.M. & NOGALES, M.

2009. Extraction of high-quality host DNA from feces and regurgitated seeds: a useful tool for vertebrate ecological studies. *Biological Research* 42: 147-151.
23. MARRERO, P. & NOGALES, M. 2005. A microhistological survey on the trees of a relict subtropical laurel forest from the Macaronesian Islands as a base for assessing vertebrate plant diet. *Botanical Journal of the Linnean Society* 148: 409-426.
24. PRATT, T.K. & STILES, E.W. 1983. How long fruit-eating birds stay in the plants where they feed: Implications for seed dispersal. *American Naturalist* 122: 797-805.
25. LOISELLE, B.A. 1990. Seed in droppings of tropical fruit-eating birds: importance of considering seed composition. *Oecologia* 82: 494-500.

### Los autores

**Patricia Marrero** es doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de La Laguna. Realizó su tesis doctoral "Ecología trófica de las palomas endémicas de las islas Canarias" en el Grupo de Ecología y Evolución en Islas del IPNA-CSIC (La Laguna, Tenerife), cuyos resultados son presentados en este artículo (e-mail: pmarrero@ipna.csic.es). **David P. Padilla** es doctor en Ciencias Biológicas y miembro del Grupo de Ecología y Evolución en Islas del IPNA-CSIC. **Ángel B. Fernández** es director-conservador del Parque Nacional de Garajonay. Antonio Zamorano es director adjunto del Parque Nacional de Garajonay. **Manuel Nogales** es investigador científico del IPNA-CSIC.

### Cita recomendada

MARRERO, P., PADILLA, D.P., FERNÁNDEZ, Á.B., ZAMORANO, A. & NOGALES, M. 2011. Las palomas endémicas de las islas Canarias. Ecología trófica en los bosques de laurisilva. *El Indiferente* 21: 16-25.



Las palomas rabiche y turquí (en esta foto) son auténticos emblemas de la naturaleza insular que debemos conservar. Foto Beneharo Rodríguez.

# Los bosques TERMÓFILOS

el aspecto mediterráneo de Canarias

José M. Fernández-Palacios, Rüdiger Otto, Juan D. Delgado,  
José R. Arévalo, Agustín Naranjo, Francisco González Artilles,  
Carlo Morici & Rubén Barone

**The thermophilous woodlands. The Mediterranean appearance of the Canary Islands.** The Canarian thermophilous woodlands constitute a young ecosystem, still under construction, closely linked with the onset of the Mediterranean climate type, characterized by their arid summers and wet winters, which took place some 2.5 million years ago. These woodlands are constituted by several arboreal community types (*sabinares*, *acebuchales*, *almacigares*, *palmerales*, *retamares blancos*, etc.), dominated each one by a different Canarian endemic or native tree or shrub species. They were potentially distributed between the coastal sub-desert scrub and the laurel forest in the windward slopes (ca. 200-500 m) and the coastal sub-desert scrub and the pine forest in the leeward slopes (ca. 300-900 m).

They are with difference the worst conserved of the Canarian terrestrial ecosystems and consequently the worst known of them, because the severe impact suffered by both the guanche people and the Castilians after the Canarian conquest. Despite our lack of knowledge, we do know that these woodlands are home of an incredible array of endemic species, many of them threatened by human activities in the past.

## ¿QUÉ SON LOS BOSQUES TERMÓFILOS?

Los bosques termófilos, literalmente bosques amantes del calor, son el aspecto mediterráneo de Canarias. Constituyen un ecosistema joven, aún en periodo de formación, estrechamente vinculado con la aparición del clima mediterráneo, caracterizado por inviernos frescos o fríos y húmedos frente a veranos cálidos y secos, que ocurrió al comienzo del Cuaternario, hace unos 2,5 millones de años. Constituyen con diferencia el ecosistema zonal peor conservado del archipiélago y, por ello, el menos conocido de los que integran la naturaleza canaria. Pese a ello, sí sabemos que poseen una altísima diversidad de especies, estando muchas de ellas amenazadas.

Los bosques termófilos canarios, término acuñado por Arnoldo Santos en 1980<sup>1</sup>, están integrados por una serie de comunidades, dominadas fisonómicamente por una o varias especies arbustivas o arbóreas (Tabla 1), que forman una bóveda habitualmente abierta, la cual permite la existencia en su parte inferior de un sotobosque muy rico en especies. Estos se instalan sobre suelos poco profundos aunque bien estructurados, que soportan un clima mediterráneo caracterizado por una precipitación media entre unos 250 y 450 mm, y una temperatura media anual situada en torno a los 15 y 19° C. El área de distribución potencial del bosque termófilo en Canarias se ubica en las medianías bajas, estando embutido entre el matorral costero y el monte verde, aproximadamente entre 0-200 y 500 m en las vertientes a barlovento, y entre el matorral costero y el pinar, sobre todo entre los 300-500 y 700-900 m, en las vertientes a sotavento.

Las comunidades maduras de bosque termófilo se denominan en función de la especie dominante, cuya identidad dependerá en gran medida de las condiciones ambientales e históricas del lugar. Así, es posible distinguir entre sabinares, dominados por la sabina *Juniperus turbinata* ssp. *canariensis*; acebuchales, caracterizados por el acebuche *Olea cerasiformis*; almacigares, caracterizados por el almacigo *Pistacia atlantica*; lentiscales, dominados por el lentisco *Pistacia lentiscus*; palmerales, dominados por la palmera canaria *Phoenix canariensis*, y retamares, dominados por la retama blanca *Retama rhodorhizoides*<sup>2</sup>. Una mención especial merecen los dragonales, comunidades que habrían estado caracterizadas por los dragos *Dracaena draco* ssp. *draco* y *D. tamaranae* que, aunque hoy están desaparecidas, tal vez pudieron existir en el pasado<sup>3</sup>. Muestra de la importancia ecológica y paisajística de estos hábitats es que, pese a su lamentable estado de conservación, han sido considerados por parte de la Unión Europea como hábitats de interés comunitario y, en el caso de sabinares y palmerales, de interés prioritario.

Además de las comunidades maduras, y debido al intenso uso que de estos bosques han hecho los humanos, hoy son muy frecuentes los matorrales de sustitución, entre los que destacan los espinares, dominados por el espino negro *Rhamnus crenulata*; los granadillares, dominados por el granadillo *Hypericum canariense*; los jarales, caracterizados por jaras o jaguarzos *Cistus monspeliensis*; y los tabaibales amargos, dominados por las tabaibas amargas *Euphorbia lamarkii* y *E. regis-jubae*<sup>2</sup>.

En la medida en que el bosque termófilo está ubicado entre otros ecosistemas zonales, el contacto con estos lo enriquece de las especies más transgresivas de los mismos. Así, nos encontramos con que en el encuentro

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	COROLOGÍA	DISTRIBUCIÓN INSULAR	FORMA DE VIDA
<i>Anagyris latifolia</i>	Oro de risco	End.	C, T, G, P	Arbusto
<i>Asparagus scoparius</i>	Esparraguera	Mac.	F, C, T, G, P, H	Arbusto
<i>Bosea yervamora</i>	Hediondo	End.	F, C, T, G, P, H	Arbusto
<i>Bupleurum salicifolium</i>	Anís silvestre	Mac.	C, T, G, P, H	Arbusto
<i>Carlina salicifolia</i>	Malpica	Mac.	L, F, C, T, G, H	Arbusto
<i>Convolvulus floridus</i>	Guaydil	End.	Todas	Arbusto
<i>Dracaena draco</i>	Drago	Mac.-Afr.	C, T, G, P, H*	Árbol
<i>Dracaena tamaranae</i>	Drago de Gran Canaria	End.	C	Árbol
<i>Echium strictum</i>	Tajinaste	End.	C, T, G, P, H	Arbusto
<i>Ephedra fragilis</i>	Escobón	Med.	L, C, T, G, P, H	Arbusto retamoide
<i>Globularia salicina</i>	Lengua de pájaro	Mac.	C, T, G, P, H	Arbusto
<i>Heberdenia excelsa</i> (forma termófila)	Saquitero	Mac.	F, C, T, G, P, H	Árbol
<i>Hypericum canariense</i>	Granadillo	Mac.	Todas	Arbusto
<i>Jasminum odoratissimum</i>	Jazmín silvestre	Mac.	F, C, T, G, P, H	Arbusto
<i>Juniperus turbinata</i> ssp. <i>canariensis</i>	Sabina	Mac.	C, T, G, P, H	Árbol
<i>Lavatera acerifolia</i>	Malva de risco	End.	L, F, C, T, G, P	Arbusto
<i>Navaea phoenicea</i>	Higuereta	End.	T	Arbusto
<i>Marcetella moquiniana</i>	Palo de sangre	End.	C, T, G	Arbusto
<i>Maytenus canariensis</i>	Peralillo	End.	F, C, T, G, P, H	Arbusto
<i>Maytenus senegalensis</i>	Peralillo africano	Med.-Afr.	L, F	Árbol
<i>Olea cerasiformis</i>	Acebuche	End.	Todas	Árbol
<i>Osyris lanceolata</i>	Bayón	Med.	T, G, P	Arbusto
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Olivillo	Med.	L, F, C	Arbusto
<i>Phoenix canariensis</i>	Palmera canaria	End.	Todas	Árbol
<i>Pistacia atlantica</i>	Almacigo	Med.	F, C, T, G, P	Árbol
<i>Pistacia lentiscus</i>	Lentisco	Med.	L, F, C, T, G	Arbusto
<i>Retama rhodorhizoides</i>	Retama blanca	End.	F, C, T, G, P, H	Árbol
<i>Rhamnus crenulata</i>	Espino negro	End.	Todas	Arbusto
<i>Rhamnus integrifolia</i>	Moralito	End.	T	Arbusto
<i>Ruta pinnata</i>	Ruda salvaje	End.	T, P	Arbusto
<i>Sideroxylon canariense</i>	Marmolán	End.	F, C, T, G, P, H	Árbol
<i>Spartocytisus filipes</i>	Escobón	End.	T, P, G, H	Arbusto retamoide
<i>Teucrium heterophyllum</i>	Jócamo	Mac.	C, T, G, P, H	Arbusto
<i>Visnea mocanera</i>	Mocán	Mac.	F, C, T, G, P, H	Árbol

Tabla 1. Árboles y arbustos que pueden participar en los bosques termófilos. Simbología: End. = endemismos canarios, Mac. = endemismos macaronésicos, Med. = distribución mediterránea-macaronésica, Afr. = distribución norteafricana-macaronésica (corología), L = Lanzarote, F = Fuerteventura, C = Gran Canaria, T = Tenerife, G = La Gomera, P = La Palma y H = El Hierro (distribución insular). \* Solo crece en estado silvestre en Tenerife y Gran Canaria. Fuente José M. Fernández-Palacios y colab.<sup>3</sup>

con el matorral costero, el primero se puede enriquecer con guaydiles *Convolvulus floridus*, orobales *Withania aristata* o duraznillos *Ceballosia fruticosa*. Por su parte, en el contacto con la laurisilva el termófilo se puede enriquecer con brezos *Erica arborea*, mocanes *Visnea mocanera*, palo blancos *Picconia excelsa*, madroños *Arbutus canariensis* y barbusanos *Apollonias barbujana*, mientras que la transición con el pinar se caracteriza por comunidades dominadas simultáneamente por pinos y sabinas (pinars con sabinas o sabinars con pinos, dependiendo de las densidades relativas de dichas especies), tal como pasa en El Hierro, al oeste de Tenerife o, más localmente, en el sur de La Palma.

Dentro de las pocas certidumbres que tenemos de los bosques termófilos, una es que a pesar del carácter escaso, fragmentado y degradado de las manifestaciones que han llegado a la actualidad, éstas presentan una diversidad en especies muy importante. A continuación haremos un breve recorrido por las comunidades de estas formaciones.

### SABINARES

El sabinar canario es un bosque perennifolio-esclerófilo con afinidad mediterráneo-norteafricana dominado por la sabina, un árbol que alcanza los 10 m de altura, y representa la variante más extendida del bosque termófilo. Se sitúa en la zona semiárida de las medianías bajas, entre el matorral costero y la laurisilva a barlovento, con un rango altitudinal entre 0-200 y 500 m, y entre el matorral costero y el pinar a sotavento de las islas, con un rango más amplio, entre 300-500 y 700-900 m. La sabina se encuentra en casi todas las islas, faltando solo en Fuerteventura y Lanzarote, y muestra una distribución actual muy escasa, excepto en El Hierro y La Gomera, debido a la destrucción y degradación masiva por la actividad antropogénica<sup>4</sup>. Los sabinars canarios están integrados en el hábitat prioritario de interés comunitario "9560 Bosques endémicos de *Juniperus*", de distribución mediterráneo-macaronésica<sup>5</sup>.

Los sabinars constituyeron gran parte del área potencial de los bosques termófilos en las islas centrales y

Los sabinars constituyeron gran parte del área potencial de los bosques termófilos en las islas centrales y occidentales. Mientras que en Gran Canaria ocuparían tal vez las medianías de las vertientes meridionales, en las islas occidentales lo hacen en las medianías de ambas vertientes, llegando a formar un cinturón circuminsular en algunas de ellas.



Palmeral en las laderas de Los Silos, uno de los pocos de cierta entidad existentes en Tenerife. Foto Rüdiger Otto.

occidentales. Mientras que en Gran Canaria ocuparía tal vez las medianías de las vertientes meridionales, en las islas occidentales lo hacen en las medianías de ambas vertientes, llegando a formar un cinturón circuninsular en algunas de ellas. Hoy en día solo existen restos bien conservados en La Gomera (Vallehermoso, Tamargada y Agulo) y El Hierro (La Dehesa, El Julan y Las Playas), apareciendo únicamente de forma aislada en La Palma (Mazo, Las Breñas, proximidades de Fuencaliente y barranco de San Juan) y Tenerife (punta de Anaga, Afur, Tigaiga, El Guincho, Güímar, Arico y Chío, principalmente). En Gran Canaria apenas quedan sabinas dispersas en las cabeceras de los barrancos meridionales, por lo que no deberíamos de hablar de sabinar propiamente dicho. En las islas orientales no quedan sabinas en la actualidad, aunque se considera que probablemente las

hubo en un pasado no muy lejano. Esta suposición se apoya en el hecho de que aún sobreviven en Lanzarote y Fuerteventura distintas especies arbóreas y arbustivas claramente indicadoras del bosque termófilo, que suelen acompañar a dicha especie.

Dada su ubicación altitudinal entre el matorral costero y la laurisilva a barlovento, y entre el matorral costero y el pinar a sotavento, el sabinar está en contacto con todos los grandes ecosistemas del archipiélago, con la excepción del matorral de cumbre. Por ello, podemos diferenciar en función de la exposición y la altitud entre un sabinar seco o típico, situado a sotavento, y un sabinar húmedo, situado a barlovento e influido indirectamente por el mar de nubes, dando lugar a una temperatura más baja y precipitaciones más elevadas que las que existen en el ámbito del sabinar seco.

El sabinar seco es un bosque abierto que no llega a formar bóvedas continuas, muy rico en arbustos heliófilos, como las tabaibas, verodes *Kleinia neriifolia*, jazmines *Jasminum odoratissimum* o mosqueras *Globularia salicina*, mientras que el sabinar húmedo puede albergar a los elementos más termófilos de la laurisilva, como mocanes, saquiteros *Heberdenia excelsa* (ecotipo termófilo), marmolanes *Sideroxylon canariense*, palo blancos y madroños.

#### PALMERALES

Los palmerales canarios son comunidades caracterizadas por la palmera endémica, que suele ser el único árbol presente. Aunque por lo general se consideran como parte integrante de los bosques termófilos, poseen indudablemente una entidad propia. De hecho, son recogidos por la Unión Europea como hábitat prioritario de interés comunitario “9370 Palmerales de *Phoenix*”, siendo este hábitat exclusivo de Canarias<sup>5</sup>.

ISLA	SUPERFICIE INSULAR (KM <sup>2</sup> )	DISTRIBUCIÓN POTENCIAL (KM <sup>2</sup> )	PROPORCIÓN SUPERFICIE INSULAR (%)	DISTRIBUCIÓN ACTUAL (KM <sup>2</sup> )	PORCENTAJE RESTANTE DE TERMÓFILO (%)
Lanzarote e isletas	846	17,6	2,1	0,04	0,2
Fuerteventura y Lobos	1.659	27,7	1,7	5,97	21,6
Gran Canaria	1.560	186,7	12,0	29,59	15,8
Tenerife	2.034	312,9	15,4	21,01	6,7
La Gomera	370	121,2	32,8	46,81	38,6
La Palma	708	62,5	8,8	25,90	41,4
El Hierro	269	85,2	31,7	11,93	14,0
<b>Canarias</b>	<b>7.447</b>	<b>813,8</b>	<b>10,9</b>	<b>141,25</b>	<b>17,3</b>

Tabla 2. Distribución de los restos de bosques termófilos en las diferentes islas Canarias. Fuente José M. Fernández-Palacios y colab.<sup>3</sup>

Estas formaciones pueden presentarse en comunidades puras, en las que la única especie arbórea es la palmera, o en comunidades mixtas, en las que además de la palmera participan con diferente proporción otros árboles característicos del bosque termófilo, e incluso, a veces, pinos o sauces. También pueden ser abundantes especies exóticas como las tuneras *Opuntia* spp., las piteras *Agave americana* y las cañas *Arundo donax*, estas últimas en los fondos de barrancos. Igualmente, es frecuente observar troncos de palmeras cubiertos de plantas epífitas, constituyendo por tanto un hábitat especial para múltiples especies vegetales.

En Canarias los palmerales ocupan hoy unas 3.200 ha. Aunque en la actualidad la palmera canaria se distribuye en todas las islas mayores del archipiélago, se considera que en El Hierro los palmerales están ausentes, y en Lanzarote, pese a existir (Haría y Máguez), no son naturales. Únicamente están presentes de forma aislada en Tenerife (barranco del Cercado, Masca y Los Silos) y La Palma (Mirca), con menos de 50 ha en cada una de estas localidades, mientras que en Fuerteventura (casi 500 ha) el origen de la mayor parte de los mismos (Gran Tarajal y Vega del Río Palmas) se atribuye a la actividad humana. Solo en Gran Canaria (1.200 ha) y

La Gomera (1.450 ha) los palmerales adquieren verdadera importancia paisajística, con destacados ejemplos en los barrancos de Tirajana, Guinguada, Guayadeque y Fataga, así como en Valle Gran Rey, Alojera, Tazo, Hermigua y barranco de La Villa, respectivamente.

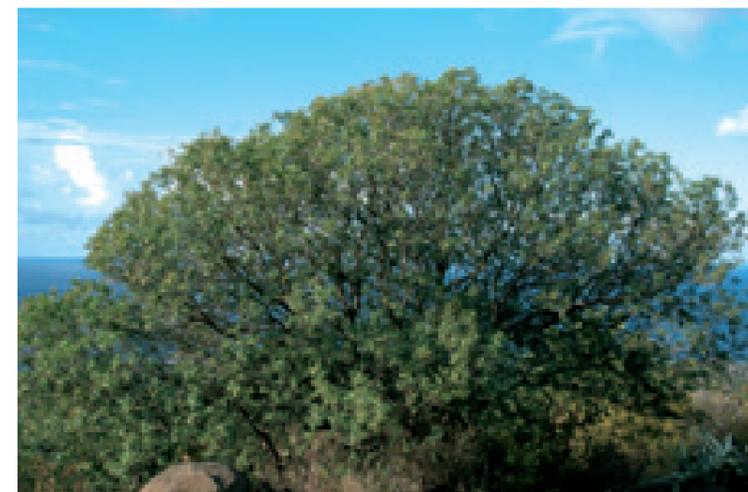
Podemos encontrar palmerales tanto en los derrubios de laderas, localizadas dentro de la franja climática que caracteriza al bosque termófilo, como en los cauces de los barrancos situados por debajo o por encima de la distribución altitudinal del termófilo, gracias a su capacidad de explotar acuíferos a cierta profundidad. En la naturaleza, estas formaciones muestran una marcada apetencia por ocupar los fondos de los barrancos y tramos de laderas próximos a ellos. Dentro de los barrancos se distribuyen desde prácticamente el nivel del mar, sobre todo en las islas orientales, donde comparte las trasplayas con el tarajal *Tamarix canariensis*, hasta por encima de los 1.000 m. Además de los palmerales silvestres, asociados a espacios no agrícolas y con una dinámica escasamente afectada por la actividad humana, podemos encontrar en la actualidad otros tipos en donde la palmera se desarrolla en torno o dentro de bancales y andenes anexos a áreas cultivadas, demostrándose su ligazón con el sistema agrícola tradicional canario. Estos palmerales, de origen claramente antropogénico, se pueden denominar según las circunstancias en las que se desarrollen como palmeral agrícola o palmeral rural, cuando se encuentra ligado a asentamientos humanos de poca entidad, algo muy habitual en el interior de Gran Canaria y La Gomera<sup>6</sup>.

#### ACEBUCHALES, ALMACIGARES, LENTISCALES Y RETAMARES BLANCOS

Al margen de los sabinares y de los palmerales, existen otras formaciones de bosque termófilo actualmente peor representadas que éstas por haber recibido un castigo aún mayor por parte de la actividad humana, pero que sin duda jugaron un papel esencial en la vegetación potencial del archipiélago. Nos referimos a unas formaciones arbustivo-arbóreas denominadas acebuchal, almacigar, lentiscal y retamar blanco, por estar dominadas respectivamente por el acebuche, el almácigo, el lentisco y la



El acebuche canario *Olea cerasiformis* viene a ser un pariente silvestre del olivo, como delatan la forma y el color de sus frutos. Foto Gustavo Peña.



El almácigo *Pistacia atlantica* es una de las contadas especies arbóreas de hoja caduca presentes en Canarias. Foto Rüdiger Otto.



Una de las características distintivas del almácigo es el color rojo, muy llamativo, de sus frutos. Foto Gustavo Peña.

retama blanca. Si bien en la actualidad solo adquieren cierta notoriedad en la isla de Gran Canaria, la presencia de los elementos que las dominan e integran en el resto de las islas nos hace pensar que antes de que fueran degradadas por los humanos en ellas también jugaron estas formaciones un papel relevante. Los acebuchales canarios, en sentido amplio, pertenecen al hábitat de interés comunitario “9320 Bosques de *Olea* y *Ceratonia*”, de distribución mediterráneo-macaronésica<sup>5</sup>.

#### ACEBUCHALES

El acebuchal es una formación arbórea dominada por el acebuche, y constituye en la actualidad la más característica del bosque termófilo en las islas orientales (Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria). Aunque muy mermados en la actualidad, los acebuchales constituyen, al margen de los palmerales, los únicos vestigios de vegetación termófila que sobreviven a la voracidad de las cabras en las zonas más inaccesibles de Lanzarote y Fuerteventura. Por su abundancia, el acebuchal es la comunidad termófila más representativa de Gran Canaria, ocupando en la actualidad unas 1.500 ha, repartidas en diferentes fragmentos (barranco de Los Cernicalos, San Lorenzo o Bandama), siempre a barlovento y en el sector noreste de la isla. Aun cuando en Tenerife no hay grandes acebuchales, pueden apreciarse agrupaciones de acebuche de cierta entidad en enclaves como el barranco del Río (Arico-Granadilla de Abona), Valle Brosque (Anaga) o la ladera de Güímar.

#### ALMACIGARES

Constituyen una variante del bosque termófilo dominada por almácigos, especie arbórea caducifolia y dioica, autóctona aunque no exclusiva de Canarias, pues posee una distribución más amplia, especialmente en el norte de África. En la actualidad apenas representada en las islas, se considera que en el pasado pudo ocupar territorios extensos, especialmente en las medianías orientadas a sotavento de las islas centrales, como puede atestiguar la supervivencia de algunos topónimos. Los mejores almacigares del archipiélago se conservan en el oeste de Gran Canaria, si bien en Tenerife también

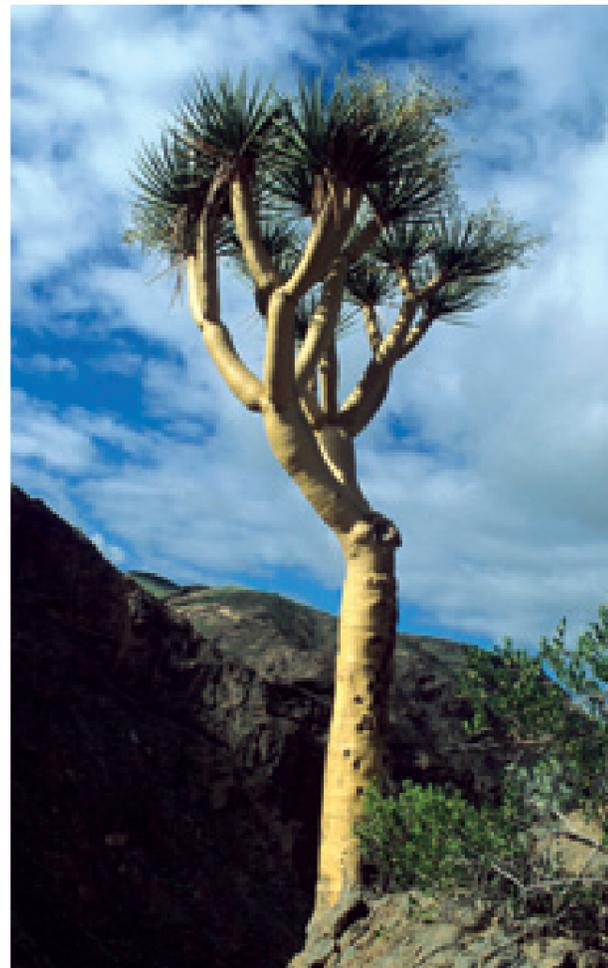
se hallan grupos de cierta importancia en las laderas de Garachico y Los Silos, así como en menor medida en otras localidades de la isla (macizo de Anaga, Acentejo, Arona, Guía de Isora, etc.).

#### LENTISCALES

El lentiscal es una formación arbustiva presente casi exclusivamente en el noreste de la isla de Gran Canaria, pues aun cuando existen lentiscos en Famara (Lanzarote), Jandía (Fuerteventura), o en lugares muy concretos de Tenerife o La Gomera, solo en Gran Canaria llegan a caracterizar el paisaje. Junto al lentisco aparecen otras especies arbóreas, principalmente acebuches y palmeras y, de forma escasa, almácigos, acompañados por lo general de un matorral compuesto de tabaibas amargas y granadillos.

#### RETAMARES BLANCOS

Se trata de una comunidad dominada por la retama blanca, que desempeña un papel dual en la vegetación termófila canaria. Ello se debe a que puede ser simultáneamente una comunidad madura, cuando se asienta



El drago de Gran Canaria *Dracaena tamaranae* presenta diferencias notables con respecto a su homólogo *D. draco*, patentes en la forma y color de sus raíces, hojas e inflorescencias. Foto Rafael S. Almeida.

sobre suelos coluviales o sobre piroclastos recientes en el dominio potencial del sabinar y del acebuchal, o una etapa de sustitución de los bosques termófilos cuando estos han sido degradados, por ejemplo, por incendios o por pastoreo intensivo en el pasado<sup>2</sup>.

Además de la especie dominante, pueden formar parte de esta comunidad otros arbustos como verodes y tasaigos *Rubia fruticosa*, así como tabaibas y taginastes *Echium* spp., exclusivos o compartidos por varias islas. En la actualidad el retamar blanco está presente de manera esporádica en todas las islas centrales y occidentales, totalizando casi 5.000 ha, la mitad de las cuales se encuentran en La Palma.

#### DRAGONALES

Bajo este término nos referimos a una posible formación vegetal dominada por dragos, que tal vez pudo existir en el pasado en Canarias, pero que en todo caso no subsiste en la actualidad, pues el famoso dragonal de Buracas, en Las Tricias (La Palma), tiene un reconocido origen antropogénico. Los dragos naturales que quedan en Canarias son muy escasos y apenas están presentes en los riscos más inaccesibles de Anaga, Teno, Güímar, Arona, Adeje y Guía de Isora en Tenerife (*D. draco*) o del sur de Gran Canaria (*D. tamaranae*)<sup>7</sup>, al igual que ocurre en otras islas macaronésicas (São Jorge, Madeira, Santo Antão, São Nicolau o Fogo).



El marmolán *Sideroxylon canariense* ha sido separado recientemente de sus parientes de Madeira y Cabo Verde, por lo que se trata de un endemismo canario. Foto Rüdiger Otto.



La malva de risco *Lavatera acerifolia* florece sobre todo en invierno y primavera, a diferencia de otra malvácea endémica, *Navaea phoenicea*, que lo hace entre finales de verano y el invierno. Foto Nicolás Martín.

Sin embargo, el rodal de dragos que pervive en la cima del roque de Tierra de Anaga, a 190 m de altitud y fuera del alcance de las cabras, integrado por unos 30-50 individuos adultos, nos hace pensar, aún más al ver las imágenes de los dragonales de Socotra, que esta formación pudo existir e incluso ser abundante en el pasado, antes de la colonización de las islas por los humanos. Una situación similar a la descrita se da en otros enclaves de Anaga, sobre todo en el roque de Las Ánimas, o en el barranco de Taborno, donde hay varias decenas de ejemplares en los riscos. Tal vez futuras investigaciones puedan ofrecer más luz acerca de si existieron o no dragonales naturales en Canarias.

#### DISTRIBUCIÓN DE LOS BOSQUES TERMÓFILOS EN EL ARCHIPIÉLAGO

Según Marcelino del Arco<sup>2</sup>, los bosques termófilos en Canarias tendrían una distribución potencial algo superior a 80.000 ha, es decir, aproximadamente un 11% de la superficie del archipiélago (Tabla 2). No obstante, la importancia de esta formación fue muy variable entre las islas, con valores muy bajos para las islas orientales, en las que apenas alcanzó un 2% de sus superficies insulares, frente a los valores potenciales en las islas centrales, en las que ocupó en torno a un 15%. En La Palma el valor significó algo menos del 10%, y solo en La Gomera y El Hierro estos bosques participaron con valores superiores al 30% de la superficie de la vegetación potencial.

A continuación se realiza un comentario más detallado del estado del bosque termófilo en cada una de las islas que componen el archipiélago.

#### El Hierro

Previamente a la llegada de los bimbaches, los aborígenes herreños, el bosque termófilo se extendía en esta isla de forma circuninsular, acercándose más al mar en la vertiente a barlovento y separándose más de éste en El Julan, la de sotavento. En total, la superficie po-

## LAS AVES DE LOS BOSQUES TERMÓFILOS DE CANARIAS

Habitualmente, las aves están entre los mejores bioindicadores para evaluar el estado de los ecosistemas, y por ello no debe extrañar que esta clase faunística sea seleccionada en numerosos estudios que pretenden obtener unos buenos resultados con métodos sencillos y en un lapso temporal breve, como en este proyecto LIFE.

Aunque los bosques y matorrales

termófilos de Canarias no poseen ningún ave exclusiva de dicha formación, al contrario de lo que ocurre en los pinares autóctonos (caso del pinzón azul *Fringilla teydea*) o en el monteverde (p. ej. la paloma turquí *Columba bollii*), lo cierto es que no son pocas las especies orníticas que frecuentan este ecosistema zonal, en parte debido sin duda a su carácter ecotónico o de transición. Entre ellas hay dos en particular, la paloma rabiche *Columba junoniae* y la curruca cabecinegra *Sylvia melanocephala*, para las cuales el bosque termófilo pudo representar su principal hábitat originario, o al menos uno de los más importantes, aunque esta afirmación pueda resultar un tanto especulativa y acerca de ello se haya discutido ampliamente en los foros científicos.

Entre las aves que presentan mayores densidades en los bosques y matorrales termófilos tinerfeños, especialmente notables si se comparan con los resultados obtenidos en el monteverde y el pinar, están el canario *Serinus canarius* y dos curruacas, la ya mentada cabecinegra y la capirotada *Sylvia atricapilla*. En el

extremo opuesto se encuentran especies forestales como el reyezuelo sencillo *Regulus regulus* y el pinzón vulgar *Fringilla coelebs*, las cuales son bastante raras en el seno de los bosques termófilos. Por otro lado, las hay que resultan relativamente abundantes tanto en el termófilo como en otros ecosistemas de carácter boscoso, caso del petirrojo europeo *Erithacus rubecula*, el mirlo común *Turdus merula*, el mosquitero canario *Phylloscopus canariensis* y el herrerillo canario *Cyanistes teneriffae*.

En cuanto a otras especies, destaca



la presencia y nidificación en el ámbito termófilo de varias rapaces, cuatro diurnas y dos nocturnas. Entre las primeras se encuentran el gavilán común *Accipiter nisus*, el busardo ratonero *Buteo buteo*, el halcón tagarote *Falco peregrinus peregrinoides* y el cernícalo vulgar *Falco tinnunculus*, mientras que los estrigiformes están representados por la lechuza común *Tyto alba* y el búho chico *Asio otus*. Dado que se trata de aves territoriales, a lo que se suma la reducida extensión actual de los reductos termófilos en la isla, su abundancia en el seno de este ecosistema es en general bastante limitada.

El inventario ornitológico de estas formaciones queda completado con aves como la perdiz moruna *Alectoris barbara*, la paloma bravía *Columba livia*, la tórtola turca *Streptopelia decaocto*, la tórtola europea *S. turtur* y el vencejo unicolor *Apus unicolor*, amén de cuatro passeriformes, el bisbita caminero *Anthus berthelotii*, la lavandera cascadeña *Motacilla cinerea*, el jilguero *Carduelis carduelis* y el cuervo *Corvus corax*, este último ya muy escaso aunque presente de forma habitual en los dominios potenciales del sabinar en el macizo de Teno, su principal refugio en Tenerife.

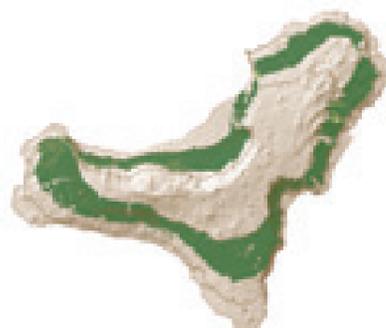
Por último, merece la pena resaltar algo que a menudo pasa desapercibido: las interrelaciones planta-animal, patentes en el papel polinizador y dispersor de semillas de ciertas aves. Destacan en particular el mosquitero canario, las curruacas y el herrerillo como

polinizadores de determinadas plantas endémicas, y el petirrojo, el mirlo y el cuervo como dispersores de semillas. Al respecto, uno de los ejemplos más notables y conocidos es el mutualismo cuervo-sabina, hoy en día notablemente mermado por la aludida escasez del ave.



El búho chico *Asio otus* es uno de los principales depredadores existentes en estas formaciones, donde contribuye a regular las poblaciones de roedores. Foto Jesús Palmero. Página anterior Paloma rabiche *Columba junoniae* y curruca cabecinegra *Sylvia melanocephala*, dos de las aves más características de los bosques termófilos de Canarias. La primera de ellas es uno de los endemismos orníticos más notables de las islas. Fotos Beneharo Rodríguez.

Distribución potencial del bosque termófilo.



tencial del termófilo en El Hierro abarcó unas 8.520 ha, es decir, un 32% del área insular, de las cuales hoy solo se mantienen unas 1.190 ha, o sea, un 14% de su superficie potencial. La comunidad más importante del termófilo insular fue sin

duda el sabinar, que prácticamente ha desaparecido del norte de la isla, quedando restringido en la actualidad sobre todo a la mitad meridional, donde ocupa unas 1.140 ha, distribuidas en tres fragmentos bien delimitados. El primero se extiende de forma ininterrumpida desde Mencáfete, sobre los riscos de Bascos, hasta La Dehesa, donde forma una comunidad más abierta, mientras que el segundo se localiza en la zona central de El Julan y el tercero en los riscos de Las Playas, donde se mezcla con el pinar. Por su parte, existen dos manchas de retamar blanco de cierta importancia, que ocupan una superficie de unas 50 ha en dos fragmentos ubicados en los riscos de Tibataje, en el valle de El Golfo, y en los altos de Timijiraque, respectivamente.

En esta isla no estuvieron presentes los palmerales de forma potencial, aunque probablemente sí estuvo poblada por algunas palmeras dispersas, al igual que ocurre en la actualidad. El resto de las especies de árboles y arbustos que integran el

bosque termófilo en el archipiélago, con la excepción de granadillos y mocanes, son muy escasos, o incluso inexistentes en esta isla<sup>8</sup>.

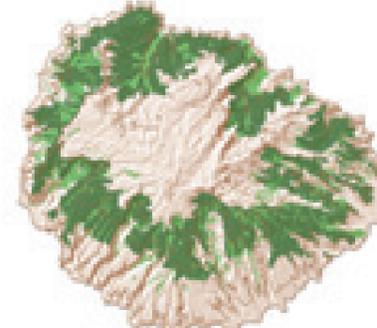
### La Gomera

La Gomera es la isla en la que, en relación al total de la superficie insular, mejor estuvo representado el bosque termófilo antes de la llegada de los humanos (el 33%). Su distribución potencial adquirió, al igual que en El Hierro, una forma circuninsular, alternándose entre los lomos y cauces de los numerosos barrancos que drenan en forma radial la meseta central de la isla. En la fachada a barlovento el termófilo bajaba casi hasta la costa, mientras que en la situada a sotavento se separaba de la misma,

Distribución actual del bosque termófilo.



Distribución potencial del bosque termófilo.



remontándose hacia la cumbre. En total, considerando sabinares, retamares y palmerales, la distribución potencial pudo haber alcanzado las 12.120 ha.

Los palmerales adquieren en la actualidad una gran importancia en esta isla –junto a Gran Canaria, es de hecho en donde están mejor representados–, abarcando prácticamente todos sus barrancos, tanto a barlovento como a sotavento, desde la costa hasta los 1.000 m de altitud, como en Las Hayas, donde ocupan una superficie aproximada de 1.440 ha. Indudablemente, en el actual auge de los palmerales gomeros ha jugado un papel muy importante el hecho de que sean explotados por los humanos, lo que no ocurre hoy día en ninguna otra isla.

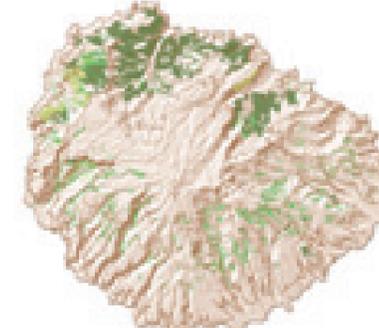
La distribución actual de los sabinares en La Gomera, sin duda aún muy significativa (en torno a 2.820 ha), se circunscribe en gran medida al norte insular, aproximadamente entre Hermigua y Alojera, estando casi ausentes en la vertiente a sotavento. Están repartidos en

dos grandes fragmentos, el primero, más pequeño, en los altos de Hermigua, y el segundo, mayor, en el sector de Tamargada-Vallehermoso-Epina. Por su parte, los retamares blancos, apenas representados con algo más de 400 ha, están ubicados en el oeste insular, entre Tazo y Alojera.

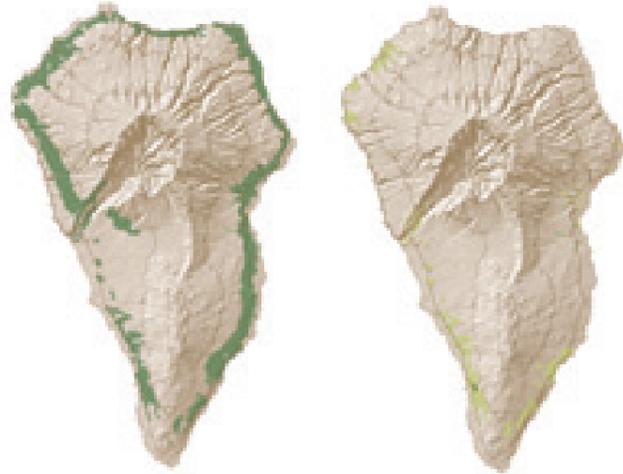
### La Palma

En esta isla la importancia de la distribución potencial del bosque termófilo fue únicamente relativa, alcanzando aproximadamente unas 6.260 ha, que significa solo el 9% de la superficie insular, valor notablemente más bajo que el obtenido por el termófilo potencial en El Hierro y La Gomera. Se mantiene el patrón circuninsular de distribución, más cercano a la costa a barlovento y más alejado de ésta a sotavento, en respuesta a la disponibilidad hídrica, aunque con tramos en donde estuvieron ausentes. Los palmerales (20 ha) restringen su distribución a barrancos concretos de la fachada oriental, a

Distribución actual del bosque termófilo.



Distribución potencial y actual del bosque termófilo.

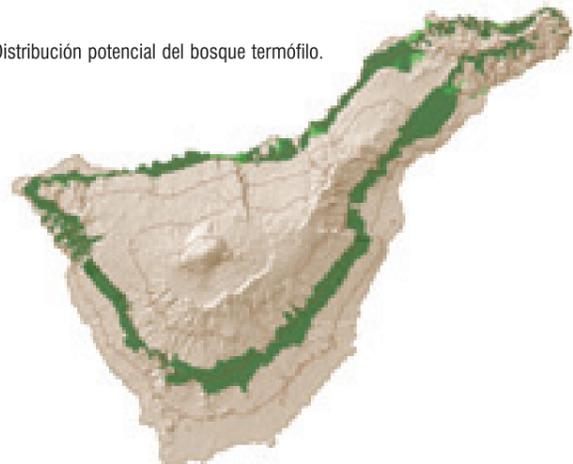


barlovento, especialmente entre Mirca y Las Breñas. Los sabinares apenas están representados en la actualidad (56 ha) y aparecen sobre todo en las medianías de Las Breñas, Mazo y barranco de San Juan, a barlovento, y cerca de El Charco y Fuencaliente, a sotavento. Finalmente, los retamares blancos ocupan en la actualidad una superficie muy considerable en La Palma (más de 2.500 ha), estando especialmente bien representados en la costa noroeste (entre Garafía y Puntagorda), en la fachada suroeste, entre Jedey y Las Indias, y, en la vertiente sureste, entre Fuencaliente y la montaña del Azufre.

### Tenerife

La distribución potencial del bosque termófilo en Tenerife comprendió más de 30.000 ha, cifra cercana al 15,5% de la superficie insular. En la fachada a barlovento éste se acercó mucho a la costa, a veces llegando incluso a ocupar los acantilados costeros, como pudo ocurrir en las costas de Acentejo y entre San Juan de La Rambla y Garachico, en detrimento del matorral costero. En las vertientes sureste y suroeste abarcó, sin embargo, una banda altitudinal más elevada, ubicada

Distribución potencial del bosque termófilo.



Las semillas de sabina *Juniperus turbinata* ssp. *canariensis* son dispersadas principalmente por cuervos y lagartos, que comen habitualmente sus frutos. Foto Gustavo Peña.

entre el matorral costero y el pinar, aproximadamente entre los 300 y los 900 m. La mayor parte de estas comunidades constituyeron probablemente sabinares, aun cuando es posible que en el mediodía insular los almacigares y acebuchales estuvieran bien representados a nivel local. Por su parte, los palmerales, hoy muy mermados, se distribuyeron fundamentalmente en las llanuras costeras y desembocaduras de los barrancos a barlovento, desde Taganana hasta Buenavista.

Frente a esta apreciable distribución potencial, la situación actual del bosque termófilo en Tenerife es sencillamente lamentable. A pesar de que aún quedan sabinas dispersas por una gran parte del perímetro insular, el sabinar como comunidad ha desaparecido casi por completo de la geografía tinerfeña, abarcando apenas unas 440 ha, restringidas a varios pequeños fragmentos en Anaga (Afur, mesa del Sabinal o punta de Anaga y barrancos de Anosma e Ijuana), laderas de Güímar y Tígaiga, medianías de Arico y altos de Chío y Guía de Isora. De los almacigares del sur de la isla únicamente quedan un par de manchas que solo totalizan unas 45

Distribución actual del bosque termófilo.



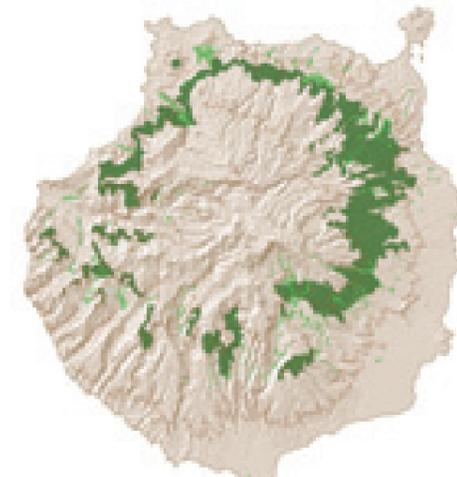
El guaydil *Convolvulus floridus* es una de las plantas más atractivas de los dominios termófilos, por lo cual es usada con frecuencia en jardinería. Foto Daniel González.

ha, amén de las referencias en la toponimia y en los escudos heráldicos de algunos municipios (Arona y Guía de Isora), mientras que en el norte están presentes sobre todo en Garachico y Los Silos. Aun cuando los palmerales pudieron gozar de importancia en el pasado, hoy en día apenas están bien representados (con 34 ha) en el barranco del Cercado en Anaga y en el de Masca en Teno. Por último, la única mancha significativa de retamares blancos en la isla, que alcanza las 1.600 ha, se ubica en las cabeceras de los barrancos del macizo de Teno orientados al oeste (Los Carrizales, Juan López y Masca), pero sobre todo en las mesetas que separan estas depresiones.

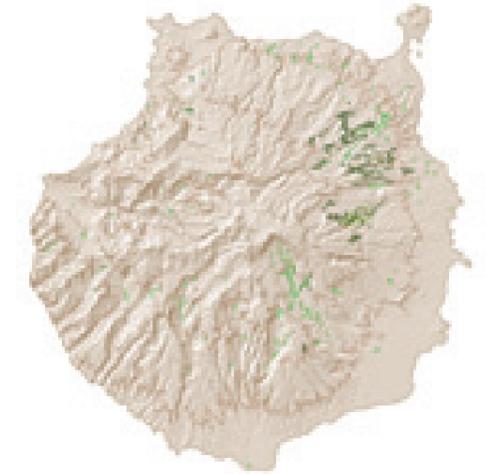
### Gran Canaria

Gran Canaria contó en el pasado con una importante masa forestal de bosques termófilos, en torno a 19.000 ha, que supusieron el 12% de la superficie insular. De estas manchas hoy se han conservado unas 3.000 ha, apenas por debajo del 16% de la superficie potencial. Las comunidades mejor representadas en la actualidad son los acebuchales-lentiscales y los palmerales. No obstante, es de destacar que un reciente trabajo<sup>9</sup> duplica la superficie potencial del termófilo atribuida por M. del Arco<sup>2</sup> a Gran Canaria, elevándola hasta las 42.200 ha,

Distribución potencial del bosque termófilo.



Distribución actual del bosque termófilo.



de las cuales unas 26.400 ha supondrían acebuchales-lentiscales y unas 14.800 ha de sabinares.

Los acebuchales-lentiscales, de los que según M. del Arco<sup>2</sup> existen en la actualidad unas 1.500 ha (cifra que Francisco González Artilles<sup>9</sup> eleva a 2.000 ha), presentan una distribución claramente ligada al noreste insular, aproximadamente entre Tafira y Agüimes, aunque pueden reaparecer de forma muy diseminada en otros lugares de la isla. En el pasado dieron incluso el nombre a la mejor representación del termófilo grancanario, el monte Lentiscal, hoy desgraciadamente casi desaparecido<sup>9,10</sup>.



El lentisco *Pistacia lentiscus* se distingue claramente del almácigo por sus hojas paripinnadas. Foto Rüdiger Otto.

En lo que respecta a los almacigares, en la actualidad quedan dos fragmentos en La Aldea, así como un tercero disperso entre los cultivos del valle de Agaete, que suponen en total unas 40 ha, amén de otros restos de menor entidad.

Gran Canaria constituye, junto con La Gomera, la isla con mayor número de palmerales, unos 250<sup>11</sup>, contabilizando un total de 1.200 ha y más de 63.000 individuos adultos. Se distribuyen a lo largo de todos los cauces de barrancos de la isla, estando presentes casi desde el nivel del mar, como ocurre en la costa oriental y meridional, hasta los 1.200 m de altitud en Ayacata.

Finalmente, cabe decir que en la actualidad en Gran Canaria la sabina solo se distribuye en las medianías de la región sur y suroeste<sup>9</sup>, donde está muy dispersa. Que estas sabinas pudieran constituir los restos de comunidades dominadas por ellas, antaño mucho más ricas florística y estructuralmente, o que sencillamente formaron parte de un acebuchal hoy desaparecido, es una pregunta que en la actualidad carece de respuesta. Por ello evitamos hablar de la existencia de sabinares en la isla, pese a que, sin embargo, sí se encuentra presente la especie. Por último, los retamares blancos solo están representados en el barranco de Los Cernicalos y en la caldera de Bandama, totalizando unas 173 ha.

### Fuerteventura

Los bosques termófilos constituyeron probablemente, tal vez con la excepción de las cumbres de Jandía –en donde existió una representación de laurisilva seca–, la única formación forestal presente en Fuerteventura antes de la llegada de los humanos. Potencialmente habrían estado distribuidos, amén de en la ya mencionada cumbre de Jandía, en las cimas de los macizos (Betancuria y Vigán) y cuchillos (La Muda, El Aceitunal, Palomares, etc.) más



Distribución potencial del bosque termófilo.



Distribución actual del bosque termófilo.

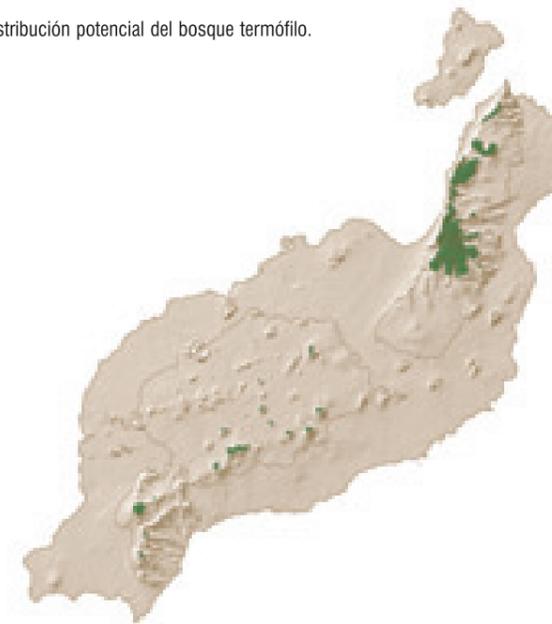
altos de la isla, comprendiendo en conjunto un total de 2.800 ha, que supuso el 1,7% de la superficie insular. Los escasísimos relictos de termófilo que han podido sobrevivir hasta nuestros días (100 ha) y la toponimia insular hacen considerar que estas comunidades pudieron estar dominadas por el acebuche, siendo por ello más apropiado hablar en las islas orientales de acebuchales, en vez de sabinares, como formación termófila dominante, y, aunque en la actualidad la sabina no está presente en las islas orientales, muy probablemente formó parte en el pasado de la flora mayorera y lanzaroteña<sup>12</sup>.

Pese a la imagen que pueda quedar hoy en la retina de los que visiten la isla, especialmente en referencia a los palmerales del barranco de Gran Tarajal y de la Vega del Río Palmas, parece ser que los palmerales potenciales mayoreros no fueron muy abundantes. Cabe interpretar en la actualidad que la mayor parte de ellos, que llegan a abarcar unas 500 ha, ha tenido un origen antropogénico, relacionado tanto con la degradación de los tarajales, propios de fondos de los tramos litorales de los barrancos y trasplayas, y la capacidad de los palmerales para sustituirlos, como con la masiva plantación de palmeras por los humanos.

### Lanzarote

El acebuchal constituyó con certeza la única formación termófila presente en esta isla de forma potencial, y su distribución incluyó casi en exclusiva las cimas de los macizos de Los Ajaches, en el sur, y especialmente de Famara, más alto, en el norte. También podría haberse encontrado de forma discontinua en las cimas de los volcanes de mayor altura del interior que conectan ambos macizos. Asimismo, aunque las palmeras constituyeron de forma indudable parte de la flora nativa de la isla,

Distribución potencial del bosque termófilo.



Distribución actual del bosque termófilo.

éstas no llegaron a formar palmerales, teniendo los existentes en la actualidad, como los de Haría o Máguez, un claro origen humano. Hoy en día los únicos restos de acebuchal están restringidos a las cumbres de Famara, en donde solo suponen unas 3,5 ha, un ridículo 0,2% de su distribución original.

### BREVE HISTORIA DEL USO DEL BOSQUE TERMÓFILO EN CANARIAS

Pese a su amplia distribución e importancia en Canarias en tiempos pasados, estos bosques presentan, en la actualidad, una reducida distribución y un grado considerable de alteración, producto de una actividad antropogénica ya iniciada desde tiempos prehispánicos<sup>13</sup>. Esta comunidad se localiza de forma potencial en zonas muy apetecidas históricamente por el ser humano para asentarse, dado que disfrutaban de un clima benigno, preci-



La intensa explotación a la que fueron sometidos los bosques termófilos en el pasado ha hecho que éstos hayan quedado relegados a riscos y laderas poco accesibles. Foto José J. Hernández.

pitaciones aceptables para la agricultura y se encuentran lo suficientemente alejadas de la costa como para que los desembarcos hostiles (frecuentes en el pasado) no fueran una sorpresa. A ello hay que unir la gran dependencia de leñas y maderas existente hasta principios del siglo pasado, que tuvo como consecuencia que, salvo comunidades relicticas, los antiguos dominios de este tipo de bosque se encuentren actualmente ocupados por asentamientos urbanos, cultivos o pastos.

La naturaleza que encuentran los aborígenes cuando arriban las primeras oleadas de colonos había evolucionado durante más de 20 millones de años en ausencia de humanos, así como de grandes carnívoros y herbívoros (tal vez con la excepción de las tortugas gigantes *Geochelone* spp., extintas mucho antes de la llegada de nuestra especie). Asimismo, los bosques y matorrales de las islas, sin desconocer los efectos de los incendios naturales, sí que estarían habituados a ritmos diferen-



Gran Canaria alberga las mejores y más extensas formaciones de acebuchales y lentiscales del archipiélago. En la imagen, la caldera de Bandama. Foto Daniel González.



En el barranco de Los Cernicalos, ubicado en el municipio de Telde (Gran Canaria), podemos encontrar el acebuchal mejor conservado de Canarias. Foto Javier Gil León.

tes de los que hoy conocemos. Ante este panorama, es sensato considerar que durante el periodo prehistórico los bosques termófilos empezaron a sufrir transformaciones, fundamentalmente por el uso del fuego y por la voracidad de los cerdos y oviacápridos introducidos, pero también tras la conquista por la Corona de Castilla mediante el aclareo del bosque para el establecimiento de los primeros cultivos, para la obtención de leña y maderas, y para el pastoreo. Al mismo tiempo, las mayores concentraciones de población se producen en las vegas y los tramos medios y bajos de los barrancos, espacios estos que se superponen a la distribución de las comunidades termófilas<sup>14</sup>.

Con posterioridad a la conquista, y durante el siglo XVI, el cultivo de la caña de azúcar produjo la ocupación de las vegas y cauces bajos de los barrancos de las islas altas. Ello dio lugar a una gran destrucción de los bosques, debido a la elevada demanda de energía, en forma de leñas, de los ingenios azucareros<sup>15</sup>, lo que, junto con el gran consumo de maderas para todo tipo de usos (construcción, alfares de loza, etc.) y el pastoreo, propician importantes daños a las formaciones boscosas originarias. En el caso de Gran Canaria, los bosques termófilos del entorno de su capital (barranco Seco, Tafira, La Vega o Guinguada) comienzan a ser roturados con este fin ya desde los repartimientos de 1485-89<sup>16</sup>.

Un ejemplo paradigmático de esta dinámica es la desaparición del famoso monte Lentiscal, cuyo núcleo principal lo conformaban la caldera y el pico de Bandama, así como el barranco de Las Goteras, constituyendo la formación boscosa más próxima a las ciudades de Telde y Las Palmas de Gran Canaria, y que recibió esta denominación por la abundancia del lentisco. A raíz de la conquista fue sufriendo un deterioro progresivo hasta su desaparición como bosque continuo a principios del siglo XIX, siendo sustituido inicialmente por cultivos, y posteriormente por un uso residencial disperso. José de Viera y Clavijo<sup>17</sup> habla en 1791 refiriéndose al monte Lentiscal del “triste espectáculo que presentaba aquel lentiscal, no ha muchos años tan frondoso, pues se hallaba en vísperas de haberse de talar enteramente y de acabarse de repartir en datas...”.

Durante el siglo XVII, el hundimiento del mercado de la caña de azúcar hace que la producción agrícola en Canarias se centre en el autoconsumo. Ello propicia, por un lado, un incremento de la roturación de terrenos, pero al mismo tiempo disminuye la presión sobre el bosque, lo que facilita su recuperación. A lo largo del siglo XVIII se produce una nueva crisis económica debido a un descenso de la exportación de vinos y del comercio con América, acompañado de un incremento de la población, lo que motivó la puesta en cultivo de nuevas tierras, aun cuando éstas fueran pobres, desde el punto de vista de la agricultura. A esta situación ayudó el incremento del precio de las producciones agrícolas. Como consecuencia de ello, se produjo una gran reducción de la superficie ocupada por bosques y un gran deterioro de sus condiciones ecológicas, lo que generó también problemas de erosión.

El lamentable estado de los bosques termófilos movilizó a algunos cabildos insulares a imponer restricciones a su corta, extracción de leña o entrada de ganado en los mismos, en un intento desesperado de evitar su desaparición<sup>14</sup>. Incluso en algunos lugares, como en el monte Lentiscal, a principios del siglo XIX y a propuesta de la Real Sociedad Económica de Amigos del País, se abordan tareas de reforestación, plantándose olivos, acebuches, higueras, algarrobos, tarajales y palmeras<sup>16</sup>. Sin embargo, para finales del siglo XIX la presión que sobre los montes termófilos públicos ejerce el incremento de la población, y por tanto del consumo, va a acabar paulatinamente con ellos, tal vez con la excepción de los ubicados en las islas occidentales menos pobladas. Finalmente, en la época de la posguerra (años 40-50 del siglo pasado) el bosque termófilo fue de nuevo castigado por la expansión de la agricultura y la explotación de la leña<sup>18</sup>.

A pesar de que todos los ecosistemas canarios han sido objeto de un aprovechamiento más o menos intenso desde que el ser humano se asentó en las islas, es indudablemente el bosque termófilo el que ha sufrido una reducción más significativa de su área de distribución. La principal actividad humana desarrollada en estos montes ha sido la tala y la sustitución del bosque por parcelas de cultivo (papas, cereales, frutales, etc.). Además, la sabina y el acebuche fueron especialmente apreciados por la calidad de su madera para usos tradicionales artesanales<sup>18,19</sup>.

Afortunadamente, en el conjunto del archipiélago canario, pese al escaso tamaño



Los dragonales o agrupaciones de dragos más impresionantes del mundo se desarrollan en la isla de Socotra, situada en el mar Rojo, donde está presente la especie *Dracaena cinnabari*. Foto Gary Brown.

de los fragmentos que quedan de bosque termófilo, muchos de ellos han podido subsistir gracias a poseer casi siempre una ubicación muy marginal (en riscos, andenes, laderas, barrancos, etc.), que les permitió mantenerse alejados de la voracidad de las cabras y de la explotación humana. Ello ha propiciado que tras la desaparición de la demanda de leña, a partir de la introducción en Canarias del gas butano a mediados del siglo pasado, y, sobre todo, a raíz de la disminución de la actividad agrícola y ganadera —tras el cambio de modelo de desarrollo económico hacia la actividad turística—, esté aconteciendo una lenta recuperación, aún inconclusa, de esta formación a partir de estos escasos fragmentos ▼  
**Nota:** Este artículo es un extracto del libro *Los Bosques Termófilos de Canarias*.

#### Bibliografía

- SANTOS, A. 1980. *Contribución al conocimiento de la flora y vegetación de la isla de El Hierro*. Fundación Juan March, Serie Universitaria, 114: 1-51. Madrid.
- DEL ARCO, M.J. (ed.) 2006. *Mapa de vegetación de Canarias*. GRAFCAN, Santa Cruz de Tenerife. 550 pp. + CD.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., OTTO, R., DELGADO, J.D., ARÉVALO, J.R., NARANJO, A., GONZÁLEZ ARTILES, F., MORICI, C. & BARONE, R. 2009. *Los Bosques Termófilos de Canarias. Proyecto LIFE/NAT/ES000064*, Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife. 199 pp.
- OTTO, R., KRÜSI, B.O., DELGADO, J.D., FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., GARCÍA-DEL-REY, E. & ARÉVALO, J.R. (en prensa). Regeneration niche of the Canarian juniper: the role of adults, shrubs and environmental conditions. *Annals of Forest Science*.
- BARTOLOMÉ, C., ÁLVAREZ, J., VAQUERO, J., COSTA, M., CASERMEIRO, M. Á., GIRALDO, J. & ZAMORA, J. 2005. *Los tipos de hábitat de interés comunitario de España. Guía Básica*, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 283 pp.
- MORICI, C. 2006. La Palmera Canaria: *Phoenix canariensis*. *Rincones del Atlántico* 3: 134-143.
- ALMEIDA, R.S. 2003. Censo, distribución, hábitat y estado de conservación de *Dracaena tamaranae* A. Marrero, R.S. Almeida y M. González-Martín, Gran Canaria, Islas Canarias. *Botánica Macaronésica* 24: 39-56.
- STIERSTORFER, C. & VON GAISBERG, M. 2006. Annotated checklist and distribution of the vascular plants of El Hierro, Canary Islands, Spain. *Englera* 27: 1-221.
- GONZÁLEZ ARTILES, F. 2007. *El bosque termófilo en Gran Canaria*. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 233 pp.
- SANTANA, A. 1992. *Paisajes históricos de Gran Canaria*. Cabildo

Insular de Gran Canaria, Área de Política Territorial, Arquitectura Medio ambiente y Vivienda. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. Carpeta (26 pp.).

- SOSA, P., NARANJO, A., MÁRQUEZ, M., ESCANDELL, A. & GONZÁLEZ PÉREZ, M.Á. 2007. *Atlas de los palmerales de Gran Canaria*. Obra Social de la Caja de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria. 187 pp.
- RODRÍGUEZ DELGADO, O. 2005. La transformación del paisaje vegetal (pp. 141-195). En Rodríguez Delgado, O. (ed.) *Patrimonio natural de la isla de Fuerteventura*. Centro de la Cultura Popular Canaria. Santa Cruz de Tenerife / Las Palmas de Gran Canaria.
- GONZÁLEZ, N., RODRIGO, J. & SUÁREZ, C. 1986. *Flora y vegetación del archipiélago canario*. Edirca. Las Palmas de Gran Canaria. 335 pp.
- RODRÍGUEZ DELGADO, O. & MARRERO, M.V. 1990. Evolución y aprovechamiento de los bosques termófilos (“los montes bajos”) en la isla de Tenerife. *Anuario de Estudios Atlánticos* 36: 595-630.
- CÚLLEN DEL CASTILLO, P. 1947. *Libro Rojo de Gran Canaria*. Alzola Imprenta. Las Palmas de Gran Canaria. 194 pp.
- HANSEN MACHÍN, A. 1992. *Bandama. Paisaje y evolución*. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 130 pp.
- VIERA Y CLAVIJO, J. 1981. *Extracto de las Actas de la Real Sociedad de Amigos del País*. Las Palmas de Gran Canaria. Madrid. 150 pp.
- SABATÉ, F. 2003. *El pargo salado. Naturaleza, cultura y territorio en el sur de Tenerife (1875-1950)*. Tesis doctoral, Universidad de La Laguna. 4 tomos. 685 pp.
- SANTOS, A. 1979. *Árboles de Canarias*. Editorial Interinsular Canaria, Santa Cruz de Tenerife. 43 pp.

#### Los autores

José María Fernández-Palacios, José Ramón Arévalo y Rüdiger Otto son profesores de Ecología de la Universidad de La Laguna e investigadores especializados en líneas como la Ecología y Biogeografía insular, la restauración ecológica, la dinámica forestal o el impacto del fuego, de la ganadería y de las especies exóticas en los ecosistemas canarios. Juan Domingo Delgado es profesor de Ecología de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla y especialista en el impacto de la fragmentación en los ecosistemas. Agustín Naranjo es profesor de Geografía de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y especialista en Sistemas de Información Geográfica y especies exóticas. Francisco González Artilles trabaja en el Servicio de Medio Ambiente del Cabildo Insular de Gran Canaria, habiendo realizado su tesis doctoral sobre los bosques termófilos de Gran Canaria. Carlo Morici es especialista en palmeras y doctorando del Área de Ecología de la ULL y, finalmente, Rubén Barone es un naturalista interesado en la flora vascular y en la avifauna de la Macaronesia.

#### Cita recomendada

FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., OTTO, R., DELGADO, J.D., ARÉVALO, J.R., NARANJO, A., GONZÁLEZ ARTILES, F., MORICI, C. & BARONE, R. 2011. Los bosques termófilos. El aspecto mediterráneo de Canarias. *El Indiferente* 21: 26-41.

# LOS PELÍCANOS BLANCOS

COMO DEPREDADORES AVIARES

MARTA de PONTE MACHADO



**Great White Pelicans as avian predators: population increase and implications for seabird conservation.** The exponential growth of the Western Cape Great White Pelican *Pelecanus onocrotalus* population during the 20th century was fueled by the availability of agricultural offal. This superabundance of food and increased population instigated changes in the behaviour of the pelicans on the islands off the coast of the Western Cape. Pelicans adapted cooperative hunting techniques used to capture aquatic prey to the land, shifting from a mostly piscivorous diet to become voracious predators of seabird chicks. The spread of these novel foraging techniques in the Western Cape suggested cultural transmission of behaviour and caused serious concern for the conservation of declining populations of local breeding seabirds. The Western Cape pelican

population was found to be genetically less variable than other southern African breeding colonies. However, pelicans from the Western Cape dispersed and some individuals entered into contact with pelicans further north, indicating that cooperative seabird-eating behaviour could be exported to other populations. With the aim of curbing the impact of pelican predation on seabird populations, a management intervention, consisting on chasing pelicans from selected seabird colonies, was implemented on two islands of the West Coast National Park and proved successful to reduce predation and to protect vulnerable colonies of seabirds.

Desde niños hemos asociado el largo pico de los pelícanos y su bolsa extensible con una alimentación piscívora. De hecho, parece lógico deducir que la morfología característica de este primitivo grupo de aves ha evolucionado para capturar animales en el medio acuático. Y eso es lo que ocurre. Las ocho especies de pelícanos que existen en la actualidad se alimentan de peces y otros organismos acuáticos<sup>1,2</sup>. En algunas especies, como la que nos ocupa, el pelícano blanco oriental o pelícano común *Pelecanus onocrotalus*, la cooperación entre congéneres está bien desarrollada, facilitando la localización y captura de presas<sup>3</sup>. Además de peces, los pelícanos australiano *P. conspicillatus* y alcatraz *P. occidentalis* consumen ocasionalmente otras presas como anfibios, carroña y, de modo anecdótico, otras aves<sup>1</sup>.

La distribución del pelícano blanco comprende dos poblaciones diferenciadas: una euroasiática, distribuida desde el Danubio y Rumania hasta Irak, la antigua URSS, la India, y Pakistán; y otra en África, concentrada en tres áreas de distribución. Se estima que globalmente las poblaciones africanas se han mantenido estables desde hace décadas en unas 75.000 parejas<sup>1,4</sup>. Por el contrario, la población euroasiática, consistente en unas 15.000 parejas y que comprende unas 25 ó 30 colonias de cría, se encuentra en declive por la destrucción del hábitat y las molestias en las zonas de cría<sup>1,5</sup>. En África, las principales colonias reproductoras se encuentran en África occidental, en Senegal y Mauritania; en África central y del este, incluyendo Etiopía, Sudán, Kenia y Tanzania; y en África del sur, entendiéndose como tal Sudáfrica, Namibia, Botswana, Zambia y Mozambique<sup>1,4,6</sup>. En su mayor parte, los pelícanos africanos habitan en grandes lagos de agua dulce, por ejemplo en el Gran Valle del Rift en África del este, o en los lagos Shala, en Etiopía, Rukwa,



Los pollos de pelícano blanco son los únicos de las ocho especies de pelícano del mundo que se recubren de plumón negro, siendo todos los demás blancos. Foto Marta de Ponte Machado. Página anterior La pesca cooperativa en las aguas someras de lagos y estuarios es el método de alimentación más común para los pelícanos blancos en África. Foto Marta de Ponte Machado.

en Tanzania, o Nakuru, en Kenia<sup>1</sup>. Sin embargo, en latitudes más meridionales, y en particular en el Cabo Occidental de Sudáfrica y en Namibia, los pelícanos dependen de efímeras lagunas costeras, bahías someras y las desembocaduras de algunos ríos<sup>7,8</sup>.

Aunque hay diferencias entre las distintas especies, los pelícanos son aves gregarias y coloniales (Cuadro 1) que buscan la compañía de otros

congéneres durante el periodo de reproducción, buscando protección ante los depredadores, sincronizando la puesta y cría de polluelos, y habiendo desarrollado mecanismos de comunicación visuales para alertar a otros pelícanos de peligros inminentes o potenciales<sup>3</sup>. Los pelícanos blancos nidifican en colonias densas, que agrupan a varios millares de individuos en el caso de las colonias más numerosas en el África sub-



El faro y la vegetación arbustiva dan carácter a la única colonia de cría de los pelícanos blancos del Cabo Occidental, emplazada en la isla de Dassen desde hace más de 50 años. Foto Marta de Ponte Machado.

### Cuadro 1. LOS PELÍCANOS DEL MUNDO

Los pelícanos corresponden a un antiguo grupo de aves. Las ocho especies existentes en la actualidad, todas pertenecientes al género *Pelecanus*, del que existen restos fósiles desde el Mioceno (hace unos 20 millones de años), se encuentran distribuidas por todos los continentes excepto la Antártida<sup>2</sup>. Seis de estas especies ocupan principalmente hábitats de agua dulce. Tan solo los pelícanos alcatraz *P. occidentalis* y chileno (también llamado peruano) *P. thagus* se han adaptado en mayor medida al medio marino, siendo las únicas capaces de bucear, y por tanto de acceder a peces de aguas más profundas<sup>3</sup>. Con frecuencia se ha clasificado a los pelícanos en tres grupos, debido a características morfológicas y de comportamiento. El primero englobando a los pelícanos marinos ya mencionados; el segundo, que incluye cuatro especies de gran tamaño y hábitos gregarios, que nidifican en grandes colonias en el suelo y capturan su comida en el medio acuático, mayoritariamente en grupos coordinados: el pelícano norteamericano *P. erythrorhynchos*, el pelícano común *P. onocrotalus*, el pelícano ceñudo *P. crispus* y el pelícano australiano o de anteojos *P. conspicillatus*. Por último, el tercer grupo lo componen dos especies de menor tamaño y hábitos más solitarios, como son el pelícano rosado *P. rufescens* y el pelícano oriental o malayo *P. philippensis*, que nidifican en árboles y capturan sus presas en solitario<sup>2,3</sup>.



Pelícano blanco o común  
*P. onocrotalus*



Pelícano norteamericano  
*P. erythrorhynchos*



Pelícano australiano  
*P. conspicillatus*



Pelícano ceñudo  
*P. crispus*



Pelícano oriental  
*P. philippensis*



Pelícano rosado  
*P. rufescens*



Pelícano chileno  
*P. thagus*



Pelícano alcatraz  
*P. occidentalis*

sahariana<sup>9</sup>. Construyen nidos en el suelo, que consisten en una pequeña oquedad, a veces recubierta con una plataforma de material vegetal. Establecen parejas estables y la hembra pone por lo general dos huevos. El periodo de incubación dura aproximadamente un mes, durante el cual ambos progenitores se turnan a la hora de incubar los huevos y proteger el nido de peligros e incluso de otras parejas cercanas<sup>1,3,9</sup>. Al nacer, los dos polluelos están desnudos y desvalidos, pero desde los primeros días de vida se producen luchas descomunales por la supervivencia, que siempre acaban con la victoria de uno de ellos, que mata al más

débil o desafortunado, y se erige en el único superviviente y receptor de todas las atenciones de los dos progenitores<sup>9,10</sup>.

#### La población del Cabo Occidental

Según datos históricos, la población de pelícanos blancos de la región del Cabo entre los años 1930 y 1950 no superaba las 20 ó 30 parejas. Se trataba de una población perseguida e importunada en sus lugares de nidificación por partidas de recolectores de guano y por cazadores de focas. También, durante la Segunda Guerra Mundial, algunas de las islas en las que se localizaban las colonias de

cría fueron utilizadas como blanco de tiro de la armada, y por tanto no es de extrañar que las poblaciones fueran pequeñas y su éxito reproductor incierto<sup>11,12</sup>. Tras varias décadas de azarosas y desafortunadas condiciones, los pelícanos establecieron su lugar de nidificación en la isla de Dassen por primera vez en 1956, donde disfrutaron de una mayor protección al ser proclamada Reserva Provincial bajo la autoridad del departamento de pesca del gobierno sudafricano<sup>12</sup>. Dassen, cuyo nombre rememora a un pequeño mamífero autóctono, el damán del Cabo *Procavia capensis* (Hyracoidea), actualmente exterminado en la isla,



Más de un millar y medio de pelícanos se alimentaba diariamente en esta granja de cerdos cercana a Ciudad del Cabo, lo que supone más del 65% de la población de la región. Foto Marta Coll.

es pequeña (220 ha) y arenosa, situada a unos 10 km de la costa oeste del continente y a unos 50 km al noroeste de Ciudad del Cabo.

La mayor protección de la colonia de cría, así como el aumento de la disponibilidad de alimento en las zonas agrarias próximas al lugar de nidificación, posibilitaron que la población de pelícanos aumentara de manera gradual hasta aproximarse a unas 200 parejas a finales de la década de 1970. Los censos realizados en este periodo en la región del Cabo indican que la población total alcanzaba unos 500 individuos<sup>12</sup>. Las

observaciones del comportamiento alimentario y muestras de contenidos estomacales demostraron que esta población dependía mayoritariamente de los recursos piscícolas de las marismas y estanques de agua dulce cercanos al continente, siendo su alimento principal la carpa del Nilo *Cyprinus carpus*<sup>13</sup>.

No obstante, los cambios en la gestión de recursos agropecuarios de la región originaron que una nueva fuente de alimento se pusiera a disposición de los pelícanos. Aproximadamente desde 1985, toneladas de tripas de pollo y desechos

procedentes de mataderos aviares, descargadas para la alimentación de cerdos, empezaron a acumularse en unas pocas granjas cercanas a Ciudad del Cabo<sup>14</sup>. El mundo científico local no se percató de esto hasta 10 años más tarde, cuando encontraron restos de pollo y animales domésticos en regurgitaciones de pollos de pelícano en la isla de Dassen<sup>12</sup>. El seguimiento del número de pelícanos que visitaban estas fuentes de alimentación artificiales se inició en los últimos meses de 2000, cuando algunos cientos de pelícanos ya frecuentaban el lugar<sup>15</sup>. Al final de 2004, el número de pelícanos que se alimentaban diariamente de esta fuente proteica alcanzó los 1.800 individuos, lo que supone más del 65% de la población de pelícanos censados en la región<sup>14</sup>.

Paralelamente, el número de parejas de pelícanos nidificantes en la isla de Dassen aumentó de manera exponencial desde la década de los 80 (Fig. 1), debido a que un mayor porcentaje de individuos optaron por reproducirse dada la mayor disponibilidad alimenticia<sup>14</sup>. Asimismo, el éxito reproductor de la población del Cabo aumentó durante el periodo 1985-2004, y quizás también las tasas de supervivencia de los pollos. En 2001, cerca de 700 parejas de pelícanos nidificaron en la isla de Dassen y el aumento de la población reproductora se mantuvo hasta la primera mitad de la década de 2000 con un crecimiento anual medio de 7,4%, triplicando así el número total de pelícanos nidificantes en la región del Cabo<sup>14</sup>. Los censos aéreos realizados en combinación con conteos desde tierra en el periodo 2004-2007 identificaron una población de aproximadamente 2.700 pelícanos, más de cuatro veces la población censada usando los mismos métodos a finales de la década de los 70<sup>12,14,16</sup>.

Los pelícanos blancos son una de las mayores aves voladoras, con una media de 9-15 kg de peso para los machos y 5,4-9 kg para las hem-

bras<sup>1</sup>. Para posibilitar el vuelo, sus huesos son huecos y una multitud de sacos aéreos interconectados se distribuyen por su cuerpo bajo la piel. Esta característica les confiere gran capacidad de flotación, y por esta razón no son capaces de bucear, a diferencia de sus parientes de las costas americanas, los pelícanos alcatraz, más pequeños y ligeros. Así, debido a su gran tamaño y flotabilidad, los pelícanos blancos no son capaces de acceder a peces de aguas profundas, típicos del medio marino local, y solo capturan organismos acuáticos que se acercan a la superficie en sistemas de agua dulce. Cuando pescan de manera cooperativa, los pelícanos se disponen con frecuencia en forma de herradura y agrupan los peces contra la orilla del lago o río, para, una vez atrapados en el escudo formado por sus cuerpos y patas, capturarlos con los picos abiertos bajo el agua en una coreografía acuática impresionante<sup>3</sup>.

Aunque se desconoce la biomasa total de peces disponibles para los pelícanos en la región del Cabo, se podría suponer que el austero clima mediterráneo y la inexistencia de grandes masas de aguas someras en la zona no favorecen el mantenimiento de grandes poblaciones de pelícanos, y que la capacidad de carga de este ecosistema no es tan elevada como en otras localidades en torno a los grandes lagos africanos<sup>13,14</sup>. De hecho, con anterioridad a la apertura de la granja de cerdos, la población de pelícanos de la región del Cabo se había mantenido en torno a las 200 ó 250 parejas durante al menos dos décadas, y se ha asumido que esta cifra se aproxima al número de pelícanos que pueden vivir con los recursos existentes en la región. Aun así, la población ha aumentado en las últimas décadas muy por encima de este nivel, una vez que la disponibilidad de desechos agropecuarios se tornó en una fuente de alimentación extra para los pelícanos<sup>14</sup>.

Sin embargo, desde principios de 2005, los drásticos cambios en

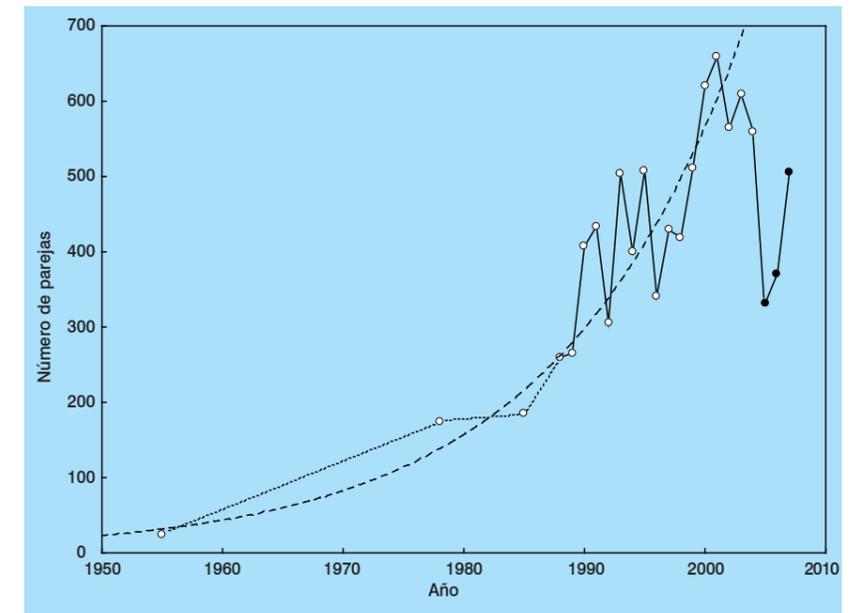


Figura 1. Número de parejas de pelícanos nidificantes en la isla de Dassen desde 1950, mostrando el crecimiento exponencial experimentado por la población (círculos blancos), y el drástico descenso en el número de parejas (círculos negros) tras el corte en el suministro de las fuentes de alimentación artificiales.

la gestión de estos recursos condujeron al colapso en el suministro de desechos de pollo a la granja de cerdos visitada por los pelícanos. La construcción de plantas de procesamiento de desechos para la elaboración de piensos animales junto con conflictos con los departamentos de salud y de bienestar animal redujeron el aporte de tripas de pollo de unas 24 toneladas diarias a apenas 2 toneladas a la semana<sup>14</sup>. En un periodo de dos semanas en julio de 2005, más de 200 pelícanos fueron

encontrados muertos por inanición o desnutrición en la granja de cerdos, lo que supuso una mortalidad de un 10% de la población. Seguidamente, el número de aves, incluidos los pelícanos, que visitaban la granja disminuyó de manera perceptible. Además de la elevada mortalidad, estos cambios supusieron un problema para la población de pelícanos dependiente de estas fuentes de alimento artificiales, cuyas opciones de supervivencia quedaron reducidas a emigrar o buscar fuentes de alimen-



Tras el cese de la disponibilidad de alimento para los pelícanos, más de 200 individuos murieron de malnutrición en la granja de cerdos. Foto trabajador de la granja.

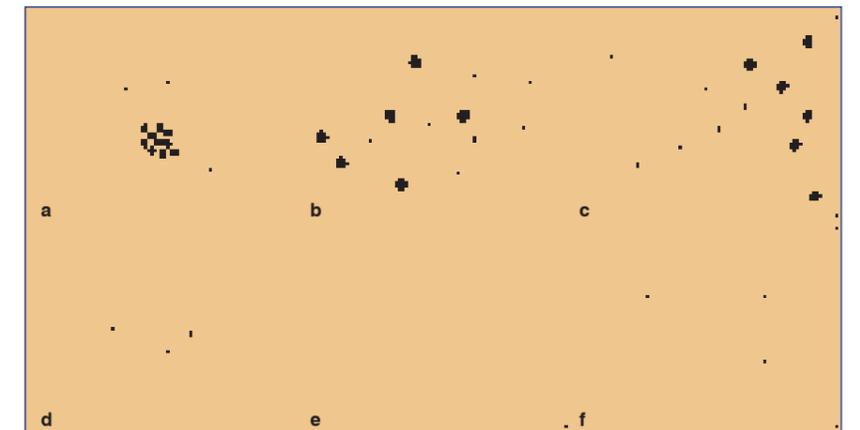


Figura 2. Representación esquemática de las distintas técnicas empleadas por los pelícanos para capturar pollos de aves marinas: (a) una pequeña partida de pelícanos rodeando un grupo de nidos de cormoranes del Cabo; (b) moviéndose de modo desordenado a través de una colonia de gaviotas del Kelp; (c) y en formación en V; (d) patrullando el borde de la colonia de piqueros del Cabo; (e) y acechando un pollo de piquero; y (f) rodeando un grupo de pollos de charrán piquigualdo.



Los cormoranes del Cabo, gaviotas del Kelp y piqueros del Cabo sufren las consecuencias de la depredación por parte de los pelícanos. Foto Marta de Ponte Machado.

tación alternativas. ¿Pero qué otras fuentes de alimento se encontraban a disposición de los pelícanos?

#### Canibalismo aviar

Desde la década de 1990, las observaciones puntuales cerca de la colonia de cría en la isla de Dassen mostraron que los pelícanos, al menos ocasionalmente durante la temporada de cría, eran capaces de capturar y engullir pollos de otras aves nidificantes en la isla<sup>12</sup>. Los

precedentes de este comportamiento tan inusual no eran muy frecuentes. Tan solo existe una nota científica<sup>17</sup> que describe cómo un juvenil de pelícano blanco consume algunos huevos y crías de cormorán del Cabo *Phalacrocorax capensis* en la plataforma artificial de guano en Walvis Bay, en Namibia. Anteriormente, se sabe que en algunas islas gestionadas para la recolecta de guano, los pelícanos eran perseguidos y sus huevos rotos para evitar que nidifi-



Los pollos de piquero del Cabo capturados por los pelícanos pueden llegar a pesar hasta 1,5 kg. Una vez capturados los engullen vivos y enteros. Foto Marta de Ponte Machado.

caran, puesto que se les consideraba una molestia para las aves productoras de guano, posiblemente debido a sus hábitos carnívoros, aunque no existe una descripción detallada de las razones. En 2004, un pelícano asilvestrado en un parque londinense causó un gran revuelo al tragarse entera a una paloma, con tal suerte que fue filmado y retransmitido en el noticiero de la BBC para todo el país<sup>18</sup>. Estos incidentes esporádicos ilustran la naturaleza oportunista de la especie, capaz de consumir otros animales además de los habituales peces.

En los 90, el comportamiento depredatorio de los pelícanos estaba confinado a observaciones ocasionales en la isla de Dassen durante la estación de cría, y las presas principales eran las gaviotas del Kelp *Larus dominicanus* y los cormoranes del Cabo<sup>12</sup>. Sin embargo, tras la reducción de la disponibilidad de alimento en la granja de cerdos en 2005, un gran número de pelícanos transformó sus hábitos alimenticios para convertirse en voraces depredadores de aves marinas, arrasando colonias enteras en la isla de Dassen y otras próximas. Los pelícanos expandieron el área de forrajeo a islas en las que no se había citado su presencia con anterioridad, y pasaron a incorporar otras especies de aves marinas a su dieta como piqueros del Cabo *Morus capensis*, charranes piquigualdos *Sterna bergii*, cormoranes coronados *Ph. coronatus*, y otras aves como ibis sagrados *Threskiornis aethiopicus*<sup>19</sup>. La efectividad de los pelícanos para capturar pollos de las distintas aves marinas, junto con la inexistencia de comportamientos de defensa de estas, supuso que en pocas semanas los pelícanos arrasaron colonias completas de gaviotas, cormoranes del Cabo y charranes, redujeron el éxito reproductor de piqueros del Cabo y cormoranes coronados, y causaron molestias a otras especies<sup>20,21</sup>.

Algunas de estas especies, como el piquero del Cabo y los pingüinos africanos *Spheniscus demersus*



Figura 3. Mapa de la costa suroccidental de Sudáfrica (Provincia del Cabo Occidental), mostrando la localización de Cape Town y las islas principales en las que nidifican aves marinas. Las islas de Malgas, Jutten y Schaapen se encuentran incluidas en el Parque Nacional de la Costa Oeste, en la bahía de Saldanha. Los pelícanos nidifican en la isla de Dassen, a unos 50 km al norte de Cape Town.

(“Vulnerable” y “En peligro de extinción”, respectivamente), se encuentran globalmente amenazadas debido a la drástica reducción de sus poblaciones en las últimas décadas<sup>22-24</sup>. Otras, como los cormoranes del Cabo, se encuentran incluidas en categorías cercanas a la amenaza por su condición de endemismo local y grandes fluctuaciones de sus efectivos poblacionales, afectados por el colapso de los stocks de peces pelágicos de los que se alimentan<sup>22-24</sup>. La depredación por parte de los pelícanos podría constituir un factor de amenaza grave si consigue, como ha sido constatado, disminuir el éxito reproductor y el reclutamiento en las poblaciones de estas aves marinas.

#### Estrategias de caza adaptadas del medio acuático al terrestre

Los pelícanos presentan variadas y hasta ingeniosas tácticas para capturar las distintas especies de aves marinas, dependiendo principalmente de las características de los nidos o de la densidad de las colonias, y de las respuestas defensivas de los adultos o pollos de estas especies-presa (Fig. 2)<sup>14,20</sup>. Por ejemplo, para

capturar cormoranes del Cabo, que nidifican en pequeños grupos concentrados en el suelo o en promontorios rocosos y grandes bloques de piedra, los pelícanos se acercan a los nidos y acechan por oportunidades en las que la cabeza o cuerpo de los pollos asomen bajo los adultos para capturarlos con su pico. Con frecuencia se trata de pelícanos solitarios o en grupos pequeños (2-8 pelícanos), que van recorriendo las



Los pelícanos utilizan distintas estrategias de caza para capturar los pollos de aves marinas de los que se alimentan. En la foto están intentando capturar juveniles de cormoranes del Cabo en la isla de Jutten. Foto Marta de Ponte Machado.

colonias de cría, capturando y engullendo pollos enteros<sup>14,20</sup>.

Las gaviotas del Kelp, no obstante, nidifican en colonias dispersas en llanos y cubriendo gran parte de la superficie de las islas. Son animales agresivos, que defienden sus nidos ferozmente de sus congéneres u otros animales, incluyendo humanos<sup>8</sup>. Los pelícanos se agrupan en pequeñas partidas de caza de al menos ocho individuos, llegando a reunirse en grupos de más de 70, para barrer el área con una estrategia casi militar. Con frecuencia adoptan formaciones en línea o en “V” que avanzan cubriendo toda la superficie del terreno, capturando los pollos que se esconden entre arbustos y huecos entre las rocas. A veces, para defenderse de los feroces ataques de las gaviotas, se concentran en pelotones desordenados, buscando la protección del grupo mientras capturan pollos de manera efectiva<sup>14,20</sup>.

Debido a que los piqueros del Cabo nidifican en colonias densas, de varios miles de parejas, el acceso a la colonia de cría se limita a patricular el borde de la misma en partidas de alrededor de siete a nueve individuos (un máximo de 20). Aquí su estrategia consiste en identificar pollos de tamaño adecuado, y acechar el momento en que los adultos



Mediante una colaboración con el organismo de Parques Nacionales Sudafricanos (SANParks), se ha puesto en marcha un plan de gestión para reducir el impacto en el éxito reproductor de cormoranes y piqueros debido a la depredación de los pelícanos. Foto Marta de Ponte Machado.

están distraídos defendiendo su nido de los vecinos, o durante el saludo ritual entre los dos miembros de la pareja, para rápidamente capturar el pollo. Con frecuencia se establecen luchas entre los pelícanos por la presa, y, cuando los pollos son grandes (ocasionalmente de más de 1,8 kg), pueden tardar más de hora y media en colocarlos de manera adecuada en el pico y tragárselos enteros<sup>14,20</sup>.

Otra especie-presa de los pelícanos son los charranes piquigualdos. Se trata de un ave nidífuga, es decir, cuyos pollos abandonan el nido a los pocos días de eclosionar y se agrupan en las cercanías de la colonia. Para capturarlos, los pelícanos agrupan a los pollos en un círculo cerrado y los atrapan con sus picos mientras los adultos vuelan indefensos sobre ellos. También han sido observados persiguiendo a los pollos en el agua, si para huir los pequeños charranes han buscado protección nadando en las bahías adyacentes a la colonia de cría<sup>14,20</sup>.

La excepcionalidad de este comportamiento depredador, único en el mundo por su carácter cooperativo, es la gran capacidad adaptativa de los pelícanos, capaces de transferir técnicas y estrategias de caza cooperativa del medio acuático al terrestre<sup>14,20</sup>. La expansión y aprendizaje

de este comportamiento depredatorio también arroja preguntas interesantes, como, por ejemplo, si es el aprendizaje cultural el mecanismo de transmisión de este comportamiento aprendido, y cuáles han sido las causas y condicionantes que han dado lugar a este comportamiento. El aprendizaje social o cultural ha sido utilizado para explicar la expansión de comportamientos nuevos en diversos grupos de animales, siendo el más conocido la apertura de botellas de leche por herreros comunes *Cyanistes caeruleus* en Inglaterra<sup>25</sup>.

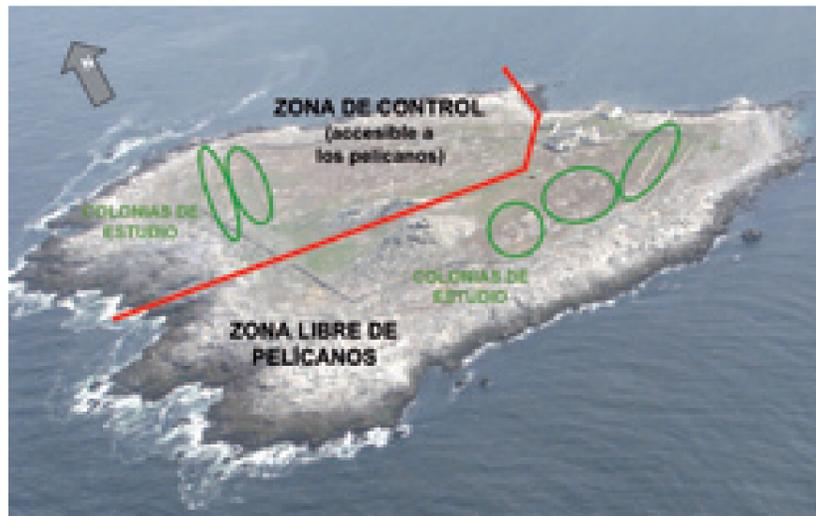


Figura 4. La isla de Jutten fue dividida en dos zonas para demostrar si la acción de gestión escogida, consistente en espantar los pelícanos de determinadas colonias, era efectiva. Foto Marta de Ponte Machado.

### Impacto de la depredación en otras especies de aves marinas

Con objeto de conocer cuál es el impacto de la depredación de los pelícanos sobre otras aves marinas, en el año 2006 establecí un proyecto de observación y cuantificación de las actividades depredadoras de los pelícanos y seguimiento del éxito de las especies presa en tres islas de la costa oeste de Sudáfrica<sup>14</sup>. Estas islas (Schaapen, Malgas y Jutten) forman parte del Parque Nacional de la Costa Oeste, gestionado por Parques Nacionales Sudafricanos (SANParks) (Fig. 3).

Los resultados fueron alarmantes: los pelícanos hicieron fracasar completamente el intento de reproducción de los cormoranes del Cabo y de las gaviotas del Kelp en las islas estudiadas durante la estación de cría de 2006-2007. Un total de 57 pollos sobrevivieron de los 9.900 nidos de cormoranes monitoreados, y 69 pollos de unos 7.700 nidos de gaviotas, lo cual supone el 0,3% de la producción esperada de pollos para los cormoranes y el 0,2-3,2% de lo esperado para las gaviotas, teniendo en cuenta el éxito reproductor conocido de cada una de estas especies<sup>14,20,21</sup>. Se estima que los pelícanos consumieron también un total de 8.400 piqueros del Cabo<sup>14,20</sup>.

### Actividades de gestión en el Parque Nacional de la Costa Oeste

Para contrarrestar las devastadoras consecuencias de la depredación de los pelícanos, en la estación de cría 2007-2008 se estableció un proyecto de gestión, en colaboración con el personal del P.N. de la Costa Oeste y una organización de voluntarios del mismo parque denominada en inglés *Honorary Rangers*. Las opciones de gestión barajadas incluían acciones drásticas tales como control de poblaciones o control reproductor de los pelícanos, y construcción de nidos artificiales para las especies presa que excluyeran los pelícanos, entre otras<sup>14,26</sup>. Sin embargo, debido a que los pelícanos blancos también figuran como especie "Vulnerable" en Sudáfrica<sup>27</sup>, ya que nidifican tan solo en dos localidades en todo el país y a que constituyen una figura emblemática en lo que a la conservación de la avifauna se refiere, se optó por proteger determinadas colonias de aves marinas de su devastadora acción. Para ello se estableció un sistema de vigilancia que impidiera que los pelícanos aterrizaran en las inmediaciones de las colonias, o que fueran espantados tan pronto fueran detectados, antes de que pudieran depredar o perturbar a los pollos.

La isla de Malgas (19 ha) fue gestionada de manera que a ningún pelícano le fuera permitido aterrizar o permanecer en ella durante la estación de cría, desde octubre a finales de enero. La isla de Jutten (44 ha) se dividió en dos mitades, siendo la parte sur gestionada como 'zona libre de pelícanos' y la mitad norte como control, donde los pelícanos podían continuar sus actividades sin ser molestados. La cima de una colina se estableció como lugar de observación, y se definieron colonias de estudio en ambos lados de la divisoria (Fig. 4). Estas colonias fueron monitoreadas periódicamente durante los meses que duró el proyecto. En unas cuatro semanas tras el inicio de la estación de cría, los pelícanos



Un programa de captura-recaptura utilizando anillas de colores, visibles a distancia, fue utilizado también para estudiar los movimientos de los pelícanos entre las distintas poblaciones, así como para establecer tasas de supervivencia, mortalidad, edad reproductora y otros. Foto Mark Anderson.

habían consumido la mayoría de los pollos de cormorán del Cabo de la mitad norte de la isla, de manera que 62 pollos sobrevivieron de un total de 5.000 nidos, es decir, un 0,01% de la producción esperada de 11.000 cormoranes; ningún pollo sobrevivió de entre los 500 nidos que formaban parte de las colonias de estudio seleccionadas. Por el contrario, en la mitad sur los cormoranes produjeron 332 pollos de un total de 500 nidos, es decir, un éxito reproductor de aproximadamente 0,7 pollos por nido, dentro del rango normal para la especie, y demostrando la efectividad de la acción de gestión emprendida<sup>14,26</sup>. Este proyecto aún sigue en marcha, incluyendo ahora la totalidad de las islas de Jutten y Malgas, siendo 2010 el cuarto año consecutivo en el que se implementa con resultados positivos.

### Genética de poblaciones y problemática de la expansión de este comportamiento a otras zonas

La preocupación de que este comportamiento depredatorio, supuestamente aprendido por medio de la transmisión cultural, fuera exportado a otras colonias de cría cercanas a la región del Cabo fue una de las

razones por las que se decidió establecer cuál es el flujo genético y movimientos de los pelícanos en la región. Los estudios genéticos realizados, incluyendo el análisis de genes mitocondriales y microsatélites (ADN nuclear), revelaron que las poblaciones del sur de África meridional (el Cabo Occidental de Sudáfrica y Namibia) poseen una estructura genética diferenciada, lo cual implica que existen limitaciones al flujo genético, es decir, que los intercambios de animales reproductores entre estas colonias de cría son muy raros o inexistentes<sup>28,29</sup>. Los resultados del proyecto de anillamiento coinciden, asimismo, con las conclusiones obtenidas gracias a los análisis genéticos<sup>14</sup>: aunque no se encontró evidencia de que los pelícanos de otras poblaciones migren hacia el Cabo Occidental (que posee muy baja variabilidad genética), sí que hay algún intercambio desde la población del Cabo hacia Namibia. Estos resultados confirman la posibilidad de que los pelícanos que hubieran adoptado las estrategias de caza cooperativas para depredar aves marinas pudieran emigrar a otras poblaciones. De este modo podrían expandir la amenaza a las aves marinas de toda la región<sup>29</sup>,



Si los pelicanos que depredan pollos de aves marinas dispersaran o migraran hacia otras colonias situadas más al norte (p. ej. Namibia, como ha sido confirmado por medio del programa de anillamiento y de estudios genéticos) amenazarían la conservación de las poblaciones de aves marinas con distribuciones regionales reducidas. Foto Marta de Ponte Machado.

muchas de ellas con áreas de distribución reducidas y poblaciones menguantes debido a problemas de conservación de su hábitat y a la sobrepesca. Para estas especies, la depredación de los pelicanos podría suponer un factor más de amenaza y poner en peligro su persistencia en la región en el futuro<sup>14</sup>.

### Conclusiones y recomendaciones

Este estudio es un ejemplo de las consecuencias, a menudo impredecibles, de las actividades humanas en los sistemas naturales, y las cadenas de efectos que pueden producirse como resultado de estas actividades. En este caso, los desechos agrícolas han contribuido al aumento desmesurado de una población de consumidores (los pelicanos) y que, debido a la limitación natural de sus recursos alimenticios y a la repentina desaparición de las fuentes de alimentación artificiales, han desarrollado un nuevo comportamiento: la depredación a gran escala de pollos de aves marinas.

Existen precedentes que ilustran cómo estos subsidios alimenticios (procedentes de la pesca o de la agricultura) favorecen a algunas especies en detrimento de otras, pudiendo llevar a una peligrosa simplificación de las redes tróficas y a una pérdida neta de biodiversidad<sup>30</sup>. Con frecuencia, las especies favorecidas responden con el aumento de sus poblaciones, y pueden llegar a constituir una amenaza (por competición o depredación) para otras especies más especializadas. Entre las aves mari-

nas son típicos los casos de gaviotas *Larus* spp., págalos *Stercorarius* o *Catharacta* spp., y petreles gigantes *Macronectes* spp.<sup>31-34</sup>. Esta presión depredatoria se intensifica sobre todo en los casos en los que las fuentes de alimentación artificiales son eliminadas de forma repentina<sup>31</sup>.

Además, esta situación ilustra un interesante dilema, puesto que en este caso no es una especie introducida que amenaza la conservación de los ecosistemas o la fauna local, sino una especie autóctona, también incluida en categorías de protección en la región, la que amenaza la persistencia de poblaciones de especies endémicas, de rango restringido y delicado estado de conservación. Las recomendaciones incluyen el seguimiento continuado de las poblaciones de pelicanos, así como de las especies consumidas por estos. Las acciones de gestión deberían ser mantenidas y evaluadas cada año para comprobar su efectividad y prevenir posibles cambios. Asimismo, se hace necesaria la gestión adecuada de los vertidos y desechos agrarios para evitar problemas como el descrito aquí, en el que la disponibilidad de estos ha causado un aumento en la población de consumidores por encima de los niveles de productividad del sistema, lo cual ha generado una cadena de consecuencias nefastas, *a priori* impredecibles.

Aun así, el objetivo más importante a tener en cuenta es la conservación de las funciones ecológicas de los ecosistemas mediante la gestión integral de los recursos marinos. Aunque queda bastante

camino por recorrer, en Sudáfrica se han iniciado políticas de establecimiento de cuotas pesqueras que tienen en cuenta las cadenas tróficas y las necesidades de las aves y mamíferos que dependen de estos recursos. Actualmente también se trabaja en la creación de reservas marinas de pesca para la protección de especies pelágicas<sup>35,36</sup>, en proceso de aprobación en la región<sup>37</sup>, y de las que se espera tengan efectos positivos en la conservación de las aves marinas, que dependen (y a la vez compiten con los humanos) de estos valiosos recursos pesqueros<sup>38</sup> ▼

### Agradecimientos

A Pierre Nel por su apoyo y asistencia en tantos aspectos de este proyecto. A Les Underhill y su equipo de la Unidad de Demografía Aviar de la Universidad de Ciudad del Cabo, a Peter Ryan, Rob Crawford y Rauri Bowie, y a mis colegas del Museo de Zoología de Vertebrados de la Universidad de California en Berkeley por el apoyo logístico, académico y científico. A Jan Hofmeyr por su trabajo en la granja de cerdos y a Harold Bloch por pilotar el avión durante los exhaustivos censos de pelicanos. Al personal del Parque Nacional de la Costa Oeste por su apoyo y su admirable trabajo. A todos los voluntarios que, con su toma de datos y observaciones, permitieron dar forma a los contenidos de este artículo. A Maya Pfaff y a Lara Atkinson por su asesoramiento científico y en tantos otros aspectos. A Gaspar de Ponte Cullen, Cristina Molina, Francisco Aguilar, Antonio Barro y Felipe Siverio por sus comentarios en las primeras versiones del manuscrito. Finalmente, gracias al LMR/EAF/03/02 del programa Benguela Current Large Marine Ecosystem (BCLME), Nacional Research Fund del gobierno sudafricano, Animal Demography Unit de la Universidad de Ciudad del Cabo, a la Fundación Gordon Sprigg, al Museo de Zoología de Vertebrados de la Universidad de California en Berkeley, Earthwatch Institute, Rauri Bowie, Les Underhill y al Cabildo Insular de Tenerife por la financiación recibida.

### Bibliografía

1. DEL HOYO, J., ELLIOTT, A. & SARGATAL, J. (eds.) 1992. *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 1. Lynx Edicions. Barcelona. 696 pp.
2. NELSON, J.B. 2005. *Pelicans, cormorants, and their relatives: the Pelecaniformes*. Oxford University Press. Oxford. 661 pp.
3. JOHNSGARD, P.A. 1993. *Cormorants, Darters and Pelicans of the world*. Smithsonian Institution Press. Washington and London. 445 pp.
4. WETLANDSINTERNATIONAL 2006. *Waterbird population estimates - Fourth edition*. Wetlands International. Wareningoen. 235 pp.
5. CRIVELLI, A., CATSADORAKIS, G., HATZILACOU, D., HULEA, D., MALAKOU, M., MARINOV, M., MITCHEV, T., NAZIRIDES, T., PEJA, N., SARIGUL, G. & SIKI, M. 1998. Status and population development of Great White Pelican *Pelecanus onocrotalus* and Dalmatian Pelican *P. crispus* breeding in the Palearctic (pp. 38-45). En Yésou, P. & Sultana, J. (eds.) *Monitoring and conservation of birds, mammals and sea turtles of the Mediterranean and Black Seas. Proceedings of the 5th Medmaravis Symposium*. Environment Protection Department. Gozo, Malta.
6. URBAN, E.K. 1984. Time of egg-laying and number of nesting Great White Pelicans at Lake Shala, Ethiopia, and elsewhere in Africa (pp. 809-823). En Ledger, L. (ed.) *Proceedings of the Fifth Pan-African Ornithological Congress, Lolongwe, Malawi, 1980*. Southern African Ornithological Society, Johannesburg.
7. WILLIAMS, A.J. & BORELLO, W.D. 1997. White Pelican *Pelecanus onocrotalus* (pp. 24-25). En Harrison, J.A., Allan, D.G., Underhill, L.G., Herremans, M., Tree, A.J., Parker, V. & Brown, C.J. (eds.) *The atlas of southern African Birds*. BirdLife South Africa, Johannesburg.
8. HOCKEY, P.A.R., DEAN, W.R.J. & RYAN, P.G. 2005. *Roberts Birds of southern Africa*. Trustees of the John Voelcker Bird Book Fund. Cape Town. 1296 pp.
9. BROWN, L.H. & URBAN, E.K. 1969. The breeding biology of the Great White Pelican *Pelecanus onocrotalus roseus* at Lake Shala, Ethiopia. *Ibis* 111: 199-237.
10. COOPER, J. 1980. Fatal sibling aggression in pelicans - a review. *Ostrich* 51: 183-186.
11. RAND, R.W. 1963. The biology of guano producing seabirds. 4. Composition of colonies on the Cape islands. *Investigational report Sea Fisheries of South Africa* 43: 1-32.
12. CRAWFORD, R.J.M., COOPER, J. & DYER, B.M. 1995. Conservation of an increasing population of Great White Pelicans *Pelecanus onocrotalus* in South Africa's Western Cape. *African Journal of Marine Science* 15: 33-42.
13. GUILLET, A. & FURNESS, R.W. 1985. Energy requirements of a Great White Pelican (*Pelecanus onocrotalus*) population and its impact on fish stocks. *Journal of Zoology* 205: 573-583.
14. DE PONTE MACHADO, M. 2010. *Population dynamics of Great White Pelicans in southern Africa: causative factors and influence on other seabirds*. Tesis doctoral, University of Cape Town. Cape Town. 230 pp.
15. DE PONTE MACHADO, M. & HOFMEYR, J. 2004. Great White Pelicans *Pelecanus onocrotalus*: waterbirds or farm birds? *Bird Numbers* 13: 11-13.
16. GUILLET, A. & CROWE, T.M. 1981. Seasonal variation in group size and dispersion in a population of Great White Pelicans. *Gerfaut* 71: 185-194.
17. BERRY, H.H. 1976. Physiological and behavioural ecology of the Cape Cormorant *Phalacrocorax capensis*. *Madoqua (Ser. 4)* 9: 5-55.
18. BBC News 2006. *Pelican swallows pigeon in park*. Publicado en [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk\\_news/england/london/6083468.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/london/6083468.stm).
19. DE PONTE MACHADO, M. 2007. Is predation on seabirds a new foraging behaviour for Great White Pelicans? History, foraging strategies and prey defensive responses (pp. 131-142). En Kirkman, S.P. (ed.) *Final report of the BCLME (Benguela Current Large Marine Ecosystem) project on top predators as biological indicators of ecosystem change in the BCLME*. Avian Demography Unit, Cape Town.
20. DE PONTE MACHADO, M., NEL, P. & UNDERHILL, L.G. (en prep.). Pelicans threaten local seabirds: adapting cooperative hunting strategies from water to land.
21. MUSANGU, M., DE PONTE MACHADO, M. & RYAN, P.G. 2010. Breeding seabirds at Dassen Island, South Africa: chances of surviving Great White Pelican predation. *Endangered Species Research* 9: 125-131.
22. DU TOIT, M., BOERE, G.C., COOPER, J., DE VILLIERS, M.S., KEMPER, J., LENTEN, B., PETERSEN, S.L., SIMMONS, R.E., UNDERHILL, L.G., WHITTINGTON, P.A. & BYERS, O.P. 2003. *Conservation assessment and management plan for southern African coastal seabirds*. Avian Demography Unit & Apple Valley: Conservation Breeding Specialist Group, Cape Town. 198 pp.
23. KEMPER, J., UNDERHILL, L.G., CRAWFORD, R.J.M. & KIRKMAN, S.P. 2007. Revision of the conservation status of seabirds and seals breeding in the Benguela Ecosystem (pp. 325-342). En Kirkman, S.P. (ed.) *Final Report of the BCLME (Benguela Current Large Marine Ecosystem) Project on Top Predators as Biological Indicators of Ecosystem Change in the BCLME*. Avian Demography Unit, Cape Town.
24. IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1.
25. FISHER, J. & HINDE, R.A. 1949. The opening of milk bottles by birds. *British Birds* 42: 347-357.
26. DE PONTE MACHADO, M. & NEL, P. (en prep.). Can seabirds survive pelican predation? Results of a management intervention on the islands of the West Coast National Park, South Africa.
27. BARNES, K.N. 2000. *The Eskom Red Data Book of birds of South Africa, Lesotho and Swaziland*. BirdLife South Africa, Johannesburg. 141 pp.
28. DE PONTE MACHADO, M., FELDHEIM, K.A., SELLAS, A.B. & BOWIE, R.C.K. 2009. Development and characterization of microsatellite loci from the Great White Pelican (*Pelecanus onocrotalus*) and widespread application to other members of the Pelecanidae. *Conservation Genetics* 10: 1033-1036.
29. DE PONTE MACHADO, M., SELLAS, A.B., FEDELHEIM, K.A. & BOWIE, R.C.K. (en prep.). Incorporating analysis of Great White Pelican population structure and gene flow into managing ecosystem cascades.
30. JEFFERIES, R.L. 2000. Allochthonous inputs: integrating population changes and

food-web dynamics. *Trends in Ecology & Evolution* 15: 19-22.

31. VOTIER, S.C., FURNESS, R.W., BEARHOP, S., CRANE, J.E., CALDOW, R.W.G., CATRY, P., ENSOR, K., HAMER, K.C., HUDSON A.V., KALMBACH, E., KLOMP, N.I., PFEIFFER, S., PHILLIPS, R.A., PRIETO, I. & THOMPSON, D.R. 2004. Changes in fisheries discard rates and seabird communities. *Nature* 427: 727-730.
32. VIDAL, E., MEDAIL, F. & TATONI, T. 1998. Is the Yellow-legged Gull a superabundant bird species in the Mediterranean? Impact on fauna and flora, conservation measures and research priorities. *Biodiversity and conservation* 7: 1013-1026.
33. REGEHR, H.M. & MONTEVECCHI, W.A. 1997. Interactive effects of food shortage and predation on breeding failure of Black-legged Kittiwakes: indirect effects of fisheries activities and implications for indicator species. *Marine Ecology Progress Series* 155: 249-260.
34. ORO, D. & FURNESS, R.W. 2002. Influences of food availability and predation on survival of Kittiwakes. *Ecology* 83: 2516-2528.
35. GAME, E.T., GRANTHAM, H.S., HOBDA, A.J., PRESSEY, R.L., LOMBARD, A.T., BECKLEY, L.E., GJERDE, K., BUSTAMANTE, R., POSSINGHAM, H.P. & RICHARDSON, A.J. 2009. Pelagic protected areas: the missing dimension in ocean conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 24: 360-369.
36. HYRENBACH, K.D., FORNEY, K.A. & DAYTON, P.K. 2000. Marine protected areas and ocean basin management. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 10: 437-458.
37. SINK, K. & ATTWOOD, C. 2008. *Guidelines for offshore Marine Protected Areas in South Africa*. SANBI Biodiversity Series 9. South African National Biodiversity Institute. Pretoria. 18 pp.
38. PICHEGRU, L., RYAN, P.G., LE BOHEC, C., VAN DER LINGEN, C.D., NAVARRO, R.A., PETERSEN, S.L., LEWIS, S., VAN DER WESTHUIZEN, J. & GRÉMILLET, D. 2009. Overlap between vulnerable top predators and fisheries in the Benguela upwelling system: implications for marine protected areas. *Marine Ecology Progress Series* 391: 199-208.

### La autora

Tras acabar la carrera de Biología en la Universidad de La Laguna, **Marta de Ponte Machado** trabajó en un proyecto de gestión medioambiental en las islas de Cabo Verde. Los retos a los que se enfrentó durante este tiempo le llevaron a formarse en Biología de la Conservación en la Universidad de Ciudad del Cabo de Sudáfrica. Allí se involucró en diversos proyectos, y posteriormente inició sus estudios de doctorado, recién terminados en 2010, y que constituyen la base del trabajo presentado en este artículo. Además de la Biología de la Conservación, sus intereses incluyen temas de ecología y evolución en islas, la intersección entre la gestión integrada de los recursos naturales y la ciencia, la Fotografía y la Historia Natural. *E-mail:* [martaponmac@gmail.com](mailto:martaponmac@gmail.com).

### Cita recomendada

DE PONTE MACHADO, M. 2011. Los pelicanos blancos como depredadores aviares: expansión de la población y consecuencias para la conservación de aves marinas. *El Indiferente* 21: 42-53.

# INTERACCIONES MUTUALISTAS

EN ECOSISTEMAS INSULARES

integración e impacto de las especies invasoras

Benigno Padrón

**Mutualistic interactions on island ecosystems. Integration and impact of alien species.** Biological invasions are an important aspect of global change. In a world undergoing rapid transformation, there is a great need for answers to questions such as how exotic species are integrated in and impact on native ecosystems. This knowledge may be highly useful in the future, when we are faced with more important decisions. The ecology of interactions, particularly applying community level approaches, is proving to be an important tool to provide us with some of these answers. This article is an overview of how the problem of plant invasions can be assessed through the use of complex networks, the way alien species form part of the native communities and their possible impacts on the interaction patterns that evolved long ago in these particular systems. This type of studies aids in the design and performance of new experiments to evaluate specific hypotheses, leading to interesting applications of such methodologies, particularly in terms of conservation biology. For example, pollen transfer processes between alien and native species. The focus here is on island ecosystems, due to their intrinsic characteristics, although some data about continental systems is included, mainly for comparative purposes or to apply the same methodology to more general scenarios, not limited to islands.

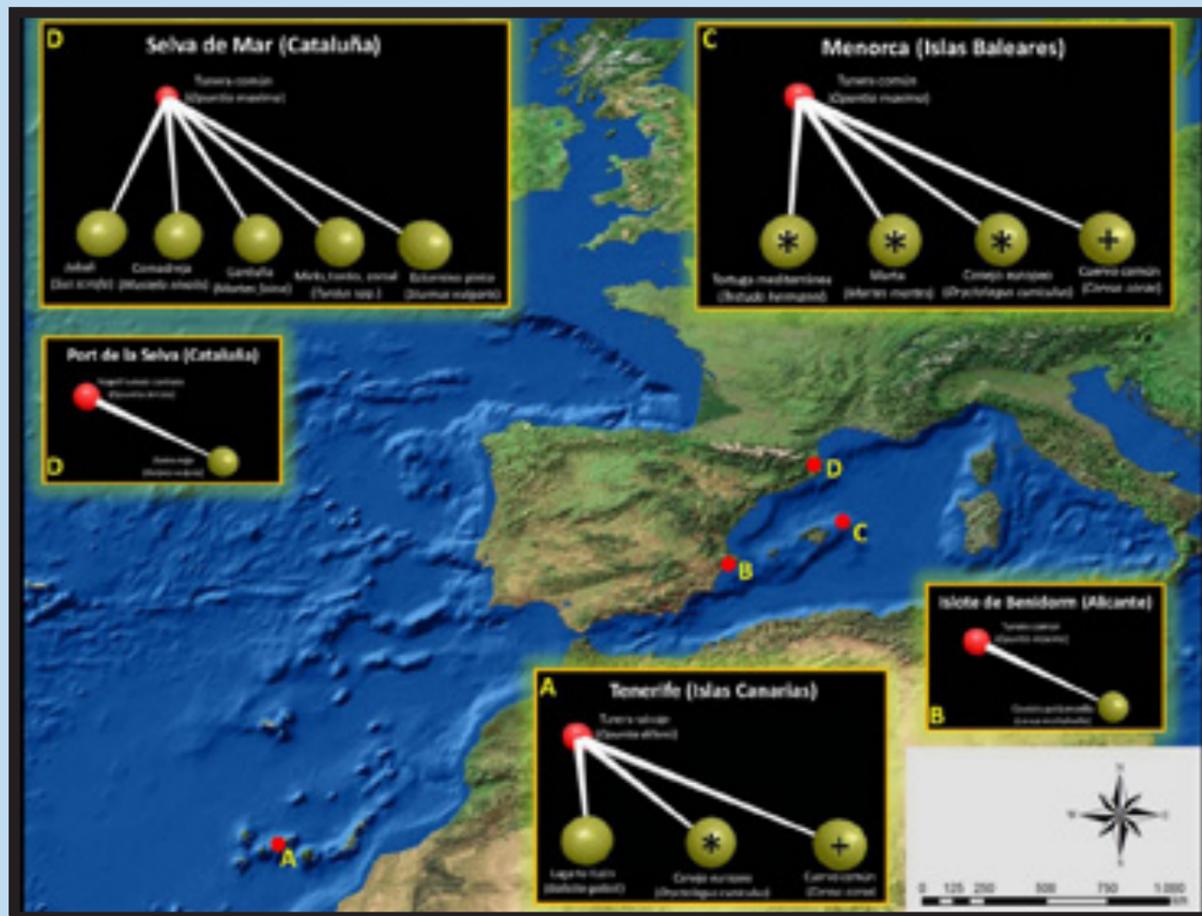


Figura 1. Situación geográfica de los lugares donde se llevó a cabo el estudio de la integración de algunas especies invasoras del género *Opuntia* (conocidas comúnmente como tuneras) en ambientes mediterráneos (continentales e insulares) y Canarias. En los recuadros están representadas las especies invasoras (color rojo) y las interacciones encontradas con especies animales (color verde) que consumen sus frutos y dispersan sus semillas. Los asteriscos marcan aquellas especies animales que también han sido introducidas por el hombre. Los cuervos (marcados con cruces) fueron muy abundantes en el pasado, jugando presumiblemente un papel importante en la dispersión a larga distancia de estas especies vegetales. Hoy en día sus poblaciones se han visto muy reducidas por diversas causas. Fuente Benigno Padrón y colab.<sup>5</sup> Página anterior Abeja (Hymenoptera) visitando las flores del nopal crinado *Opuntia pilifera* en Zapotitlán Salinas, México. Foto Benigno Padrón.

Aunque siempre hemos transportado especies, tanto animales como vegetales, de un lado a otro del planeta, en los últimos siglos la velocidad de estas introducciones se ha incrementado notablemente. Es por ello que hoy en día es muy importante estudiar y conocer los posibles efectos que la presencia de estas nuevas especies tiene para los ecosistemas en los que se establecen.

#### LAS INVASIONES BIOLÓGICAS Y LAS INTERACCIONES ECOLÓGICAS EN AMBIENTES INSULARES

Ahora que están en el candelero los cambios en el clima y se habla de ellos casi en cualquier ámbito de nuestra sociedad, no me resultará difícil introducir la problemática de las invasiones biológicas, ya que éstas son, junto con el ya famoso cambio climático o la destrucción y (o) modificación del hábitat, uno de los componentes del cambio global. Podemos definir el cambio global como el conjunto de alteraciones que se producen en nuestro planeta debido principalmente a las actividades del ser humano. Se habla de invasión biológica cuando las especies son transportadas (intencionada o involuntariamente) hasta un territorio alejado, distinto al de su

origen, y éstas se establecen en él, pudiendo alterar el funcionamiento de los ecosistemas receptores. Desde el establecimiento de los primeros asentamientos humanos se ha producido este transporte de especies. Sin embargo, en los últimos siglos se ha incrementado de manera sustancial la tasa de introducción de nuevas especies, debido principalmente al aumento de las comunicaciones entre las diferentes zonas del planeta (lo que podemos denominar globalización). A pesar de que la terminología en el tema de las invasiones biológicas es variada y, en muchos casos, confusa, para simplificar podemos hablar de especies exóticas, no nativas o introducidas en el caso de las que están fuera de sus sitios naturales u originales. Por otro lado, cuando esas mismas especies “escapan” de los lugares donde fueron depositadas inicialmente (p. ej., un jardín o un cultivo), estableciéndose en nuevas zonas y compitiendo con las nativas por los recursos, empezamos a hablar de especies invasoras. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), las especies invasoras han contribuido a la desaparición de más de un tercio de las especies que se han extinguido en los últimos 400 años. Desde el amanecer de la humanidad hemos llevado de un lu-

gar a otro los animales y vegetales que nos resultaban más útiles en nuestras actividades, pero actualmente pensamos más en las consecuencias que el cambio del área de distribución original de estas especies puede tener para los ecosistemas donde son introducidas<sup>1</sup>.

Los ambientes insulares no solo son interesantes como paradisiacos destinos turísticos para nuestras vacaciones, sino también desde el punto de vista ecológico. No me extenderé en explicar las peculiaridades de los mismos, las cuales ya se han abordado en anteriores números de esta misma revista<sup>2</sup>, pero sí comentaré brevemente que su aislamiento hace que sea más fácil ver los procesos evolutivos en acción cuando se comparan con los continentales, de mayor tamaño y con un mayor número de especies. Sin embargo, estas mismas condiciones que convierten a las islas en ambientes muy particulares, con un elevado número de especies exclusivas, también las hacen muy vulnerables frente a cualquier tipo de perturbación, como es el caso de la introducción de especies exóticas. Pensemos por un

#### APLICANDO HERRAMIENTAS DE OTRAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS EN LOS ESTUDIOS ECOLÓGICOS

La Ecología ha heredado de ramas de la ciencia tan antiguas como la Física, las Matemáticas o las Ciencias Sociales, diversas herramientas que nos sirven a los ecólogos para responder preguntas sobre nuestros sistemas de estudio. Las redes sociales (y su estudio con la “teoría de grafos”) se han adaptado en la Ecología al estudio de las relaciones entre los diversos organismos que viven en una comunidad. En anteriores números de esta misma revista tenemos un buen ejemplo<sup>3</sup> del uso de estas herramientas en estudios ecológicos para la construcción de redes mutualistas, que vienen a ser “mapas” de las interacciones que se dan, por ejemplo, entre las plantas con flores y (o) frutos carnosos y los animales que las visitan en busca de alimento, ayudándolas en la polinización de sus flores o en la dispersión de sus semillas.

Los ecólogos también hemos aprovechado y aplicado las ideas de otros campos cercanos, como la Biogeografía.

Hablar de invasiones biológicas es hablar de nosotros como especie, ya que desde el preciso instante en que uno de nuestros congéneres se planteó la idea de cultivar una planta (o criar un animal) para aprovecharla en nuestra alimentación, que nos hiciera compañía o formara parte de nuestro entorno más cercano, como puede ser un jardín o el patio de nuestras casas, ya empezamos a modificar los sistemas naturales y hacerlos más a nuestro gusto

momento en un grupo de organismos que llevan millones de años conviviendo y evolucionando para adaptarse los unos a los otros y a su entorno físico y que, en un momento dado, cambiamos de golpe esas condiciones al introducir nuevas especies en el sistema. Esperaremos algunos cambios y de lo que se trata es de pensar en ello e intentar buscar respuestas a las preguntas que se nos plantean, como por ejemplo los posibles efectos que estas nuevas especies tendrán para los ecosistemas nativos. Las consecuencias de la introducción de especies invasoras son muchas y muy variadas (competencia por el espacio, la luz, el agua, los nutrientes, etc.), pero aquí sólo hablaré de los efectos que su introducción tiene sobre las interacciones mutualistas (aquellas en las que las dos partes que intervienen obtienen un beneficio mutuo), como son las interacciones entre las plantas y los animales que visitan sus flores o dispersan sus semillas.

Es el caso, por ejemplo, del “anidamiento” (*nestedness* en inglés), que actualmente es un parámetro muy utilizado en el estudio de las redes mutualistas<sup>4</sup>, pero que originalmente se había propuesto como una manera de organización de las especies en diferentes ecosistemas insulares. En la adaptación del concepto al estudio de las redes ecológicas se han utilizado las plantas como si fueran islas y las interacciones que éstas tienen con los animales de la comunidad como las especies presentes en cada una de las islas. Este patrón “anidado” de organización de las comunidades consiste en que las especies que visitan a las plantas más especialistas (con pocas interacciones) son un subgrupo de las que visitan a las plantas más generalistas (con muchas interacciones). Un buen ejemplo para visualizar correctamente este patrón de “anidamiento” son las matrioskas o muñecas rusas, que se pueden ir poniendo unas dentro de otras y las más grandes (en nuestro caso, las especies más gene-



Figura 2. Localización en la isla de Menorca (A) de una de las zonas de estudio de matorral mediterráneo (B) con presencia de tunera común *Opuntia maxima* durante el período de fructificación (C) y uno de los animales que se identificó consumiendo sus frutos (D), la tortuga de tierra *Testudo hermanni*. Fuente Benigno Padrón y colab.<sup>5</sup> Fotos Benigno Padrón.

La importancia de los estudios usando una perspectiva de toda la comunidad (valiéndonos por ejemplo de la herramienta de las redes complejas) es esencial, combinada a su vez con otros trabajos que se centren en especies concretas del sistema. Pensemos en una planta que es introducida en un ecosistema nuevo (p. ej., una tunera en un cardonal-tabaibal de nuestras islas). Lo ideal para comprender los efectos que la nueva especie tiene sobre esta comunidad canaria sería: (1) observar tanto los patrones generales de interacción entre las plantas y los animales como (2) los efectos particulares que la presencia de esta especie invasora tiene sobre determinadas especies (tanto vegetales como animales). Me temo que como con tantas otras preguntas que nos hacemos en nuestra vida cotidiana, no encontraremos una única respuesta y todo dependerá del protagonista al que le hagamos la pregunta.

En dos estudios realizados recientemente, usando las tuneras como especies focales, se ha intentado responder a cuestiones relativas a la integración e impacto de las invasoras<sup>5,6</sup>. En el primero de ellos<sup>5</sup>, como se resume en la Figura 1, se estudiaron tres especies de tunera en diferentes zonas continentales e insulares. Dependiendo del lugar de introducción, encontramos una gran variedad de animales que consumen sus frutos y mueven sus semillas de un lugar a otro (véase en la Fig. 2 el ejemplo de una de las interacciones encontradas). Aparte de identificar las interacciones que las especies

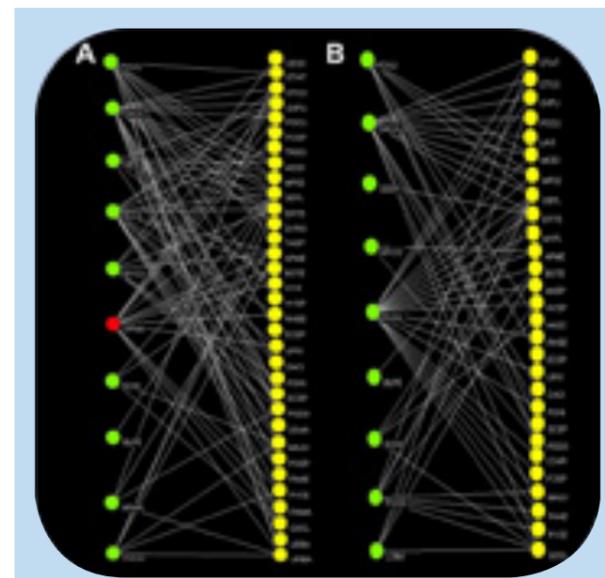


Figura 3. Un ejemplo de redes de interacción entre plantas (color verde) y visitantes florales (color amarillo) en la isla de Menorca, con la especie invasora *Opuntia maxima* (tunera) representada en color rojo. Usando varios pares de parcelas (A-invasida y B-no invasida), como el de este ejemplo, y estudiando las características de ambas redes se puede evaluar el posible efecto que la introducción de una especie nueva tiene para la comunidad. Por supuesto, las características (bióticas y abióticas) de las dos parcelas en cada par deben ser iguales o muy parecidas para tener un buen diseño experimental. Fuente Benigno Padrón y colab.<sup>6</sup>

ralistas o islas con mayor superficie) van albergando a las más pequeñas (las especies más especialistas o islas con menor superficie).

### INTEGRACIÓN E IMPACTO DE LAS ESPECIES INVASORAS

Una de las preguntas que nos hacemos en el estudio de las invasiones biológicas es la que se refiere a las especies locales (tanto nativas como exóticas) con las que interactúan las nuevas que han sido introducidas en las comunidades. Para poder estudiar los efectos que tienen las invasoras sobre los ecosistemas nativos es muy importante conocer al grupo de organismos con los que interactúan, y en el caso que nos ocupa nos centramos en las interacciones entre las plantas y los animales, más concretamente dentro del marco de la polinización y la dispersión de semillas. La interacción con la fauna de la zona invadida ayuda a una planta invasora a establecerse y también contribuye a su expansión en la misma. Usando el ejemplo de la emigración desde nuestra tierra canaria hasta muchos lugares del otro lado del “gran charco”, estaríamos estudiando con quiénes se relacionaron nuestros abuelos en el lugar al que llegaron en las Américas cuando decidieron emprender el camino hacia una vida mejor. Intentaríamos identificar a las personas que les ayudaron en sus primeros momentos en tierra desconocida, aquellas que les proporcionaron alimento, protección, etc., así como ver los posibles cambios acontecidos en estos lugares debido a la presencia de los canarios. Seguramente, más de uno de nuestros mayores decidió preparar un plato típico de nuestras islas allí e introdujo, aparte de su duro trabajo, nuevas ideas de cómo hacer las cosas y afrontar el día a día. No todos los cambios producidos por la llegada de nuevas especies tienen que ser negativos y de lo que se trata es de estudiarlos y comprenderlos.

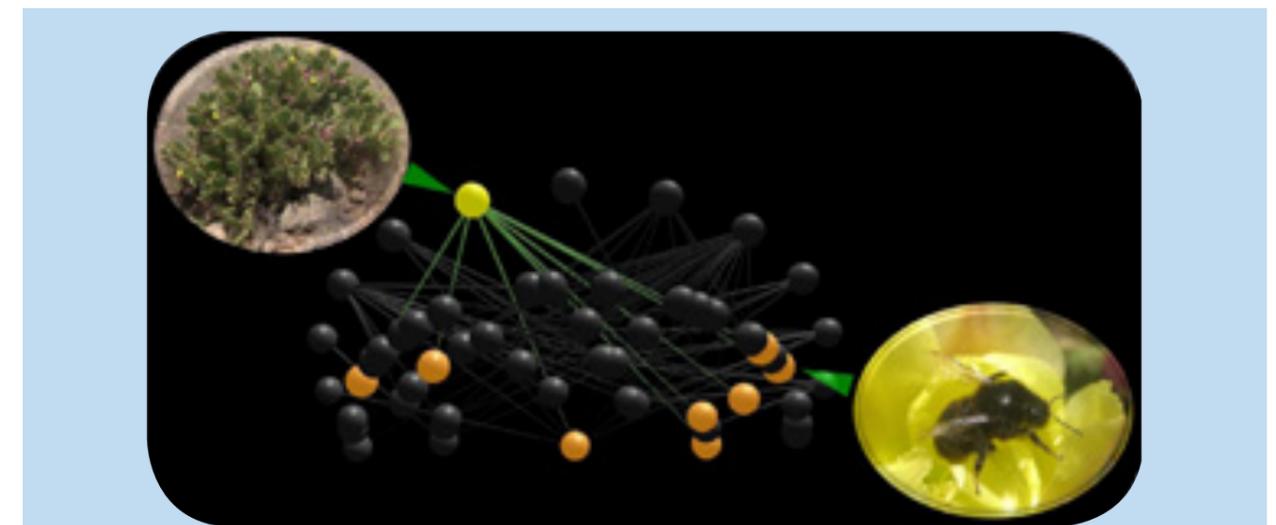


Figura 4. Red de interacción entre plantas y visitantes florales en la zona de estudio invadida por tunera salvaje o india *Opuntia dillenii* en Teno Bajo (Tenerife). Los visitantes florales están en la parte inferior de la red y las especies vegetales en la parte superior, resaltando solo la especie invasora (color amarillo) y los insectos (color naranja) que visitan sus flores. Entre estos insectos encontramos al endémico abejorro de culo blanco *Bombus canariensis*, siendo un perfecto ejemplo de cómo una especie local integra a la invasora en la red de interacciones. Fuente Benigno Padrón y colab.<sup>12</sup> Fotos Benigno Padrón.

invasoras establecen en las comunidades nativas, también se pueden estudiar los efectos que cada animal en particular tiene sobre las semillas invasoras. Concretamente, es importante mirar los efectos físicos que el paso por el tracto digestivo de los animales produce, por ejemplo en la pared de las semillas, afectando a su viabilidad y su posterior capacidad de germinación para producir una nueva planta. Los efectos encontrados en este estudio fueron muy variados, y si bien algunos animales producen un incremento en la capacidad de germinación de las semillas (p. ej., los lagartos tizones *Gallotia galloti* en Tenerife o las garduñas *Martes foina* en Selva de Mar, Cataluña), otros disminuyen esta capacidad (p. ej., los jabalíes *Sus scrofa* y varias especies de pájaros en Selva de Mar, Cataluña, o las gaviotas en el islote de Benidorm, Alicante). Resulta muy interesante el hecho de que en el sistema de dispersión de semillas de estas plantas originarias del continente americano estén interviniendo reptiles, aves y mamíferos autóctonos, lo que nos da una idea de la importancia que el azar tiene en este tipo de procesos en la naturaleza.

En el segundo trabajo<sup>6</sup> se estudió el impacto de las especies invasoras en las comunidades nativas en el marco de la polinización. Para abordar este tema, el diseño experimental consistió en la comparación de zonas invadidas con otras zonas cercanas muy parecidas sin la presencia de estas especies invasoras (Fig. 3). Usando como sistemas de estudio comunidades de las islas de Tenerife y Menorca, se investigaron los posibles impactos de las tuneras sobre las redes de plantas y sus visitantes florales. Una de las principales conclusiones que podemos sacar de este trabajo es que cuando miramos los patrones generales de interacción de las

comunidades (p. ej., el mencionado “anidamiento”) no se observan grandes impactos y la red de interacciones parece ser bastante robusta ante la introducción de una nueva especie. Una posible explicación a esta situación la encontramos usando las redes de interacción planta-planta, en las que se conectan las plantas que comparten visitantes florales. En el caso del sistema de estudio en Tenerife, la especie invasora permanece como periférica en la red y se conecta con las plantas que presentan un mayor número de interacciones (lo que en inglés llamamos *dissortative linkage*). Sin embargo, cuando nos fijamos en las especies y no en las comunidades completas, observamos que los insectos de las zonas invadidas por las tuneras tienen en promedio un menor número de interacciones con las plantas de la comunidad, los que nos lleva a pensar que hay una usurpación de visitantes florales por parte de la especie invasora. También se observa que en la integración de las especies invasoras en las comunidades nativas, los visitantes florales más generalistas, como por ejemplo el abejorro *Bombus canariensis*, endémico de nuestras islas, o las abejas europeas *Apis mellifera*, juegan un papel muy importante (véase la Fig. 4). Aplicando los mismos métodos de estudio en dos años consecutivos, se observa que tanto estos patrones descritos brevemente aquí como los efectos sobre las redes parecen mantenerse en el tiempo.

### VARIACIÓN TEMPORAL EN LAS REDES DE PLANTAS Y VISITANTES FLORALES

Al usar estas redes complejas como una herramienta para tratar de entender el efecto que tienen las especies exóticas sobre las comunidades nativas, una pregunta que surge rápidamente es cuán estable es en el tiempo

y en el espacio esta red de interacciones. Los resultados que se han ido obteniendo, usando las redes de plantas y visitantes florales, nos dicen que los patrones generales de interacción en las comunidades se mantienen en el tiempo, mientras que hay un recambio importante en los protagonistas de las mismas, siendo este recambio de mayor magnitud en las especies animales que en las vegetales<sup>7</sup>. Haciendo un símil que nos ayude a entender estos resultados, podemos pensar en un lugar como la Universidad de La Laguna. En la universidad, año tras año vemos más o menos la misma estructura si mantenemos una perspectiva global; tenemos los profesores que imparten sus clases y los alumnos que las atienden cada día durante su formación. Si nos fijamos en los protagonistas de la historia, veremos que cada año comienzan sus estudios nuevos estudiantes y de la misma manera muchos estudiantes acaban su formación

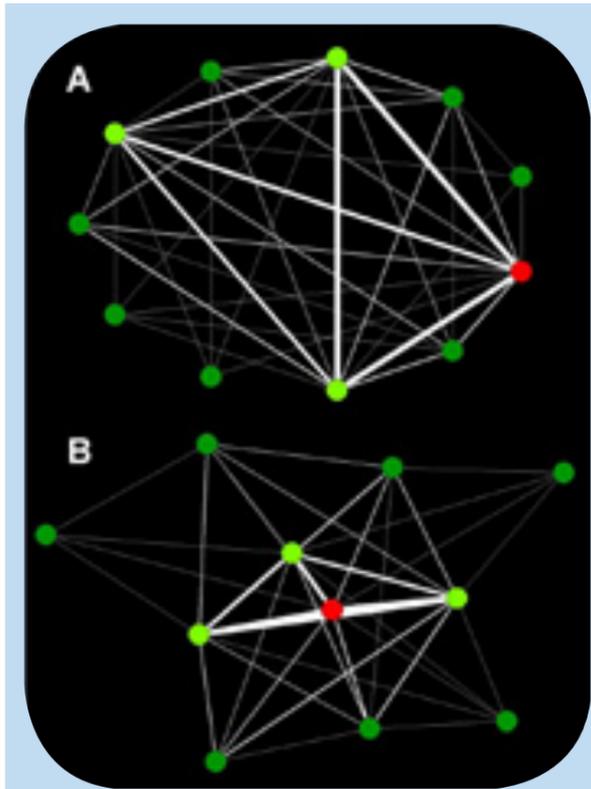


Figura 5. Sencillo ejemplo de una red unimodal donde los nodos representan a las diferentes especies de plantas y los enlaces unen aquellas especies que comparten visitantes florales (cuanto mayor es el grosor del enlace, más visitantes florales se comparten entre las plantas). En A se muestra la red organizada de una manera aleatoria, mientras que en B tenemos la misma comunidad con las especies ordenadas según la similitud de sus visitantes florales, teniendo a la invasora en el centro de la representación. Usando estas redes unimodales, se pueden identificar las especies nativas (color verde claro) que comparten más visitantes florales con la especie invasora (color rojo). Las especies nativas que más comparten visitantes con la invasora serán las más propensas a ser afectadas (negativa o positivamente) por esta última. Esta información tan simple nos puede ayudar mucho en el diseño de experimentos en el medio natural como el realizado en la isla de Mallorca con la especie invasora llamada bálsamo o papa frita *Carpobrotus aff. acinaciformis*.

y pasan a otras etapas de sus vidas (quizás, hoy en día, mayoritariamente a engrosar las listas del paro o a ser medianamente explotados por alguna multinacional). Del mismo modo, algunos profesores son contratados y otros se jubilan o se trasladan a otras universidades u otros ámbitos laborales. Así, veremos una estructura de la comunidad universitaria relativamente constante en el tiempo y un recambio de alumnos (visitantes florales si seguimos con el símil) mayor que el de profesores (plantas en nuestro ejemplo) dentro de la comunidad. Es muy importante considerar estas variaciones temporales en las redes mutualistas, ya que, sin tener en cuenta estos cambios producidos año tras año y la dinámica de las comunidades difícilmente, podremos entender cómo son afectadas por la introducción de nuevas especies. Además de en los animales, también se observa una variación importante en las interacciones que se producen en los ecosistemas. Todas estas variaciones de un año a otro en las redes de plantas y visitantes florales no pudieron ser atribuidas a la variación climática, usando para comprobarlo tanto variables de corto como de más largo plazo. Todos estos resultados sugieren que las especies son reemplazadas por otras que pueden cumplir una función ecológica similar y que las redes en sí son en cierta manera robustas frente a cambios derivados de la presencia de las diferentes plantas y animales en ellas.

#### REDES MUTUALISTAS Y MODELOS MATEMÁTICOS COMO FUENTE DE ESTUDIOS EMPÍRICOS EN LA NATURALEZA

Llamamos redes cualitativas a aquellas en las que la información incluida es de tipo binario (unos y ceros); es decir, si existe, o no, interacción entre los diferentes organismos. Sin embargo, las que denominamos redes cuantitativas son aquellas en las que se pone un peso numérico a cada una de las interacciones. Por ejemplo, una interacción más fuerte sería aquella en la que un lagarto consume muchos frutos de una planta, mientras que una interacción más débil sería aquella en la que los lagartos solo consumen ese tipo de frutos esporádicamente. En ocasiones, incluyendo esta información cuantitativa no obtenemos mucha información nueva respecto a la existente en la red cualitativa y, por tanto, no cambia mucho la visión que ya tenemos sobre la problemática de las especies invasoras<sup>8</sup>. No obstante, en otros casos sí que se podría obtener una visión más realista del sistema de estudio y así poder hacer mejores diseños de futuros experimentos en el campo<sup>9</sup>. En cualquier caso, usando información básica de las redes de interacción podemos diseñar experimentos para responder preguntas muy concretas (véase el ejemplo que expongo en el siguiente apartado y la Fig. 5) en nuestros sistemas de estudio.

Otra fuente de diseños concretos y completamente dirigidos para estudios empíricos en los sistemas natura-

les son los modelos. Los modelos matemáticos no dejan de ser eso, simplemente modelos, simplificaciones de la realidad, y se deben poner a prueba en los sistemas naturales que estudiamos. En un trabajo abordado recientemente<sup>10</sup>, lo que hacemos es simular una invasión biológica y sus efectos sobre la red de interacción, particularmente sobre los parámetros que la caracterizan. Para llevar esto a cabo, nos valemos de un modelo relativamente simple en el que describimos la topología de las redes de interacción bajo diferentes supuestos o escenarios en los que la invasora al llegar a la nueva comunidad es poco abundante y gradualmente va aumentando su abundancia relativa en la comunidad invadida (situación bastante realista para las especies exóticas que llegan a las comunidades y consiguen establecerse). Los resultados que se obtienen usando esta herramienta pueden luego ser puestos a prueba en la naturaleza con un diseño experimental similar al que se ha expuesto en un apartado anterior. Los trabajos así planteados resultan sin duda mucho más interesantes, si los comparamos con estudios realizados sin estos razonamientos y simulaciones previas, debido sobre todo a que tenemos hipótesis muy precisas y bien fundamentadas respecto a esos cambios que presumiblemente se producirán como consecuencia de la presencia de las especies invasoras.

#### TRANSFERENCIA DE POLEN DESDE LAS ESPECIES INVASORAS HASTA LAS ESPECIES NATIVAS

La transferencia de polen desde las plantas invasoras hasta las flores de las nativas durante el proceso de la polinización, afectando posteriormente a la producción de frutos y semillas, es uno de los mecanismos por los que estas nuevas especies pueden afectar negativamente a las comunidades nativas. Estos mecanismos pueden ser tanto de tipo químico como mecánico, interfiriendo directamente en la reproducción de las plantas nativas. Para que estas situaciones ocurran se deben dar una serie de condicionantes, como que las plantas nativas compartan visitantes florales con la invasora, que estos visitantes transporten polen de la invasora de manera efectiva y que alternen su actividad entre la invasora y las nativas. Por último, este polen exótico tiene que llegar hasta los estigmas (parte de las flores que recibe el polen) de las plantas nativas y afectar verdaderamente a la fecundación de las flores y la posterior producción de semillas.

Usando la herramienta de las redes mutualistas unimodales, en las que se mapean las interacciones entre las plantas de una comunidad vía los insectos que las visitan (Fig. 5), se identificaron las especies nativas que comparten visitantes florales con una invasora muy común en los litorales de las islas Baleares, y se estudió la transferencia de polen que ocurría entre esta invasora y tres nativas en condiciones naturales<sup>11</sup>. Si bien se comprobó que los visitantes florales compartidos llevaban gran cantidad de polen exótico adherido a sus cuerpos,

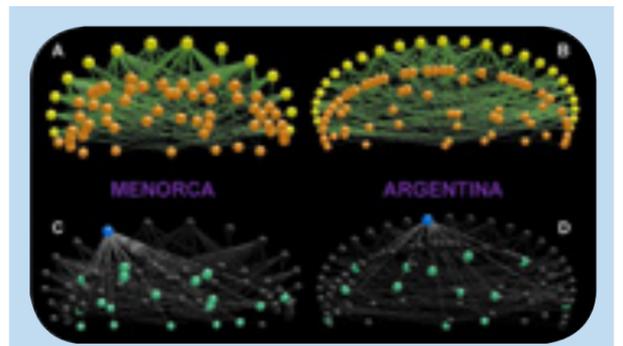


Figura 6. Redes de interacción entre plantas y visitantes florales para dos zonas de estudio: en la isla de Menorca (Baleares), donde tenemos a la invasora *Opuntia maxima* (A y C) y en la Reserva Natural de Villavencio (Argentina), donde *Opuntia sulphurea* es una especie nativa (B y D). En las redes completas (A y B), las plantas están representadas en amarillo, los visitantes florales en naranja y las interacciones en verde. En C y D se muestran las mismas comunidades, resaltando las especies de *Opuntia* en azul, los visitantes florales con los que interactúan en verde y los enlaces en gris. Fuente Benigno Padrón y colab.<sup>12</sup>

también observamos que la mayoría de las veces estos animales que visitan las nativas procedían de otro individuo de la misma especie y no directamente desde la invasora. Este comportamiento al buscar alimento por parte de los visitantes florales en la comunidad de plantas contribuye a una baja llegada de polen exótico hasta los estigmas nativos y solo en una de las tres especies nativas estudiadas en detalle se observó un efecto negativo en la producción de semillas. Para estudiar estos procesos se recurrió a experimentos de polinización manual usando varios tratamientos, como son (1) el polen de la misma especie nativa, (2) el polen de la invasora y (3) una mezcla de polen nativo e invasor. Con este ejemplo comprobamos que en los sistemas naturales se pueden producir estas situaciones de transferencia de polen entre invasoras y nativas y que la caracterización de las redes mutualistas nos puede ayudar en el estudio de sus hipotéticos efectos. Teniendo en cuenta que las condiciones (p. ej., la abundancia relativa de exóticas y nativas) van cambiando con el paso del tiempo, podemos pensar que este efecto, actualmente poco influyente, podría constituir un problema de mayor envergadura para la flora nativa en un futuro cercano si no se hace un control efectivo de las poblaciones de exóticas.

#### UN PASO MÁS, INCLUIR LAS ZONAS DE DISTRIBUCIÓN ORIGINAL EN EL ESTUDIO DE LAS INVASIONES BIOLÓGICAS

Este enfoque en el que observamos toda la comunidad, usado recientemente para el estudio de las invasiones biológicas, se puede llevar un poquito más allá incluyendo las zonas de origen de las especies invasoras, sus características naturales y el papel que juegan en las comunidades de donde provienen. Se da la paradoja de que muchas de las invasoras se han estudiado bastante



Figura 7. La tunera común *Opuntia maxima*, una especie invasora, y el endémico bicácaro *Canarina canariensis* creciendo juntas y saludablemente en una zona de dominio potencial del bosque termófilo en el noroeste de la isla de Tenerife. Foto Benigno Padrón.

### ¿QUIÉN ES REALMENTE EL INVASOR?

Hablar de invasiones biológicas es hablar de nosotros como especie, ya que desde el preciso instante en que uno de nuestros congéneres se planteó la idea de cultivar una planta (o criar un animal) para aprovecharla en nuestra alimentación, que nos hiciera compañía o formara parte nuestro entorno más cercano, como puede ser un jardín o el patio de nuestras casas, ya empezamos a modificar los sistemas naturales y hacerlos más a nuestro gusto. Desde luego que la introducción de especies exóticas en nuevos territorios es un problema que actualmente es considerado como una de las mayores causas de pérdida de biodiversidad y por ello dedicamos grandes esfuerzos al estudio y solución de estos problemas. Sin embargo, no podemos perder nunca la perspectiva global de la situación (para eso no necesitamos las herramientas de las redes complejas, sino la herramienta compleja que tenemos encima de los hombros) y es que al fin y al cabo, en nuestro ámbito, todo se reduce a nosotros como especie y el modelo que usamos cada día para vivir en consonancia (o no) con nuestro entorno. Esta perspectiva tan antropocéntrica también existe en nuestra sociedad y, sin incorporarla a la perspectiva global, dudosamente encontraremos respuestas a las grandes preguntas.

A modo de reflexión final, les pediré que presten atención a la situación mostrada en la Figura 7. No resulta trivial para mí responder al comentario de una de mis hermanas ante esa imagen: “Mira, tú que estudias a las invasoras esas, ahí están la tunera y el bicácaro juntitos, y quizás si pudieran hablar te dirían que ellas no tienen ningún problema; que el problema lo tenemos nosotros, intentando ellas sobrevivir a las condiciones que les hemos impuesto; y tan mal no se llevan por lo que se ve y el bicácaro parece que está diciendo que la tunera es un soporte buenísimo para su crecimiento”. Tampoco resulta fácil responder al comentario de un compañero con el que colaboré y sigo colaborando en el trabajo de integración de las tuneras en los ecosistemas mediterráneos y canarios por parte de los animales que consumen y dispersan sus semillas. Él me decía que “las tuneras, además de estar incluidas en la lista de las 100 especies más problemáticas del mundo por su carácter invasor, deberían estar también incluidas entre las 100 especies más útiles para el hombre”. Respecto a estas ideas, me vienen a la cabeza nuestros mayores en las islas que, usando esta planta en tiempos que ahora nos parecen un pasado lejano (aunque realmente no hace tanto tiempo de esas estampas), “mataron tanta hambre” comiendo sus frutos acompañados de una pella de gofio o alimentaron con sus pencas al ganado en épocas de escasez. Como decía anteriormente, la respuesta a las preguntas dependerá entonces del sector de la sociedad al que le preguntemos. El ejemplo de las tuneras nos daría para escribir muchas más páginas desde la

perspectiva de sus usos y la importancia que tienen en nuestra cultura<sup>13</sup>. Sin embargo, y para no extenderme más y finalizar esta reflexión, diré que estas plantas en particular se han propagado por nuestros sistemas naturales básicamente una vez que hemos cambiado nuestro modelo económico, abandonando las zonas rurales donde estaban muy bien ubicadas y controladas cerca de las viviendas familiares o los márgenes de los cultivos. Ahora hemos pasado a un sistema económico que depende principalmente del turismo y de las propias administraciones públicas, usando los beneficios que este nuevo modelo nos proporciona para comprar e importar los alimentos desde otros lugares del mundo. Quizás si ahora tuviéramos la oportunidad de volver al pasado y ver los paisajes de las medianías canarias (o las garrigas en las islas Baleares), no veríamos estas plantas como un problema, sino que seguiríamos agradeciéndoles los beneficios que nos han proporcionado. Aun así, no debemos nunca perder la perspectiva global y no pensar solo en nuestro propio beneficio, intentando que nuestros efectos sobre el medio que nos rodea sean los menores posibles. Esta perspectiva incluye entender y evaluar los efectos que la presencia de especies traídas por nosotros hasta un lugar particular tiene para este lugar y las especies que en él habitan. Solo así, incluyendo las distintas perspectivas en un problema global como el que aquí tratamos y que afecta a tantos ámbitos de la sociedad, podremos encontrar respuestas para estas grandes preguntas. Incluso, a largo plazo, la pérdida de biodiversidad también podría afectar negativamente a nuestro bienestar por vías impredecibles. Nadie dijo que sería fácil poner en común la perspectiva de los ecólogos y la de los “maestros de la tierra”, pero precisamente por eso dedicamos enormes esfuerzos y dinero a buscar las soluciones más adecuadas. Al fin y al cabo, son las personas que viven en el campo las que podrán llevar a cabo (o no), de una manera efectiva y realista, las actuaciones diseñadas por los investigadores para evitar las consecuencias negativas del movimiento de plantas y animales de un lugar a otro del planeta ▼

### Agradecimientos

Mi agradecimiento al editor de la revista *El Indiferente* por la invitación para escribir este pequeño artículo. A todos los coautores de los trabajos que he citado aquí y con los que estoy compartiendo esta etapa de formación predoctoral, así como a las personas que en los diferentes sitios de estudio han estado dispuestas a colaborar en todo lo que he necesitado. Para hacer las figuras he usado programas creados desinteresadamente por algunos investigadores; R.J. Williams y sus colegas en el Pacific Ecoinformatics and Computational Ecology Lab me facilitaron el FoodWeb3D, y Vladimir Batagelj junto con Andrej Mrvar el Pajek. Por último, agradezco a N. Padrón, C. Tur, R. Castro, L. Mejías, E. Padrón, A. Hillyer,

A. González, P. Marrero, D.P. Padilla, G. Jones, M. Nogales, A. Traveset, A. Martínez y F. Siverio sus acertados comentarios de los primeros borradores de este artículo.

### Bibliografía

- VILÀ, M., VALLADARES, F., TRAVESET, A., SANTAMARÍA, L. & CASTRO, P. (coords.) 2008. *Invasiones Biológicas*. Colección Divulgación CSIC. Madrid. 216 pp.
- RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. 2009. Pérdida de interacciones planta-animal en islas. *El Indiferente* 20: 36-43.
- MELIÁN, C.J. 2005. Redes biológicas de carácter insular: implicaciones para la biodiversidad. *El Indiferente* 17: 44-47.
- BASCOMPTE, J., JORDANO, P., MELIÁN, C.J. & OLESEN, J.M. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 100: 9383-9387.
- PADRÓN, B., NOGALES, M., TRAVESET, A., VILÀ, M., MARTÍNEZ-ABRAÍN, A., PADILLA, D.P. & MARRERO, P. 2010. Integration of invasive *Opuntia* spp. by native and alien seed dispersers in the Mediterranean area and the Canary Islands. *Biological Invasions* doi: 10.1007/s10530-010-9872-y.
- PADRÓN, B., TRAVESET, A., BIEDENWEG, T., DÍAZ, D., NOGALES, M. & OLESEN, J.M. 2009. Impact of alien plant invaders on pollination networks in two archipelagos. *PLoS ONE* 4: e6275. doi:10.1371/journal.pone.0006275.
- DUPONT, Y.L., PADRÓN, B., OLESEN, J.M. & PETANIDOU, T. 2009. Spatio-temporal variation in the structure of pollination networks. *Oikos* 118: 1261-1269.
- PADRÓN, B. & TRAVESET, A. (en rev.). Incorporating quantitative information in the study of plant invasions within a network approach.
- PADRÓN, B. & TRAVESET, A. (en prep.). Unimodal networks in the study of biological invasions: unweighted and weighted perspectives.
- PADRÓN, B., VÁZQUEZ, D.P., TRAVESET, A. & AIZEN, M.A. (en prep.). Generating hypotheses for the changes promoted by alien species into floral visitation networks.
- JAKOBSSON, A., PADRÓN, B. & TRAVESET, A. 2008. Pollen transfer from invasive *Carpobrotus* spp. to natives - A study of pollinator behaviour and reproductive success. *Biological Conservation* 141: 136-145.
- PADRÓN, B., CHACOFF, N.P., TRAVESET, A. & VALIENTE, A. (en prep.). Study of plant invasions within a network approach and including the original distribution: the case of *Opuntia*.
- LORENZO-PERERA, M.J. 2008. Una planta a la que tanto debemos: la tunera. *El Baleo* 49: 12-16.

### El autor

**Beni Padrón** es licenciado con grado en Biología por la Universidad de La Laguna y actualmente estudiante de tercer ciclo en la misma universidad. Su tesis doctoral, bajo la dirección de los doctores A. Traveset y M. Nogales, trata de cómo las especies invasoras son integradas en los ecosistemas receptores y los efectos que pueden tener sobre los patrones de interacción planta-animal en el marco de la polinización o la dispersión de semillas. Aparte de trabajar en ecosistemas insulares (Canarias y Baleares), ha dedicado parte de su tiempo a trabajar en sistemas continentales como en Dinamarca, Argentina o México, intentando profundizar en alguna de las cuestiones que aborda en su tesis doctoral, bien en busca de sistemas de estudio adecuados para responder a esas mismas preguntas o para aprender las técnicas que se usan en estas disciplinas junto a expertos en los diferentes grupos de investigación que ha visitado y con los que sigue colaborando en la actualidad. E-mail: bpadronm@yahoo.es

### Cita recomendada

PADRÓN, B. 2011. Interacciones mutualistas en ecosistemas insulares. Integración e impacto de las especies invasoras. *El Indiferente* 21: 54-63.

# ECOLOGÍA Y EVOLUCIÓN

## DE PLANTAS ORNITÓFILAS DE LA MACARONESIA

Alejandro González & Javier Fuertes



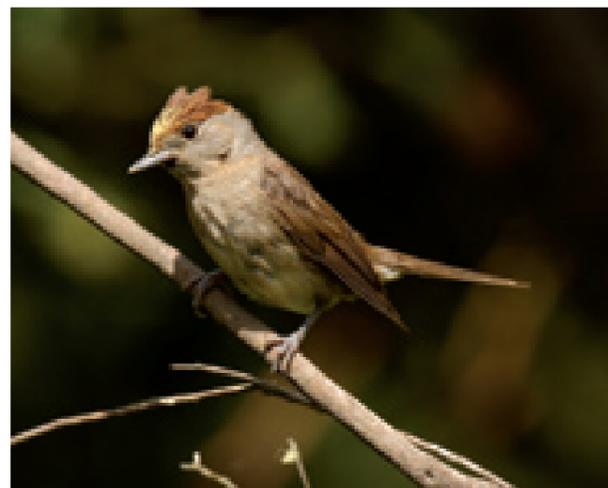
### **Ecology and evolution of ornithophilous plants in Macaronesia.**

Insularity in Macaronesia has motivated the existence of a large number of singularities in the evolution of its flora. One of the most outstanding phenomena is the occurrence of plants from independent lineages pollinated by generalist passerines, like chiffchaffs or blue tits. The set of plant endemic species –known as the “Macaronesian bird-flower element”– show floral characters interpreted as adaptations to bird pollination. The paradox is that no evidence has been found for the existence in the past of nectarivorous birds that could have driven the evolution of such floral syndrome. In this paper, we explore the present knowledge about this plant-animal mutualistic interaction. Flower visits by common passerines, as well as lizards, have been detected in more than ten plant species. According to the commonly accepted, ornithophily may have arisen in the African continent ancestors for those plants belonging to older lineages, and within the islands for the recent ones. However, this hypothesis cannot completely explain the perdurance of the syndrome in the absence of its causal agent. In addition, there is little evidence on the actual role of the birds as pollinators except for the Cresta de Gallo *Isoplexis canariensis*. Here, some of the studies we have conducted on the reproductive biology of the Higuera *Navaea phoenicea*, a rare paleoendemic tree-mallow restricted to a few ravines in Teno and Anaga (Tenerife), are presented. The species exhibits the typical ornithophilous characters like the production of large amounts of diluted nectar, reddish petals and others. Flowers are regularly visited by passerines like Blackcap, Sardinian Warbler, Canary Blue Tit and Chiffchaff, although the latter acts as its major pollinator. Despite the increasing knowledge in the phylogeny of several groups, genetic changes responsible for the pollination shifts are still not well understood. Thus, some questions concerning a putative common origin for the Canarian bird-flower element remain unsolved.



Las islas constituyen un valioso recurso como laboratorios naturales para identificar y abordar las grandes preguntas que se plantean dentro de los campos de la Ecología y la Evolución. Algunos ecosistemas insulares destacan por su diversidad, las radiaciones evolutivas o las altas tasas de endemismo como consecuencia del aislamiento geográfico. Dentro del panorama mundial, las islas Canarias han destacado siempre como destino de grandes naturalistas. Este archipiélago oceánico no solo presenta las tasas de endemismo más altas de toda Europa, sino que la diversidad de su flora alberga una serie de singularidades. La más conocida sea probablemente su origen, en algunos casos africano y en otros mediterráneo, con una fuerte componente de taxones relictos, más propios de la era terciaria, que han podido subsistir en las islas desde entonces, mientras que en la región mediterránea se han visto reducidos a una presencia testimonial en las zonas de clima más cálido. La historia evolutiva de las islas Canarias incorpora otras peculiaridades, también posiblemente ligadas al carácter relictivo de una parte de la flora, con fenómenos cuyo origen es mucho más controvertido. Así, Stephan Vogel<sup>1</sup> y Jens M. Olesen<sup>2</sup>, en sus estudios sobre la polinización por aves en Sudáfrica y en Canarias en la década de 1980, recopilaron información acerca de algunas especies de plantas de distintas familias que eran visitadas asiduamente por aves paseriformes comunes (herrerillos, currucas, mosquiteros, etc.), que en otros lugares de la región mediterránea se comportaban exclusivamente como aves de dieta generalista compuesta por insectos. Este hecho igualmente contrasta con lo observado en otras regiones del continente africano, donde muchas plantas son visitadas por grupos de aves especializados en el consumo de néctar como los pertenecientes a la familia Nectariniidae (Passeriformes).

Este conjunto de plantas canarias visitadas por aves comparten dos características diferenciales: son endémicas del archipiélago y poseen claros rasgos morfológicos y funcionales de adaptación a la polinización por aves. Por ejemplo, tienen grandes flores de colores rojizos o anaranjados, carentes de olor, y a su vez segregan grandes cantidades de néctar. Al conjunto de caracteres florales compartidos entre los distintos linajes y que responden a una adaptación a la polinización por aves se



Las flores de higuera *Navaea phoenicea* pueden aparecer tanto en solitario como en racimos. Son un buen ejemplo de la adaptación a la polinización por aves: de colores anaranjados y de gran tamaño, resultan unas flores tremendamente llamativas. En la base de los pétalos se pueden apreciar los receptáculos donde la flor aloja el néctar. Foto José J. Hernández. Curruca capirotada *Sylvia atricapilla*, una de las especies de paseriformes que en Canarias visitan las flores de algunas plantas. Foto Beneharo Rodríguez. Página anterior Curruca cabecinegra *Sylvia melanocephala* tomando néctar de las flores de la higuera. Al buscar el néctar en la base de la corola, se produce el contacto del ave con las anteras y el polen se queda pegado a la cabeza, o bien con los pistilos, produciéndose la polinización si el pájaro ya transportaba polen. Foto José J. Hernández.

le ha denominado “síndrome de polinización ornitófila o por aves”. De esta manera, al conjunto de plantas de la flora insular aparentemente polinizadas, o, al menos, que cuyas flores son visitadas por aves se conoce como el “elemento ornitófilo macaronésico”.

Este tipo de interacción mutualista entre plantas y aves es casi testimonial en el Viejo Mundo, fuera de las regiones tropical y subtropical, con la excepción de Sudáfrica y este de África. Así pues, cabe preguntarse

posterior mantenimiento de este síndrome en diversos linajes de la flora canaria.

En este artículo repasamos qué especies componen el elemento ornitófilo macaronésico, a qué aves se encuentran asociadas, y examinamos las características de las flores que intervienen en esta interacción. En particular, nos centramos principalmente en la higuera *Navaea phoenicea*, un endemismo tinerfeño en peligro de extinción. Finalmente, proponemos otra posible tercera

Este conjunto de plantas canarias visitadas por aves comparten dos características diferenciales: son endémicas del archipiélago y poseen claros rasgos morfológicos y funcionales de adaptación a la polinización por aves



¿qué origen tiene esta relación? ¿De dónde proceden estas plantas? ¿Cómo la selección natural ha hecho posible que las características de estas flores estén presentes en grupos tan distintos hoy en la Macaronesia? En la literatura científica se han propuesto dos hipótesis<sup>3</sup>. Según la primera propuesta, llamada “hipótesis ancestral”, la ornitofilia es un fenómeno propio de especies relictuales, que se originó antiguamente como consecuencia de la coevolución con aves especialistas, bien en Canarias o bien en el continente africano donde tuvieron su origen. Hipotéticamente, los pájaros nectarívoros pertenecerían a la familia Nectariniidae, bastante diversificada en África. En una época posterior, las aves especialistas se habrían extinguido quedando un recurso alimentario que los paseriformes generalistas han explotado ante la menor diversidad de insectos característica de las islas. Estas aves estarían manteniendo la presión de selección sobre los caracteres florales. Esta hipótesis, sin embargo, tiene una laguna fundamental: no existen aves nectarívoras actualmente en Canarias, y hasta el momento no tenemos ninguna evidencia fósil de su existencia en el pasado<sup>4</sup>. Aunque no se puede descartar que las hubiera, la falta de apoyo en el registro fósil supone una importante debilidad en esta hipótesis. Tampoco es posible determinar si esta interacción surgió primero en el continente o si apareció directamente en las islas.

La segunda propuesta, la “hipótesis de *novo*”, sugiere que la ornitofilia es un fenómeno reciente y que ha surgido en las islas en respuesta a la interacción con los paseriformes generalistas. A pesar de que la aparición de esos pájaros se estima reciente, incluso postglacial, las especies recién llegadas, al incorporar el néctar en su dieta y polinizar las flores, habrían ejercido una presión de selección que tendría como resultado la aparición y

hipótesis para explicar la existencia de este síndrome de polinización en el archipiélago.

#### EL ELEMENTO ORNITÓFILO MACARONÉSICO

El trabajo de Alfredo Valido y colaboradores<sup>3</sup> recopila tanto aquellas plantas para las que se han detectado visitas de aves como aquellas que, por sus características florales, podrían ser potencialmente visitadas (véase

ESPECIE	FAMILIA	ARCHIPIÉLAGO
<i>Echium virescens</i> *	Boraginaceae	Canarias
<i>Echium decaisnei</i> *	Boraginaceae	Canarias
<i>Echium wildpretii</i> *	Boraginaceae	Canarias
<i>Canarina canariensis</i> *	Campanulaceae	Canarias
<i>Musschia wollastonii</i> *	Campanulaceae	Madeira
<i>Aeonium arboreum</i> *	Crassulaceae	Canarias
<i>Lotus berthelotii</i>	Fabaceae	Canarias
<i>Lotus eremiticus</i>	Fabaceae	Canaria
<i>Lotus maculatus</i>	Fabaceae	Canarias
<i>Anagyris latifolia</i>	Fabaceae	Canarias
<i>Navaea phoenicea</i> *	Malvaceae	Canarias
<i>Isoplexis canariensis</i> *	Scrophulariaceae	Canarias
<i>Isoplexis chalcantha</i> *	Scrophulariaceae	Canarias
<i>Isoplexis isabelliana</i> *	Scrophulariaceae	Canarias
<i>Isoplexis sceptrum</i> *	Scrophulariaceae	Madeira
<i>Scrophularia calliantha</i>	Scrophulariaceae	Canarias

Tabla 1. Algunas especies de plantas macaronésicas con flores visitadas por aves (\*) o potencialmente adaptadas a la polinización por aves.

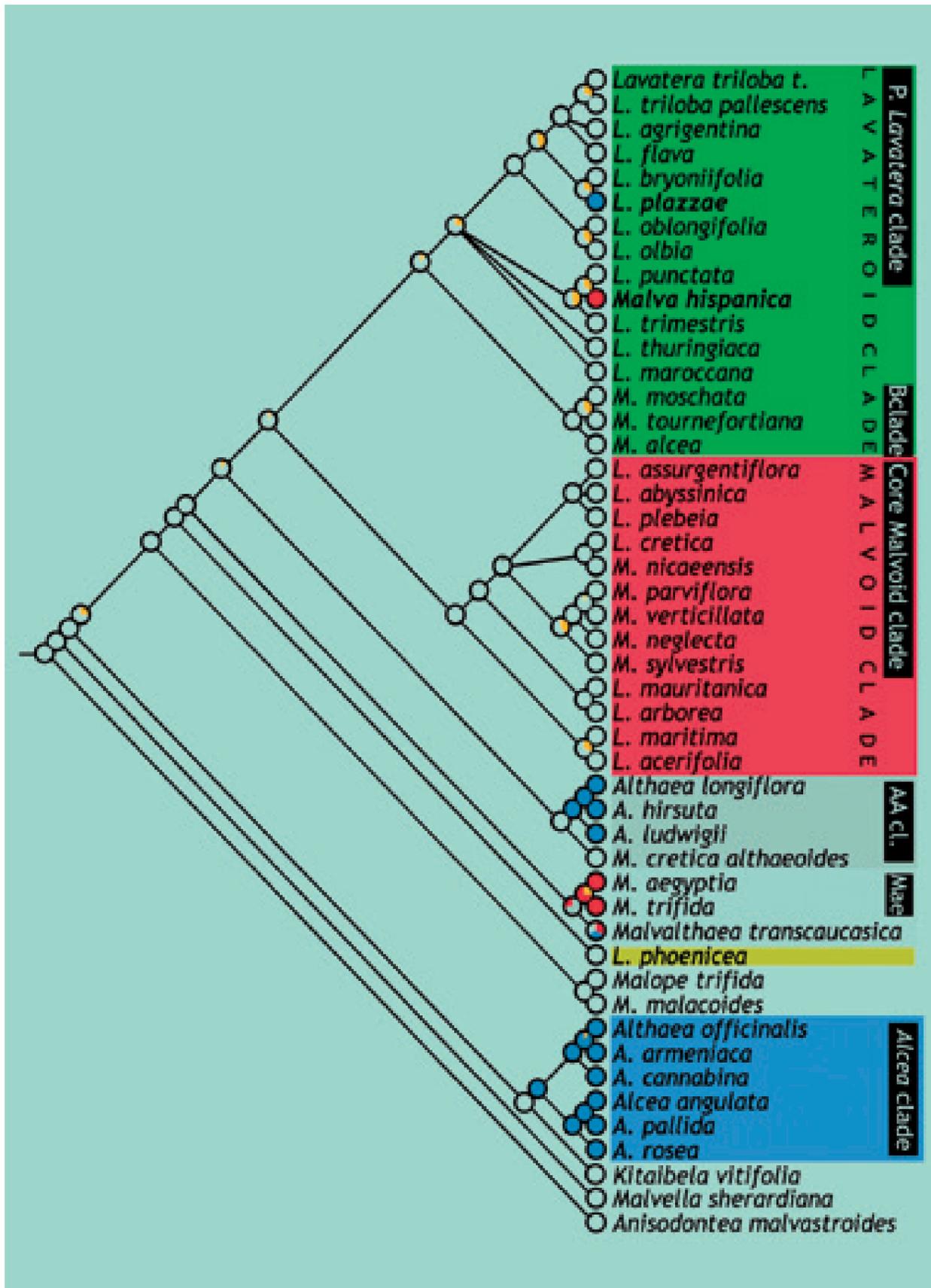
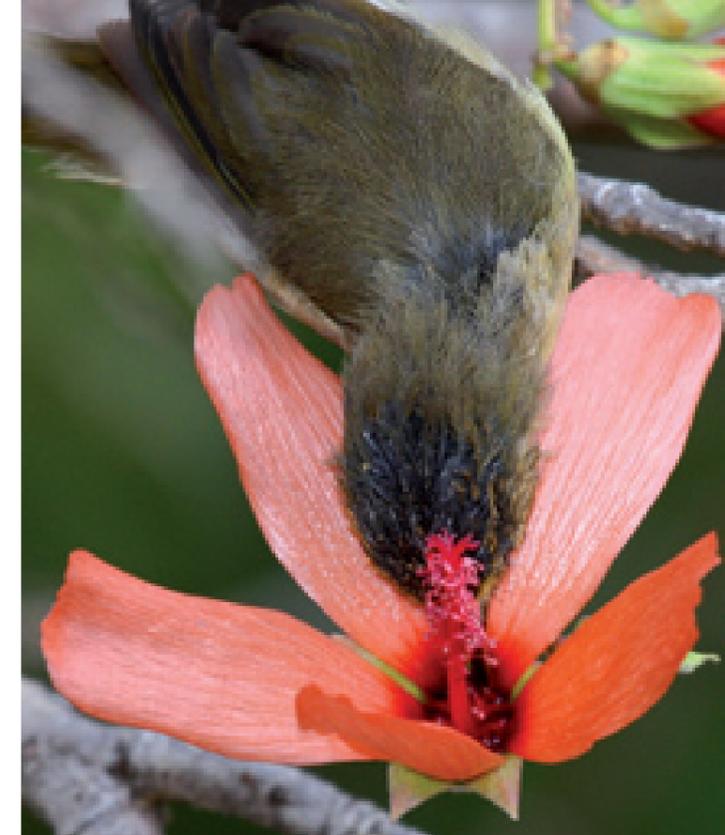


Figura 1. Árbol filogenético de la tribu de las malveas (Malvaceae). La higereta (en amarillo, como *L. phoenicea*) aparece separada del grupo de los géneros *Malva* y *Lavatera*, donde estaba incluida al principio. La higereta queda de hecho en un clado independiente y más antiguo que dicho linaje, lo que ilustra muy bien el carácter relictivo de la especie. Fuente Pedro Escobar y colab.<sup>19</sup>



Mosquitero canario *Phylloscopus canariensis* tomando néctar de una flor de higereta. Por el alto número de visitas legítimas y la gran cantidad de polen que deposita, el mosquitero es el visitante más frecuente y, sin duda, también el polinizador más importante que tiene la planta. Foto Beneharo Rodríguez.

Tabla 1). El elemento ornitófilo macaronésico podría comprender por tanto hasta 16 especies, distribuidas en nueve géneros correspondientes a seis familias. Las plantas incluidas son endemismos canarios, con las excepciones de *Musschia wollastonii* e *Isoplexis sceptrum*, que son endémicas del archipiélago de Madeira. Además, aquí incluimos de forma tentativa al oro de risco *Anagyris latifolia* (Leguminosae), endémica también de Canarias. Aunque hasta el momento no se han detectado aves visitando flores de dicha planta, ésta comparte algunos rasgos que sí se han estudiado en su especie hermana, el altramuz hediondo *A. foetida*, que habita en la cuenca mediterránea<sup>5</sup>. Los estudios realizados en el suroeste peninsular concluyen que se trata de una planta polinizada por aves en la península Ibérica, predominantemente mosquiteros, y que presenta las adaptaciones ornitófilas características. Al igual que ocurre con algunas de las especies canarias, la interpretación sobre la biología reproductiva del altramuz hediondo está asociada con el hecho de ser un relictivo terciario. De esta manera, se asume la existencia también en el sur de Europa de otras plantas polinizadas por aves, que pudieron haberse extinguido como consecuencia de las glaciaciones. En Canarias, siete especies de pájaros han sido observadas visitando flores en busca de néctar: tres especies de currucas (tomillera *Sylvia conspicillata*, cabecinegra *S. melanocephala* y capirotada *S. atricapilla*), el canario *Serinus canarius*, el pinzón común *Fringilla coelebs*, el herrerillo canario *Cyanistes teneriffae* y, más frecuentemente, el mosquitero canario *Phylloscopus canariensis*. Todas ellas, como ya hemos mencionado, tienen una dieta generalista insectívora o granívora.

La incorporación de néctar a la dieta no es un fenómeno limitado a plantas nativas de Canarias, sino que existen numerosas observaciones de estas aves o de parientes próximos que se aprovechan de la presencia de especies exóticas o cultivadas. Por ejemplo, el carbonero común *Parus major*, especie cercana a los herrerillos, visita las flores de *Fritillaria imperialis* (Liliaceae) en Alemania<sup>6</sup>. En cuanto a los herrerillos canarios, hemos podido observarlos sobre flores de dos especies de la familia *Strelitziaceae* como son el ave del paraíso *Strelitzia reginae* o la palma del viajero *Ravenala madagascariensis* (obs. pers.), o también visitando de forma legítima las flores tubulares del aloe arborecente *Aloe arborescens* (Asphodelaceae) (Felipe Siverio, com. pers.). También es frecuente verlos en la invasora americana *Nicotiana glauca* (Solanaceae), donde muestran un comportamiento muy elaborado para romper las flores y extraer el néctar. Esta inclusión de néctar en la dieta parece ser, por tanto, un comportamiento oportunista nada excepcional, que sin embargo podría sostener una presión de selección para mantener el síndrome de polinización por aves en Canarias, o incluso forzar su aparición independiente en varias familias.

Dentro de los vertebrados, los lagartos también han sido observados visitando algunas flores. La incorporación de néctar a la dieta en este grupo parece ser un fenómeno característico de ambientes insulares, donde estos reptiles han podido ampliar su nicho trófico para alimentarse también de néctar o frutos carnosos<sup>7</sup>. En Baleares, por ejemplo, la lagartija balear *Podarcis lilfordi* (Lacertidae) poliniza las flores de lechetrezna arbórea *Euphorbia dendroides*<sup>8</sup>. En Canarias, los lagartos han cobrado una gran importancia no solo desde el punto de vista de la diversidad y la abundancia, sino también con sus funciones ecológicas, con un papel dentro de la cadena trófica como polinizadores y dispersores de semillas. El lagarto tizón *Gallotia galloti* ha sido reconocido como un polinizador legítimo de la cresta de gallo *Isoplexis canariensis*<sup>9</sup>, y también lo hemos podido observar visitando flores de individuos cultivados de picopaloma *Lotus berthelotii* (obs. pers.).

#### ORNITOFILIA EN ESPECIES RELÍCTICAS Y EN LAS RADIACIONES RECIENTES

Las filogenias moleculares permiten rastrear en qué momento de la evolución de un grupo se ha producido la aparición de uno o varios caracteres. Ya hemos mencionado dos hipótesis para explicar el fenómeno de la ornitofilia en la Macaronesia. La hipótesis de *novo* sería válida para aquellos linajes de especies aparecidos en una radiación reciente. Actualmente disponemos de



Higuereta adulta perteneciente a la población de San Juan del Reparo. Este individuo, ya desaparecido, es uno de los más longevos que hemos podido detectar a través de los estudios de dendrocronología que hemos realizado sobre troncos muertos. La imagen muestra el porte de gran arbusto que tiene esta planta. Foto Alejandro González.

estudios filogenéticos para todos los grupos de plantas implicados en la polinización por aves, pero únicamente el caso del género *Echium*, los taginastes, representa un claro ejemplo donde el síndrome podría haber evolucionado de forma reciente en las islas Canarias. Según los datos filogenéticos<sup>10</sup>, las tres especies de taginaste para las que se han observado visitas de aves habrían evolucionado desde un ancestro entomófilo. Para *Echium decaisnei* y *E. virescens* las evidencias disponibles sobre la posible adaptación a una polinización por aves son débiles, y los colores de las corolas son más bien azulados o pálidos en vez de rojos o amarillos. En el caso del conocido taginaste rojo *E. wildpretii*, las inflorescencias, de color rojo, son asiduamente visitadas por canarios y mosquiteros, sugiriendo que se trata de un verdadero síndrome de polinización por aves que en este caso ha evolucionado recientemente en las islas<sup>11</sup>. En el otro extremo encontramos otras especies relictas, aquellas que según los estudios filogenéticos tienen un origen antiguo, previo al periodo Cuaternario, y que muestran pruebas de adaptación a la polinización por aves. Los casos más claros son el bicácaro *Canarina canariensis* y la higuereta, sobre la que profundizaremos más adelante.

El bicácaro, un claro ejemplo de relictos, ya ocupaba la portada de la revista *El Indiferente* en su edición de 2009, con una ilustrativa foto de un mosquitero

canario visitando una flor. El género *Canarina* solamente está compuesto por tres especies: *C. canariensis*, *C. abyssinica* y *C. eminii*, las dos últimas del este de África. Este es el patrón biogeográfico de las que forman la *rand flora*, aquellos grupos que se originaron en África en el periodo terciario, y que se extinguieron en casi todo el continente, quedando relegadas en el este de África y en Canarias. Un buen ejemplo de ello es el del drago macaronésico *Dracaena draco* (Dracaenaceae), cuyos parientes más cercanos viven en Yemen y en la isla de Socotra. Las dos especies africanas de *Canarina* son polinizadas por aves, en este caso por nectarínidos, sugiriendo que el origen del síndrome ornitófilo en nuestro bicácaro es de origen continental. Los rasgos florales de esta planta son, además, bien claros: propia de la Laurisilva y de las zonas húmedas del bosque termófilo, su floración se produce en invierno, y ofrece grandes flores rojas o anaranjadas con una gran cantidad de néctar. La disposición por lo general colgante de sus flores, con la corola orientada hacia el suelo, permite observar un comportamiento particular en los mosquiteros, que se mantienen en el aire en posición estática a la hora de libar el néctar, tal y como hacen los colibríes. En cuanto al resto de las especies, la evidencia filogenética sobre la edad y el origen del síndrome no es tan clara. Este sería el caso de las pertenecientes al género endémico de Macaronesia, *Isoplexis*. Con tres exclusivas de Canarias (las crestas de gallo *Isoplexis canariensis*, *I. chalcantha* e *I. isabelliana*) y una de Madeira (*I. sceptrum*), este género constituye un linaje derivado de *Digitalis* (dedaleras) de origen mediterráneo y entomófilo, que por tanto no nos permite diferenciar si el origen del síndrome es continental o insular.

Hasta hace poco, casi toda la evidencia sobre la interacción entre flores y pájaros se había basado en



Mosquitero canario sobre las flores de higuereta. Generalmente visita las flores como muestra la foto, es decir, posado, aunque también puede cernirse como hacen los colibríes. Foto José J. Hernández.

las observaciones de las visitas y su asociación con la presencia de caracteres florales en las plantas tales como el color de la corola o el néctar. Sin embargo, existen pocos estudios básicos de la ecología de las interacciones con los paseriformes que demuestren que las aves sean verdaderamente polinizadores efectivos que fomentan la persistencia del síndrome. Es decir, si existe una presión de selección sobre la adaptación a las aves, o si las visitas son simplemente oportunistas e ilegítimas. El caso de la cresta de gallo es el primer estudio publicado en probar el papel que juegan las aves y el lagarto tizón en su reproducción: María C. Rodríguez-Rodríguez y Alfredo Valido<sup>9</sup> censaron los visitantes florales y la efectividad de cada uno de ellos en la producción de semillas. Los insectos tienen en este caso una función residual, mientras que, entre las aves, el mosquitero canario es el visitante más frecuente y el polinizador más efectivo; por último, el lagarto tizón es también un polinizador legítimo, pero secundario por su baja frecuencia. Este trabajo concluye que, aunque la cresta de gallo no depende de las aves para la producción de semillas porque no mantiene un mecanismo de autogamia, la aportación de éstas es significativamente mayor en la biología reproductiva de la planta. Por tanto, las aves juegan un papel efectivo a la hora de mantener el síndrome.

#### EL NÉCTAR COMO RECOMPENSA A LOS POLINIZADORES: UNA CARACTERÍSTICA CLAVE

El néctar, como recompensa para atraer a los visitantes, ejerce una función fundamental a la hora de seleccionar a los polinizadores. La abundancia, la composición en azúcares, aminoácidos, o incluso aceites, así como su concentración, determinan la aparición de unas especies u otras dependiendo de la capacidad de digerir determinados azúcares. Como rasgo del síndrome de polinización por aves, se ha propuesto que las flores segregan grandes cantidades de néctar diluido. El azúcar de partida es la sacarosa, un disacárido formado por dos monosacáridos, glucosa y fructosa. Las células de los nectarios pueden presentar una enzima, la invertasa, que disocia la sacarosa a partir de los dos azúcares, de manera que la composición del néctar suele ser o bien de sacarosa, o bien de glucosa y fructosa. Esta dicotomía en el tipo de azúcar presente en el néctar es uno de los aspectos diferenciales entre flores ornitófilas y entomófilas. Los trabajos clásicos de los Baker<sup>12</sup> y otros investigadores<sup>13</sup> proponían la existencia de una dicotomía entre néctar rico en hexosas (contenido de al menos un 50% de glucosa y fructosa), y aquellos ricos en sacarosa. El primero estaría relacionado con la polinización por paseriformes, que no pueden asimilar la sacarosa, y el segundo con la polinización por colibríes en la región neotropical y nectarínidos en la paleotropical, que sí pueden.



Flor de higuereta en solitario. Foto Alejandro González.

La capacidad de asimilación de la sacarosa depende de la presencia en el tracto digestivo de las aves de la enzima sacarasa para romper el disacárido. El conocimiento acerca de la capacidad asimilatoria en paseriformes es todavía escaso pero suficiente para, al menos, poner en duda la dicotomía propuesta. De 53 familias de paseriformes, se conocen únicamente cinco incapaces de digerir sacarosa y 15 que sí pue-



Detalle de la columna estaminal de una flor de higuereta. Las anteras, en la parte inferior, apenas tienen ya polen. Los estilos, que no han sido fertilizados, se revuelven hacia abajo para autofecundarse. Este mecanismo es muy frecuente en las malváceas, aunque en el caso de la higuereta no es muy efectivo. Foto Alejandro González.

ESPECIE	FAMILIA	PV (%)
Mosquitero canario <i>Phylloscopus canariensis</i>	Phylloscopidae	42
Herrerillo canario <i>Cyanistes teneriffae</i>	Paridae	39
Curruca capirotada <i>Sylvia atricapilla</i>	Sylviidae	5
Curruca cabecinegra <i>Sylvia melanocephala</i>	Sylviidae	4
Abejorro canario <i>Bombus canariensis</i>	Apidae	2
Maculada canaria <i>Pararge siphoides</i>	Nymphalidae	0,2
<i>Ancistrocerus haematodes</i>	Eumenidae	1,4
Abeja europea <i>Apis mellifera</i>	Apidae	1,4

Tabla 2. Visitantes observados en las flores de higuera *Navaea phoenicea*. PV se refiere al porcentaje relativo de visitas, es decir, la proporción de visitas que corresponde a cada pájaro o insecto respecto al total.

den<sup>14</sup>, ya que poseen la enzima<sup>13</sup>. Desgraciadamente no se conoce la capacidad asimilatoria en los páridos (herrerillos y afines) ni en los sílvidos (curruccas), pero sí en el canario que sí posee la enzima<sup>15</sup>. Según la propuesta de Christopher N. Lotz y Jorge E. Schondube<sup>14</sup>, los pájaros prefieren alimentarse de hexosas a baja concentración y de sacarosa a mayor concentración, para no saturar su capacidad asimilativa de azúcares.

En el primer trabajo publicado acerca de esta cuestión, Yoko L. Dupont y colaboradores<sup>16</sup> compararon la composición de los azúcares presentes en el néctar de las plantas del elemento ornitófilo macaronésico con la de sus especies endémicas entomófilas macaronésicas más cercanas. No lo compararon, sin embargo, con el del taxón más próximo filogenéticamente, que en algunos casos no está en las islas sino en el continente, como es por ejemplo el del bicácaro. Todas las plantas ornitófilas

ofrecían un néctar rico en hexosas, sugiriendo que el néctar es un carácter floral que ha evolucionado en respuesta a los visitantes. No obstante, faltan por conocer dos aspectos fundamentales para los polinizadores: la concentración a la que se presentan los azúcares y la variabilidad en la composición, ya que puede modificar las interacciones planta-animal<sup>17</sup>. Estos resultados sugieren además que la composición del néctar es más propia de una adaptación a los paseriformes que a los nectaríidos africanos.

#### UN CASO SINGULAR: LA HIGUERETA NAVAEA PHOENICEA

En este artículo queremos mostrar los resultados de parte de los estudios que hemos realizado sobre una de las especies más interesantes de la flora canaria perteneciente a la familia de las malváceas: la higuera. Se trata de un arbolillo o arbusto de gran porte endémico de la isla de Tenerife, donde solo crece en barrancos sombríos del norte de los macizos de Teno y Anaga, en zonas de transición entre el bosque termófilo y el monte verde. Esta malvácea pertenece a la tribu de las malveas, en donde también se encuadran los géneros *Lavatera*, *Malva* y *Althea*. Cuando se describió fue inicialmente incluida dentro del género *Lavatera* por Etienne Pierre, junto con la otra malva endémica de Canarias, la malva de risco *Lavatera acerifolia*. Posteriormente Philip B. Webb y Sabin Berthelot propusieron incluirla en el género monotípico independiente *Navaea*. La propuesta de estos autores estaba basada en la excepcional morfología de la corola, única en la tribu, en la que los pétalos presentan en su base unas pequeñas aurículas que se doblan formando un receptáculo donde la flor ofrece su néctar. Los estudios filogenéticos moleculares que se han realizado sobre el linaje de la tribu de las malveas<sup>18 19</sup> muestran que *Navaea* (la higuera) es en realidad una especie independiente del resto del linaje y de origen más antiguo que las restantes especies de *Lavatera* y *Malva* (Fig. 1). Nos encontramos, por tanto, con un paleoendemismo adaptado a la polinización por aves.

A lo largo de los últimos años, nuestros estudios sobre la higuera se han centrado en una serie de objetivos: (1) averiguar las causas de su distribución disyunta y restringida a Teno y Anaga; (2) hacer un seguimiento de la demografía, el estado de conservación de sus poblaciones y las causas de amenaza; (3) determinar el posible papel del lagarto tizón como posible dispersor de sus semillas; y (4) esclarecer la función de las visitas de los paseriformes generalistas a las flores. El primer objetivo nos llevó, por una parte, a caracterizar el nicho ecológico mediante modelos estadísticos y Sistemas de Información Geográfica, y, por otra, a realizar un estudio con marcadores moleculares, en este caso utilizando la técnica de AFLPs (*Amplified Fragment Length Polymorphism*). Los resultados de ambos estudios sugieren que la especie requiere de unas condiciones ecológicas que, por la historia geológica de la isla, no se dan fuera de Teno y Anaga, salvo en algunos enclaves de los valles de Güimar y La Orotava, que podrían haber servido como poblaciones “puente”. Precisamente los marcadores moleculares nos muestran que, a pesar del aislamiento geográfico, existe o ha existido en épocas más recientes cierto intercambio genético entre ambas áreas de distribución, en el que quizás las aves como polinizadoras o los lagartos como dispersores de semillas jueguen o hayan jugado un papel fundamental.

En cuanto al segundo objetivo, los estudios de demografía y conservación arrojan unos resultados extremadamente preocupantes. La higuera ha sido catalogada como especie “Vulnerable” en el *Atlas y Libro Rojo de Flora Vasculosa Amenazada de España*<sup>20</sup>. Los censos que emprendimos muestran una población total de menos de 800 individuos, que se encuentra en ligera regresión y con unas tasas de reclutamiento alarmantemente bajas; por ello, le asignamos la categoría de “En peligro” en la *Lista Roja* del año 2008. Aun así, la especie no goza incomprensiblemente de una categoría de protección adecuada en el nuevo catálogo de especies protegidas del Gobierno de Canarias (figura como de “Interés especial para los ecosistemas canarios”), a pesar de que es una planta para la cual todos los datos científicos indican que urge elevar su protección y tomar medidas de conservación. Su situación no solamente cumple los criterios más estrictos de la UICN de amenaza global, sino que de forma especial converge su singularidad evolutiva (*evolutionary distinctiveness*) para ofrecer un caso paradigmático de máxima prioridad en la conservación. Por último, los estudios de la biología reproductiva de la especie son bastante exhaustivos y han centrado la mayor parte del trabajo de campo. Así, entre otros aspectos, hemos caracterizado su sistema reproductivo, los patrones de secreción del néctar, la efectividad de los visitantes florales transportando y depositando polen, y su influencia sobre la fructificación.



Flor de bicácaro *Canarina canariensis*. Se trata de otro buen ejemplo de los clásicos rasgos de las flores adaptadas a la polinización por aves. En este caso las flores se suelen desplegar con la corola orientada hacia abajo, lo que obliga al mosquitero canario a cernirse en ocasiones. Foto Alejandro González.

En sus poblaciones naturales, la higuera comienza a florecer en septiembre aparentemente estimulada por las primeras lluvias otoñales, antes de la salida de la hoja (ya que la pierde en verano como adaptación a la sequía), y mantiene las flores todo el invierno hasta marzo. Sigue un sistema generalizado en las malváceas,



*Ancistrocerus haematodes* (Hymenoptera, Eumenidae) sobre los pétalos de la flor de la higuera. Los insectos, por su pequeño tamaño, no resultan visitantes legítimos, ya que, como puede verse en la imagen, utilizan los pétalos o la parte inferior de la columna estaminal para acceder al néctar. Foto Alejandro González.



El bicácaro, un claro ejemplo de relictos, ya ocupaba la portada de la revista

*El Indiferente* en su edición de 2009, con una ilustrativa foto de un mosquitero canario visitando una flor. El género *Canarina* solamente está compuesto por tres especies: *C. canariensis*, *C. abyssinica* y *C. eminii*, las dos últimas del este de África.



Detalle de la producción de néctar en la flor de la higuereta. Se puede apreciar que algunos receptáculos de la base de los pétalos, quedan desbordados por el gran volumen que la flor produce. Las grandes cantidades de néctar es otro de los rasgos característicos de la ornitofilia, aunque no aporta grandes cantidades de energía porque es muy diluido. Foto Alejandro González.

en el que las flores son hermafroditas y autocompatibles, pero son protándricas, es decir, las anteras maduran y liberan el polen antes de que los pistilos salgan, de manera que se evita la autofecundación de las flores. En muchas malváceas, este sistema se ha vuelto más sofisticado, dado que los pistilos suelen volverse hacia las anteras al cabo del tiempo si no han sido polinizadas por fecundación cruzada. Este proceso, sin embargo, es poco eficaz en la higuereta, ya que, en ese momento, las anteras han perdido prácticamente todo el polen, que por otro lado permanece viable durante toda la vida de la flor. La reproducción de la especie depende por tanto de los polinizadores externos. Durante tres años seguidos realizamos experimentos de exclusión de visitantes, impidiendo su acceso a las flores mediante mallas de tul. Los resultados muestran que, al excluir a las aves y a los insectos, la flor generalmente no se autofecunda y no hay producción de semillas.

Un aspecto exhaustivamente estudiado durante las investigaciones de biología floral en esta planta ha sido la producción de néctar, ya que la recompensa constituye la base de la interacción mutualista entre aves y plantas. Los resultados de su composición muestran que efectivamente presenta los rasgos que se describen en el síndrome de polinización por aves ya que se trata de un néctar diluido rico en hexosas. La producción de

néctar desde el momento mismo del inicio de la floración es tan abundante que pueden rebosar los receptáculos. No es infrecuente encontrar plantas que alcanzan una producción de hasta 0,5 mililitros por flor, lo que equivale a una producción diaria de unos 0,05 litros en un individuo adulto.

La presencia de este néctar durante los meses de invierno atrae en todas las poblaciones de higuereta a un gran número de aves, pero no todos los visitantes (aves e insectos) que hemos registrado son legítimos polinizadores. Los censos de visitantes florales muestran que las flores son visitadas por cuatro especies de insectos y cuatro de pájaros (Tabla 2), aunque la efectividad de ambos grupos a la hora de fecundar los óvulos es muy distinta. En primer lugar, la actividad de los insectos es muy limitada en la época de floración de la planta debido a las condiciones de frío, humedad y lluvia características del hábitat. Las especies visitantes son, por otro lado, demasiado pequeñas para actuar como visitantes legítimos, y utilizan los pétalos inferiores como plataforma de aterrizaje para llegar hasta el néctar sin tocar la columna estaminal o los estigmas. De esta manera, ninguno de los insectos transporta en su cuerpo o deposita cantidades significativas de polen.

Tampoco todas las especies de aves manifiestan el mismo comportamiento al visitar las flores. Por un lado, las dos currucas muestran una tasa de visitas muy baja; por otro, los mosquiteros y herrerillos canarios son más abundantes y acuden frecuentemente a las flores para alimentarse de néctar. Sin embargo, al comparar la eficiencia como polinizadores de ambas aves observamos una diferencia muy notable. Ambas transportan y depositan cantidades similares de polen, es decir, fecundan de forma efectiva las flores. No obstante, las flores polinizadas por mosquiteros presentan una tasa de fructificación mucho mayor que las flores polinizadas por herrerillos, que de forma generalizada no producen frutos. Este resultado, en cierta medida sorprendente, se explica por el diferente comportamiento que tiene cada uno de estos paseriformes. El mosquitero consume el néctar posándose sobre la rama o el tallo de la flor (como los nectarínidos), o bien, como ya se ha mencionado, cerniéndose como los colibríes. El comportamiento del herrerillo, por el contrario, es muy agresivo con las flores. Para acceder al néctar se cuelga de las flores por el pedúnculo y frecuentemente arranca o daña los pétalos o la columna estaminal si es preciso. El estrés que provoca en la flor acaba provocando su caída, aunque en el momento de la visita deposita el polen sobre el estigma. Queda claro que, en el caso de la higuereta, la presión de selección que ejercen las aves es ambigua. El mosquitero, y en menor medida las currucas, son determinantes para el mantenimiento de la especie, mientras que los herrerillos no son, por lo general, polinizadores eficientes.

## CONCLUSIONES

La adaptación a la polinización por aves en Canarias es un fenómeno evolutivo sobre el cual no hemos despejado aún la mayor parte de las dudas. Se trata de un proceso que ha aparecido en distintos linajes de forma independiente, probablemente en distintos escenarios temporales. Esto no es sorprendente si observamos que a escala global el cambio de polinizadores ha ocurrido repetidamente en muchos linajes de plantas. Por otro lado, un aspecto aún poco explorado es la comparación con otras floras subtropicales que existen en el continente africano, donde se encuentran algunas plantas con adaptaciones florales similares a las de Canarias, polinizadas por paseriformes generalistas. Es posible por tanto que, para explicar el origen de este síndrome, no tengamos que acudir a las hipótesis planteadas hasta ahora (origen relictual o de *novo*), sino que la evolución de la flora ornitófila canaria esté también asociada a las interacciones ecológicas que han permitido la aparición de este mutualismo en otras áreas del continente. En cualquier caso, esta pequeña revisión sobre el conocimiento que tenemos sobre este proceso ofrece muchas cuestiones que aún están por resolver. Para la mayoría de las especies, en realidad no conocemos el verdadero papel que representan las aves como visitantes florales, y por tanto es necesario continuar los trabajos básicos de biología reproductiva. Y acerca de aquellas plantas que vamos conociendo mejor, todavía es pronto para discernir cuáles han sido las causas que han determinado la aparición del elemento ornitófilo macaronésico ▼

## Agradecimientos

Agradecemos a David P. Padilla y Nicolás Martín la invitación a colaborar con *El Indiferente*. También agradecemos al Grupo de Ecología y Evolución en Islas del Instituto de Productos Naturales y Agrobiología del CSIC, así como a Aurelio Acevedo, Ricardo Mesa y Arnoldo Santos por toda la ayuda que nos han prestado durante el trabajo de campo. Juan Carlos Moreno, codirector de la tesis doctoral de Alejandro González, ha participado en el diseño experimental, en el trabajo de campo y en la redacción de las publicaciones.

## Bibliografía

1. VOGEL, St., WESTERKAMP, Ch., THIEL, B. & GESSNER, K. 1984. Ornithophilie auf den Canarischen Inseln. *Plant Systematics and Evolution* 146: 225-248.
2. OLESEN, J.M. 1985. The Macaronesian bird-flower element and its relation to bird and bee opportunists. *Journal of the Linnean Society* 91: 395-414.
3. VALIDO, A., DUPONT, Y.L. & OLESEN, J.M. 2004. Bird-flower interactions in the Macaronesian islands. *Journal of Biogeography* 31: 1945-1953.
4. BAEZ, M. 1992. Zoogeography and evolution of the avifauna of the Canary Islands (pp. 425-431). En K.E. Campbell (eds.) *Papers in avian paleontology*. Natural History Museum of Los Angeles County.
5. ORTEGA-OLIVENCIA, A., RODRÍGUEZ-RIÑO, T., VALTUENA, F.J., LÓPEZ, J. & DEVESA, J.A. 2005. First confirmation of a native bird-pollinated plant in Europe. *Oikos* 110: 578-590.
6. PETERS, W.S., PIRL, M., GOTTSBERGER, G. & PETERS, D.S. 1995. Pollination of the Crown Imperial *Fritillaria imperialis* by Great

7. TITS *Parus major*. *Journal für Ornithologie* 136: 207-212.
7. OLESEN, J.M. & VALIDO, A. 2003. Lizards as pollinators and seed dispersers: an island phenomenon. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 177-181.
8. TRAVESET, A. & SÁEZ, E. 1997. Pollination of *Euphorbia dendroidea* by lizards and insects: Spatio-temporal variation in patterns of flower visitation. *Oecologia* 111: 241-248.
9. RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M.C. & VALIDO, A. 2008. Opportunistic nectar-feeding birds are effective pollinators of bird-flowers from Canary Islands: Experimental evidence from *Isoplexis canariensis* (Scrophulariaceae). *American Journal of Botany* 95: 1408-1415.
10. BOHLE, U.R., HILGER, H.H. & MARTIN, W.F. 1996. Island colonization and evolution of the insular woody habit in *Echium* L. Boraginaceae. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 93: 11740-11745.
11. VALIDO, A., DUPONT, Y.L. & HANSEN, D.M. 2002. Native birds and insects, and introduced honey bees visiting *Echium wildpretii* (Boraginaceae) in the Canary Islands. *Acta Oecologica* 23: 413-419.
12. BAKER, H.G. & BAKER, I. 1983. Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type (pp. 117-141). En Jones, C.E. & Little, R.J. (eds.) *Handbook of experimental pollination biology*. Van Nostrand Reinhold, New York.
13. NICOLSON, S.W. & FLEMING, P.A. 2003. Nectar as food for birds: the physiological consequences of drinking dilute sugar solutions. *Plant Systematics and Evolution* 238: 139-153.
14. LOTZ, C.N. & SCHONDUBE, J.E. 2006. Sugar preferences in nectar- and fruit-eating birds: Behavioral patterns and physiological causes. *Biotropica* 38: 3-15.
15. AVERY, M.L., SCHREIBER, C.L. & DECKER, D.G. 1999. Fruit sugar preferences of house finches. *Wilson Bulletin* 111: 84-88.
16. DUPONT, Y.L., HANSEN, D.M., RASMUSSEN, J.T. & OLESEN, J.M. 2004. Evolutionary changes in nectar sugar composition associated with switches between bird and insect pollination: the Canarian bird-flower element revisited. *Functional Ecology* 18: 670-676.
17. HERRERA, C.M., PÉREZ, R. & ALONSO, C. 2006. Extreme intraplant variation in nectar sugar composition in an insect-pollinated perennial herb. *American Journal of Botany* 93: 575-581.
18. FUERTES AGUILAR, J., RAY, M.F., FRANCISCO-ORTEGA, J., SANTOS-GUERRA, A. & JANSEN, R.K. 2002. Molecular evidence from chloroplast and nuclear markers for multiple colonizations of *Lavatera* (Malvaceae) in the Canary Islands. *Systematic Botany* 27: 74-83.
19. ESCOBAR GARCÍA, P., SCHÖNSWETTER, P., FUERTES AGUILAR, J., NIETO FELINER, G., & SCHNEEWEISS, G.M. 2009. Five molecular markers reveal extensive morphological homoplasy and reticulate evolution in the Malva alliance (Malvaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 50: 226-239.
20. BAÑARES, Á., BLANCA, G., GÜEMES, J., MORENO, J.C. & ORTIZ, S. 2004. *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España*. Madrid. 962 pp.

## Los autores

**Alejandro González** realiza su tesis doctoral sobre la higuereta *Navaea phoenicea* en el Real Jardín Botánico (CSIC). Con esta investigación se pretende aclarar diversos aspectos de la historia natural de la especie: las causas de su distribución, la biología de la polinización y la dispersión, así como las causas de amenaza y las medidas para su conservación. Para ello se han llevado a cabo diversos estudios que abarcan la Genética de poblaciones y la Dendrocronología, entre otros campos. También ha colaborado en varios trabajos de conservación de otras especies amenazadas de la península Ibérica. **Javier Fuertes** es doctor en Biología, y en la actualidad trabaja como científico titular en el Real Jardín Botánico (CSIC). Su investigación está enfocada principalmente a la aplicación de los marcadores moleculares al estudio de la evolución y diversidad vegetal. El interés por la higuereta surgió como consecuencia de su dedicación a la sistemática y evolución de las malváceas, y a la fascinación producida por el contacto con la flora canaria. Ha dirigido varios proyectos relacionados con la flora de Canarias, y en la actualidad es responsable de un proyecto de investigación que se centra en el origen de las novedades morfológicas y los cambios de nicho ecológico en varios linajes de plantas de estas islas.

## Cita recomendada

GONZÁLEZ, A. & FUERTES, J. 2011. Ecología y evolución de las plantas ornitófilas de la Macaronesia. *El Indiferente* 21: 64-75.



# GRAN IMPACTO

## DE LOS HERBÍVOROS INTRODUCIDOS EN CANARIAS el caso de la Caldera de Taburiente

Víctor Garzón Machado

**Severe impact of alien herbivores in the Canary Islands: the case of Caldera de Taburiente National Park.** As on other oceanic islands, the flora of the Canary Islands has evolved over long periods of isolation from mainland herbivores. This evolutionary history may have led to an absence of efficient strategies to defend against herbivore activity. The introduction of herbivores is a serious threat to insular ecosystems. The main consequence is a reduction in plant species abundance that, in some cases, has been so drastic that urgent measures have been necessary to prevent widespread extinction. A study about the effects of herbivores on populations of endemic species in pine forests in Caldera de Taburiente National Park, on La Palma, has recently been published. The presence of herbivores, including Barbary Sheep *Ammotragus lervia*, Goat *Capra hircus* and European Rabbit *Oryctolagus cuniculus*, exerts a strong negative effect to many endemic species. The paucity in plant species of understory of the pine forests of the Canary Islands may be strongly correlated with the presence of exotic herbivores in this region. Urgent conservation measures, such as large fenced areas, control activities (for European Rabbit) and total eradication (for Barbary Sheep and Mouflon), are needed.



El término “biodiversidad” comenzó a emplearse a finales de la década de los 80 del siglo pasado, y desde entonces su uso y las implicaciones derivadas del mismo se han incrementado notablemente. Los gobiernos de muchos países han desarrollado leyes y convenios que tratan sobre biodiversidad; las universidades y otros organismos científicos publican, casi a diario, investigaciones que revelan al mundo nuevas especies y rara es la conferencia en la que no se emplee este término. A escala mundial, cada vez hay mayor conciencia de que conservar la biodiversidad, lejos de ser un lujo, resulta una necesidad indispensable para el buen funcionamiento del planeta. Con este objetivo se han reconocido los llamados “puntos calientes de biodiversidad”<sup>1</sup>, zonas del planeta que, pese a su reducida superficie, albergan más de un tercio de todas las especies vegetales y animales existentes.

La otra cara de la moneda viene a ser, irremediablemente, la gran pérdida de diversidad de genes, especies, procesos y ecosistemas, que se produce como consecuencia principalmente de la acción del hombre<sup>2</sup>. Se ha estimado que, en la actualidad, la pérdida de biodiversidad es entre cincuenta y varios cientos de veces mayor que en extinciones pasadas<sup>3</sup>. Ahora bien, ¿a qué se debe esta nueva extinción? Sin duda alguna, uno de los principales factores responsables es la introducción de especies

invasoras, cuyo efecto negativo solo es superado por la pérdida y degradación de hábitats<sup>4</sup>, a la cual también contribuyen significativamente. Según la definición de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), las especies exóticas invasoras son animales, plantas u otros organismos introducidos por el hombre en áreas fuera de su rango de distribución natural, donde se establecen y se dispersan, provocando un impacto negativo en los ecosistemas y especies locales. Tal es el problema ocasionado que muchos países ya han elaborado listas y atlas con las especies invasoras más perjudiciales para sus biotas nativas y ecosistemas.

#### LOS HERBÍVOROS INTRODUCIDOS SON MÁS PERJUDICIALES EN ISLAS QUE EN EL CONTINENTE

Los ecosistemas insulares presentan, por lo general, una elevada proporción de especies endémicas, especialmente en islas oceánicas que, separadas del continente desde su origen, se han visto sometidas a numerosos procesos de colonización y especiación. El aislamiento unido a una variada topografía, que permite una alta diversidad de microclimas, han influido positivamente en los procesos evolutivos. Prueba de ello es que islas o grupos de islas como Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, el Caribe, Madagascar o Filipinas han sido definidas como puntos calientes de biodiversidad mundial. Un ejemplo: alrededor del 80% de la flora

de Madagascar es exclusiva de ese territorio, representando el 3,2% del número total de plantas existentes en el planeta<sup>1</sup>. Desgraciadamente, los ecosistemas insulares son frágiles y muy sensibles a cualquier tipo de alteración<sup>5</sup>, siendo la introducción de especies invasoras la peor (la mayoría de extinciones recientes a lo largo de todo el mundo han sucedido en ecosistemas insulares). Concretamente, los mamíferos herbívoros suponen un elevado impacto, especialmente en la flora y vegetación de las islas, alterando la estructura y composición de las comunidades vegetales y acelerando la erosión del suelo, contribuyendo de esta manera a la extinción de muchas especies.

En muchos casos, la flora insular ha evolucionado durante largos periodos de tiempo, aislada de los grandes herbívoros continentales. Esta evolución ha conllevado que la mayoría de plantas no posean estrategias eficientes de defensa frente a los mismos, como una alta tasa de fecundidad, producción de sustancias de sabor desagradable o medidas físicas disuasorias como espinas<sup>6</sup>. En el momento en que se produce la introducción de un herbívoro, si llega a naturalizarse, entra en una fase de expansión en la que se encuentra con una gran abundancia de recursos nutritivos y sin enemigos ni competidores naturales, lo que le lleva a provocar una drástica reducción de aquellas especies vegetales más palatables, llegando incluso a la extinción de muchas de ellas.

Herbívoro introducido en Canarias	Fecha y vector de introducción	Distribución actual en Canarias	Especies vegetales más afectadas en Canarias	Otras islas afectadas
<b>Cabra</b>	Época prehistórica Guanches	Todas las islas	Se estima en más de un centenar de especies	Islas Caimán, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Hawái, Madeira...
<b>Conejo</b>	Siglo XV Conquistadores castellanos	Todas las islas	Se estima en más de medio centenar de especies	Especie introducida en más de 800 islas
<b>Muflón</b>	1971 ICONA	Tenerife La Palma	<i>Bencomia exstipulata</i> , <i>Cheirolophus metlesicisii</i> , <i>Helianthemum juliae</i> , <i>Lotus berthelotii</i> , <i>Stemmacantha cynaroides</i> , <i>Cerastium sventenii</i> , <i>Echium auberianum</i> , <i>Erigeron calderae</i> , <i>Silene nocteolens</i> , <i>Cicer canariense</i> ...	Archipiélago de Kerguelen, Malvinas, Polinesia, Hawái, isla de Ascensión...
<b>Arruí</b>	1972 ICONA	La Palma	<i>Bencomia exstipulata</i> , <i>Cheirolophus santos-abreu</i> , <i>Helianthemum cirae</i> , <i>Lotus pyranthus</i> , <i>Teline splendens</i> , <i>Cerastium sventenii</i> , <i>Cheirolophus arboreus</i> , <i>Crambe microcarpa</i> , <i>Echium gentianoides</i> , <i>Cicer canariense</i> , <i>Echium wildpretii</i> , <i>Lactuca palmensis</i> , <i>Odontites</i> sp....	—

Tabla 1. Panorámica general de los herbívoros introducidos que más daño están causando a la flora en Canarias y en otras islas del resto del mundo. Fuente Luis Silva y colab.<sup>34</sup> y GISD<sup>35</sup>.

Esto no ocurre solo en plantas. El efecto de las especies invasoras también se produce en otros grupos de seres vivos como los invertebrados y vertebrados, pero es quizás en las especies vegetales donde más dramático llega a ser. Existen ejemplos de animales introducidos que están causando problemas en islas de todo el mundo (Nueva Zelanda, Alaska, Seychelles, islas de México, Galápagos, etc.), entre las que también hay que incluir al archipiélago canario.

#### UN GRAN PROBLEMA EN CANARIAS

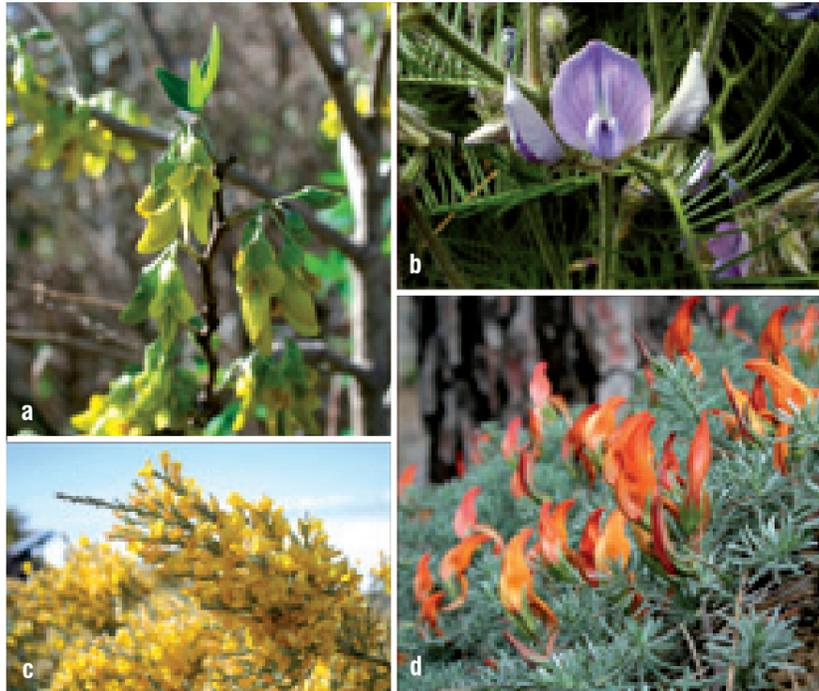
Las islas Canarias forman parte de uno de los puntos calientes de biodiversidad más importantes del planeta, la Cuenca del Mediterráneo<sup>7</sup>. El archipiélago alberga alrededor de 680 taxones endémicos (especies y subespecies) de plantas vasculares<sup>8</sup>, más del 50% del total de la flora nativa. La distribución de esta endemidad vegetal dentro de las islas es heterogénea, encontrándose los valores más altos en las comunidades rupícolas. Algunos autores han relacionado esta heterogeneidad de la flora endémica con la complejidad topográfica de las diferentes islas<sup>9</sup>. Sin embargo, el efecto de los herbívoros introducidos debe ser considerado como un factor determinante, provocando que muchas especies hayan quedado refugiadas de estos animales en las zonas más escarpadas e inaccesibles. Probablemente otras muchas se han extinguido antes de ser conocidas.

Entre las 100 especies amenazadas prioritarias de gestión en Canarias, el 60% son plantas afectadas por la herbivoría<sup>10</sup>. Especialmente vulnerables son las especies vegetales, cuyas poblaciones se han visto diezmadas principalmente por cabras *Capra hircus*, conejos *Oryctolagus cuniculus*, muflones *Ovis aries* y arruís *Ammotragus lervia* (Tabla 1). En Canarias no hay mamíferos herbívoros nativos, todos los que existen en la actualidad han sido introducidos por el hombre en diferentes momentos históricos. La cabra, una especie con dieta y distribución amplias, fue introducida por los primeros pobladores de las

islas en la época prehistórica<sup>11</sup>. Respecto al conejo se calcula que está causando graves problemas ecológicos en más de 800 islas en todo el mundo<sup>12</sup>. A Canarias llegó de la mano de los conquistadores castellanos, a mediados del siglo XV<sup>13</sup>. Por último, entre las introducciones más recientes se sitúan dos especies de características ecológicas similares, el muflón y el arruí, que fueron introducidas en Tenerife y La Palma para fomentar la caza mayor en 1971 y 1972, respectivamente. De estos cuatro herbívoros, la cabra y el conejo se encuentran en la lista de las 100 especies invasoras más dañinas del mundo<sup>14</sup>.



Detalle de uno de los dos grandes ungulados presentes en Canarias, el arruí *Ammotragus lervia*, traído a principios de la década de los 70. Foto Pedro Felipe. Página izquierda El pico de paloma *Lotus berthelotii* es una de las especies endémicas de Canarias más amenazadas. Foto Víctor Garzón Machado. Páginas de portada El pino canario es capaz de adaptarse a condiciones muy diversas, pudiendo crecer incluso en las zonas más abruptas y escarpadas, como es el caso de la Caldera de Taburiente. Actualmente, el pinar aparece como una formación boscosa con sotobosque escaso, tanto en número de especies vegetales como en abundancia de las mismas. ¿Sería diferente si no se hubiesen introducido grandes herbívoros en Canarias? Foto Aurelio Acevedo.



Las fabáceas es una de las familias más afectadas por los herbívoros introducidos en Canarias. Especies como *Anagyris latifolia*, *Cicer canariense*, *Genista benehoavensis* o *Lotus pyranthus* (de izquierda a derecha y de arriba a abajo), están al borde de la extinción debido principalmente al ramoneo de estos animales. Fotos Víctor Garzón Machado (a, c y d) y Aurelio Acevedo (b).

En Canarias, varios autores han examinado el efecto de estos herbívoros en plantas endémicas a través del estudio de su dieta<sup>15-18</sup> o mediante la observación directa<sup>19,20</sup>. El *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España*<sup>21</sup> relaciona para Canarias 27 especies endémicas “En peligro” o “En peligro crítico”

debido a la acción de cabras, conejos, muflones y (o) arruís. Adendas posteriores han añadido dos (2006) y cinco taxones (2008), respectivamente. Esto supone en total el 6,5% de la flora vascular endémica de las islas y aproximadamente el 20% de la flora amenazada. Con todo, basándonos en la experiencia



La topografía en el interior de la Caldera de Taburiente es muy accidentada, con elevadas pendientes y casi 2.000 m de desnivel desde el punto más alto, el roque de Los Muchachos, hasta el fondo del barranco de Taburiente. Foto Aurelio Acevedo.

acumulada en estos últimos años de investigación, esta cifra se antoja baja y todo parece indicar que, en realidad, el número de especies afectadas es mucho mayor. Géneros como *Cheirolophus*, *Crambe*, *Echium*, *Helianthemum*, *Lotus* o *Sideritis*, con un alto porcentaje de endemismos en Canarias, encuentran en estos herbívoros su principal amenaza. Algunos casos son muy alarmantes, como el cardo de plata *Stemmacantha cynaroides* (exclusivo del P. N. del Teide), con poco más de 150 ejemplares contabilizados, el pico de paloma *Lotus berthelotii* (presente en sendas localidades del sur y norte de Tenerife), con menos de 50, o la jarilla *Helianthemum cirae*, extinta en su medio natural (P. N. de la Caldera de Taburiente).

### CONTROL DE HERBÍVOROS INTRODUCIDOS Y RED DE PARQUES NACIONALES EN CANARIAS

La gestión que están realizando los parques nacionales con respecto a la conservación del patrimonio vegetal y animal en Canarias es encomiable, apostando muy fuerte por la protección y recuperación de muchas especies. Es sin duda la figura de protección, dentro del conjunto de espacios protegidos existentes en Canarias, que más trabaja por preservar activamente la biodiversidad canaria. Esto requiere no solo de figuras de protección y declaraciones de espacios protegidos, que en algunos casos representan solo meras delimitaciones en un mapa. Para preservar la flora amenazada del efecto altamente devastador de los herbívoros introducidos es necesario un compromiso serio respecto al problema, así como la ejecución de medidas de gestión activa de conservación: control y eliminación, vallados, etc. Medidas de este tipo han sido llevadas a cabo ampliamente durante las dos últimas décadas en los parques nacionales canarios, siendo uno de los mayores retos dentro de su gestión. Y todo

ello ha sido desarrollado en muchos casos, de forma incomprensible, sin apenas apoyos y sufriendo todo tipo de presiones. Aunque ciertamente es costoso controlar los herbívoros, en el resto del territorio canario, incluyendo los espacios naturales protegidos gestionados por los cabildos insulares desde hace una década, se han desarrollado pocas iniciativas para afrontar este gran problema. Cabras, arruís o muflones (o los híbridos de estos últimos con ovejas, descubiertos recientemente en La Palma) pastorean a sus anchas y libres de control en terrenos públicos o privados. Por esta razón, si la gestión de los parques nacionales se transfiere finalmente a los cabildos, es necesario que estos apuesten muy fuerte por la conservación, con todos los medios necesarios para gestionar este gran problema que afecta a la biodiversidad canaria.

### EL CASO DE LA CALDERA DE TABURIENTE

Dentro de estas acciones para la preservación de la flora de los herbívoros exóticos introducidos, cabe destacar las realizadas desde hace años por el Parque Nacional de la Caldera de Taburiente en La Palma. La asombrosa recuperación de la vegetación de la cumbre de la isla, que incluye varios taxones amenazados como la bencomia de cumbre *Bencomia exstipulata*, el taginaste palmero de cumbre *Echium gentianoides*, el retamón palmero *Genista benehoavensis* o la violeta de La Palma *Viola palmensis*; o la elaboración de planes de conservación de algunas especies como el cabezón arbóreo *Cheirolophus arboreus*, el corregüelón cenizo *Convolvulus fruticosus*, la colderrisco garafiana *Crambe microcarpa*..., son algunas de las actuaciones más notables realizadas dentro del parque en los últimos años.

El Parque Nacional de la Caldera de Taburiente está formado por una enorme caldera de erosión de 8 km de diámetro y casi 2.000 m de des-

nivel, que ocupa alrededor de 4.690 hectáreas. Su característica principal es la accidentada topografía, con hondos barrancos, pendientes superiores al 50% y abundancia de paredes verticales<sup>22</sup>, que determinan unas condiciones ambientales muy particulares. El parque presenta un régimen climático mediterráneo, con un periodo cálido y seco en verano. La temperatura media anual varía entre 15,6° C, en las cotas inferiores, y 9,5° C, en el roque de Los Muchachos a 2.426 m de altitud. El periodo más lluvioso coincide con el otoño e invierno<sup>23</sup>.

Esta variabilidad ambiental hace posible el desarrollo de dos comunidades de vegetación climatófilas, el pinar y el retamar-codesar de cumbre. Además, existen otras comunidades ligadas a condiciones edáficas particulares, como las saucedas de fondos de barrancos y afloramientos de agua, o los complejos de vegetación rupícola en las extensas paredes verticales del interior. Sobre todas ellas destaca por su predominio el pinar canario, formación boscosa abierta de afinidad mediterránea, que está dominada por el pino canario *Pinus canariensis*, especie endémica del archipiélago, caracterizando gran parte de la extensión del parque. Su sotobosque es relativamente pobre, algo que contrasta con la diversidad y riqueza florística que presentan los riscos del interior y cumbres, prácticamente inaccesibles para los herbívoros<sup>24</sup>.

### ¿POR QUÉ LAS PLANTAS SE REFUGIAN EN LOS RISCOS Y PAREDES VERTICALES?

Con el objetivo de estudiar el efecto real de los herbívoros introducidos en el pinar de la Caldera de Taburiente, la dirección del parque impulsó un proyecto en colaboración con el Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de La Laguna. El estudio ha consistido en la instalación de 40 parcelas de exclusión de herbívoros distribuidas por todo el parque, en las que se dispersaron



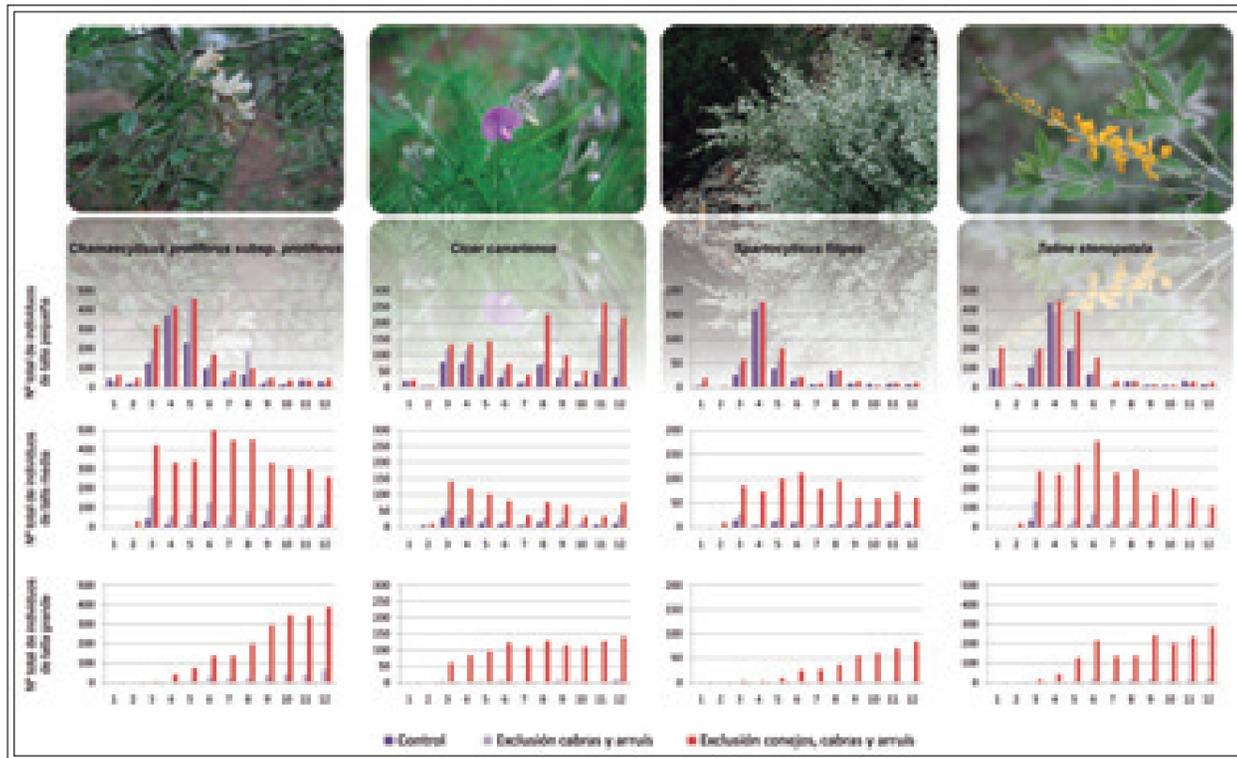
Espectacular recuperación de las cumbres palmeras. En algunas zonas, el retamón palmero *Genista benehoavensis* comienza a retomar su papel dentro del retamón-codesar. Foto Víctor Garzón Machado.



*Helianthemum cirae*, especie de jarilla endémica de la Caldera de Taburiente, que ha estado a punto de extinguirse y para la cual ya no hay ejemplares en estado silvestre. Foto Víctor Garzón Machado.



La violeta de La Palma *Viola palmensis* es una especie endémica de las cumbres palmeras, que ha experimentado una buena recuperación de sus poblaciones gracias a las acciones llevadas a cabo dentro del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente. Foto Víctor Garzón Machado.



Cuadro 1. Resultados obtenidos en las parcelas para las especies *Chamaecytisus proliferus* subsp. *proliferus*, *Cicer canariense*, *Spartocytisus filipes* y *Teline stenopetala*. Se muestran las sumas de todos los individuos aparecidos en las 40 parcelas en cada uno de los inventarios realizados, separándolos por categorías de talla (pequeña, media y grande). Se aprecian las amplias diferencias entre la zona de exclusión de arruís, cabras y conejos respecto al resto, especialmente en los ejemplares grandes.

semillas de varias especies presentes en este espacio protegido. Cada parcela fue subdividida a su vez por distinto tipo de malla, selectiva para cada tipo de herbívoro. De esta forma se estableció una zona control o

testigo (de libre acceso a cualquier animal), una zona de exclusión de cabras y arruís, y una zona de exclusión de conejo, cabras y arruís. En cada una se dispersaron semillas de 18 especies, algunas de las cuales

presentan graves problemas de conservación como el cabezón arbóreo, la garbancera canaria *Cicer canariense*, la colderrisco garafiana o una especie de jarilla aún por describir (*H. cirae*). A lo largo de varios años, se han venido realizando seguimientos periódicos de todas las parcelas, anotando el número de individuos que aparecía de cada especie y clasificándolos en función de su talla (pequeña, media o grande).

Los resultados han sido asombrosos. Basta poner como ejemplo lo que ocurre con cuatro especies de leguminosas endémicas: el tagasaste *Chamaecytisus proliferus* subsp. *proliferus*, la garbancera canaria, la retama fina *Spartocytisus filipes* y la gacia *Teline stenopetala* (Cuadro 1). Para éstas, la diferencia en el número de individuos contabilizados entre la zona control y la de exclusión de los tres herbívoros fue, en muchos casos, superior al 99%. Las diferencias fueron testadas mediante diferentes análisis estadísticos, confirmando

que los herbívoros introducidos en la Caldera de Taburiente (conejos, cabras y arruís) producen un fuerte impacto negativo en la abundancia y distribución de estas especies, mucho mayor del que se había considerado hasta ahora.

### ¿UN PINAR DIFERENTE?

A la luz del estudio recientemente publicado<sup>25</sup>, en donde se pone de manifiesto que el sotobosque del pinar canario se ha empobrecido debido a la acción de estos animales, cabría plantearse cómo era el pinar hace más de 2.000 años, antes de la introducción del primer herbívoro. Probablemente este ecosistema habría presentado un sotobosque mucho más denso, con una riqueza de especies mayor que la que tiene en la actualidad. Especies como el tagasaste, que juegan un papel ecológico importante para muchos invertebrados y vertebrados, cubrirían amplias áreas del matorral asociado al pinar. Otras como la garbancera canaria, actualmente con graves problemas de conservación, posiblemente serían tan comunes como lo son ahora otras especies vegetales introducidas de amplia distribución. Y es que uno de los problemas colaterales que causan los herbívoros invasores es el progresivo reemplazamiento de plantas nativas por otras foráneas, más resistentes al ramoneo<sup>26</sup>, alterando así las comunidades vegetales



Algunas de las especies más afectadas dentro del P.N. de la Caldera de Taburiente (de izquierda a derecha): *Cerastium sventenii*, *Bencomia exstipulata* y *Cheirolophus arboreus*. Fotos Víctor Garzón Machado.

originales. Otro efecto negativo es la modificación que producen en el suelo, tanto por el sobrepastoreo como por el pisoteo intensivo, dejando la superficie desnuda a merced de los factores climáticos<sup>27</sup>.

Con el impacto de cabras, conejos..., durante cientos de años, la modificación ha podido ser tan grande que muchos de los estudios llevados a cabo en el pinar, como los efectos del fuego, propiedades del suelo o dinámica de la vegetación, han podido estar influidos por este factor, muchas veces no considerado, alterando probablemente las conclusiones obtenidas.

### SOLUCIONES

El Convenio sobre Diversidad Biológica, firmado por más de 150 países (entre ellos España) en 1992, expone en su artículo 8 que es necesario prevenir la introducción y controlar o erradicar aquellas especies invasoras que amenazan los ecosistemas, hábitats o especies. Sin embargo, estas tres medidas han estado muy alejadas de la situación real que se vive en Canarias.

Es razonable y comprensible que en épocas pasadas, en donde la protección de los bienes naturales no era ni mucho menos una prioridad, el trasiego incontrolado de especies se haya producido con normalidad, ignorando los efectos negativos que éstas producirían. Sin embargo, dos

de las especies que más daño están produciendo a la flora canaria en la actualidad, el arruí y el muflón, no existían hace apenas cuarenta años. Así, durante las últimas décadas se ha producido una situación paradójica terrible: mientras en algunos territorios insulares del planeta se tenía un especial cuidado en evitar la entrada de especies potencialmente invasoras y en otros se destinaban cifras millonarias para poder eliminarlos por el enorme daño que estaban causando a la fauna y flora nativa, en Canarias se abrían “las



Imagen de una de las 40 parcelas ubicadas a lo largo del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente. Destacan a simple vista las enormes diferencias entre la zona control (izquierda de la foto) y la zona de exclusión de arruís y cabras (centro) con respecto a la zona de exclusión de arruís, cabras y conejos (derecha). Foto Víctor Garzón Machado.



Las cabras llevan en Canarias más de 2.000 años, desde que fueron traídas por los primeros aborígenes. Foto Marcelino Del Arco Aguilar.

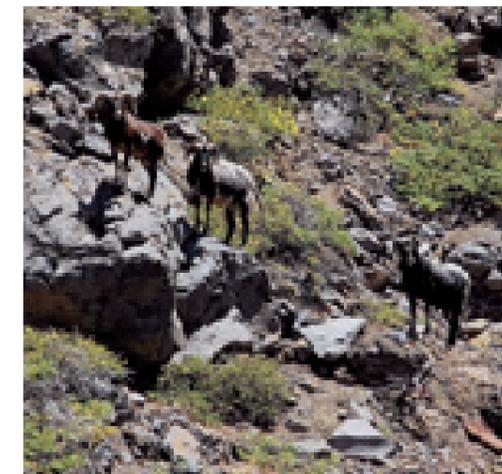


Imagen tomada recientemente, que alerta por primera vez de la presencia de un muflón (ejemplar de la izquierda) también en la isla de La Palma. Además, se observan lo que podrían ser dos híbridos entre muflón y oveja (ejemplares de la derecha), lo que supone un problema añadido para la conservación de la flora amenazada del P. N. de la Caldera de Taburiente. Foto Aurelio Acevedo.



Vista panorámica de la Caldera de Taburiente, en la que se aprecia la abundancia de grandes paredones rocosos, refugio de muchas especies vegetales. Aquellas zonas con pendiente menos pronunciada están prácticamente dominadas por el pinar canario. Foto Victor Garzón Machado.

puertas fronterizas” de par en par a unos animales que, por su propia naturaleza, causan daños irreparables a nuestras especies y ecosistemas insulares.

¿Qué hacer ante esta situación? Una opción muy útil es la erradicación de las especies invasoras. Considerada por el Convenio sobre Diversidad Biológica como la mejor alternativa cuando falla la prevención, es indiscutiblemente una herramienta clave en conservación<sup>28</sup>. Herbívoros introducidos en muchas islas del mundo han sido erradicados satisfactoriamente. Archipiélagos como Galápagos, de considerable extensión, se han declarado libres de cabras<sup>29</sup> o burros salvajes *Equus asinus*<sup>30</sup>. En Canarias, solo se ha ejecutado con éxito la erradicación de conejos en el islote de Montaña Clara. Fue promovida desde la Facultad de Biología de la Universidad de La Laguna y se consiguió eliminar la totalidad de la población<sup>31</sup>.

Posiblemente la oposición pública es la razón más importante para explicar la falta de proyectos de erradicación en el archipiélago, situación que también se repite en otras partes de Europa<sup>28</sup>. Las propuestas para eliminar el arruí en La Palma o el muflón en Tenerife han acabado en conflictos con diferentes grupos sociales, especialmente con los cazadores<sup>32</sup>, principales impulsores de la presencia de estos grandes ungulados en las islas.

Los resultados obtenidos en el proyecto de la Caldera de Taburiente, unidos a otros estudios realizados en el Parque Nacional del Teide<sup>33</sup>, muestran la necesidad de una total

erradicación de arruís, muflones, cabras y conejos. No obstante, como se comentó anteriormente, un problema adicional es que el ámbito de actuación de los parques representa una pequeña proporción del área total de ambas islas. Esto hace que la protección de la flora dependa legalmente de varios organismos e instituciones políticas con diferentes intereses, en ocasiones contrapuestos, haciendo muy difícil adoptar estrategias eficientes de conservación. Dentro de los documentos que determinan la gestión de ambos parques (Planes Rectores de Uso y Gestión), aparece entre los objetivos y finalidades tanto la erradicación del arruí en la Caldera de Taburiente como del muflón en el Teide, además del control sistemático de cabras y conejos, tendiendo a su erradicación. Pero, lógicamente, las aplicaciones de estas directrices se ciñen exclusivamente al área del espacio protegido. Esto hace que, en muchas zonas limítrofes, un ejemplar de arruí o muflón se libre de esta “definitiva sanción” simplemente con salirse unos metros del límite del parque nacional.

Así como la erradicación del muflón y el arruí es perfectamente factible, y solo requiere voluntad por parte de todos, la eliminación de los conejos en islas grandes como Tenerife es prácticamente imposible, especialmente por las dificultades metodológicas y económicas. Incluso en islotes como Alegranza, de apenas 10,2 km<sup>2</sup> de superficie, los esfuerzos realizados para eliminar esta especie se quedaron al borde de la erradicación total debido a problemas con la financiación del proyecto<sup>31</sup> (Manuel Nogales, com. pers).

De esta forma, cobran importancia medidas de emergencia, como controles periódicos de las poblaciones de herbívoros o de protección de las especies vegetales más sensibles y restringidas, que garanticen al menos su supervivencia. Otra alternativa, complementaria con las anteriores, podría ser la creación de amplias áreas valladas a modo de “micro-reservas”, en donde las especies pudieran crecer libremente en ausencia de herbívoros. Sin embargo, a pesar de que estas medidas son las únicas que se pueden tomar inmediatamente, la erradicación total es la única solución efectiva al problema ▼

#### Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a los coautores del trabajo en el que se basa este artículo: Juana M.<sup>a</sup> González-Mancebo, Ángel Palomares, Aurelio Acevedo, José M.<sup>a</sup> Fernández-Palacios, Marcelino Del Arco y Pedro Luis Pérez de Paz, estos dos últimos directores de mi tesis. A Juan Luis Mora y Antonio Rodríguez por su esfuerzo y dedicación en los análisis de suelos. Agradecer también a todas las personas que han trabajado en estos años con el proyecto de las parcelas experimentales del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, especialmente a Francisco Villaespesa, Rufino Ojeda, Koen Leon, Antonio Rodríguez Lerín, Mercedes Díaz, Ángel Rebolé, Raquel García, Vicente Ramos, Eduardo Pérez, Álvaro Rodríguez, Víctor Rodríguez, César Méndez, Isabel López, Mauricio Abrante, Daniel Hernández, Gustavo Balsera, Joaquín Martínez, Carlos Calero Capote y Daniel Mentrel del Pozo, así como a todas

las cuadrillas de mantenimiento del parque por su grandísimo esfuerzo en la instalación de las mismas. Agradecer a Pedro Felipe Acosta, Octavio Rodríguez Delgado, Gilberto M. Cruz y Félix M. Medina por su ayuda con el material fotográfico, y a Manuel Nogales por la información aportada. Finalmente a Felipe Siverio por las aportaciones y correcciones realizadas, y a Nicolás Martín por ofrecerme la oportunidad de participar en este número de la revista.

#### Bibliografía

- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- WILCOVE, D.S., ROTHSTEIN, D., DUBOW, J., PHILLIPS, A. & LOSOS, E. 1998. Quantifying Threats to Imperiled Species in the United States. *BioScience* 48: 607-615.
- WALL, D., MOONEY, H., ADAMS, G., BOXSHALL, G., DOBSON, A., NAKASHIZUKA, T., SEYANI, J., SAMPER, C. & SARUKHA' N, J. 2001. An international Biodiversity Observation Year. *Trends in Ecology & Evolution* 16: 52-54.
- VITOUSEK, P.M., MOONEY, H.A., LUBCHENCO, J. & MELILLO, J.M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499.
- SIMBERLOFF, D. 1995. Why do introduced species appear to devastate islands more than mainland areas? *Pacific Science* 49: 87-97.
- ATKINSON, I.A.E. 2001. Introduced mammals and models for restoration. *Biological Conservation* 99: 81-96.
- MÉDAIL, F. & QUÉZEL, P. 1997. Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84: 112-127.
- REYES, J.A., SANTOS, A., ROSANA, I., HUMPHRIES, C.J. & CARINE, M.A. 2008. Diversity, rarity and the evolution and conservation of the Canary Islands endemic flora. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 65: 25-45.
- WHITTAKER, R.J., LADLE, R.J., ARAÚJO, M.B., FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., DELGADO, J.D. & ARÉVALO, J.R. 2007. The island immaturity- speciation pulse model of island evolution: an alternative to the “diversity begets diversity” model. *Ecography* 30: 321-327.
- MARTÍN, J.L., ARECHAULETA, M., BORGES, P.A. & FARIÁ, B. (eds.) 2008. *Top 100. Las 100 especies amenazadas prioritarias de gestión en la región europea biogeográfica de la Macaronesia*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias. 500 pp.
- NAVARRO, J.F., MARTÍN, E. & RODRÍGUEZ, A. 1990. Las primeras etapas del programa de excavaciones en las Cuevas de San Juan y su aportación a las dicronías de la prehistoria de Canarias. *Investigaciones Arqueológicas en Canarias* 2: 189-201.
- FLUX, J.E.C. & FULLAGAR, P.J. 1992. World distribution of the rabbit *Oryctolagus cuniculus* on islands. *Mammal Review* 22: 151-205.
- CABRERA, F. 1997. Variaciones de la abundancia del conejo (*Oryctolagus cuniculus* Linneo, 1758) en La Palma, islas Canarias (Lagomorpha, Leporidae). *Vieraea* 26: 133-137.
- LOWE, S., BROWNE, M., BOUDJELAS, S. & DE POORTER, M. 2004. *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). 12 pp.
- RODRÍGUEZ, J.L. & RODRÍGUEZ, J.C. 1987. Datos preliminares sobre la alimentación del arruí (*Ammotragus lervia*) (Bovidae) en La Palma. *Islas Canarias. Vieraea* 17: 291-294.
- RODRÍGUEZ, J.L., RODRÍGUEZ, J.C. & RAMOS, M.T. 1988. Autumn diet selectivity of the Corsica mouflon (*Ovis ammon musimon* Schreber, 1782) on Tenerife (Canary Islands). *Mammalia* 52: 475-481.
- RODRÍGUEZ, J.C. & RODRÍGUEZ, J.L. 1992. Autumn food habits of the Barbary sheep (*Ammotragus lervia* Pallas, 1772) on La Palma Island (Canary Islands). *Mammalia* 56: 385-392.
- MARTÍN, M.C., MARRERO, P. & NOGALES, M. 2003. Seasonal variation in the diet of wild rabbits *Oryctolagus cuniculus* on a semiarid Atlantic island (Alegranza, Canary Archipelago). *Acta Theriologica* 48: 399-410.
- NOGALES, M., MARRERO, P. & HERNÁNDEZ, E.C. 1992. Efectos de las cabras cimarronas (*Capra hircus* L.) en la flora endémica de los pinares de Pajonales, Ojeda e Inagua (Gran Canaria). *Botánica Macaronésica* 19-20: 79-86.
- LÓPEZ-DARIAS, M. & LOBO, J.M. 2009. Micro-scale distribution of rabbits on Fuerteventura Island. *Biodiversity and Conservation* 18: 3687-3704.
- BAÑARES, A., BLANCA, G., GÜEMES HERAS, J., MORENO-SAIZ, J.C. & ORTÍZ NÚÑEZ, S. 2003. *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid. 1.069 pp.
- AFONSO, L. (ed.) 1988. *Geografía de Canarias*, vol. 4. 2nd edn. Ed. Interinsular Canaria, Santa Cruz de Tenerife. 303 pp.
- DEL ARCO, M.J. & GONZÁLEZ, R. 2004. Consideraciones Climáticas y Bioclimáticas (pp. 31-34). En Beltrán Tejera, E. (ed.) *Hongos, líquenes y briófitos del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente*. O. A. de Parques Nacionales, Serie Técnica. Madrid.
- BELTRÁN, E. & PÉREZ-DE-PAZ, P. 2004. Vegetación del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente (Las grandes unidades naturales) (pp. 35-46). En Beltrán Tejera, E. (ed.) *Hongos, líquenes y briófitos del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente*. O. A. de Parques Nacionales, Serie Técnica. Madrid.
- GARZÓN-MACHADO, V., GONZÁLEZ-MANCEBO, J.M., PALOMARES-MARTÍNEZ A., ACEVEDO-RODRÍGUEZ, A., FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., DEL-ARCO-

- AGUILAR, M.J. & PÉREZ-DE-PAZ, P.L. 2010. Strong negative effect of alien herbivores on endemic legumes of the Canary pine forest. *Biological Conservation* 143: 2685-2694.
- HOLMGREN, M. 2002. Exotic herbivores as drivers of plant invasion and switch to ecosystem alternative states. *Biological Invasions* 4: 25-33.
- COURCHAMP, F., CHAPUIS, J.L. & PASCAL, M. 2003. Mammal invaders on islands: impact, control and control impact. *Biological Reviews* 78: 347-383.
- GENOVESI, P. 2005. Eradications of invasive alien species in Europe: a review. *Biological Invasions* 7: 127-133.
- CAMPBELL, K., DONLAN, C.J., CRUZ, F. & CARRION, V. 2004. Eradication of feral goats *Capra hircus* from Pinta Island, Galápagos, Ecuador. *Oryx* 38: 328-333.
- CARRION, V., DONLAN, C.J., CAMPBELL, K., LAVOIE, C. & CRUZ, F. 2007. Feral donkey (*Equus asinus*) eradications in the Galápagos. *Biodiversity and Conservation* 16: 437-445.
- MARTÍN, A., NOGALES, M., ALONSO, J., RODRÍGUEZ, B., DE LEÓN, L., IZQUIERDO, C., MARTÍN, M., MARRERO, P., PUERTA, N., CAZORLA, J., RODRÍGUEZ, B., LÓPEZ, M., MARTÍNEZ, J., PÉREZ, D., GINOVÉS, J. & GONZÁLEZ, E. 2002. Restauración de los islotes y del Risco de Famara (Lanzarote). Departamento de Biología Animal (Zoología), Universidad de La Laguna. La Laguna. Informe inédito. 347 pp.
- MARRERO-GÓMEZ, M., BAÑARES-BAUDET, A. & CARQUÉ-ÁLAMO, E. 2003. Plant resource conservation planning in protected natural areas: an example from the Canary Islands, Spain. *Biological Conservation* 113: 399-410.
- MARRERO-GÓMEZ, M., BAÑARES-BAUDET, A. & CARQUÉ-ÁLAMO, E. 2006. La conservación de la flora amenazada en el Parque Nacional del Teide. *El Indiferente* 18: 4-11.
- SILVA, L., OJEDA LAND, E. & RODRÍGUEZ-LUENGO, J.L. (eds.) 2008. *Flora y Fauna Terrestre Invasora en la Macaronesia. TOP 100 en Azores, Madeira y Canarias*. ARENA. Ponta Delgada. 546 pp.
- GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE. (<http://www.issg.org/database/>).

#### El autor

**Víctor Garzón Machado** es licenciado en Biología por la Universidad de La Laguna en las especialidades de Biología Vegetal, Biología Animal y Biología Ambiental. Pertenece al grupo de investigación “Flora y Vegetación Canaria” del Departamento de Biología Vegetal (Botánica) de la ULL, realizando actualmente la tesis doctoral que lleva por título “El pinar de la Caldera de Taburiente. Factores determinantes de su actual composición” dirigida por los catedráticos Marcelino Del Arco Aguilar y Pedro L. Pérez de Paz. Ha participado además en diversos estudios relacionados con la cartografía de la vegetación y bioclimatología en Canarias. E-mail: [vigarma@ull.es](mailto:vigarma@ull.es)

#### Cita recomendada

GARZÓN MACHADO, V. 2011. Gran impacto de los herbívoros introducidos en Canarias: el caso del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente. *El Indiferente* 21: 76-85.

# EL ROQUE DE GARACHICO

un valioso patrimonio natural frente a la costa  
noroeste de Tenerife

M.<sup>a</sup> Leticia Rodríguez Navarro, Beatriz Fariña, Felipe Siverio  
& Rubén Barone

**Roque de Garachico, a site of valuable natural heritage off the northwest coast of Tenerife.** About 300 m off the coast at the town of Garachico, in northwest Tenerife, lays the Roque de Garachico, an impressive islet with a maximum height of 77 m and a surface area of 0.05 km<sup>2</sup>. Because of both its proximity to the mainland and its isolation from it, which could have suggested interesting findings, the islet has been visited from immemorial times for recreational purposes and the search of natural resources, and also for scientific reasons. These characteristics that make it unique led to the recognition of the natural significance of this site, which has been included in diverse conservation categories, under both regional and European laws. In this article we describe the biodiversity of this islet, based on our own surveys and data gleaned from different sources. We also present cursory comments on historical events, scientific expeditions and conservation aspects.

Although it hosts a low number of species, its plant communities include several Canarian endemics and are relatively well conserved. Some endangered plants, such as Siempreviva Imbricada *Limonium imbricatum* and Cenizo de Flecos *Chenopodium coronopus*, find an optimal habitat here. One patch of Tabaiba Dulce *Euphorbia balsamifera*, an infrequent succulent shrub on the northern flanks of Tenerife, is an excellent refuge for invertebrates such as *Hemicycla bidentalis*, a terrestrial snail endemic to Tenerife which was observed for the first time on this islet. Besides the presence of three endemic reptiles, also present at the nearby coast, the vertebrate fauna consists of birds, most of which are seabirds. Amongst them, Bulwer's Petrel *Bulweria bulwerii* is worth mentioning because the islet is home to one of the most important breeding colonies on the Canarian archipelago.

Los roques marinos presentes a lo largo de la geografía canaria imprimen un cierto carácter emblemático al sector costero donde se encuentran, conformando casi siempre un paisaje muy pintoresco. Aunque pudieran parecer lugares inhóspitos y desprovistos de vida, a mayor o menor distancia del litoral, la verdad

total de 5 ha<sup>1</sup> (Fig. 1). Es bastante escarpado y de difícil acceso, a consecuencia del estado del mar y de las características del rompiente, por lo que el desembarco solo es posible en ciertas épocas del año, cuando la bonanza del mar lo permite.

Dada la notoria relevancia paisajística del roque, la Ley 12/1987, de 19 de junio, de Declaración de

de julio, de Prevención del Impacto Ecológico, todo el Monumento es Área de Sensibilidad Ecológica. Asimismo, el interés prioritario de este lugar ha conllevado su inclusión dentro de la Red Natura 2000 como Zona Especial de Conservación y Zona de Especial Protección para las Aves “Roque de Garachico”, con el código ES7020066. En él están

Ya desde antaño, el roque de Garachico ha llamado la atención de propios y extraños por su particular forma y ubicación. Fue precisamente de este pequeño o “chico” accidente geográfico de donde surgió el nombre del municipio, puesto que los guanches denominaban a estos promontorios “gara” o “guaras”

es que estos pueden albergar especies de flora y fauna de interés. Varios de estos hitos geomorfológicos (roque de Garachico, El Roquillo, roques de Fasnía, de Anaga, de Salmor, etc.), aún llaman bastante la atención, entre otras cosas, por la fragmentaria noción que todavía se tiene sobre su biodiversidad. Sirva este artículo para departir entre los lectores nuestras experiencias durante las visitas realizadas a uno de estos refugios que se alzan cerca de la costa de Tenerife, el roque de Garachico. Además de la riqueza natural, y sin ánimo de extendernos, abordaremos de forma somera los aspectos geológicos, históricos, etnográficos y conservacionistas concernientes a este enclave.

#### EL ROQUE COMO PARTE INTEGRANTE DE LA ISLA BAJA DE DAUTE

El roque de Garachico, elemento geomorfológico costero por excelencia, está ubicado en el sector noroccidental de la isla de Tenerife, y, siendo de titularidad pública, pertenece al ayuntamiento de Garachico según título jurídico de posesión inmemorial. Está separado de tierra unos 300 m, alcanza una altitud máxima de 77 m y cuenta con una superficie

Espacios Naturales de Canarias, lo protegió con la denominación de Paraje Natural de Interés Nacional del Islote de Garachico. Posteriormente, la Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias, lo reclasifica a su actual categoría de Monumento Natural del Roque de Garachico<sup>2</sup>. A los efectos de lo indicado en la Ley 11/1990, de 13

presentes los hábitats de interés comunitario Matorrales termomediterráneos y pre-estépicos (5330) y Cuevas marinas sumergidas o semisumergidas (8330)<sup>3</sup>. También es un Área Importante para las Aves (IBA).

El roque está constituido por los materiales básicos de las series III y IV<sup>4</sup> que dieron lugar a la plataforma



Vista del roque de Garachico desde los bajíos del municipio homónimo. Muy atrás en el tiempo quedan los posibles alardes aborígenes para llegar a su orilla, o, en épocas más recientes, las historias de navíos que fondeaban en sus cercanías en busca de relaciones comerciales con la vecina Tenerife. Foto José J. Hernández. Página anterior Una cima de casi 80 metros de altitud, laderas de pendiente suave y flancos de escarpados cantiles hacen que la fisonomía del roque de Garachico adquiera mucha más majestuosidad a medida que nos acercamos. Foto Beneharo Rodríguez.

costera del núcleo de Garachico o isla baja de Daute. Su estructura por apilamiento está en correlación con la estratigrafía de la costa vecina<sup>5</sup>. Con el paso del tiempo, la intensa alteración de dicha plataforma, debido a la constante erosión marina, dio lugar a fragmentos aislados en el mar. La subsistencia de este roque frente al resto del bajío, que fue desgastado, puede deberse a su fuerte componente lítica<sup>1</sup>. El actual edificio, resultado del modelado erosivo marino, hídrico y gravitacional, cuenta con escarpadas y abruptas paredes en su base. Desde un punto de vista edafológico, presenta suelos poco evolucionados de apariencia esquelética, por lo general improductivos, aunque a veces toleran el desarrollo de ciertas formaciones vegetales<sup>1</sup>.

Con relación al clima, cabe indicar que en la fachada noroeste de Tenerife se registra, principalmente entre los meses de noviembre y marzo, una precipitación media anual de 300-400 mm. En cuanto a la temperatura, la media en invierno se sitúa en torno a los 17° C, mientras que en verano alcanza los 28° C. Otros episodios climáticos relevantes son la entrada de masas de aire cálido sahariano y el azote del mar de fondo en su costa<sup>1</sup>.

#### UN CURIOSO LEGADO DE ACONTECIMIENTOS HISTÓRICOS

Ya desde antaño, el roque de Garachico ha llamado la atención de propios y extraños por su particular forma y ubicación. Fue precisamente de este pequeño o “chico” accidente geográfico de donde surgió el nombre del municipio, puesto que los guanches denominaban a estos promontorios “gara” o “guaras”<sup>6</sup>. Esta curiosa raíz aborígen podría ser aún más interesante si algún día se verifica la procedencia prehispánica de varios fragmentos de cerámica vistos durante nuestras visitas al roque.

En julio de 1601 se usó el roque como lugar de degredo, dado que

dos navíos españoles (Unicornio y Sansón) fueron obligados a fondear cerca de su orilla al no tener los certificados de salud necesarios para el desembarco en tierra. Los pasajeros y tripulantes enfermos, junto con sus enseres y mercancías, pasaron al peñasco para así ser vigilados por un guarda nombrado por el gobernador. Aun tomando estas precauciones impuestas por el Cabildo, la negligencia de las autoridades locales ocasionó la entrada de una enfermedad que generó verdaderos estragos entre la población residente durante unos cinco años, la peste<sup>6</sup>.

A pesar de la dificultad para desembarcar en su costa, este enclave ha tolerado un cierto uso por parte de los garachiquenses. Algunas de las prácticas habituales desarrolladas aquí han sido la pesca, el marisqueo, el enramado de la cruz, el lanzamiento de fuegos artificiales o el mantenimiento de la característica mancha blanca –que pintan los visitantes sin ninguna utilidad aparente– conocida como La Cirila o La Machanga. En la actualidad, y a excepción del enramado (durante las fiestas de la Cruz y del Carmen), dichas actividades son prohibidas por las normas de conservación del Monumento Natural. Roque Morales, antiguo pescador del pueblo, cuenta que su hijo y él fueron precisamente los últimos en enramar la cruz en fechas recientes, como promesa a su difunta esposa. Siguiendo la tradición, se enramaba con las propias “siemprevivas del roque”, las mismas que algunas personas también cogían para decorar sus casas. La cruz que actualmente vemos fue colocada en el año 1984, cuando sustituyó a una anterior muy grande que partió el viento.

Una anécdota impresionante es la de un grupo de gente que, hace ya muchos años, visitó el roque con el fin de pescar y mariscar. Después de desembarcar por La Corredera (Fig. 1), una de aquellas personas permaneció esperando por las demás en el sitio acordado, pero algo

más tarde, cuando fueron a por ella, había desaparecido sin dejar rastro. Pese a que la pequeña cruz colocada en su memoria –cerca del “gran cardón” o Cardón de Garachico– ya se desvaneció, esta historia ha sido transmitida a lo largo de los años mediante diversas leyendas, entre otras la que alude a una persona que fue “tragada” por el mar cuando intentaba llegar al roque.

Antiguamente, cuando gente del pueblo iba al roque para aprovechar sus recursos, sobre todo la pesca y el marisqueo, muchas veces pasaban la noche allí. Cuentan los mayores que “antes había más mujo en su costa, y era frecuente coger lapas,



Figura 1. Localización del roque de Garachico con respecto a la isla de Tenerife, y ortofoto del mismo en la que se incluyen los topónimos comunicados por Roque Morales (com. pers.). Estos nombres, por lo general poco conocidos por los foráneos, son vulgarmente utilizados entre los vecinos de la villa de Garachico. Ortofotos extraídas de la página web <http://www.idecan.grafcan.es/idecan/>, que a través del proyecto IDECanarias (Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias) pone a disposición del público la información geográfica producida por el Gobierno de Canarias.

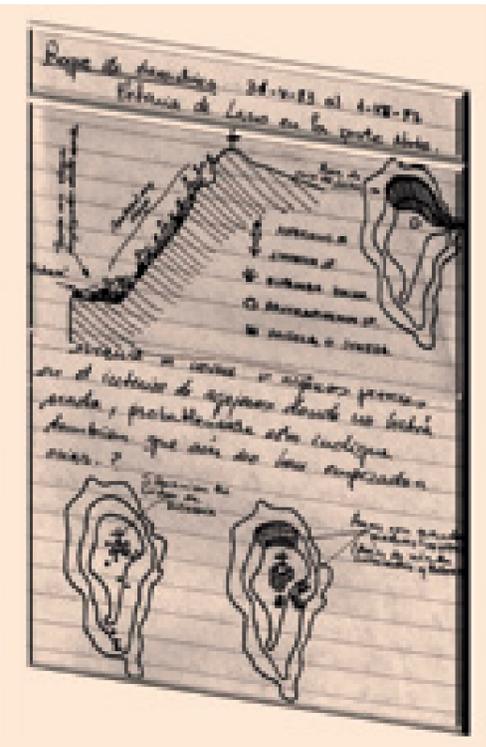


Figura 2. Extracto del cuaderno de campo del desaparecido naturalista Efraín Hernández, donde se pueden apreciar algunas anotaciones sobre flora y fauna hechas en su primera visita al roque de Garachico.

burgados, patacabras (percebes), mejillones, erizos y cangrejos”. De igual manera, se sabe de personas que utilizaban la “leche” (látex) del “gran cardón” para embarbasca en los propios charcos del roque. Según José Velázquez, cronista oficial del municipio, está documentado que, a principios del siglo pasado, el doctor Ernesto Huerta organizó una suelta de conejos en el roque, cuyo resultado fue un auténtico disparate: todos los animales murieron y el hedor a podrido llegaba hasta el pueblo. Aunque pueda sorprender, es probable que en algún momento el roque sirviese para encerrar algunas cabras, y en apoyo de ello existe un hueso encontrado por el ya fallecido naturalista Efraín Hernández cuando, en la primavera de 1983, fue allí a fin de estudiar la flora y fauna (Fig. 2). De cualquier modo, lo que más trascendió fue el hecho de que esa persona protagonizó algo que alteró unas cuantas horas el quehacer de este pueblo costero: después de pasar la

noche en el roque, su preocupación por el mal estado de la mar, que parecía encresparse cada vez más, y por el supuesto despiste del pescador que debía ir en su busca hicieron que comenzara a pedir auxilio hondeando un trapo blanco durante un buen tiempo. Al fin los de enfrente le ven y Alfredo Rodríguez, el entonces presidente de la cofradía de pescadores, logra rescatarle con bastante dificultad ante la expectación de los concejales del ayuntamiento, la Guardia Civil, la Cruz Roja y muchos pescadores locales que habían sido movilizados.

**PRIMERAS MENCIONES Y VISITAS EN EL MARCO DE LA INVESTIGACIÓN**

En 1588, el ingeniero militar Leonardo Torriani, enviado por el rey español Felipe II para llevar a cabo las fortificaciones de las principales poblaciones de las islas, dibuja el roque de Garachico en un plano manuscrito coloreado sobre el principal puerto de Tenerife en aquella época, Garachico. En dicho plano, que quizá constituye el primer documento que hace referencia al roque, figura ya una cruz en la parte alta, y sobre ésta una filacteria que dice ROQVE<sup>7</sup>. A partir de ahí, la escasez de menciones ha sido la tónica general hasta nuestros días, en parte quizá condicionada por las conocidas dificultades que entraña acceder al mismo. Las que exponemos a continuación, encontradas durante el rastreo bibliográfico, son con seguridad una muestra muy representativa de la realidad.

El historiador, médico y poeta canario Antonio de Viana da a conocer la importancia del puerto de Garachico por la magnitud de un roque marino que en sus cercanías se encontraba: “Allí donde un gran roque está cercado del mar que lo combate, certifico que ha de ver un gran pueblo celebrado y ha de tener por nombre Garachico; será puerto frecuentado de mercaderes, en contratos ricos y próspero en tesoros y dineros e

ilustrado con nobles caballeros” (canto VX, siglo XVI o XVII)<sup>8</sup>.

Bien avanzado el siglo XIX, el viajero y escritor belga Jules Leclercq, durante su estancia en Tenerife, pasó una noche en el pueblo de Icod de los Vinos a fin de poder continuar, al día siguiente, su viaje para visitar el extremo noroeste de la isla. Según Leclercq, el pueblo de Garachico “se anuncia a lo lejos por el Roque, un inmenso peñasco que emerge en medio del mar y que recuerda la roca de Gibraltar. Este islote, coronado por una cruz, está situado frente al puerto, protegiéndolo de las olas del Océano”<sup>9</sup>. También, el arquitecto francés Jean François Adolphe Coquet, al observar las montañas de Garachico durante su ascenso en el mes de mayo de 1882 a Las Cañadas del Teide, dijo que “avanzan hacia el mar y el islote que se encuentra a la entrada de su puerto”<sup>10</sup>. Pocos



La cruz existente en lo alto del roque de Garachico es el principal signo actual de la actividad antrópica desarrollada en este enclave, especialmente porque ha sido el motivo de buena parte de las visitas realizadas por los lugareños a lo largo de los años. Foto Rubén Barone.

años después, el botánico suizo Konrad Hermann Heinrich Christ nos aporta, por su precisión, el más sugestivo de los relatos hallados: “Cerca de la costa, se ve un viejo islote puntiagudo, el Roque de Garachico, de un verde fresco resplandeciente, patria de la hermosa siempreviva del mar, de color azul”<sup>11</sup>.

Sobre la desolación que se adueñaba de Garachico tras la devastación sufrida por la erupción volcánica de 1706 da cuenta el médico y antropólogo francés René Verneau. Éste, en su obra *Cinco años de estancia en las Islas Canarias*, habla del roque: “Enfrente, en el mar, se eleva un roque enorme dominado por una cruz; es el Roque de Garachico”<sup>12</sup>. Finalmente, el farmacéutico y profesor de Ciencias Naturales de la escuela de Medicina de Tours, Charles Joseph Pitard, junto al doctor en Derecho y diputado Louis Proust, en su descripción de Tenerife hace mención a las medidas de este islote marino: “Enfrente del pueblo de Garachico hay un pequeño islote de unos cuatrocientos ó

quinientos metros cuadrados y unos cien metros de alto”<sup>13</sup>.

Hasta donde sabemos, las visitas de carácter científico al roque, dirigidas al estudio de ciertos aspectos de su fauna y flora, han sido más bien escasas (Tabla 1). De las llevadas a cabo en los últimos años del siglo pasado y en lo que va del actual, que componen la mayoría, hay cierta documentación; no obstante, de las anteriores a ese periodo apenas se conoce. Entre los que tenemos constancia que estuvieron allí fue el francés Pierre Marie Auguste Broussonet, un diplomático e investigador dedicado al estudio de la Zoología y la Botánica que llegó a Canarias en 1799. Durante su estancia realizó anotaciones de las costumbres de sus habitantes y una importante labor de catalogación de especies canarias. Como el material que recolectó fue enviado a otros naturalistas y botánicos como Banks, Smith, L’Heritier, Desfontaines y Cavanilles<sup>14</sup>, conocemos hoy día que Broussonet fue el primero en encontrar la siempreviva imbricada

*Limonium imbricatum* en el roque<sup>15</sup>. Precisamente por varios pliegos de esta planta, recolectados en el roque y depositados en el Royal Botanic Gardens de Kew, intuimos que el botánico inglés Philip Barker Webb estuvo allí en 1845. La colecta de ejemplares de dicha especie, algunos años más tarde, también fue el motivo por el que el botánico y médico militar español don Ramón Masferrer y Arquimbau visitara el roque. En sus “Recuerdos botánicos de Tenerife...”, Masferrer asevera que en la inspección hecha el 24 de mayo de 1879 la siempreviva del roque era “muy escasa, y sólo se halla en puntos inaccesibles...”<sup>16</sup>.

Por último, el botánico sueco Eric Ragnor Sventenius estuvo hasta en cinco ocasiones en el roque de Garachico. Estos muestreos, efectuados en los años 1944, 1945 y 1949 (en este último tres veces), estaban enmarcados en los trabajos de intensa exploración de todo el archipiélago canario para la colecta de material destinado al herbario del Jardín Botánico de La Orotava (Tenerife)<sup>17</sup>.

VISITANTES	AÑOS	MOTIVOS
Pierre Marie Auguste Broussonet	Entre 1799 y 1803	Recolección de plantas
Philip Barker Webb	1845	Recolección de plantas
Ramón Masferrer y Arquimbau	1879	Recolección de plantas
Eric Ragnor Sventenius	1944, 1945 y 1949	Recolección de plantas
Efraín Hernández y Guillermo Delgado (en 1984)	1983 y 1984	Aves, flora y reptiles
Aurelio Martín	Entre 1982 y 1984 y en 1988	Reptiles y aves marinas
Manuel Nogales	1987 y 1988	Aves marinas
Aurelio Acevedo, Beneharo Rodríguez y Airam Rodríguez (en 2003)	2002 y 2003	Flora y aves marinas
Agustín Aguiar, Guillermo Delgado y Beatriz Fariña	2005	Reptiles e invertebrados
Beatriz Fariña y Edelmira (Miri) Villalba	2007	Anillamiento de aves
M.ª Leticia Rodríguez Navarro y Beatriz Fariña	2009	Flora y censo de aves
M.ª Leticia Rodríguez Navarro, Beatriz Fariña, Rubén Barone y Felipe Siverio	2009	Flora, vertebrados e invertebrados

Tabla 1. Relación cronológica de las visitas de carácter científico efectuadas al roque de Garachico, y principales motivos de su realización.



La población de siempreviva imbricada *Limonium imbricatum* del roque de Garachico, una de las pocas que existen en Tenerife, tiene visos de perdurar pese a la aparente competencia por el hábitat con plantas invasoras, la nitrificación del suelo o la presunta escasez de insectos para su polinización. Foto Beneharo Rodríguez.

### EL ENTRAMADO VEGETAL DE UN PEQUEÑO ISLOTE

Las comunidades vegetales presentes en el roque se caracterizan, si las comparamos con sus equivalentes en tierra, por su relativo buen estado de conservación, por su empobrecimiento en especies, por alojar algunos elementos amenazados —que aquí encuentran el refugio necesario para su pervivencia— y por albergar alguna planta invasora en expansión.

En las cotas bajas, circundando al roque (en una franja que oscila entre unos 5 y 20 m s.n.m.) e influenciado por la maresía aerohalina, aparece el cinturón halófilo costero de roca, que coloniza de forma permanente los cantiles abruptos. Está constituido por especies adaptadas a situaciones de elevada salinidad,

como el tomillo marino *Frankenia ericifolia* y la siempreviva imbricada, las únicas características que inventariamos de esta asociación, ya que, por las fechas tardías de nuestras visitas, no fue posible detectar a otras potenciales (p. ej., el perejil de mar *Crithmum maritimum* o la siempreviva de mar *L. pectinatum*). Como compañeras de esta asociación rupícola están presentes el amuelle salado *Atriplex glauca* subsp. *ifniensis*, el amuelle de fruto rojo *A. semibaccata*, el corazoncillo de costa *Lotus tenellus*, la patilla *Aizoon canariense* y la pataconejo común *Polycarpha divaricata*. La siempreviva imbricada, endémica de la costa norte de las islas de Tenerife y La Palma<sup>18</sup>, cuenta aquí con un importante número de individuos. Otra de las plantas que se desarrolla es el cenizo de flecos *Chenopodium coronopus*, terófito (planta anual) endémico canario citado para Tenerife, La Palma, El Hierro y Gran Canaria<sup>18</sup>, que encuentra en el roque un medio óptimo y a su vez alejado de la fuerte presión antrópica a la que se ven sometidas algunas de sus poblaciones en tierra. Desafortunadamente, no fue posible detectar esta planta —lo que de nuevo estaría relacionado con las fechas inadecuadas de nuestras visitas—, y en consecuencia no podemos discernir cuál es su estado de conservación en este enclave.

Por encima de la franja halófila surgen elementos típicos del cardonal-tabaibal, que conforman un tabaibal dulce de costa, en el que confluyen especies como la tabaiba dulce *Euphorbia balsamifera* subsp. *balsamifera*, un arbusto suculento resistente a la escasez de precipitaciones y a los suelos salinizados, cuya plasticidad de formas va en función de los vientos locales. Enmarañada con la tabaiba dulce hallamos la esparraguera común *Asparagus umbellatus* subsp. *umbellatus*, una planta trepadora sin espinas cuyos frutos carnosos de color rojizo salpican el paisaje vegetal de este pe-

ñasco. Aun siendo escaso en número de individuos, el cardón *Euphorbia canariensis* busca los litosuelos de las laderas inclinadas, adquiriendo portes medianos en las zonas más bajas de esta comunidad, aunque allí donde las condiciones del suelo mejoran alcanzan hasta cuatro metros de altura. Acompañando a esta formación vegetal aparece la magarza *Argyranthemum frutescens*, que en situaciones de escasez de suelo actúa como compañera del cinturón halófilo costero de roca. Asimismo, entremezclada en el tabaibal surge la tunera india *Opuntia dillenii*, con un número elevado de ejemplares, y de forma puntual el pipe *Sonchus congestus*. Cuando el tabaibal dulce está sometido a la maresía o al incremento de sales se incorpora a esta combinación florística la presencia de la matabrusca negra *Salsola divaricata*.



La orchilla *Rocella tinctoria* crece sobre las peñas y paredones marítimos de nuestras islas, entre estos en los del roque de Garachico. Este líquen tintóreo, del que se puede conseguir una gama de colores que va desde los azules a los violáceos, fue una de las producciones más peculiares del archipiélago en los últimos siglos. Foto Pedro L. Pérez de Paz y Consuelo E. Hernández.



*Canariella giustii*, con unos 10 mm de diámetro máximo de concha, es uno de los cuatro moluscos terrestres detectados hasta ahora en el roque de Garachico. Como en otros lugares del noroeste de Tenerife, de donde es exclusivo, es de esperar que durante los fuertes periodos de calor busque refugio bajo piedras y entre la maraña de tallos y raíces de alguna planta del roque. Foto José J. Hernández.

Allí donde el suelo ha sido alterado o removido, por lo general bastante ruderalizado, está la comunidad de terófitos constituida por la barrilla *Mesembryanthemum nodiflorum*, el cosco *M. crystallinum*, el cenizo común *Ch. murale*, la esparquilla falsa *Spergula fallax* y la marmojaya *Patellifolia procumbens*, especie esta última que en ciertos puntos alcanza densidades muy altas. Esta preocupante situación, achacada con toda probabilidad a la alta nitrificación del suelo por la existencia de colonias de aves marinas, llevaría a una fuerte competencia por el espacio con otros elementos vegetales.

En aquellos lugares donde afloran algunos riscos y pequeñas paredes hay elementos rupícolas como la pelotilla isleña *Monanthes* cf. *brachycaulos* y algunas especies características de la flora liquénica, entre las que ha sido posible identificar orchillas (*Rocella tinctoria* y *R. phycopsis*), *Caloplaca marina* y la flor de piedra *Ramalina* gr. *bourgeana*.

### TRAS LA HUELLA DE LOS INVERTEBRADOS

La presencia de invertebrados en un enclave de estas características puede obedecer, dependiendo de las especies, a diferentes razones. Es de esperar que, con la separación del roque por la erosión, algunas de las que ya formaban parte de la fauna origi-

aria de este sector costero quedasen aisladas. Otras habrán podido llegar mediante algunos de los sistemas de colonización conocidos, como por ejemplo aprovechando balsas de vegetación, o sencillamente en vuelo desde la costa vecina, sin olvidar el papel que podrían jugar las aves (p. ej., las gaviotas patiamarillas *Larus michahellis atlantis*) en la asistencia a su transporte, dado el asiduo acarreo hacia los lugares de cría de restos orgánicos (obs. pers.) que contendrían adultos, larvas o huevos (p. ej. de pequeños coleópteros).

En lo que respecta a los moluscos terrestres, el hallazgo de ejemplares vivos y numeroso material conquiológico (conchas) pertenecientes al género endémico *Hemicycla* (familia Helicidae), así como conocer más tarde que corresponden a la especie *H. bidentalis*, fue toda una sorpresa. Este caracol, exclusivo de la isla de Tenerife, se distribuye por varios lugares de la vertiente norte y del macizo de Anaga (NE)<sup>19</sup>, sobre todo en las formaciones de laurisilva, aunque también ha sido constatado en zonas eminentemente xéricas, o en el roque de Fuera de Anaga (de 0,06 km<sup>2</sup> y a unos 1.500 m de la costa), del cual fue descrita una subespecie diferente (*H. b. inaccessibilis*)<sup>20</sup>. En nuestra área de estudio parece tener predilección por la ladera orientada al este, precisamente en la que hay

más cobertura vegetal (tabaibal dulce y otros) y rocas, que le pueden servir de refugio, y quizá la insolación no sea tan fuerte. Su acusado polimorfismo (variabilidad en las conchas y genitales)<sup>21</sup> podría deparrar alguna que otra novedad en el futuro, pero de momento solo sabemos que el sitio más cercano donde están los individuos más parecidos a los del roque de Garachico es un bosque de laurisilva próximo a Palo Blanco (Los Realejos), a unos 18 km (Miguel Ibáñez, com. pers.).

El resto de la fauna malacológica del roque pudo ser determinada por medio del examen de conchas vacías. Su buen estado, algunas aún sin despigmentar, indica la existencia de poblaciones actuales de *Canariella giustii* (Hygromiidae), *Caracollina lenticula* (Trissexodontidae) y *Theba pisana* (Helicidae), aunque no hay que descartar que las conchas vacías de esta última hayan sido traídas por las gaviotas. Si bien la primera especie, descrita para la ciencia hace apenas unos años, está restringida al noroeste de Tenerife<sup>22</sup>, la segunda (mediterráneo-macaronésica) y tercera (europea occidental e introducida en varias partes del mundo) muestran una gran valencia ecológica y, respectivamente, habitan todas y casi todas las islas del archipiélago. Teniendo en cuenta las condiciones idóneas de algunos sectores

del roque no prospectados (p. ej., para albergar al género *Napaeus*), es probable que aparezcan otros moluscos terrestres aquí cuando, en una próxima ocasión, se lleve a cabo un muestreo más minucioso.

Es de suponer que aquellos insectos con buena capacidad de vuelo puedan trasladarse, a menudo u ocasionalmente, hasta el roque desde la costa cercana. En este sentido, las observaciones de una libélula del género *Sympetrum* (Libellulidae), un saltamontes como *Aiolopus* cf. *strepsens* (Acrididae), algunos himenópteros (p. ej., un macho de *Evagetes cabrerai cabrerai* [Pompilidae] o una mariposa como la vanesa de los cardos *Vanessa cardui* (Nymphalidae), dejan entrever un cierto trasiego. Sin embargo, el hecho de ser mariposa no siempre está asociado a desplazamientos en vuelo, principalmente cuando pensamos en hembras de ciertas especies. En el roque de Garachico, adheridos a la superficie rocosa o a la corteza de arbustos, a veces son visibles unos pequeños estuches, construidos con filamentos vegetales, que guardan un curioso animal: *Amicta cabrerai* (Psychidae), un lepidóptero endémico del archipiélago canario cuya distribución comprende las islas centro-occidentales<sup>23</sup>. Mientras que los machos adultos de esta mariposa tienen alas, pudiendo deambular como los de cualquier otra, las hembras son ápteras, su aspecto recuerda al de una “oruga” y permanecen en estas cápsulas larvianas toda su vida. Mediante los movimientos necesarios, aquí desarrollan todas sus funciones bio-ecológicas, desde alimentarse hasta poner huevos, pasando obviamente por el apareamiento. A primera vista, las cápsulas del roque parecen similares a las observadas en diversas zonas de Tenerife u otras islas; no obstante, al compararlas con las presentes en un roque marino de la isla de El Hierro, *a priori* de la misma especie, hay algo que llama mucho la atención: el tamaño de las herreñas es claramente mayor (obs.



Cuadro 1. La amplia distribución actual de la tunera india *Opuntia dillenii* en el roque de Garachico podría en parte tener relación con la dispersión de semillas que llevan a cabo los lagartos tizones *Gallotia galloti* al comer sus frutos: (a) debido a la ausencia de paseriformes u otras aves, que al alimentarse de pulpa de tunos aún en la planta facilitan el acceso de lagartos mediante el agujero que hacen, es probable que la interacción mutualista lagarto tizón-tunera india en el roque se produzca sobre todo en el suelo, cuando el fruto cae de maduro; (b) macho adulto de lagarto tizón desplazándose por un sector del roque; (c) excreta de lagarto tizón conteniendo semillas de tunera india; y (d) tunera india del roque portando frutos (tunos o higos picos) de color rojizopúrpura, un recurso alimenticio explotado por lagartos, aves e incluso pequeños roedores en otras localidades. Fotos José J. Hernández (a y c), Beatriz Fariña (b) y M.<sup>a</sup> Leticia Rodríguez Navarro (d).

pers.). Lejos de algún tipo de interpretación, todo esto invita a especular de una forma sencilla sobre ciertos fenómenos de adaptación a ambientes muy particulares y reducidos...

Basta mirar el tabaibal dulce y los cardones del roque para sospechar que varios artrópodos ligados a esa vegetación hayan pasado inadvertidos. La movilidad de esta fauna, al igual que la de los caracoles, estaría circunscrita a este peñasco o a determinadas porciones de su superficie. Hasta el momento los coleópteros colectados incluyen dos tenebriónidos (*Nesotes* sp. [Agustín Aguiar, *in litt.*] y, quizá el más común de todos, *Hegeter amaroides*), un curculiónido (*Laparocerus tibialis* [A. Aguiar, *in litt.*]) y un oedomérido (*Alloxantha* cf. *ochracea*). Esta comunidad, que probablemente esté constituida por algunos taxones más, es en general de hábitos nocturnos. En función del tipo de coleóptero, su

alimentación puede ser fitófaga, omnívora, xilófaga (p. ej., en las larvas de *Alloxantha*), saprófaga o a base de excrementos de aves marinas (coprófaga), como se ha comprobado en *H. amaroides* en otro roque tenerfeño donde también hay una densa colonia de gaviota patiamarilla<sup>24</sup>.

Para completar el elenco de invertebrados artrópodos vistos en el roque de Garachico haremos alusión a arañas, chinches, hormigas y milpiés. A pesar de haber detectado solo un ejemplar de *Neoscona crucifera* (Araneae), una araña cosmopolita existente en todas las islas, es muy probable que haya más especies afines dada su efectiva dispersión con la ayuda de telarañas y viento (anemocoria). También se identificó una chinche (colectada en fase larvaria) como *Scantius aegyptius* (Pyrrhocoridae), de llamativos colores rojo y negro. Las hormigas, siempre omnipresentes en la mayoría

de los hábitats, están representadas de momento por dos especies, una endémica (*Camponotus hesperius*) y otra posiblemente nativa de Canarias (*Tetramorium semilaeve*), con poblaciones en casi todas y todas las islas, respectivamente. Por último, la presencia de uno de los miriápodos más frecuentes en las islas, el cardador *Ommatoiulus moreletii*, estaba asociada al mantillo que generan las manchas de siempreviva imbricada del roque, donde al parecer se mantiene una cierta humedad. De los 55 taxones que componen la familia Julidae en el archipiélago canario<sup>18</sup>, *O. moreletii* es uno de los pocos que no son exclusivos del mismo. Su distribución original abarcaba la península Ibérica, si bien ha sido introducido en zonas de Australia y Sudáfrica, así como en varias islas atlánticas (entre ellas casi todas las de Canarias), en las que llega a ser muy abundante<sup>25</sup>. Resulta curioso que, pese a buscar en diversos sitios potenciales, no haya sido posible visualizar a uno de los artrópodos depredadores más grandes que viven en las islas, la escolopendra *Scolopendra valida* (Scolopendridae). Sorprende más, si cabe, al saber que Aurelio Martín (com. pers.), en una de sus visitas al roque a principios de la década de 1980, vio una botella donde, además de coleópteros, había un gran número de escolopendras atrapadas.

#### ENTRE AVES MARINAS Y REPTILES ENDÉMICOS

Es evidente que un lugar como este, forzosamente, tiene que ser la morada de muy pocos vertebrados terrestres, sobre todo por su ínfima superficie, escasa altitud y notable inclinación, así como limitada diversidad florística y de ecosistemas. Aun así, llama sobremanera la atención la comunidad faunística que lo puebla, y en particular los reptiles y las aves marinas, verdaderos protagonistas de este peñasco.

Es conocida la presencia de las tres especies de reptiles frecuentes y

ampliamente distribuidas en la isla de Tenerife, el perenquén de Delalande *Tarentola delalandii*, exclusivo de Tenerife y La Palma, la lisa dorada *Chalcides viridanus*, endemismo tenerfeño<sup>26</sup>, y el lagarto tizón *Gallotia galloti*, relegado a Tenerife y La Palma, con un total de cuatro subespecies. Entre ellas destaca el lagarto tizón, que fue objeto de un estudio detallado en los años 80 del pasado siglo, centrado en los ejemplares de los tres roques principales situados frente a Tenerife, los dos de Anaga (de Tierra y de Fuera) y el de Garachico<sup>5</sup>. Así, entre 1982 y 1984 se colectaron 13 ejemplares en el roque de Garachico y ofrecieron datos biométricos y morfológicos de interés, confirmándose la pertenencia de esta población a la subespecie *G. g. eisentrauti*, exclusiva de la vertiente norte de la isla. Por otra parte, destacó el hecho de que las tallas de los machos son parecidas a las de los individuos existentes en el roque de Fuera de Anaga, donde está presente la subespecie endémica *G. g. insulanagae*, con ligera tendencia al gigantismo y más oscura<sup>5</sup>. Por nuestra parte, en septiembre de 2009 encontramos los esqueletos (parcia-

les o totales) de tres ejemplares, uno de ellos reciente y momificado, con visibles rasgos de macho adulto. Al respecto cabe señalar que en visitas previas se constató su abundancia, al igual que ya señaló E. Hernández (inéd.) en 1983. En septiembre de 2009 también se colectaron unos 21 excrementos de la especie (14 de ellos completos), que contenían 166 semillas de frutos de tunera india, algunas de los de esparraguera y marmojaya, así como restos de un escarabajo del género *Hegeter*. Estos datos demuestran su importante papel como consumidor y dispersor potencial de la tunera india, lo cual podría explicar, al menos en parte, la distribución actual de dicha especie vegetal en el lugar (Cuadro 1).

En cuanto a los otros dos reptiles, A. Martín<sup>5</sup> menciona la captura de un ejemplar de perenquén de Delalande, y se sabe que E. Hernández (com. pers.) colectó alguno más en la primera mitad de la misma década, señalando además en su cuaderno de campo que es “común, pero no tan abundante como en Roque de Fuera de Anaga”. En nuestra visita de septiembre se pudieron localizar tres individuos en dos puntos



El petrel de Bulwer *Bulweria bulwerii* es un ave marina pelágica migratoria, ausente de las aguas canarias entre los meses de octubre y febrero-marzo. Sus áreas de invernada se sitúan en el Atlántico Sur, sobre todo frente a las costas de Sudamérica. Foto Beneharo Rodríguez.



La gaviota patiamarilla *Larus michahellis atlantis*, que cuenta con una importante colonia de cría en el roque de Garachico, es la responsable del acarreo a diferentes roques marinos de Canarias de gran número de restos orgánicos, entre otros los cadáveres de ratas, conejos y aves, así como sobrantes de cocina. Foto Beneharo Rodríguez.

distintos del roque. Por su parte, el eslizón dorado solo fue detectado en esa misma visita, cuando se observaron de cerca dos ejemplares, uno adulto y otro juvenil (con la cola azulada), siendo inviable su captura. En el sector en cuestión hay bastante vegetación, con un tabaibal dulce bien desarrollado y algo más de suelo que en otras partes del roque, hábitat más favorable para dicho escíncido. Previamente, A. Martín<sup>5</sup> ya había citado la presencia de lisas aquí y en los roques de Anaga, y, aunque no pudo capturar ningún individuo, plantea la necesidad de confirmar su identificación, aun suponiendo probable su pertenencia a la especie *C. viridanus*, que con posterioridad ha sido mencionada para el roque de Garachico<sup>27,28</sup>. Tanto el perenquén como el eslizón son bastante más escasos que el lagarto en este enclave.

En suma, la fauna reptiliana de este roque merece un estudio más minucioso, ya que se trata de poblaciones totalmente aisladas y con previsible tendencia a la diferenciación subespecífica en el futuro. Además, podrían resultar de gran interés ciertos aspectos ecológicos, en particular de los lagartos, debido a su importante papel dispersor de plantas vasculares.

Es bien sabido que los roques e islotes son auténticos refugios de especies amenazadas e incluso

desaparecidas en las islas principales o en tierras continentales, destacando especialmente las aves marinas pelágicas, lo cual se debe en gran medida a la ausencia o escasez de mamíferos depredadores introducidos<sup>29</sup>. En el caso de Tenerife, esto es patente sobre todo en tres roques, el de Fuera y el de Tierra de Anaga y el de Garachico, aunque también en otros que jalonan el litoral septentrional de la isla. De esta manera, las principales colonias actuales de petrel de Bulwer *Bulweria bulwerii* en el conjunto del archipiélago se sitúan en los dos roques de Anaga, que albergan unas 300 parejas<sup>30</sup>, enclave seguido en importancia insular por el roque de Garachico, con 40-50 parejas<sup>29</sup>. Durante nuestras visitas de 2009 se hallaron seis ejemplares muertos y una hura ocupada por un adulto con un huevo en junio, y siete huras (con al menos tres ocupadas por pollos en distintos estadios de crecimiento) en septiembre, además de los cadáveres o restos de tres adultos y de un pollo bastante emplumado. Las cavidades de nidificación estaban dispersas por el roque, aunque no fue posible realizar un recuento completo de su población. En cualquier caso, nuestra impresión es que debe haber menos de 40-50 parejas en la actualidad.

En cuanto a la pardela cenicienta *Calonectris diomedea borealis*, otra de las aves marinas pelágicas que se

reproducen regularmente aquí, A. Martín<sup>30</sup> afirma que en este roque crían unas 10 parejas, frente a las 150-200 cifradas para el roque de Fuera de Anaga. Con posterioridad<sup>29</sup> se considera un tamaño algo mayor para esta colonia: 10-20 parejas. En la visita de septiembre se reconfirmó lo exiguo de este núcleo reproductor, pudiéndose localizar con certeza cuatro huras recientes, de las cuales dos tenían pollos comenzando a emplumar. Por su parte, Beneharo Rodríguez y Aurelio Acevedo (com. pers.) localizaron tan solo tres huras en junio de 2002. Estos datos podrían indicar una cierta reducción de la población de pardelas del roque, a pesar de que nuestro recuento no pudo ser exhaustivo debido a las dificultades de acceso a ciertos puntos del mismo.

La otra pardela presente, la pardela chica *Puffinus (assimilis) baroli*, es muy escasa, y por el momento nadie ha confirmado su nidificación, aunque se supone que tiene lugar. Los únicos datos que conocemos sobre su presencia en el roque se refieren a la escucha de un ejemplar en septiembre de 1984<sup>30</sup> y a la observación de dos aves en vuelo rápido (al crepúsculo) cerca del mismo en marzo de 1996.

Para concluir la relación de aves marinas pelágicas del roque de Garachico es necesario referirse al paíño de Madeira *Oceanodroma castro*, que fue detectado por vez primera en este espacio natural por los ornitólogos Guillermo Delgado y E. Hernández, quienes pudieron escuchar 4-5 ejemplares a principios de octubre de 1984<sup>30</sup>. Posteriormente se han recogido pollos voladeros con plumón en la cercana localidad de Los Silos<sup>31,32</sup>, lo que podría ser un indicio más de su nidificación en el roque, aunque no existen pruebas concluyentes al respecto.

La única ave marina no pelágica que se reproduce aquí es la gaviota patiamarilla, que cuenta con una colonia evaluada en 1984 en 50 parejas<sup>30</sup>, cifra muy similar a la

Las normas de conservación de este espacio natural protegido consideran como usos permisibles los relacionados con el desarrollo de trabajos científicos y (o) de investigación, realización de actividades cinematográficas, radiofónicas, televisivas, publicitarias, de video y similares, así como el enramado de la cruz durante determinadas festividades, estando prohibido en este último caso el empleo de material pirotécnico

obtenida en un censo realizado tres años más tarde: 45-50 parejas<sup>33</sup>. En los últimos tiempos se ha asistido a un incremento de este núcleo de cría, ya que en abril de 2003 B. Rodríguez y A. Acevedo (com. pers.) contaron un mínimo de 99 nidos en diferentes estadios, con huevos y pollos. Por nuestra parte, en junio de 2009 se estimó la presencia de al menos 150 adultos y unos 50 pollos. Es interesante resaltar la introducción de materia orgánica animal por parte de las gaviotas que frecuentan el roque, pues se han hallado los restos de varias ratas *Rattus* sp. e incluso de un mirlo común *Turdus merula* y un pollo de focha común *Fulica atra* (B. Rodríguez, com. pers.), sin duda provenientes de la costa opuesta. Por otra parte, cabe señalar el papel depredador de la gaviota sobre ciertas aves marinas pelágicas, lo cual fue comprobado aquí por E. Hernández (inéd.) en la primavera de 1983 y es conocido en la generalidad del archipiélago<sup>29</sup>.

El resto de las especies orníticas nidificantes del roque de Garachico son la paloma bravía *Columba livia* y el vencejo unicolor *Apus unicolor*. La primera no parece ser muy común en el enclave, ya que en nuestras visitas observamos de 2 a 3 ejemplares. Además, B. Rodríguez y A. Acevedo (com. pers.) hallaron un nido en junio de 2002. Sin embargo, en su cuaderno de campo E. Hernández (inéd.) señala, en la primavera de 1983, "más de 20 parejas". En cuanto al vencejo, es citado criando en este roque al menos desde

agosto de 1984, cuando se halló un nido ocupado<sup>30</sup>. En 1983, E. Hernández (inéd.) estima una población superior a las 50 parejas, mientras que posteriormente se sigue considerando un ave abundante<sup>29</sup>, lo que contrasta con nuestras observaciones recientes. Así, en junio no se detectó ejemplar alguno, mientras que en septiembre se observaron solo cuatro individuos, no descartando que pudiera haber alguno más. Es interesante el hallazgo de tres nidos (uno con cáscaras de huevos) por parte de B. Rodríguez y A. Acevedo (com. pers.) en junio de 2002. Resulta evidente que, ante la escasez de insectos aéreos potencialmente adecuados para los vencejos en este

roque, dichas aves tienen que ir a buscar alimento a la isla principal, fenómeno común a otros enclaves similares repartidos por la geografía del archipiélago canario.

Para continuar el inventario ornitológico es necesario mencionar la presencia, ya sea frecuente u ocasional, de algunas aves rapaces que nidifican en Tenerife, como son el busardo ratonero *Buteo buteo insularum*, el águila pescadora *Pandion haliaetus* y el halcón tagarote o de Berbería *Falco peregrinus pelegrinoides*; curiosamente, las dos últimas han sido vistas posadas en la cruz de lo alto del roque desde la costa opuesta. Mención aparte merece el cernícalo vulgar *Falco tinnunculus canariensis*,



Vista del tabaibal dulce presente en la ladera oriental del roque, uno de los escasos puntos del norte de Tenerife en los que subsiste esta formación vegetal, puesto que se distribuye preferentemente en los ambientes desérticos de las fachadas SE, S y W de la isla. Foto Rubén Barone.

del que se observaron dos juveniles del año en septiembre de 2009 y se recogió una egagrópila reciente en dicho mes (con restos de un lagarto tizón juvenil), no descartándose su nidificación actual en el roque. Es de interés la información obtenida por E. Hernández (iné.) en 1983, cuando constata la existencia de una pareja criando en un cantil del sector oriental, cita que no ha sido mencionada hasta ahora en ninguna publicación.

Por último, es necesario citar a distintas aves migratorias que se observan en el roque o en sus inmediaciones, destacando en primer lugar dos ardeidas, la garceta común *Egretta garzetta* y la garza real *Ardea cinerea*, por tener un dormitorio en este lugar, bien visible desde Garachico, como se ha tenido ocasión de comprobar en distintas fechas. De la primera se han llegado a avistar hasta 16 ejemplares, por ejemplo en marzo de 1996, mientras que de la garza real se ha señalado un máximo de 40 aves en febrero de 1990<sup>34</sup>, si bien lo más interesante es la posibilidad de su reproducción, apuntada ya por A. Martín<sup>30</sup> en 1987 aunque nunca confirmada. Sin descartar que ésta tenga lugar, nos inclinamos más bien por la opción de un simple dormitorio y lugar de descanso. El resto de las especies son la garza imperial *Ardea purpurea*<sup>29</sup>, el zarapito trina-dor *Numenius phaeopus*, el págalo grande *Catharacta skua* y la gaviota reidora *Larus ridibundus* (B. Rodríguez y Airam Rodríguez, com. pers.). Solamente las dos primeras han sido vistas en tierra, mientras que el resto se han observado volando sobre el mar en sus cercanías. También se cita la aparición esporádica de algún ejemplar de cormorán grande *Phalacrocorax carbo* en este enclave<sup>29</sup>. Parece lógico pensar que con un seguimiento continuado en el tiempo, ya sea desde tierra o mediante visitas al roque, el inventario de la avifauna local se incrementaría, a pesar del carácter poco adecuado de este peñasco para acoger a muchas de nuestras aves.

## LA CONSERVACIÓN HOY DÍA Y PERSPECTIVAS PARA EL MAÑANA

En la actualidad, el estado de conservación del Monumento Natural del Roque de Garachico es bastante satisfactorio. Tras haberse establecido el control de acceso, mediante la previa solicitud de autorización administrativa, las previsiones de futuro para la biota allí presente también son muy halagüeñas, pero siempre contando con la adopción de ciertas medidas para su preservación. Las normas de conservación de este espacio natural protegido consideran como usos permisibles los relacionados con el desarrollo de trabajos científicos y (o) de investigación, realización de actividades cinematográficas, radiofónicas, televisivas, publicitarias, de video y similares, así como el enramado de la cruz durante determinadas festividades, estando prohibido en este último caso el empleo de material pirotécnico. Aun siendo autorizables, estas actividades han de regirse dentro del régimen de uso fijado, con la obligada notificación de los resultados obtenidos al objeto de que la gestión administrativa del espacio se vea retroalimentada.

Aunque el marisqueo está prohibido, sigue siendo necesario controlar ésta y otras actividades pesqueras, así como las posibles visitas furtivas, que pueden repercutir de forma negativa y significativa en la flora y fauna del roque. Cabe destacar que la tunera india, una especie introducida y altamente invasora, está alcanzando densidades realmente preocupantes en este lugar tan reducido. Debido a su dispersión por crecimiento vegetativo y aparente endozoocoria, está compitiendo por el hábitat con formaciones vegetales nativas como el tabaibal dulce. Es por ello que queremos trasladar a las administraciones ambientales competentes nuestra preocupación al respecto y una propuesta de ejecución de acciones tendentes a la erradicación de esta especie. En este sentido, también queremos

dejar constancia de lo nefasto que sería la llegada de ratones y ratas al roque, dado que se verían amenazadas la flora y fauna en general, y en particular las aves marinas ▼

## Agradecimientos

Son muchas las personas e instituciones a las que queremos trasladar nuestro más sincero agradecimiento. Al Cabido Insular de Tenerife por concedernos el permiso para la realización de las labores de campo, y a todo el personal de la Cruz Roja del Mar de Garachico, ya que sin él no hubiese sido posible llevar a cabo nuestras visitas. Al Museo de la Naturaleza y el Hombre (sección de Ciencias Naturales) por avalar esta aventura y alojar el material colectado, en especial a su director, Lázaro Sánchez-Pinto, por el apoyo incondicional, y a Gloria Ortega, quien determinó varias especies de fauna invertebrada. Damos las gracias también a Aurelio Acevedo, Agustín Aguiar, Aurelio Martín, Manuel Nogales, Airam Rodríguez y Benharo Rodríguez por cedernos varios datos inéditos. A Miguel Ibáñez por la identificación de la especie de *Hemicycla*, así como por los comentarios sobre el texto concerniente a los moluscos terrestres. Estamos en deuda con Pauline Agnew, Arnoldo Álvarez, Manuel Arechavaleta, Marta de Ponte Machado, Concepción Hernández-Padrón, Nuria Macías, Águedo Marrero, Pedro Oromí, Israel Pérez y Alfredo Reyes-Betancort por sus respectivas ayudas. Domingo Fleitas, Roque Morales y Teresa Tosco nos transmitieron parte de su acervo cultural, y José Velázquez y Carlos Acosta nos acercaron el legado histórico. José J. Hernández realizó varias fotografías en exclusiva para este trabajo, y José García Casanova permitió que hojeásemos los cuadernos de campo de nuestro añorado amigo Efraín Hernández. Por último, a Nicolás Martín por hacer que el gran público tenga acceso al trabajo que realizan muchos investigadores.

## Bibliografía

1. Normas de Conservación del Monumento Natural del Roque de Garachico. 25 pp. ([http://www.gobcan.es/cmayerot/espaciosnaturales/instrumentos/tf\\_descarga.html](http://www.gobcan.es/cmayerot/espaciosnaturales/instrumentos/tf_descarga.html)).
2. HERNÁNDEZ, E., MARTÍN, B.R., GARCÍA CASANOVA, J. & MIGUEL MARTÍN, P.N. 1998. *Guía de los Espacios Naturales Protegidos de Tenerife*. Gobierno de Canarias. 164 pp.
3. VERA, M.Á., SAMARÍN, C., DELGADO, G. & VIERA, G. 2010. *Natura 2000 en Macaronesia. Azores, Madeira, Salvajes y Canarias*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial del Gobierno de Canarias. 567 pp.
4. IGME (normas, dirección y supervisión). 1988. *Mapa geológico de España E.1:25.000. Hoja 1.103-III: Icod de los Vinos*. Segunda Serie. 1ª Edición. Centro de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. 63 pp. + plano.
5. MARTÍN, A. 1985. Los lagartos de los roques del norte de Tenerife. *Bonner zoologische Beiträge* 36: 517-528.
6. VELÁZQUEZ, J. 2005. La villa y puerto de Garachico, retazos históricos. *Crónicas de Canarias* 1: 269-300.
7. TOUS MELIÁ, J. 1996. *Tenerife a través de la cartografía (1588-1899)*. Museo Militar Regional de Canarias y Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna. 236 pp.
8. VIANA, A. DE. 1986. *Conquista de Tenerife*. Edición e introducción de Alejandro Cionarescu. Editorial Interinsular Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 422 pp.
9. LECLERCQ, J. 1990. *Viaje a las islas afortunadas. Cartas desde las Canarias en 1879*. Traducción de Ángel Hernández. Prólogo de Antonio Rumeu de Armas. 8. Colección "Clavijo y Fajardo". 226 pp.
10. COQUET, A. 1982. *Una excursión a las islas Canarias*. Traducido por J.A. Delgado Luis. La Orotava, Tenerife. 1ª edición en francés: 1884. 69 pp.
11. CHRIST, H. 1998. *Un viaje a Canarias, en primavera*. Prólogo de Á. Luque Escalona y traducción de K. Reimers Suárez & Á. Hernández Rodríguez. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 1ª edición en alemán: 1886. 221 pp.
12. VERNEAU, R. 1981. *Cinco años de estancia en las islas Canarias*. Traducida por J.A. Delgado Luis. Notas históricas y mapas de M.J. Lorenzo Perera y nota preliminar de J. Hernández García. Madrid. 1ª edición en francés: 1891. 310 pp.
13. PROUST, L. & PITARD, CH.J. 2007. *Las Islas Canarias. Descripción de Tenerife*. Estudio introductorio, traducción y notas de José M. Oliver Frade. Ediciones Idea. 1ª edición en francés: 1908. 248 pp.
14. RUIZ ÁLVAREZ, A. 1965. Apuntes para una biografía del doctor Augusto Broussonet (1761-1807). *Anuario de Estudios Atlánticos* 11: 129-147.
15. STAPP, O. 1906. The Statics of the Canaries of the Subsection Nobiles. II. *Annals of Botany* 20: 301-310.
16. MASFERRER Y ARQUIMBAU, R. 1880. Recuerdos botánicos de Tenerife ó sea, datos para el estudio de la flora canaria. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* 11: 307-398.
17. SANTOS, A. & FERNÁNDEZ-GALVÁN, M. Plantae in loco natali ab Eric R. Sventenius inter annos MCMXLIII-MCMLXXI lectae, in herbario ORT Instituto Nationalis Investigationum Agrarium (Hortus Acclimatationis Plantarum Arautapae) sunt. 1977. I. Plantae Canariae: Pteridophyta (pp.

48-64); 1979. II. Plantae Canariae: Spermatophyta (Pinaceae-Caryophyllaceae) (pp. 58-101); 1979. III. Plantae Canariae: Spermatophyta (Ranunculaceae-Leguminosae) (pp. 67-140); 1980. IV. Plantae Canariae: Spermatophyta (Oxalidaceae-Umbelliferae) (pp. 53-94); 1981. V. Plantae Canariae: Spermatophyta (Ericaceae-Acanthaceae) (pp. 47-105); 1981. VII. Monocotyledonae (preater Gramineae) (pp. 51-67); 1982. VI. Plantae Canariae: Spermatophyta (Orobanchaceae-Compositae) (pp. 45-89); 1983. VII. Compositae (cont.) (pp. 47-68); 1985. IX. Monocotyledonae (Gramineae) (pp. 49-77). En *Index Seminum quae Hortus Acclimatationis Plantarum Arautapae*. Agrar. Invest. Nat. Hisp. Inst. [Inst. Nat. Invest. Agrar.]. Jardín de Acclimatación de Plantas de La Orotava, Puerto de la Cruz, Tenerife.

18. ARECHAVALETA, M., RODRÍGUEZ, S., ZURITA, N. & GARCÍA, A. (coord.) 2010. *Lista de especies silvestres de Canarias. Hongos, plantas y animales terrestres*. 2009. Gobierno de Canarias. 579 pp.
19. TALAVÁN SERNA, J. & TALAVÁN GÓMES, J. 2008. Contribución al conocimiento de los moluscos fósiles de las Islas Canarias. *Spira* 2: 199-221.
20. IBÁÑEZ, M., GROH, K., ALONSO, M.R. & CAVERO, E. 1988. Revision of the genus *Hemicycla* Swainson, 1840 (Mollusca, Helicidae) from Tenerife: *Adiverticula* n. subgen., and description of 3 new taxa. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle* sér. 4, sect. A, 10: 309-326.
21. IBÁÑEZ, M., BARQUÍN, J., CAVERO, E. & ALONSO, M.R. 1988. La variabilidad de *Hemicycla bidentalis* (Gastropoda, Helicidae). *Malacologia* 28: 105-117.
22. IBÁÑEZ, M., SIVERIO, F., ALONSO, M.R. & PONTE-LIRA, C.E. 2006. Two *Canariella* species (Gastropoda: Helicidae: Hygromiidae) endemic from the Northwest Tenerife (Canary Islands). *Zootaxa* 1258: 33-45.
23. GARCÍA, R., ORTEGA, G. & PÉREZ, J.M. 1992. *Insectos de Canarias*. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 418 pp.
24. ARECHAVALETA, M. & FARIÑA, B. 2005. El roque de Fuera de Anaga y sus habitantes. *Makaronesia* 7: 110-119.
25. BAILEY, P.T. & MENDONÇA, T.R. 1990. The distribution of the millipede *Ommatolius moreleti* (Diplopoda, Julida: Julidae) in relation to other *Ommatolius* species on the south-western Iberian Peninsula. *Journal of Zoology* 221: 99-111.
26. MATEO, J.A., AFONSO, Ó.M. & GENIEZ, P. 2007. Los reptiles de Canarias, una nueva sinopsis puesta al día. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 18: 2-10.
27. BARBADILLO, L.J., LACOMBA, J.I., PÉREZ-MELLADO, V., SANCHO, V. & LÓPEZ-JURADO, L.F. 1999. *Anfibios y reptiles de la Península Ibérica, Baleares y Canarias*. GeoPlaneta. Editorial Planeta, S.A. Barcelona. 419 pp.
28. MATEO, J.A. 2004. *Chalcides viridanus* (Gravenhorst, 1851). Lisa dorada (pp. 173-174). En Pleguezuelos, J. M., Márquez, R. & Lizana, M. (eds.) *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza – Asociación Herpetológica Española (3ª impresión). Madrid.
29. MARTÍN, A. & LORENZO, J.A. 2001. *Aves del archipiélago canario*. Francisco Lemus Editor. La Laguna. 787 pp.
30. MARTÍN, A. 1987. *Atlas de las aves nidificantes en la isla de Tenerife*. Instituto de Estudios

Canarios, Monografía XXXII. Tenerife. 275 pp.

31. RAMOS, J.J. 1994. Paño de Madeira *Oceanodroma castro*. Noticiario Ornitológico. *Ardeola* 41: 91.
32. LORENZO, J.A. & BARONE, R. 2007. Paño de Madeira, *Oceanodroma castro* (pp. 127-131). En Lorenzo, J. A. (ed.) *Atlas de las aves nidificantes en el archipiélago canario (1997-2003)*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza – Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
33. DELGADO, G., MARTÍN, A., NOGALES, M., QUILIS, V., HERNÁNDEZ, E. & TRUJILLO, O. 1992. Distribution and population status of the Herring Gull *Larus argentatus* in the Canary Islands. *Seabird* 14: 55-59.
34. TRUJILLO, D., SIVERIO, M. & OÑATE, E. 1996. Garza Real *Ardea cinerea*. Noticiario Ornitológico. *Ardeola* 43: 241.

## Los autores

**M.ª Leticia Rodríguez Navarro** es licenciada en Ciencias Biológicas y actualmente trabaja en la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias. De forma paralela, está desarrollando su tesis doctoral en la Universidad de La Laguna, en la que aborda el estudio de la flora y la vegetación de las medianías de la comarca de Acentejo (norte de Tenerife). Ha colaborado en el proyecto del Banco de Datos de la Biodiversidad de Canarias y en el seguimiento y redacción de los planes de especies de flora y fauna amenazadas del archipiélago. Es miembro de la Asociación Amigos del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife y coordinadora de la revista *Makaronesia* (e-mail: [Irodnav@gobiernodecanarias.org](mailto:Irodnav@gobiernodecanarias.org)). La bióloga **Beatriz Fariña** ha trabajado en conservación de especies amenazadas de flora y fauna de Canarias. Está muy interesada en la biodiversidad presente en lugares aislados y, en este sentido, ha visitado la mayoría de los roques marinos de las islas (e-mail: [tison@telefonica.net](mailto:tison@telefonica.net)). El naturalista **Felipe Siverio** está interesado en la Ornitología, y dentro de este campo en el estudio de la biología y ecología de varias especies de aves rapaces en las islas Canarias. Desde hace más de una década trabaja en Alas Cinematografía S.L., una productora canaria de documentales de naturaleza, donde su labor principal ha sido el asesoramiento naturalista en los proyectos realizados. Asimismo, desde hace varios años forma parte del comité editorial de *El Indiferente*, la revista de divulgación científica que edita el Centro de Educación Ambiental Municipal del Ayuntamiento de la Villa de La Orotava, Tenerife (e-mail: [felipe.siverio@telefonica.net](mailto:felipe.siverio@telefonica.net)). **Rubén Barone** es un naturalista interesado en la flora vascular y la avifauna de los archipiélagos macaronésicos, temas sobre los que ha publicado distintos artículos científicos y divulgativos. Es asimismo coautor del libro *Los bosques termófilos de Canarias* y ha participado en otras obras sobre la naturaleza canaria. Coordina y forma parte del consejo editorial de las revistas *Makaronesia* y *Rincones del Atlántico*, respectivamente, y es miembro fundador de la Asociación Amigos del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, así como socio de SEO/BirdLife, el African Bird Club y la Asociación Herpetológica Española (e-mail: [makaronesia68@yahoo.es](mailto:makaronesia68@yahoo.es)).

## Cita recomendada

RODRÍGUEZ NAVARRO, M.ª L., FARIÑA, B., SIVERIO, F. & BARONE, R. 2011. El roque de Garachico, un valioso patrimonio natural frente a la costa noroeste de Tenerife. *El Indiferente* 21: 86-99.



CENTRO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL



Excmo. Ayuntamiento de La Orotava  
Concejalía Delegada de Medio Ambiente



AULA MUNICIPAL PARA LA **sostenibilidad**

No me tires, deja que me lea otra persona. IMPRESO EN PAPEL ECOLÓGICO