

Esperando la invernada del Mirlo Capiblanco: la clave de la dispersión de semillas del Cedro Canario en el Parque Nacional del Teide.

Beatriz Rumeu^{1,2} & Manuel Nogales¹

¹ Island Ecology and Evolution Research Group, IPNA-CSIC. Avda. Astrofísico Fco. Sánchez 3, 38206 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias.

² Real Jardín Botánico (RJB-CSIC), Madrid, Spain.

* Autora para la correspondencia: Beatriz Rumeu. Tel: +34 91 4203017 ext. 265.
Email: brumeu@rjb.csic.es.

RESUMEN

El Mirlo Capiblanco (Turdus torquatus), previamente considerado como un invernante irregular y escaso en Canarias, ha demostrado ser un visitante regular en la alta montaña de la isla de Tenerife. A través de la realización de un censo (combinando transectos lineales con puntos de observación), y mediante el estudio de su dieta invernal a partir de la colecta y posterior análisis de excrementos, hemos podido estimar el tamaño poblacional de este tórdido invernante, así como esclarecer su papel como dispersor de semillas del Cedro Canario (Juniperus cedrus), árbol endémico del archipiélago que se encuentra actualmente catalogado como "en peligro" según los criterios de la UICN. Los resultados muestran que la población invernante de Mirlo Capiblanco es inferior a los 50 individuos, y su dieta se compone mayoritariamente de gábulas de Cedro Canario (95% de la biomasa consumida). La efectividad de este visitante invernal como agente dispersante del Cedro Canario se confirma debido al gran número de semillas encontradas en los excrementos y al efecto potenciador de la germinación que tiene lugar tras el paso de las semillas por el tracto digestivo de las aves. Además, su papel se torna especialmente importante al ser actualmente el principal dispersor del sistema capaz de mover las semillas a larga distancia de forma regular y mantener la conexión entre las poblaciones fragmentadas. La fuerte dependencia de un endemismo insular sobre un visitante migrador para el dinamismo de sus poblaciones constituye un caso excepcional y denota cierta fragilidad en el mantenimiento y conservación del sistema. Al mismo tiempo, podría estar indicando que la población de Cedro Canario pudiera ser mucho más numerosa en el pasado en la alta montaña de Tenerife y caracterizara en mayor medida el paisaje del Parque Nacional del Teide.

Palabras clave: Mirlo Capiblanco, dieta frugívora, Cedro Canario, Islas Canarias, vegetación de alta montaña.

Las plantas con fruto carnoso muestran una dependencia vital hacia los frugívoros capaces de dispersar sus semillas. Son ellos los responsables de generar una *lluvia de semillas* (i.e. distribución espacial de las semillas dispersadas con respecto a su planta madre y el resto de individuos conespecíficos) que permita el reclutamiento en microhábitats adecuados, minimice los procesos de competencia o genere un flujo génico dinámico dentro y entre poblaciones (Ouborg *et al.*, 1999; Schupp *et al.*, 2010). Entre los vertebrados, las aves constituyen un importante vector de dispersión a larga distancia para muchas plantas, siendo responsables de estos extensos movimientos dispersivos (Whittaker y Fernández-Palacios, 2007; Nogales *et al.*, 2012). La extinción de un dispersor de semillas puede tener consecuencias dramáticas dentro de una comunidad pero, especialmente, cuando se trata de ambientes insulares (Jordano *et al.*, 2011). Esto se debe a que la biota insular ha evolucionado en aislamiento y, por lo general, presenta tamaños poblacionales pequeños, un alto grado de endemismo y comprende un pool restringido de especies de frugívoros en comparación con ambientes continentales (Simberloff, 2000). Por tanto, los mutualismos insulares son altamente sensibles a las perturbaciones antrópicas y a la pérdida de cualquiera de sus elementos (e.g. Temple, 1977; Clout y Hay, 1989; Cox *et al.*, 1991; Meehan *et al.*, 2002; Traveset y Riera, 2005).

El Cedro Canario (*Juniperus cedrus* Webb & Berth) es un endemismo de las Islas Canarias, donde constituye la única especie arbórea que crece de forma natural en el ecosistema de la alta montaña. Se trata de una especie dioica, es decir, con sexos separados en distintos pies de planta. Como ocurre en el resto de especies del género *Juniperus* (sabinas y enebros), las plantas femeninas producen

unas estructuras reproductoras carnosas denominadas *gálbulas* o *gábulos*, susceptibles de ser dispersadas por distintos vertebrados frugívoros (Fig.1). Hasta la realización del presente trabajo, el gremio de dispersores de semillas conocido para el Cedro Canario estaba compuesto por un agente de dispersión a larga distancia: el Cuervo (*Corvus corax* Linneaus) (Nogales *et al.*, 1999), y un agente de dispersión a corta distancia: el Lagarto Tizón (*Gallotia galloti* Oudart) (Valido, 1999) (Fig. 2).

Figura 1. El Cedro Canario (*Juniperus cedrus*). A: individuo adulto, B: detalle de las gálbulas maduras.



Figura 2. Dispersores de semillas conocidos para el Cedro Canario previo a la realización del presente estudio. A: Cuervo (*Corvus corax*), B: Lagarto Tizón (*Gallotia galloti*).

Fotos: Beneharo Rodríguez.

Artículos

Esta conífera de la alta montaña canaria se encuentra actualmente catalogada como *en peligro* por la UICN debido a la limitación de su distribución (restringidos por lo general a zonas escarpadas y de difícil acceso) y al bajo número de individuos sexualmente maduros (Rumeu *et al.*, 2011a). La combinación de factores tales como el intenso aprovechamiento maderero sufrido en el pasado, su intolerancia al fuego (en preparación) o la presión herbívora ejercida por el ganado y los conejos introducidos, llevaron al Cedro Canario a un delicado estado de conservación. Sin embargo, a raíz de su protección mediante la inclusión en listas rojas de carácter regional y nacional, así como a partir de la declaración de Parques Nacionales (1954 - 1981), que incluyen la mayor parte de su distribución actual, en las últimas décadas ha podido apreciarse una notable recuperación en el número de ejemplares. Esta recuperación, sin embargo, contrasta con el drástico declive de las poblaciones de Cuervo en Canarias (Nogales, 1992; Siverio *et al.*, 2010), que como consecuencia de factores como la reducción del número de cabezas de ganado, el uso incontrolado de plaguicidas o el establecimiento de monocultivos (Nogales, 1992), han llegado a extinguirse del área de distribución del Cedro Canario en la isla de Tenerife, concretamente en el Parque Nacional del Teide.

La extinción del único dispersor de semillas a larga distancia conocido podría fácilmente conducir al Cedro Canario a su extinción. Sin embargo, a lo largo de varios años de trabajo intensivo en las poblaciones del Parque Nacional del Teide (2004-2008), habíamos registrado la presencia de algunos individuos de Mirlo Capiblanco (*Turdus torquatus* Linnaeus) en las inmediaciones de los Cedros Canarios. Esta especie migradora, considerada como escasa e irregular en Canarias (Martín y Lorenzo, 2001) comprende dos razas europeas (*T. torquatus torquatus* Linnaeus y *T. torquatus alpestris* Brehm) que invernán en el sur de España, Malta, Grecia, Chipre y especialmente, en las montañas del Atlas marroquí (Cramp, 1998). La migración comienza en septiembre, aunque la principal llegada al noroeste africano se produce a mediados de noviembre. Las gálbulas de las sabinas y enebros que dominan la vegetación en esta zona de invernada proporcionan la base de la alimentación de los Mirlos Capiblancos hasta que abandonan el área en marzo-abril (Cramp, 1998; del Hoyo *et al.*, 2005; Ryall y Briggs, 2006).

Por tanto, tras percatarnos de la presencia regular del Mirlo Capiblanco en la alta montaña de Tenerife (previamente observado también en varias ocasiones; ver citas en Martín y Lorenzo, 2001), el objetivo de nuestro estudio consistió en evaluar el papel de este túrdido invernante como dispersor de semillas del Cedro Canario a través del análisis de su dieta invernal y del estudio de su efecto en la germinación de las semillas dispersadas.

METODOLOGÍA

Las Islas Canarias tienen un origen volcánico y se encuentran situadas en el Océano Atlántico (27-29° N, 13-18°W) a tan sólo 96 km de distancia de la costa marroquí. El estudio se realizó en la isla de Tenerife, concretamente en el Parque Nacional del Teide (> 2000 m s.n.m). Esta zona presenta un clima típico de la alta montaña, con grandes oscilaciones térmicas a lo largo del año, y una temperatura y precipitación media anual de 10,7 °C y 300-500 mm, respectivamente (Bustos y Delgado, 2004). Para el análisis de la dieta del Mirlo Capiblanco se colectaron excrementos en las dos principales poblaciones de Cedro Canario, las cuales se encuentran separadas entre sí unos 9,3 km: (i) *Riscos de la Fortaleza*, una formación montañosa situada en la zona noreste del Parque, y (ii) *Siete Cañadas*, un arco montañoso situado hacia el sur. Los excrementos fueron colectados entre los meses de enero-abril de 2008 en distintos microhábitats: en la superficie de rocas cercanas a los cedros (comúnmente usadas por los Mirlos Capiblancos como posaderos), sobre el suelo, y en las inmediaciones de un bebedero natural (Fig. 3).

Artículos

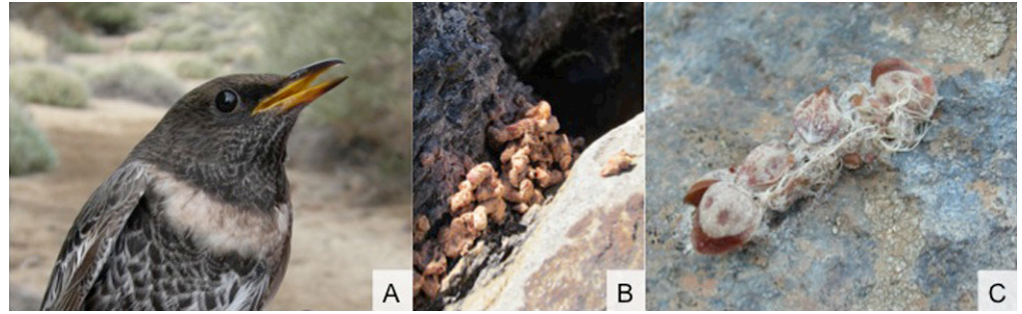


Figura 3. Dispersión de semillas de Cedro Canario por parte del Mirlo Capiblanco (*Turdus torquatus*). A: Detalle de un individuo de Mirlo Capiblanco capturado en la población de los *Riscos de la Fortaleza*, B: Acumulación de excrementos en un bebedero de la localidad de *Siete Cañadas*, C: Detalle de un excremento de Mirlo Capiblanco conteniendo semillas de Cedro Canario.

Paralelamente, y con el fin de estimar el tamaño de la población invernante de Mirlo Capiblanco en el Parque Nacional del Teide, realizamos un censo combinando transectos lineales con puntos de observación en los casos en que el terreno impedía su recorrido a pie (Tellería, 1986). Dada la fuerte asociación de los Mirlos Capiblancos con los Cedros Canarios, el censo se realizó en el área estimada de distribución de estos últimos (200 ha).

Para la identificación del material vegetal y las presas ingeridas por los Mirlos Capiblancos, cada excremento fue individualmente analizado mediante una lupa binocular (16x), siguiendo la metodología descrita por Ralph *et al.* (1985). Los restos vegetales se compararon con frutos colectados en el área de estudio y los restos animales (artrópodos) con colecciones de referencia (IPNA-CSIC). Los principales parámetros empleados para expresar la composición de la dieta fueron: el porcentaje de presas (en el caso de los restos animales), el porcentaje de biomasa y la frecuencia de aparición de cada componente identificado. Siguiendo las recomendaciones de Hart *et al.* (2002), en el caso de los invertebrados, calculamos el Índice de Importancia Relativa (IRI, del inglés *Index of Relative Importance*), dado su utilidad para evitar sesgos y reflejar la importancia relativa de cada componente respecto al conjunto de la dieta. El IRI se calculó usando la fórmula:

$$IRI = F(N + W)$$

donde F es la frecuencia de aparición, N es el porcentaje del número de presas, y W es el porcentaje de biomasa (Hart *et al.*, 2002).

En el caso de las gálbulas de Cedro Canario, la biomasa se calculó restando el peso medio de las semillas (53,16 mg; $n = 180$ semillas) al peso medio de las gálbulas (350 mg; $n = 90$ gálbulas), y teniendo en cuenta el número medio de semillas contenidas en cada gálbula (2,41 semillas) (Rumeu *et al.*, 2009). De este modo, el peso asignado a cada gálbula de Cedro Canario consumida fue de 222,0 mg. Para cada excremento estimamos el número de gálbulas consumidas considerando que tres semillas corresponden a un mínimo de una gálbula (Rumeu *et al.*, 2009; Adams, 2011). Este mismo procedimiento se llevó a cabo en el caso de los frutos de Moralito (*Rhamnus integrifolia* de Candolle); en este caso, el peso asignado a la pulpa de cada fruto fue de 156,5 mg.

Por otro lado, llevamos a cabo un experimento de germinación en el que se sembraron 230 semillas que habían pasado por el tracto digestivo de los Mirlos Capiblancos, y 230 semillas directamente extraídas de gálbulas maduras procedentes de 20 plantas madre diferentes (tratamiento control). El experimento se llevó a cabo coincidiendo con la época de lluvias de Canarias (octubre-marzo). Las semillas se sembraron en pocillos independientes de 4 cm³ con un sustrato estándar compuesto por un 50% de tierra, un 25% de arena volcánica y un 25% de turba. El riego se llevó a cabo cada dos días y la germinación, definida como la emergencia de la plántula a través de la superficie del sustrato, se registró cada cinco días.

Artículos

Para comparar el número de semillas por excremento entre las dos localidades de estudio se llevó a cabo la prueba no paramétrica *U* de Mann-Whitney, y para evaluar la capacidad de germinación de las semillas, se empleó el test de la *G* (test de máxima verosimilitud). Ambos test se realizaron usando el paquete estadístico SPSS v15.0 (SPSS Inc. Chicago IL, USA).

RESULTADOS

En total se colectaron 1020 excrementos, 498 en la población de *Riscos de la Fortaleza* y 522 en *Siete Cañadas*. Consideramos que todos los excrementos pertenecían a los Mirlos Capiblancos puesto que, aunque la presencia del Mirlo común (*Turdus merula* Linnaeus) también fue detectada, esta especie fue muy escasa y, de 10 individuos capturados durante un estudio paralelo, ninguno excretó semilla alguna de Cedro Canario. El censo realizado nos permitió estimar la población invernal de Mirlo Capiblanco en < 50 individuos para las aproximadamente 200 ha de distribución de los cedros.

La Tabla 1 muestra los resultados relativos a la composición de la dieta del Mirlo Capiblanco durante su estancia invernal en el Parque Nacional del Teide. De las 1439 semillas identificadas, 1392 (96,7%) correspondieron a semillas de Cedro Canario, mientras

Tabla 1. Composición de la dieta del Mirlo Capiblanco durante su internada en el Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias). %Pr – porcentaje de presa; %FA – frecuencia de aparición; %B – Porcentaje de biomasa (referido al contenido de pulpa en el caso del material vegetal); IRI – Índice de Importancia Relativa.

RESTOS IDENTIFICADOS	% PR	% FA	% B	IRI
Material vegetal	**	99,9	95,04	**
Cedro Canario (<i>Juniperus cedrus</i>)	**	98,8	92,54	**
Moralito (<i>Rhamnus integrifolia</i>)	**	2,9	2,5	**
Material vegetal indet.	**	0,1	**	**
Semillas	**	68,3	**	**
Cedro Canario	**	66,9	**	**
Moralito	**	1,7	**	**
Invertebrados	100	16,1	1,92	1638,8
Mollusca	1,3	0,3	0,11	0,4
Gasteropoda	1,3	0,3	0,11	0,4
Arachnida	3,1	0,7	0,05	2,1
Araneae indet.	3,1	0,7	0,05	2,1
Miriapoda	33,6	6,9	0,29	232,8
Diplopoda	33,6	6,9	0,29	232,8
Hexapoda	62	10,4	1,46	659,6
Coleoptera	37,6	6,9	1,03	264,8
Cerambycidae	0,4	0,1	0,01	0
Chrysomelidae	0,9	0,2	0	0,2
Curculionidae	9,6	2	0,25	19,3
Dasytidae	6,6	1,1	0,06	7,1
Elateridae	0,4	0,1	0	0
Scarabaeidae	13,1	2,6	0,45	35,9
Tenebrionidae	1,3	0,3	0,02	0,4
Coleoptera indet.	5,2	1,2	0,23	6,4
Diptera	0,4	0,1	0	0
Hemiptera	3,5	0,8	0,09	2,8
Hymenoptera	5,2	1,2	0,14	6,3
Lepidoptera (larvae)	8,3	1,7	0,07	13,9
Orthoptera (juv.)	3,1	0,7	0,13	2,2
Insecta indet	3,9	0,9	**	**
Material inorgánico	**	5,8	**	**
Tierra	**	5,8	**	**

Artículos

que 47 (el 3,3% restante) fueron semillas de Moralito. Tan sólo se detectaron 4 semillas de Cedro Canario con algún daño externo. La dieta del Mirlo Capiblanco fue bastante homogénea entre las dos localidades seleccionadas (*Riscos de la Fortaleza*: 739 semillas en 498 excrementos; *Siete Cañadas*: 653 semillas en 522 excrementos; $Z = -1,947$, $p = 0,052$). Por tanto, los datos de ambas zonas se analizaron como un único grupo.

El componente animal de la dieta estuvo exclusivamente compuesto por invertebrados, identificándose un total de 229 presas (Tabla 1). Los parámetros del “porcentaje de presas” e “IRI” indicaron que los grupos más consumidos fueron los miriápodos (Diplopoda) y los coleópteros (especialmente Scarabaeidae, Curculionidae y Dasytidae). Sin embargo, los invertebrados tan sólo aportaron el 5% de la biomasa consumida, mientras que el material vegetal procedente de las gálbulas de Cedro Canario aportó el 92,5%.

En relación al resultado del experimento de germinación, encontramos diferencias significativas ($G_1 = 18,52$, $p < 0,001$) entre el porcentaje de germinación de las semillas que habían pasado por el tracto digestivo de los Mirlos Capiblancos (34,4%) y las semillas control directamente extraídas de las gálbulas maduras (17,0%).

DISCUSIÓN

La dieta invernal del Mirlo Capiblanco en la alta montaña de la isla de Tenerife revela una fuerte interacción con el Cedro Canario, siendo las gálbulas maduras de este endemismo insular su principal fuente de alimento (Fig. 3). El elevado número de semillas de Cedro Canario encontrado en sus excrementos pone de manifiesto el destacado papel de este tórbido migratorio como agente dispersante durante los meses de su visita, aproximadamente entre noviembre y abril. La importancia cuantitativa de los Mirlos Capiblancos como dispersores de semillas también ha sido descrita para otras especies congénicas, como el Enebro Común *J. communis* en Sierra Nevada (Zamora, 1990), o la Sabina (*J. phoenicea*) y el Enebro Rojo (*J. oxycedrus*) en el Alto Atlas (Marruecos) (Ryall y Briggs, 2006).

Las gálbulas maduras de los Cedros Canarios se encuentran disponibles para los frugívoros a lo largo de todo el año, siendo ligeramente más abundantes durante el otoño (Rumeu *et al.*, 2009). Esto implica que cuando comienza la llegada de los Mirlos Capiblancos en el mes de noviembre, las gálbulas de cedro suponen un importante recurso alimenticio que no llega a ser limitante. Además, el importante contenido en resina y aceites esenciales de las gálbulas (Adams, 1998; Shahmir *et al.*, 2003) podría constituir una rica fuente de energía para los Mirlos Capiblancos, muy valiosa y necesaria para emprender en buenas condiciones la migración primaveral. Pese a que los invertebrados sólo contribuyeron con el 5% de la biomasa ingerida, el componente animal de la dieta podría constituir un importante suplemento proteico, dado que la pulpa de los frutos en general suele ser rica en agua y carbohidratos pero pobre en proteínas (Herrera, 2002).

Además del importante papel cuantitativo de los Mirlos Capiblancos, capaces de dispersar gran número de semillas de Cedro Canario, la capacidad de germinación de las semillas tras su paso por el tracto digestivo de los tórbidos no se ve mermada. Por el contrario, los Mirlos Capiblancos tienen un efecto potenciador de dicha capacidad de germinación, constatando así su importante papel como dispersores también desde el punto de vista cualitativo. Se confirma por tanto la efectividad de estos visitantes como dispersores de semillas del Cedro Canario, así como su papel clave en la dinámica poblacional de este árbol endémico y amenazado (Rumeu *et al.*, 2011b). Se desconoce si el Mirlo Capiblanco es una especie territorial durante su invernada o, por el contrario, se desplaza largas distancias en la alta montaña de Tenerife. Pese a la falta de estudios sobre este aspecto, en

Artículos

el caso de otras especies de túrdidos, se han constatado desplazamientos a larga distancia (> 300 m) generalmente asociados a movimientos entre parches de vegetación (Martínez *et al.*, 2008). Tras la extinción del Cuervo en el rango de distribución de las poblaciones de Cedro Canario en la isla de Tenerife y, dado que los lagartos son dispersores de semillas a corta distancia, en la actualidad el Mirlo Capiblanco podría constituir el principal dispersor capaz de mover las semillas de Cedro Canario a larga distancia. Esta fuerte dependencia de un endemismo insular sobre un visitante invernal para la propagación de sus semillas, constituye un caso excepcional dentro del conjunto de sistemas de dispersión de semillas en islas oceánicas, al mismo tiempo que denota una considerable fragilidad en el mantenimiento y conservación del sistema. La persistencia de las poblaciones de Cedro Canario en la isla de Tenerife pasa por la conservación de sus agentes dispersantes y, especialmente, de aquéllos que juegan un importante papel cuantitativo y cualitativo como es el caso del Mirlo Capiblanco. En este sentido, cabe destacar que este visitante invernal ya ha sido catalogado como una especie que requiere medidas de conservación (Sim *et al.*, 2007). Las aves migrantes pueden sufrir amenazas tanto en sus zonas de cría, como durante su ruta migratoria o en sus cuarteles de invernada (Berthold *et al.*, 1998). Además de la disminución en el rango de distribución y número de efectivos que ya ha sido detectada en algunas de sus áreas de cría (Burfield y Brook, 2005), existen determinadas zonas del área de invernada del Alto Atlas marroquí donde se está produciendo una acusada degradación como consecuencia del intenso aprovechamiento maderero, el sobrepastoreo y las sequías (Ryall y Briggs, 2006).

Llama la atención que la interacción del Mirlo Capiblanco con el Cedro Canario haya pasado inadvertida hasta la realización del presente estudio. Sin embargo, debido a las extremas condiciones de la alta montaña durante el invierno y a la inaccesibilidad de los lugares de distribución de los cedros (restringidos principalmente a zonas escarpadas de difícil acceso), es probable que dicha interacción haya pasado desapercibida en el pasado pese a haber estado ocurriendo activamente.

Esta idea “a largo plazo” del mutualismo aquí descrito nos hace plantearnos nuevas preguntas para el futuro. En las Islas Canarias, la llegada de los primeros pobladores se estima hace unos 2500 años (del Arco *et al.*, 1997). Los registros del impacto causado por los aborígenes en los ecosistemas prístinos son casi inexistentes y, a partir del s. XV, tras la conquista europea del archipiélago, las poblaciones de especies forestales sufrieron un gran declive debido al intenso aprovechamiento maderero. Estos factores hacen que la distribución potencial del Cedro Canario continúe sin esclarecerse. Tal y como apuntan algunos autores (Höllermann, 1978; Leuschner, 1996; Francisco-Ortega *et al.*, 2009), el Cedro Canario debió de ser una especie con una distribución mucho mayor a la actual, de modo que pudiera constituir un recurso alimentario lo suficientemente importante como para motivar la migración de parte de la población invernante de Mirlos Capiblancos hacia las islas en lugar de hacia las montañas del Atlas, donde existen formaciones de vegetación dominadas por sabinas y enebros. Pese a la drástica reducción de las poblaciones de Cedro Canario en las islas, las poblaciones de Mirlo Capiblanco podrían haber mantenido el comportamiento migratorio hacia Canarias, siendo actualmente un testimonio de un sistema de dispersión de semillas evolutivamente antiguo (Nogales *et al.*, en preparación), donde tal y como apunta Höllermann (1978), el Cedro Canario podría haber constituido una formación vegetal por encima del pinar (> 2000 m), comparable a los bosques abiertos de sabinas y enebros existentes en la alta montaña del noroeste africano y Oriente Medio. Actualmente, la formación vegetal dominante en el P. N. del Teide es el retamar de cumbre, con la Retama del Teide (*Spartocytisus supranubius* (L. f.) Christ ex G. Kunkel) como principal representante. Entre la vegetación acompañante, también se encuentra el Codeso de Cumbre (*Adenocarpus viscosus* (Willd.) Webb & Berth.). Estas especies arbustivas pertenecen a la familia de las leguminosas y pudieron haber coexistido con un bosque abierto de Cedro Canario, que actualmente constituye el único árbol capaz de desarrollarse de forma natural en la alta montaña canaria. Actualmente, esta hipótesis

Artículos

podría testarse gracias a técnicas paleoecológicas, que permiten la reconstrucción de la dinámica de la vegetación a partir del análisis de microfósiles vegetales en sedimentos (polen, esporas, carbón y fitolitos, i.e. biomineralizaciones de origen vegetal formadas como consecuencia de la actividad celular) (Bennett y Willis, 2001; Smol *et al.*, 2001). En concreto, las cupresáceas (familia a la que pertenece el Cedro Canario) producen fitolitos diferenciables a los de otras familias (Piperno, 2006). La presencia de fitolitos en los sedimentos se origina por la acumulación de restos vegetales *in situ*, por lo que confirmarían la existencia de cedros a escala local, lo que supone una ventaja con respecto a otros indicadores como el polen, cuya procedencia local o regional es difícilmente distinguible. Los resultados de este tipo de análisis paleoecológico, además de servir para contrastar la hipótesis sobre la existencia de un bosque climácico de Cedro Canario en la alta montaña de Tenerife, tendrían una enorme utilidad para futuras políticas de manejo y gestión del Parque Nacional del Teide, que podrán estar orientadas a la recuperación de un paisaje prístino.

CONCLUSIONES

El comportamiento frugívoro de mirlos y zorzales europeos y su importante rol como dispersores de semillas en sistemas continentales es bien conocido (Zamora, 1990; Jordano, 1993; Herrera, 1995; Jordano y Schupp, 2000; Ryall y Briggs, 2006). Sin embargo, este estudio pone de manifiesto que los Mirlos Capiblancos pueden tener también un papel determinante en ambientes insulares. Hasta donde sabemos, el hecho de que la dispersión de semillas del Cedro Canario sea tan dependiente de un ave migratoria, representa un sistema único en islas oceánicas. Su llegada a la alta montaña de Tenerife se torna crucial para el mantenimiento de la diversidad genética y la persistencia de las poblaciones de Cedro Canario, que se encuentran aún en situación de amenaza. Por otro lado, esta interacción que ha pasado inadvertida en el pasado, podría estar reflejando un sistema de dispersión mucho más amplio en tiempos previos a la colonización europea de la isla, donde el Cedro Canario constituyese un elemento importante de la comunidad vegetal de la alta montaña. La disponibilidad de técnicas paleoecológicas actuales permitiría el contraste de esta hipótesis que, sin duda, tendría profundas consecuencias en el manejo y conservación de la vegetación del Parque Nacional del Teide.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la ayuda y la concesión de permisos de trabajo al personal del Parque Nacional del Teide (Organismo Autónomo de Parques Nacionales). Especialmente, queremos dar las gracias a G. Ayala, M. Marrero, E. Carqué Á. Bañares y M. Durbán por su gran interés y apoyo durante el desarrollo de este estudio. David P. Padilla es coautor de la publicación de los resultados aquí presentados en *Acta Ornithologica*, 44: 199-204 (2009). Aarón González, A. Padrón y el Grupo de Ecología y Evolución en Islas (IPNA-CSIC) participaron en el trabajo de campo. Heriberto López y P. Oromí determinaron algunos de los artrópodos presentes en la dieta. Beatriz Rumeu ha sido financiada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (JAE-pre). Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (051/2010) y el Gobierno de Canarias (PI 2007/053), apoyado a su vez por los fondos FEDER de la Unión Europea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, R.P., 1998. The leaf essential oils and chemotaxonomy of *Juniperus* sect. *Juniperus*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 26:637:645.
- ADAMS, R.P., 2011. *Junipers of the world: the genus Juniperus*. Bloomington: Trafford Publishing. 426 pp.
- BENNETT, K.D., WILLIS, K.J., 2001. Pollen. EN: SMOL J.P., BIRKS H.J.B, LAST W.M., eds. Tracking environmental change using lake sediments. Vol. 3: Terrestrial, algal, and siliceous indicators. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 5:32.
- BERTHOLD, P., FIEDLER, W., SCHLENKER, R., QUERNER, U., 1998. 25-year study of the population development of central european songbirds: a general decline, most evident in long-distance migrants. *Naturwissenschaften*, 85:350:353.
- BURFIELD, I.J., BROOK, M.D.L., 2005. The decline of the Ring Ouzel *Turdus torquatus* in Britain: evidence from bird observatory data. *Ringing & Migration*, 22:199:204.
- BUSTOS, J.J, DELGADO, F.S., 2004. Clima. EN: CANSECO, ed. Parque Nacional del Teide. Talavera de la Reina: Canseco Editores, 73:96.
- CLOUT, M.N., HAY, J.R., 1989. The importance of birds as browsers, pollinators and seed dispersers in New Zeland forests. *New Zeland Journal of Ecology*, 12:27:33.
- COX, P.A., ELMQVIST, T., PIERSON, E.D., RAINEY, W.E., 1991. Flying Foxes as strong interactors in South Pacific island ecosystems: a conservation hypothesis. *Conservation Biology*, 5:448:454.
- CRAMP, S., 1998. The complete birds of the Western Palearctic [CD-ROM] Oxford University Press.
- DEL ARCO, M.M., ATIENZA, E., ATOCHE, P., DEL ARCO, M.C., MARTÍN, M., 1997. Dataciones absolutas en la prehistoria de Tenerife. EN: ATOCHE, P., MILLARES, A., LOBO, M., eds. Homenaje a Celso Martín de Guzmán (1946–1994). Las Palmas: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 65:77.
- DEL HOYO, J., ELLIOT, A., CHRISTIE, D.A., 2005. *Handbook of the birds of the world. Vol. X. Cuckoo-shrikes to Thrushes*. Barcelona: Lynx Editions. 896 pp.
- FRANCISCO-ORTEGA, J., SANTOS-GUERRA, A., BACALLADO, J.J., 2009. Canary Islands, Biology. EN: GILLESPIE R.G., CLAGUE D.A., eds. Encyclopedia of Islands. Berkeley, CA: University of California Press, 127:133.
- HART R.,K., CALVER, M.C., DICKMAN, C.R., 2002. The index of relative importance: an alternative approach to reducing bias in descriptive studies of animal diets. *Wildlife Research*, 29:415:421.
- HERRERA, C.M., 1995. Plant-vertebrate seed dispersal systems in the Mediterranean: ecological, evolutionary, and historical determinants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26:705:727.
- HERRERA, C.M., 2002. Seed dispersal by vertebrates. EN: HERRERA, C.M., PELLMYR, O., eds. Plant-animal interactions. An evolutionary approach. Oxford: Blackwell Science, 185:208.

Artículos

- HÖLLERMANN, P.W., 1978. Geological aspects of the upper timberline in Tenerife, Canary Islands. *Arctic and Alpine Research*, 10:365:382.
- JORDANO, P., 1993. Geographical ecology and variation of plant-seed disperser interactions: southern Spanish junipers and frugivorous thrushes. *Vegetatio*, 107/108:85:104.
- JORDANO, P., SCHUPP, E.W., 2000. Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. *Ecological Monographs*, 70:591:615.
- JORDANO, P., FORGET, P.M., LAMBERT, J.E., BÖHNING-GAESE, K., TRAVESET, A., WRIGHT, S.J., 2011. Frugivores and seed dispersal: mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction. *Biology Letters*, 7:321:323.
- LEUSCHNER, C., 1996. Timberline and alpine vegetation on the tropical and warm-temperate oceanic islands of the world: elevation, structure and floristics. *Vegetatio*, 123:193:206.
- MARTÍN, A., LORENZO, J.A., 2001. *Aves del archipiélago canario*. La Laguna: Francisco Lemus Editor. 787 pp.
- MARTÍNEZ, I., GARCÍA, D., OBESO, J.R., 2008. Differential seed dispersal patterns generated by a common assemblage of vertebrate frugivores in three fleshy-fruited trees. *Écoscience*, 15:189:199.
- MEEHAN, H.J., MCCONKEY, K.R., DRAKE, D.R., 2002. Potential disruptions to seed dispersal mutualisms in Tonga, Western Polynesia. *Journal of Biogeography*, 29:695:712.
- NOGALES, M., 1992. Problemática conservacionista del cuervo (*Corvus corax*) en Canarias y estado de sus distintas poblaciones. *Ecología*, 6:215:223.
- NOGALES, M., HERNÁNDEZ, E.C., VALDÉS, P., 1999. Seed dispersal by common ravens *Corvus corax* among island habitats (Canarian Archipelago). *Écoscience*, 6:56:61.
- NOGALES, M., HELENO, R., TRAVESET, A., VARGAS P., 2012. Evidence for overlooked mechanisms of long-distance seed dispersal to and between oceanic islands. *New Phytologist*, 194:313:317.
- OUBORG, N.J., PIQUOT, Y., VAN GROENENDAEL, J.M., 1999. Population genetics, molecular markers and the study of dispersal in plants. *Journal of Ecology*, 87:551:568.
- PIPERNO, D.R., 2006. *Phytoliths. A comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Lanham, MD: AltaMira Press. 238 pp.
- RALPH, C.P., NAGATA, S.E., RALPH, C.J., 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *Journal of Field Ornithology*, 56:165:174.
- RUMEU, B., NOGALES, M., ELIAS, R.B., PADILLA, D.P., RESENDES, T., RODRIGUEZ, A., VALDÉS, F., DIAS, E., 2009. Contrasting phenology and female cone characteristics of the two Macaronesian island endemic cedars (*Juniperus cedrus* and *J. brevifolia*). *European Journal of Forest Research*, 128:567:574.
- RUMEU, B., DE SEQUEIRA, M., ELLIOT, M., GARDNER, M., 2011a. *Juniperus cedrus*. EN: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. Disponible en: <<http://www.iucnredlist.org>> 22 de abril de 2013.

Artículos

- RUMEU, B., ELIAS, R.B., PADILLA, D.P., MELO, C., NOGALES, M., 2011b. Differential seed dispersal systems of endemic junipers in two oceanic Macaronesian archipelagos: the influence of biogeographic and biological characteristics. *Plant Ecology*, 212:911:921.
- RYALL, C., BRIGGS, K., 2006. Some factors affecting foraging and habitat of Ring Ouzels *Turdus torquatus* wintering in the Atlas Mountains of Morocco. *Bulletin of the African Bird Club*, 13:60:74.
- SCHUPP, E.W., JORDANO, P., GÓMEZ, J.M., 2010. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist*, 188:333:353.
- SHAHMIR, F., AHMADI, L., MIRZA, M., KORORI, S.A.A., 2003. Secretory elements of needles and berries of *Juniperus communis* L. ssp. *communis* and its volatile constituents. *Flavour and Fragrance Journal*, 18:425:428.
- SIM, I., BURFIELD, I.J., GRANT, M.C., PEARCE-HIGGINS, J.W., BROOKE, M. de L., 2007. The role of habitat composition in determining breeding site occupancy in a declining Ring Ouzel *Turdus torquatus* population. *Ibis*, 149:374:385.
- SIMBERLOFF, D., 2000. Extinction-proneness of island species - causes and management implications. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 48:1:9.
- SIVERIO, M., GONZÁLEZ, E.I., SIVERIO, F., 2010. Population size and status of Common Raven (*Corvus corax*) on the central-western islands of the Canarian archipelago. *Vieraea*, 38:123:132.
- SMOL, P., BIRKS, H.J.B., LAST, W.M., 2001. *Tracking environmental change using lake sediments. Vol. 3: terrestrial, algal and siliceous indicators*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 371 pp.
- TELLERÍA, J.L., 1986. *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Madrid: Ed. Raíces. 278 pp.
- TEMPLE, S.A., 1977. Coevolution with Dodo leads to near extinction of plant. *Science*, 197:885:886.
- TRAVESET, A., RIERA, N., 2005. Disruption of a plant-lizard seed dispersal system and its ecological effects on a threatened endemic plant in the Balearic islands. *Conservation Biology*, 19:421:431.
- VALIDO, A., 1999. *Ecología de la dispersión de semillas por lagartos endémicos canarios (g. Gallotia, Lacertidae)*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna, Tenerife. Islas Canarias.
- WHITTAKER, R.J., FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., 2007. *Island biogeography: ecology, evolution, and conservation*. Oxford University Press, New York. 403 pp.
- ZAMORA, R., 1990. The fruit diet of Ring-ouzel (*Turdus torquatus*) wintering in Sierra Nevada (south-east Spain). *Alauda*, 58:67:70