

# ETOLOGUÍA

Boletín de la Sociedad Española de Etología



S.H.T.  
1993

SEE

n° 22

2010

Universidad de Extremadura  
Servicio de Publicaciones



## **Sociedad Española de Etología**

**Sede:** Museu de Ciències Naturals, Parc de la Ciutadella,  
Psg. Picasso s/n., 08003 Barcelona  
larroyo@bcn.cat

### **Junta directiva**

**Presidente:** Juan Carranza

**Vicepresidente:** Juan Moreno

**Secretario:** Juan Carlos Senar

**Tesorero:** Fernando Mateos

### **Comité Editorial**

Adolfo Cordero, Universidad de Vigo  
Emilio Barba, Universidad de Valencia  
Concha Mateos, Universidad de Extremadura  
Santiago Merino, Museo Nacional Ciencias Naturales

**La Sociedad Española de Etología** (SEE) es una entidad de carácter no lucrativo fundada en 1984 para favorecer una estrecha colaboración entre los etólogos, promoviendo y coordinando el estudio del comportamiento animal tanto teórico como aplicado, así como promocionando la difusión de los conocimientos etológicos a través de publicaciones y docencia de la Etología en los diversos planes de estudios.

***EtoloGuía*** es el boletín de información, contacto y divulgación científica de la Sociedad Española de Etología. En él tienen cabida todas las contribuciones acerca de temas y actividades relativas al comportamiento, de interés para los socios e interesados en la Etología en general.

Las colaboraciones deberán enviarse (a ser posible por correo electrónico y en formato digital) a: Francisco Valera, Editor de *Etologuía*,  
ctra. de Sacramento s/n., La Cañada de San Urbano, 04120 Almería.  
Correo electrónico: pvalera@eeza.csic.es

**Editor:** Francisco Valera

**Editores adjuntos:** Sebastián Hidalgo de Trucios,  
Juan Carlos Senar y Jordi Domènech

**Diseño:** Sebastián Hidalgo de Trucios

**Maquetación:** Montse Ferrer

**Edita:** Sociedad Española de Etología  
y Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura

**ETOLOGUÍA**, nº 22 2010

© Sociedad Española de Etología y los autores

**ISSN: 1135-6588**

Depósito legal: ...

Impreso en: APROSUBA3 Artes gráficas,  
Carretera de Cáceres km 8, 06080 Badajoz

**Etoimagen**

- 5 Comportamiento reproductor del Sapo partero ibérico  
(*Alytes cisternasii*) en el campo *Wouter de Vries y Adolfo Marco*

**Temas actuales de Etología**

- 19 Potencia de una prueba estadística: aplicación e interpretación en ecología del comportamiento *Javier Quesada y Jordi Figuerola*
- 39 Tras la pista de un recién llegado: ¿de dónde vienen –y adónde van– los camachuelos trompeteros?  
*Eulalia Moreno, Andrés Barbosa, Francisco Valera, Jesús Benzal, Carmen Carrillo, Rafael Barrientos y Lorenzo García*

**Tesis en Etología**

- 51 Efectos del marisqueo tradicional sobre la alimentación de las aves limícolas en áreas intermareales: aportaciones para la gestión de los estuarios cantábricos *Juan Gómez Navedo*
- 54 Cuestiones de escala en colonialidad de aves. Comportamiento individual, patrones espaciales y dinámicas poblacionales *Roger Jovani*
- 56 Flexibilidad comportamental y de los mecanismos de alimentación en aves limícolas migradoras *Sora Marín Estrella*
- 59 Patrones de migración de *Sylvia atricapilla* Linnaeus, 1758 (Aves) y comportamiento en un área de descanso *Juan Arizaga Martínez*
- 60 Ecología de la reproducción en una población de Chova Piquirroja (*Pyrhocorax pyrrhocorax*) *Eva Isabel Banda Rueda*
- 61 Ecología, morfología y fisiología de una especie de ave subdesértica: *Bucanetes githagineus* *Carmen María Carrillo Reina*
- 62 Gestión agraria y cinegética: efectos sobre la Perdiz Roja (*Alectoris rufa*) y aves esteparias protegidas *Fabián Casas Arenas*
- 64 Biología y ecología de *Microtus cabreræ* Thomas 1906 (Rodentia: Cricetidae) *Rosa Fernández Salvador*
- 65 Ecología de una invasión: el caso de la Ardilla Moruna (*Atlantoxerus getulus*) en la Isla de Fuerteventura (Islas Canarias) *Marta López Darías*
- 66 Dinámica de población y viabilidad de la Avutarda Común en la Comunidad de Madrid *Beatriz Martín Morcuende*
- 69 Interacciones ecológicas entre depredadores y presas: águilas perdiceras, conejos y perdices *Marcos Moleón Paiz*

## Contenidos

---

- 72 Ecología pelágica de la Pardela Cenicienta  
*Calonectris diomedea* Joan Navarro Bernabé
- 74 Indicadores de calidad en el Cernícalo Vulgar *Falco tinnunculus*  
Pablo Vergara Fernández
- 75 Patrones ecológicos en poblaciones periféricas de un ave  
de ecosistemas subdesérticos, el Camachuelo Trompetero  
*Bucanetes githagineus* Rafael Barrientos Yuste
- 78 La ecología trófica de la Lechuza Común en los ecosistemas agrícolas  
de Grecia central: su aplicación a la distribución y abundancia  
de sus presas Vasileios Bontzorlos
- 79 Comportamiento migratorio y estrategias de muda en Paseriformes  
Iván De la Hera Fernández
- 81 Ecología del Búho Chico en un bosque perturbado del litoral  
mediterráneo Ana María García González
- 82 Defensas frente al parasitismo de cría conoespecífico en el  
Gorrión Común (*Passer domesticus*): reconocimiento de huevos,  
vigilancia del nido y ocultamiento de la puesta  
María Dolores García López de Hierro
- 85 Interrelaciones entre hospedadores, vectores y parásitos  
sanguíneos en poblaciones de aves silvestres  
Josué Martínez de la Puente
- 88 Ecología trófica del Gato Cimarrón (*Felis silvestris catus* L., 1758)  
en las Islas Canarias: implicaciones de conservación  
Félix Manuel Medina Hijazo
- 90 Ecología de la parasitación de las liebres (*Lepus* sp.) de la  
Península Ibérica Vanesa Alzaga Gil
- 91 Ecología trófica de las palomas endémicas de las Islas Canarias  
Julia Patricia Marrero Rodríguez
- 92 Biología, ecología, genética y conservación del Topillo Nival  
(*Chionomys nivalis*) en Peñalara y Sierra Nevada  
Diana Pérez-Aranda Serrano
- 94 Ecología trófica del Alcaudón Real (*Lanius meridionalis*)  
e implicaciones en la dispersión secundaria de semillas en las  
Islas Canarias David Pérez Padilla
- 97 Biología y ecología del Dragón de mar común *Phyllopterus taeniolatus*  
(Pisces: Synghathidae) y su implicación en la conservación  
de la especie Jaime Sánchez Cámara Greño
- 99 El Ciervo Ibérico (*Cervus elaphus hispanicus*) en ecosistemas  
mediterráneos: ecología y gestión cinegética  
Jerónimo Torres Porras
-

- 101 Ecología y biología de conservación de la Alondra de Dupont  
(*Chersophilus duponti*) en paisajes fragmentados *Matthias Vögeli*

**Tesinas en Etología**

- 105 Estudio del Jaguar (*Panthera onca*) en cautividad en dos  
centros zoológicos de Lima (Perú). Efectos de las características  
de las instalaciones, la franja horaria y la afluencia de  
público en su comportamiento *Yolanda Villafaña López*

**Nuestra Sociedad**

- 107 Acta de la Asamblea General Ordinaria y Extraordinaria de la Sociedad  
Española de Etología, Valencia 2008  
114 Se celebró: XII Congreso Nacional y IX Iberoamericano de Etología  
*Josué Martínez de la Puente*

**Nuevos libros**

- 119 Los retos actuales del darwinismo ¿Una teoría en crisis?  
*Adolfo Cordero Rivera*  
125 Adaptación del comportamiento: comprendiendo al animal humano.  
*Juan Carlos Senar*



# **Comportamiento reproductor del Sapo partero ibérico (*Alytes cisternasii*) en el campo**

Wouter de Vries y Adolfo Marco

*Estación Biológica de Doñana, CSIC. Apartado 1056, Sevilla, 41013*

Correo electrónico: wouter.de.vries.amph@gmail.com

Los sapos parteros tienen un comportamiento reproductor excepcional basado en un desarrollo de los huevos en un ambiente terrestre, enrollados sobre las patas traseras de los machos. Este tipo de cuidado parental de los machos, único en vertebrados, precisa además un cortejo, apareamiento y ovoposición terrestres y nocturnos muy poco conocidos. Los machos recogen los huevos durante la puesta de la hembra y los transportan durante todo su desarrollo embrionario alrededor de sus patas posteriores. Esta etapa suele durar un mes, y es relativamente fácil observarlos con los huevos. Sin embargo observar el excepcional comportamiento de cortejo, ovoposición y fecundación de los huevos, así como la transferencia de los huevos de la hembra al macho es mucho más difícil y por tanto muy poco conocido en detalle. En España podemos observar este comportamiento único en 4 de las 5 especies de sapos parteros que existen en el mundo, siendo además 2 de estas especies exclusivas de la Península Ibérica y una tercera especie endémica de algunas islas Baleares. La reproducción de los sapos parteros ibéricos se produce especialmente en otoño, invierno y primavera aunque también hay zonas donde se reproduce prácticamente durante todo el año. El 30 de septiembre de 2007 tuvimos las condiciones climatológicas idóneas para poder observar este comportamiento de forma completa y en detalle en una pareja de sapos parteros ibéricos (*Alytes cisternasii*) en libertad en el Parque Natural Sierra Norte de Sevilla. Además, pudimos captar una serie de imágenes que permiten apreciar detalles muy interesantes de todo el proceso. Hasta ahora sólo se había descrito el apareamiento de los sapos parteros ibéricos en base a un estudio en laboratorio y con la aplicación de hormonas<sup>(13)</sup>. En este estudio describimos el apareamiento de dos sapos parteros libres sorprendidos en el campo por el observador al inicio de este fascinante comportamiento.

El lugar en el que se realizó la observación que se describe a continuación es un hábitat característico de la especie: una dehesa abierta de encinas (*Quercus rotundifolia*) cerca de un arroyo temporal. La vegetación arbustiva dispersa la formaban encinas jóvenes, jaras (*Cistus salvifolius*) y palmitos (*Chamaerops humilis*), siendo el suelo arenoso con algunas rocas. La dehesa tiene ganado en baja densidad, ovejas todo el año y por lo menos parte del año hay vacas y algún cerdo ibérico. El arroyo temporal es el área de desarrollo larvario pero no todos los años lleva agua suficiente para garantizar la metamorfosis. En septiembre, cuando los sapos parteros estaban cortejando, el arroyo todavía estaba seco. A algunos metros del arroyo hay zonas con mucha cobertura vegetal de encinas jóvenes y jaras, alternado con espacios abiertos con muy poca vegetación donde se aparejaron los sapos parteros.

### **Descripción del apareamiento**

Hemos establecido 7 etapas durante el cortejo y la ovoposición (Tabla 1) que en total duró 65 minutos.

#### **1. Acercamiento de la hembra al macho**

Una hora y media después del atardecer, se detectó un macho que estaba cantando en solitario para atraer hembras, con su característico pitido corto y agudo. La intensidad de los cantos del macho era muy baja en comparación con los cantos descritos por Márquez y Bosch (9,12) y observados en otras noches en la misma zona. Después de un cuarto de hora sin respuesta, una hembra que estaba a unos 25 metros, respondió al canto del macho con un canto de dos tonos (4). Bosch y Márquez (2) describen estos cantos de las hembras como un sonido corto de una secuencia de dos (a cinco) tonos cortos, con el último más prolongado. Inmediatamente después del canto de la hembra, ésta se desplazó unos veinte centímetros en dirección al macho. La hembra esperó a un nuevo canto del macho para desplazarse de nuevo en la dirección adecuada algunos decímetros más, tal como lo describe Márquez (11). Varios cantos del macho y las consiguientes aproximaciones de la hembra se sucedieron hasta el encuentro de la pareja. En ningún momento se observó que el macho se moviera en dirección de la hembra, aunque Márquez y Verrell (13) describen que el macho puede acercarse un poco a la hembra y también suele aumentar la intensidad de su canto en este momento de la aproximación.

**Tabla 1.** Las siete etapas en el cortejo incluyendo la duración y la hora de inicio (tiempo local): D. Duración (minutos); H. Hora de inicio.

Etapa	D	H
1. Acercamiento de la hembra al macho	15	21:55
2. Reconocimiento y contacto antes del amplexo	3	22:09
3. Amplexo y masaje inguinal del macho a la hembra	26	22:12
4. Ovoposición y fertilización	5	22:39
5. Transferencia de los huevos a las patas traseras del macho	6	22:44
6. Separación del macho con los huevos	4	22:51
7. Recuperación de la hembra	6	22:55

## **2. Reconocimiento y contacto antes del amplexo**

Tras la aproximación y durante tres minutos la hembra y el macho permanecieron muy cerca uno del otro. La hembra se puso cara a cara con el macho durante algunos segundos, sin que el macho respondiera con alguna conducta especial. En seguida la hembra se puso delante del macho y avanzó diez centímetros. Ahora sí, el macho reaccionó girando su cuerpo para observar los movimientos de la hembra. En menos de un minuto, la hembra se volvió, se acercó de nuevo al macho y se puso a su lado por segunda vez. Pero esta vez la hembra giró su cuerpo de forma que el macho casi tocaba la cloaca de la hembra con su boca (Foto 1). Estas aproximaciones podrían incluir algún tipo de estimulación por feromonas. De nuevo la hembra se alejó unos centímetros y tras unos momentos de espera el macho se acercó y se subió encima de la espalda de la hembra.

## **3. Amplexo y masaje inguinal**

Mientras se colocaba sobre la hembra, el macho la abrazó con sus patas delanteras colocadas delante de las patas traseras de aquella (amplexo inguinal) y al mismo tiempo aproximó sus patas traseras a las de la hembra. Ambos pusieron sus patas en paralelo con los pies apoyados en el suelo (Foto 2). La hembra tenía la cabeza levantada con el abdomen tocando el suelo. En seguida el macho, apoyando su mandíbula sobre la zona cervical de la hembra, empezó a balancear su cuerpo hacía detrás y hacía delante empujando con sus patas delanteras en el abdomen de



Fotos: W. de Vries

**Foto 1.** La hembra pasa casi por encima del macho (22:11).

la hembra y arqueando su zona lumbar para aproximar su propia cloaca hacia la de la hembra. Estos movimientos, que son denominados como “pedaleo” por Márquez y Verrell (13) y que probablemente están estimulando la ovoposición de la hembra, fueron repetidos durante diez segundos cada minuto durante casi una media hora (Foto 3). Durante la fase de reposo entre cada masaje o pedaleo, el macho se relaja, estira la espalda y se tumba sobre la espalda de la hembra pero manteniéndose agarrado fuertemente a su abdomen con las patas anteriores. El macho también realizó varios desplazamientos laterales sobre la hembra.

#### **4. Ovoposición y fertilización**

El inicio de la liberación de los óvulos coincidió con el momento en que el macho elevó sus patas traseras y soltó el abrazo inguinal a la hembra, colocando su cabeza sobre la de la hembra (Foto 4). En este momento los pies del macho se encontraban entre los de la hembra, preparados para recoger los huevos. Al liberar los óvulos, la hembra empieza a temblar y eleva su cabeza y torso y estira su patas (una postura similar a la de la Foto 5). Este movimiento es denominado *Unkenkrampf*, *Unken-spasm*

Fotos: W. de Vries



**Foto 2.** La hembra estira sus patas traseras mientras el macho se coloca encima (22:11).

Fotos: W. de Vries



**Foto 3.** Macho dando masaje a la hembra en amplexo inguinal (22:26).



Fotos: W. de Vries

**Foto 4.** Durante la ovoposición el macho está apoyado sobre la hembra y estira sus patas traseras (22:39).

o *Unkenreflex* por varios autores <sup>(13)</sup> porque se parece a la postura de defensa de los sapos de vientre de fuego (*Bombina* sp; unke en alemán) y otros anuros. Con esta postura estereotipada, los anfibios muestran coloraciones llamativas de zonas ventrales del cuerpo que advierten de la posesión de veneno en la piel. Sin embargo, la conducta de las hembras del sapo partero durante el apareamiento tiene varias diferencias con la postura unken. Por ejemplo, la hembra no pone sus palmas encima de sus ojos y levanta su cabeza aproximándola a la cabeza del macho (Foto 5). Normalmente el macho responde a esta postura de la hembra con un cambio de postura.

Tras menos de diez segundos los óvulos habían salido de la hembra, en un proceso que Márquez y Verrell <sup>(13)</sup> describen como fluido y continuo. Durante la ovoposición, el macho soltó su abrazo inguinal y aparentemente liberó su esperma sobre los huevos en varias eyaculaciones <sup>(13)</sup> (Foto 4). Parece ser que esta parte del proceso varía y las eyaculaciones pueden ocurrir también antes de soltar el abrazo inguinal, probablemente en función del tamaño del macho. Tras finalizar la ovoposición, el macho se



Fotos: W. de Vries

**Foto 5.** Postura de *Unkenkrampf* (22:49).

quedó inmóvil sobre la hembra durante un minuto. Entonces levantó sus patas sobre la espalda de la hembra sujetando los huevos entre ambas patas (Fotos 5 y 6).

### **5. Transferencia de los huevos a las patas traseras del macho**

Cinco minutos después de la ovoposición y la fertilización, los sapos empezaron la transferencia de los huevos. La hembra mantuvo su cabeza levantada (Foto 5) y justo después el macho empezó a moverse, desplazando sus patas delanteras hacia las axilas de la hembra y moviendo su cuerpo hacia adelante. Estirando y levantando las patas traseras, el macho elevó los huevos y los empezó a envolver en sus patas, separándolos de la hembra que mantenía sus patas traseras estiradas hacia atrás facilitando la transferencia de los huevos (Foto 7). Durante este comportamiento, que se repitió varias veces, el macho se apoyaba en los flancos de la hembra, en el suelo o agarrado a la garganta de la hembra mientras que ésta repitió varias veces la postura de cabeza levantada (Foto 5). La hembra ayudó en el proceso de transferencia subiendo algu-



Fotos: W. de Vries

**Foto 6.** Los huevos están sostenidos por los pies y las patas evitando su contacto con el suelo (22:41).

nos huevos que se quedaban entre sus piernas, empujándolos con sus rodillas hacía el macho. En ningún momento los huevos tocaron el suelo (Foto 8). Durante todo el proceso la hembra tuvo su cabeza levantada y a veces emitió un canto muy bajo.

### **6. Separación del macho con los huevos**

El macho descendió de la hembra pasando por encima de ella en un desplazamiento hacia delante (Foto 9). También en este proceso se observó la emisión de un canto. La hembra se quedó en el suelo con su espalda cóncava y sus patas traseras estiradas todavía. Inmediatamente después de haberse bajado de la hembra, el macho portando la puesta empezó a cantar de nuevo (Foto 10) para atraer más hembras y coleccionar más huevos. Es común que los machos trasladen más de una puesta (<sup>13,14</sup>), recogidas en una o varias noches seguidas para que cuando suelte las larvas éstas tengan aproximadamente el mismo estado de desarrollo y puedan salir del huevo en cuanto el macho las ponga en contacto con el agua.

Fotos: W. de Vries



**Foto 7.** El macho desplaza sus patas anteriores y envuelve el cordón de huevos en sus patas posteriores (22:45).

Fotos: W. de Vries



**Foto 8.** La hembra ayuda activamente con sus rodillas a transferir los últimos huevos al macho. (22:47).



Fotos: W. de Vries

**Foto 9.** El macho se baja de la hembra pateándole la cabeza (22:53).

### **7. Recuperación de la hembra**

En pocos minutos la hembra recuperó su postura normal, pero no se desplazó hasta pasados unos minutos. En *Alytes obstetricans* se sabe que la hembra puede quedarse inmóvil recuperándose de la ovoposición durante una hora antes de buscarse un refugio (6).

### **Consideraciones ecológicas y evolutivas**

El apareamiento de los sapos parteros es terrestre y nocturno seleccionando en muchas ocasiones noches lluviosas o con alta humedad ambiental, lo que reduce sensiblemente el riesgo de depredación y el estrés hídrico sobre los individuos. Sin embargo, el apareamiento en estas condiciones de escasa visibilidad en hábitats terrestres puede ser muy complicado para unos pequeños sapos. El canto de los machos de los sapos parteros permite la localización y encuentro de individuos de distinto sexo en zonas supuestamente idóneas para el apareamiento. Esta estrategia reproductora protege de forma muy eficaz a los embriones de los depredadores o parásitos, la desecación de los humedales, la radiación ultravioleta o la contaminación



Fotos: W. de Vries

**Foto 10.** El macho empieza a cantar para atraer más hembras mientras la hembra aún está recuperándose (22:57).

del agua. Esta reducción significativa de los riesgos de muerte en la fase embrionaria junto con la eclosión de larvas más desarrolladas (5) ha favorecido probablemente la selección natural hacia puestas de muchos menos huevos (unas pocas decenas) pero mucho más grandes en comparación con el resto de anuros que ponen en el agua miles de huevos mucho más pequeños. En condiciones de baja mortalidad parece más eficaz poner pocos huevos grandes dedicando mucha más energía a cada uno de ellos. Al contrario, en condiciones de alta mortalidad podrían sobrevivir más individuos cuando son numerosos que cuando son escasos.

El cuidado parental por los machos puede acarrear en muchos animales un coste elevado al dificultar la fecundación de sucesivas puestas. En la mayoría de los anuros, no hay cuidado parental, cada apareamiento dura pocas horas y por tanto algunos machos muy eficaces pueden fecundar varias puestas en una o varias noches. Sin embargo, los sapos parteros machos tienen que acarrear los huevos durante tres o cuatro semanas (según las condiciones climatológicas) y sólo suelen llevar puestas de 1

a 3 hembras (7,9,14,15). Además, se ha visto que las hembras suelen repartir sus huevos en varias masas liberadas en distintos apareamientos (15) entregando menos huevos a los machos que ya tienen huevos de apareamientos anteriores. Es probable que los machos más eficaces compensen el bajo número de huevos fecundados, garantizándoles una mayor supervivencia durante su desarrollo embrionario. De hecho, aunque los machos más grandes suelen llevar más puestas, los machos con más éxito de emparejamiento no tiene un porcentaje de eclosión mayor (8,9,10). El transporte de los huevos por parte de los machos permitiría una recuperación mucho más rápida de las hembras, que se ven liberadas de ese esfuerzo y probablemente estén incrementando su supervivencia y la energía que pueden dedicar a la puesta siguiente. Esta estrategia podría contribuir significativamente al aumento de la productividad de las hembras y, por tanto, de las poblaciones de estas especies. La contribución de los machos a la productividad es fundamental pero poco relevante cuantitativamente.

En la Sierra Norte de Sevilla y en muchos ecosistemas semiáridos el sapo partero ibérico usa ecosistemas fluviales (1,9), incluyendo cursos con agua con una fuerte corriente. En estas situaciones, el desarrollo de los huevos fuera del agua evita los riesgos mecánicos asociados con la fuerza de la corriente.

### **Conservación y seguimiento**

El sapo partero ibérico es un endemismo ibérico que aún tiene una amplia distribución aunque está catalogado como una especie Casi Amenazada en los Libros Rojos nacionales (14) e internacionales (3). Entre los problemas principales para las poblaciones destacan la alteración y destrucción de los medios acuáticos que utilizan para la reproducción y la acelerada desaparición del bosque mediterráneo (1), las sequías fuertes y continuas, la contaminación del agua, la introducción de especies alóctonas, como ciertas especies de peces y el cangrejo rojo americano. Es, por tanto, muy importante evaluar la evolución poblacional de estas interesantes especies que muestran unos comportamientos reproductores únicos. Para poder evaluar el estado de conservación de los anfibios y reptiles españoles, la Asociación Herpetológica Española (AHE) ha iniciado un programa de seguimiento (SARE, [www.herpetologica.org](http://www.herpetologica.org)).

---

**Referencias**

1. Barbadillo, L.J., Lacombal, J.I., Pérez-Mellado, V., Sancho, V. & López-Jurado, L.F. 1999. *Anfibios y reptiles de la Península Ibérica, Baleares y Canarias*. Editorial Planeta, S.A., Barcelona.
2. Bosch, J. & Márquez, R. 2001. Female courtship call of the Iberian midwife toad (*Alytes cisternasii*). *Journal of Herpetology*, 35: 647-652.
3. Cox, N., Chanson, J. & Stuart, S. (Eds.) 2006. *El estado de conservación y la distribución geográfica de reptiles y anfibios de la cuenca del Mediterráneo*. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. vii + 51 pp.
4. Bosch, J., Márquez, R. & Boyero, L. 2003. Behavioural patterns, preference and motivation of female midwife toads during phonotaxis tests. *Journal of Ethology*, 21: 61-66.
5. Gunther, R. & Scheidt, M. 1996. Die Geburtshelferkrote, *Alytes obstetricans*. En: *Die Amphibien und Reptilien Deutschlands* (Gunther, R. Ed.). Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, Germany.
6. Heinzmann, U. 1970. Untersuchungen zur Bio-Akustik und Ökologie der Geburtshelferkrote, *Alytes o. obstetricans* (Laur.). *Oecologia*, 5: 19-55.
7. López-Jurado, L.F., Caballero, M.R. & DosSantos-Freitas, L. 1979. Biología de la reproducción de *Alytes cisternasii* Bosca 1879. *Doñana Acta Vertebrata*, 6: 6-17.
8. Márquez, R. 1989. Larger midwife toads (*Alytes cisternasii* & *A. obstetricans*) are better seductors but not better fathers. Comunicación: First World Congress of Herpetology. University of Kent at Canterbury, United Kingdom. 11-19 septiembre 1988.
9. Márquez, R. 1990. Male Parental Care, Sexual Selection, and the Mating System of the Midwife Toads (*Alytes cisternasii* and *Alytes obstetricans*). Ph. D. dissertation. Department of Ecology and Evolution. University of Chicago.
10. Márquez, R. 1993. Male reproductive success in two midwife toads (*Alytes obstetricans* and *A. cisternasii*). *Behavioural Ecology and Sociobiology*, 32: 283-291.
11. Márquez, R. 2004. Sapo partero ibérico – *Alytes cisternasii*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles* (Carrascal, L.M. y Salvador, A. Eds). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.  
<http://www.Vertebradosibericos.org>.
12. Márquez, R. & Bosch, J. 1995. Advertisement calls of the midwife toads *Alytes* (Amphibia, Anura, Discoglossidae) in continental Spain. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 33: 185-192.
13. Márquez, R. & Verrell, P. 1991. The courtship and mating of the Iberian midwife toad *Alytes cisternasii* (Amphibia: Anura: Discoglossidae). *Journal of Zoology*, London, 225: 125-139.

14. Pleguezuelos, J.M., Márquez, R. & Lizana, M. (Eds.) 2002. *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española, Madrid.
15. Reading, C.J. & Clarke, R.T. 1988. Multiple clutches, egg mortality and mate choice in the mid-wife toad, *Alytes obstetricans*. *Amphibia-Reptilia*, 9: 357-364.

# Potencia de una prueba estadística: aplicación e interpretación en ecología del comportamiento

Javier Quesada<sup>1, 2</sup> y Jordi Figuerola<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut Català d'Ornitologia, Barcelona

Correo electrónico: [analisi@ornitologia.org](mailto:analisi@ornitologia.org)

<sup>2</sup> Unitat associada d'ecologia evolutiva i comportamental, Museu Ciències Naturals, Barcelona

<sup>3</sup> Departamento de Ecología de Humedales, Estación Biológica de Doñana (CSIC)

## Resumen

La verificación de hipótesis requiere un planteamiento previo sobre diversas cuestiones, entre las que el tamaño de muestra a analizar y la fiabilidad de los resultados obtenidos son aspectos fundamentales. La potencia de una prueba estadística permite determinar la fiabilidad de dichas pruebas así como el tamaño muestral necesario para abordar el estudio deseado. El objetivo de este artículo es definir qué es la potencia de una prueba estadística, explicar su cálculo y describir sus aplicaciones, que son particularmente importantes en estudios comportamentales.

## Introducción

Cuando un investigador se formula una hipótesis que desea verificar surgen inmediatamente una serie de problemas o cuestiones a resolver. ¿Cuál es el sistema ideal para verificar la hipótesis?, ¿podré abordar experimentalmente esa cuestión?, ¿cuáles son las variables importantes que debo controlar? Para garantizar una mayor probabilidad de éxito en la empresa es recomendable plantearse en esta fase cuales son las herramientas estadísticas con que vamos a analizar los datos, qué factores serán fijos, cuales aleatorios, etc. Sería muy extraño que en distintas partes de este proceso de preparación no sugiera la pregunta: ¿qué tamaño muestral necesito para comprobar mi hipótesis? Esta cuestión es un elemento clave

cuando se plantea un experimento. Otra pregunta también muy recurrente es aquella que se refiere a la fiabilidad de una prueba estadística que ya se ha realizado: ¿me puedo fiar de la “ $p$ ” que he obtenido? Esta pregunta se hace frecuentemente cuando los resultados de una prueba estadística no son significativos: ¿no lo son porque verdaderamente no hay un efecto, o el problema es que tenemos un tamaño muestral tan reducido que no somos capaces de detectar estadísticamente un efecto que por otro lado podría ser biológicamente importante? (ver <sup>11</sup>).

A la primera pregunta (el tamaño muestral adecuado) se puede contestar mirando por ejemplo un libro de estadística que, según el análisis estadístico que estemos realizando y la distribución de nuestros datos, nos hará una serie de recomendaciones generales para escoger el tamaño muestral más adecuado. Una recomendación que se utiliza (que se considera a veces como norma) entre la comunidad científica es que podemos empezar a realizar casi cualquier análisis estadístico a partir de un tamaño muestral superior a 30. Esto es debido a que la mayoría de las variables siguen el teorema central del límite (ver <sup>18</sup>, pág. 62, para una discusión más detallada del tema). Asumiendo que tenemos un tamaño muestral adecuado y que los datos cumplen las asunciones del método estadístico utilizado podremos suponer que los resultados son fiables. Sin embargo este tipo de aproximaciones no dejan de tener un carácter demasiado generalizador ya que, por ejemplo, podríamos preguntarnos sobre la naturaleza del efecto que estamos midiendo y su relación con el tamaño muestral. Por ejemplo, para determinar si hay diferencias en masa corporal entre machos y hembras de Gorrión Común (*Passer domesticus*) posiblemente sí sería adecuado utilizar un tamaño muestral de 30 pero, si quisiéramos ver diferencias en la masa corporal de los machos de esta especie y los machos de águila real (*Aquila chrysaetos*) la propia intuición nos dice que con tan solo cinco individuos de cada grupo podríamos demostrar que hay diferencias significativas puesto que nunca un Gorrión Común llegará a pesar como un águila real. Sin embargo, si estuviéramos analizando la relación entre la concentración de un metal pesado en un animal y su posible efecto en el crecimiento de éste, la relación podría resultar muy sutil pero biológicamente importante, de manera que un tamaño muestral de 30 no sería suficiente para detectar tal relación. Por ello, no siempre el tamaño “recomendado” en los libros de estadística aseguraría que estuviéramos utilizando un tamaño muestral adecuado a las preguntas que pretendemos responder y así, la fiabilidad de nuestros resultados podría quedar comprometida.

Actualmente existen herramientas estadísticas de fácil manejo que nos permiten determinar la fiabilidad de nuestras pruebas estadísticas y el tamaño muestral necesario. El cálculo de la potencia de una prueba estadística y su estrecha relación con el tamaño muestral nos permite responder a las dos preguntas iniciales que nos habíamos planteado. A pesar de que el análisis de la potencia de una prueba estadística lleva empleándose muchos años en el campo de la medicina y la biología celular no ha sido hasta la década pasada que su uso se ha empezado a extender en ecología del comportamiento (31,33). Definir qué es la potencia de una prueba estadística, sus aplicaciones y como calcularla es el objetivo de este artículo.

### **Una introducción al uso de la estadística en la ciencia**

La ciencia tiene como prioridad explicar los fenómenos que ocurren en nuestro entorno mediante el conocimiento sistematizado. La ciencia utiliza distintos métodos para la adquisición de conocimiento sobre un conjunto de hechos objetivos. La aplicación del método científico conduce a la generación de predicciones concretas, cuantitativas y comprobables referidas a hechos observables. Para obtener una interpretación objetiva de nuestra cuestión, necesitamos tomar los datos de forma que minimicemos el error de medida e intentemos reducir la subjetividad que confieren nuestros juicios cuando observamos un hecho (12).

La estadística es una herramienta más en el desarrollo del método científico la cual nos permite analizar los datos recabados (18). Sin embargo, ésta se basa en el estudio de la probabilidad de que un suceso ocurra. Por ello, se ha de tener presente que los resultados estadísticos obtenidos y aquellas conclusiones que se derivan de estos, se deben interpretar con cautela ya que siempre tendremos una probabilidad de que lo que estemos afirmando no sea cierto, algo que a menudo los científicos olvidamos.

Cuando un científico utiliza la estadística lo hace normalmente con cuatro propósitos fundamentales (7):

- **Estadística descriptiva:** resumir las variables para ver tendencias (Ejemplo: media, varianza, desviación típica, mediana, etc.)
- **Estadística para comparar dos o más grupos:** por ejemplo cuando queremos ver la diferencia en la masa corporal de los ciervos de dos cotos con hábitat distintos (*t* de Student, ANOVA, etc.)

- **Estadística para analizar relaciones entre dos variables determinadas:** por ejemplo, determinar si las distintas concentraciones de contaminantes en el ambiente y la coloración del plumaje producido por un ave se encuentran relacionados entre sí (regresión tipo II, correlación, etc.)
- **Estadística para determinar patrones y ordenar conjuntos de datos.** Es lo que denominamos Análisis multivariante (Análisis factorial, Análisis cluster, etc.)

En los tres últimos tipos de estadística mencionados se utiliza el contraste de hipótesis. En estos tipos de análisis se propone una asunción que consideramos verdadera (hipótesis) y utilizamos la estadística para calcular la probabilidad de que esta afirmación sea cierta o no a través de una fórmula o estadístico (7). Existen diferentes tipos de análisis que nos permiten contestar a las preguntas que nos hemos formulado. Según el tipo de hipótesis que tengamos (si analizamos diferencias entre poblaciones o relaciones entre variables), de cómo sean las variables que hemos registrado (continuas, categóricas) y la distribución de nuestra población (normal, Poisson, binomial, etc.) escogeremos un análisis estadístico u otro (24).

Por ejemplo, imaginemos que tenemos dos cotos de caza prácticamente iguales (cotos A y B) en los que se utilizan diferentes manejos, en uno se elimina toda la cobertura arbustiva y en el otro no. Queremos saber si esto puede influir en la condición física de los ciervos que se crían en las dos zonas. Para valorar la condición física elegimos la variable "Masa corporal del animal". Como en la masa corporal influye la edad, el sexo y la estación del año solo utilizaremos para nuestro estudio los machos de 3 años cazados en otoño para estandarizar nuestros datos y evitar que nuestras conclusiones puedan estar afectadas por estas variables colaterales.

La **Hipótesis Nula** ( $H_0$ ) es normalmente aquella que nos dice que no hay diferencias entre los grupos o que la relación entre dos variables es 0 (no existe tal relación), ya que lo que realmente cuantifica una prueba estadística es la probabilidad de que el suceso que estamos analizando se deba al azar y no al efecto que estamos midiendo (24). Sin embargo, son posibles otros tipos de hipótesis nula, por ejemplo que el parámetro de correlación  $r$  sea igual a 1, 0,5 o a cualquier otro valor entre 0 y 1.

En nuestro caso, la hipótesis nula que comprueba el análisis estadístico ( $t$  de Student) es que no existen diferencias en la masa corporal de los animales en la zona A y B, es decir: *Media de la Masa corporal en A*

= *Media de la Masa corporal en B*. Cuando realizamos nuestro análisis estadístico, obtenemos la probabilidad de que  $H_0$  sea cierta (la tan famosa  $p$ ), pero cuando esta probabilidad es muy baja no tenemos más remedio que descartar que ocurra  $H_0$  (que no existan diferencias, o que no haya relación entre dos variables). De esta manera, lo más probable es que esté ocurriendo lo contrario a lo que dice la  $H_0$ , y que sí existan diferencias entre ambos grupos (o que existe una relación entre las dos variables si lo que estamos haciendo es correlacionar dos variables). Esto es lo que se denomina **Hipótesis alternativa** ( $H_1$ ).

### **¿Cuándo hemos de aceptar que la $H_0$ no es cierta? ¿Dónde se establece el límite que dice que la $p$ es muy pequeña?**

No existe un criterio matemático pero sí uno científico. Normalmente cuando la  $p$  que nos da el estadístico es menor que 0,05 se decide que la probabilidad de que ocurra  $H_0$  es tan baja que lo que debe estar ocurriendo es la  $H_1$  (las masas corporales de los ciervos en los dos cotos diferirán). En las distintas disciplinas sin embargo se utilizan diferentes valores de  $p$  (Geología = 0,1, Ciencias Naturales = 0,05, Toxicología = 0,01).

Si nos fijamos bien siempre estamos hablando de probabilidades. Por ejemplo, si trabajamos a un nivel de significación  $p = 0,05$  y aceptamos  $H_1$  hemos de observar que al menos queda un 5% de probabilidad de que la  $H_0$  sea cierta, por lo que estamos asumiendo un posible error de equivocarnos, es decir de aceptar que ocurre  $H_1$  cuando en realidad lo que ocurre es  $H_0$ . Así pues, cuando hacemos un solo análisis y obtenemos una  $p < 0,05$  y aceptamos la  $H_1$  estamos asumiendo un porcentaje de error de tal manera que pueden ocurrir dos cosas:

- Que aceptemos  $H_1$  y la verdad sea que  $H_1$  es cierta.
- Que aceptemos  $H_1$  pero que verdaderamente ocurra  $H_0$ .

Este pequeño error que asumimos se denomina **Error de tipo I** y se denota por la letra griega  $\alpha$ .

Imaginemos ahora que obtenemos una  $p = 0,40$ . En este caso aceptaríamos  $H_0$  asumiendo que no existen diferencias entre los pesos de los ciervos de los dos cotos. Sin embargo, también existe una probabilidad de que en realidad esté ocurriendo  $H_1$  y nuestro estudio sea incapaz de detectar las diferencias entre los dos grupos, debido a un deficiente diseño experimental, por ejemplo porque tengamos un tamaño muestral muy pequeño. Este posible error se denomina **Error de tipo II** y se denota  $\beta$ .

A cualquier científico le interesaría disminuir, o como mínimo acotar, los dos tipos de errores.

La potencia de una prueba estadística se calcula como  $1-\beta$  y se entiende como la probabilidad de afirmar que la  $H_1$  es verdadera (22). También se puede entender como la probabilidad de rechazar  $H_0$  cuando de hecho es falsa (20). El interés de la potencia de una prueba estadística estriba en que los análisis estadísticos más comúnmente usados están diseñados para “controlar” el error de tipo I obviándose tradicionalmente el error de tipo II, por lo que el cálculo de la potencia de una prueba estadística también se puede entender como una medida de confianza del análisis que hemos realizado, principalmente cuando no hemos obtenido un resultado significativo. Así, si disminuimos el error de tipo II estaremos aumentando la potencia de la prueba estadística.

Al igual que el convenio de la  $p$ , se entiende que una potencia es adecuada para una prueba estadística cuando es superior a 0,80 (80%), o lo que es lo mismo, fijamos el error  $\beta = 0,20$ . Este convenio (llamado “five-eighty convention”) es el más utilizado debido a Jacob Cohen (3) quien escribió un libro sobre el análisis de la potencia de pruebas estadísticas frecuentemente citado en ciencias naturales. Sin embargo, en los últimos años el uso de esa convención se ha cuestionado ya que, por una parte, el libro de Cohen estaba enfocado a estudios de psicología, y por otra, debido a una mala interpretación del texto. Este convenio está pensado para estudios en los que no haya ninguna base lógica para elegir otra combinación de  $\alpha:\beta$  (ver 6, 28 para una discusión más profunda e intuitiva de esta cuestión).

## **Factores que influyen en la potencia de una prueba estadística**

El cálculo de la potencia de una prueba estadística se basa en una fórmula general que relaciona cuatro parámetros: la potencia estadística ( $1-\beta$ ), el nivel de significación ( $\alpha$ ), el tamaño muestral y el tamaño de efecto (3,6,31; ver Cuadro 1). Sin embargo, según el estadístico que estemos utilizando deberemos emplear una fórmula diferente (3).

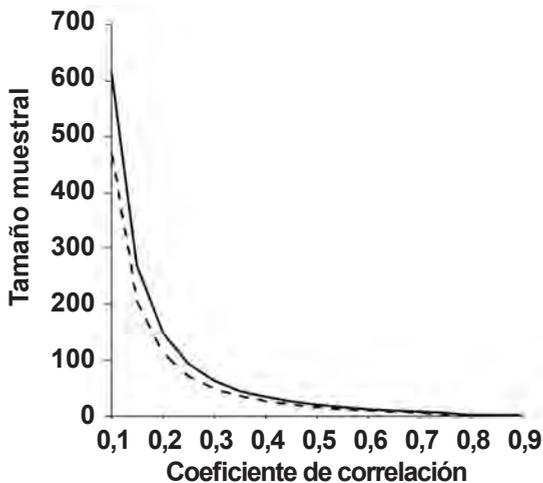
Conocidos tres parámetros de esta fórmula se puede determinar el cuarto, si bien los más útiles son la potencia de una prueba estadística y el tamaño muestral.

**Cuadro 1.** ¿Qué es y cómo se calcula el tamaño de efecto?

De los tres parámetros implicados en el cálculo de la potencia de un análisis estadístico, el tamaño de efecto es quizás el que nos pueda resultar menos familiar y por este motivo merece la pena profundizar en la definición y cálculo del tamaño de efecto.

El tamaño de efecto puede interpretarse como una medida estandarizada de la distancia entre  $H_0$  y  $H_1$ . El análisis de la correlación lineal entre dos variables es quizá el caso más fácil de comprender e ilustrar. Para la correlación lineal, el tamaño de efecto se corresponde con el parámetro de correlación  $r$ , un parámetro ampliamente utilizado en ecología. Para detectar como significativas correlaciones muy importantes (por ejemplo,  $r = 0,70$ ) necesitaremos muchos menos individuos que para detectar correlaciones mucho menos fuertes ( $r = 0,20$ ,  $n = 9$  y  $150$  respectivamente, ver Figura 1).

Para otros análisis, no existe ningún parámetro normalmente utilizado que refleje el tamaño de efecto, y se requieren distintas fórmulas en función de la prueba estadística. Por ejemplo, para comparar las medias de dos grupos independientes el tamaño de efecto se calcula como la diferencia de las medias dividida por la desviación típica. Al realizar un análisis de potencia usando G-Power el programa nos sugerirá distintos valores para tamaños de efecto altos, medios o bajos, basados en las sugerencias de Cohen (3).



**Figura 1.** Tamaño muestral necesario para detectar como estadísticamente significativas correlaciones de distinto tamaño de efecto ( $r$ ). Los tamaños muestrales necesarios son superiores para obtener un poder de 0,80 (línea continua) que para 0,70 (línea discontinua).

## ¿Cómo podemos aumentar la potencia de una prueba estadística?

La potencia de una prueba estadística depende básicamente del:

- Tamaño muestral
- Tamaño de efecto
- Nivel de significación

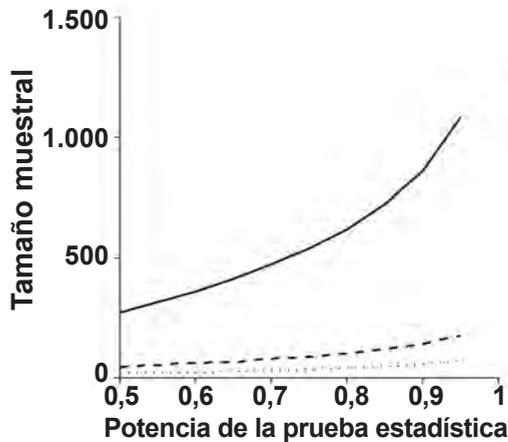
### Tamaño muestral

Cuando realizamos una prueba estadística lo que estamos haciendo es realmente coger una muestra e inferir que lo que obtenemos con ella es lo que en realidad está ocurriendo en toda la población, ya que la totalidad de la población frecuentemente es imposible de medir (18). Para que podamos obtener conclusiones y determinar que lo mismo ocurre en esa población, la muestra indudablemente ha de ser representativa de la población. Así, cuanto mayor tamaño muestral tengamos mayor representatividad tendrá la población que medimos, más fiable será nuestro análisis, y por lo tanto la potencia de la prueba estadística aumentará. Por ejemplo, podríamos fiarnos más de una correlación positiva entre la abundancia de endoparásitos en los ciervos de una población y la masa de la cuerna si tuviéramos una muestra de 60 individuos que si hubiéramos hecho la correlación tan sólo con cinco.

Si lo planteamos al revés, para una potencia dada (80%), podremos definir el tamaño muestral necesario para que la potencia de nuestra prueba estadística sea alta de manera que nuestro análisis sea fiable y por tanto representativo de la población. En un diseño óptimo el número de individuos es el mismo para cada uno de los grupos considerados (diseño balanceado). Sin embargo, si consideraciones prácticas limitan el tamaño muestral alcanzable, es más práctico aumentar el número de individuos dentro del grupo más fácil o económico de capturar-manipular (2).

### Tamaño de efecto

El tamaño de efecto es la diferencia entre la hipótesis nula y la hipótesis alternativa (22) o también el grado en el que el fenómeno se da en la población (3). Intuitivamente, el tamaño de efecto vendría a ser como una medida del “grado de diferencia” entre los dos grupos (sexo: macho y hembra; localidad: Lleida, Girona) que queremos detectar (si hablamos de pruebas que analizan diferencias), o bien el “grado de relación” entre



**Figura 2.** El tamaño muestral necesario para obtener un mismo valor de potencia de una prueba estadística está negativamente relacionado con el tamaño de efecto que queremos detectar. De este modo, para detectar diferencias significativas entre las medidas de dos grupos usando la prueba de la *t* de Student, el tamaño muestral necesario será muy elevado para un tamaño de efecto pequeño (0,20, línea continua), intermedio para tamaño de efecto intermedios (0,50, línea discontinua), o bajo para detectar tamaños de efecto grandes (0,80, línea de puntos). Del mismo modo para obtener mayores potencias es necesario aumentar el tamaño muestral de nuestros estudios.

dos variables que estamos midiendo. Por ejemplo, el tamaño de efecto es mayor cuando comparamos la masa corporal de machos de Gorrión Común y de Águila Calzada que cuando comparamos la masa corporal entre machos y hembras de gorrión.

Para un tamaño muestral dado y un nivel de significación fijado previamente por nosotros la potencia aumenta para grandes tamaños de efecto (gorrión vs. águila). Para pequeños tamaños de efecto (gorrión macho vs. gorrión hembra), la potencia será más baja porque será más difícil detectar las diferencias entre estos dos últimos grupos (ver Cuadro 1 y Figura 2). El tamaño de efecto no se puede variar ya que es una propiedad intrínseca de las poblaciones que estamos midiendo,

pero sí que se puede cambiar en diseños experimentales, por ejemplo aumentando la intensidad del tratamiento experimental para obtener mayores diferencias. Existen otras formas de incrementar el tamaño de efecto (revisadas en <sup>2</sup>). Por ejemplo, podemos incrementar el tamaño de efecto incluyendo covariables o factores aleatorios que reduzcan la variación dentro de la muestra. El uso de diseños de medidas repetidas en que los mismos individuos son medidos antes y después de un determinado tratamiento experimental también redundará en un aumento del tamaño de efecto.

### **Nivel de significación ( $\alpha$ ):**

Es el porcentaje de error que asumimos para decir que rechazamos la hipótesis nula, es decir, el error de tipo I. Como comentamos al principio este error lo definimos nosotros en base a un convenio. Para niveles de significación más estrictos ( $\alpha = 0,001$ ) y con un tamaño muestral fijado, la potencia de la prueba estadística disminuye, ya que es más difícil demostrar que la hipótesis nula es cierta (recordemos que la potencia de una prueba estadística es la probabilidad de aceptar  $H_1$  por lo que al ser más estrictos al poner el límite para rechazar  $H_0$  también necesariamente seremos más estrictos para aceptar la hipótesis alternativa). Un ejemplo de incrementos en el valor de  $\alpha$  para aumentar el poder estadístico lo tenemos en el uso de métodos de captura-recaptura para la estimación de parámetros poblacionales. Lebreton et al. <sup>(16)</sup> recomendaron el uso de  $\alpha = 0,10$  como criterio para excluir o incluir variables predictoras en un modelo debido al bajo poder estadístico de este tipo de modelos.

### **Aplicaciones del análisis de la potencia de una prueba estadística**

Hemos comentado anteriormente que la potencia de una prueba estadística es una medida de la fidelidad de la  $p$  que hemos obtenido y, por otra parte, que tiene una estrecha relación con el tamaño muestral de manera que mayores tamaños muestrales determinarán una mayor potencia del análisis. Sin embargo, el tamaño de efecto es una propiedad intrínseca de la población de datos que estamos midiendo, y el nivel de significación lo fijamos nosotros previamente al análisis.

La relación directamente proporcional entre tamaño muestral y potencia de test nos permite trabajar en el diseño experimental a dos niveles:

- Antes de realizar un experimento podemos preguntarnos qué tamaño muestral necesitamos para alcanzar una potencia dada (**Análisis a priori**)
- Realizada ya la prueba estadística preguntarnos si el resultado de la  $p$  obtenido con el tamaño muestral utilizado tiene una potencia aceptable ( $> 80\%$ ) (**Test *Post-Hoc* o retrospectivo**) o bien, con los datos ya tomados cual es el tamaño de efecto que nuestros datos son capaces de detectar (**Análisis de sensibilidad**).

### **Análisis a priori**

Cuando se diseña un experimento se ha de tener en cuenta el estadístico que se empleará, de manera que tendremos que preguntarnos antes de ir al campo: “¿qué tamaño muestral necesito para demostrar de forma fiable lo que está ocurriendo?”.

La potencia del test nos permite contestar a esta pregunta. Por ejemplo, imaginemos que queremos determinar si existen diferencias en masa corporal entre las dos poblaciones de ciervos del ejemplo anterior y que utilizaremos una  $t$  de Student para testar si las poblaciones son diferentes. Podemos contestar a nuestra pregunta fijando la potencia a un 80% (según el criterio cinco-ochenta), a un nivel de significación determinado (normalmente  $\alpha = 0,05$ ) y lo único que nos faltaría sería calcular el tamaño de efecto.

El cálculo del tamaño de efecto dependerá del análisis estadístico que estemos realizando (para calcular los tamaños muestrales de cada análisis en concreto ver 3.8.9). En el caso de una prueba de la  $t$  de Student (de muestras independientes y varianzas iguales) nos basamos en la desviación estándar y la media de las dos poblaciones.

La pregunta es evidente: ¿cómo se averigua la desviación estándar de las poblaciones si todavía no he empezado el experimento?

Existen diferentes fuentes que nos pueden proveer de esta información (22):

- **Experimentos Pilotos:** realizar unos ensayos preliminares con tamaños muestrales muy pequeños ( $N = 3-10$  cada grupo), de esta manera tendremos una idea de lo que está ocurriendo antes de hacer el experimento real. Evidentemente es una estimación pobre, pero será suficiente para determinar el tamaño muestral necesario. La realización de estudios pilotos es particularmente recomendable, porque además de permitir

calcular el tamaño muestral, nos permite ver aspectos metodológicos de nuestro experimento que no habíamos tenido en cuenta en el diseño previo y así evitar sorpresas desagradables al analizar los datos (27).

- **Bibliografía:** a través de las publicaciones podemos obtener los valores de las medias y con ello estimar la desviación estándar mediante los coeficientes de confianza, ya que éstos se calculan mediante la fórmula  $X \pm 2\alpha$ . En el caso de regresiones y correlaciones, el tamaño de efecto es el valor de la pendiente (R). Si no estuvieran publicados estos datos en el artículo siempre se puede escribir al autor y solicitarle estos datos. Esta estima es aún más pobre que la de antes pero siempre algo es mejor que nada. Otra posibilidad es prever si el tamaño de efecto será pequeño, mediano o grande y, teniendo en cuenta el tipo de análisis que haremos, tomar como referencia las sugerencias hechas por Cohen (3).

El cálculo del tamaño muestral tiene una serie de aplicaciones muy interesantes. A través del cálculo del tamaño muestral a una potencia dada podremos realizar experimentos con una fiabilidad adecuada, lo que aumentará notablemente la calidad de nuestros resultados (ver Cuadro 2).

También podremos predecir si nos interesa escoger o no una variable determinada. Si utilizarla requiere un tamaño muestral excesivo que nosotros no podemos asumir por costos de tiempo o dinero podremos desestimarla y cambiar por otra más barata o que requiera menos tiempo (1,13,26).

Otra interesante aplicación del análisis a priori es que al escoger el tamaño muestral necesario evitaremos utilizar más animales o plantas de los necesarios. Esto es particularmente interesante cuando trabajamos con especies delicadas de manipular o con problemas de conservación, o bien cuando el protocolo de experimentación requiere hacer sufrir a los individuos sujetos de estudio o su sacrificio.

El análisis a priori pone de manifiesto que en algunos casos se pueden utilizar tamaños muestrales pequeños para un análisis, lo que abre un camino muy importante para realizar buena estadística con especies amenazadas con las que por desgracia frecuentemente contamos con pocos efectivos. Para ver ejemplos consultar 23,26,29.

**Cuadro 2.** Un ejemplo práctico de la utilidad del cálculo de la potencia de un análisis.

En un reciente trabajo en *Animal Behaviour*, Ross MacLeod<sup>(17)</sup> presenta un bonito ejemplo de cómo el conocer la potencia de las pruebas estadísticas con que trabajamos puede mejorar los resultados de nuestros trabajos. A continuación se resumen las bases y principales aspectos de este trabajo. Los lectores pueden encontrar en el artículo original los detalles y referencias de este estudio (ver<sup>17</sup>).

La acumulación de reservas energéticas en forma de grasa en las aves reducirá el riesgo de morir de hambre pero de acuerdo con la física Newtoniana reducirá también la capacidad de vuelo. De acuerdo con esta predicción varios estudios han documentado cómo el incremento de la masa corporal durante la migración (que puede representar en muchos Paseriformes un incremento del 27-67% respecto la masa corporal "normal") reduce la velocidad y ángulo de ascenso de aves que escapan frente a un 'predador' humano. La masa corporal de las aves no solo cambia durante la migración, sino que presenta una variación diaria bastante acusada. Las aves acumulan reservas durante el día para sobrevivir durante la noche, con oscilaciones del 5-10% en la masa corporal de los individuos. Sin embargo todos los estudios realizados hasta la fecha han sido incapaces de detectar ningún cambio en la capacidad de vuelo de los individuos en respuesta a las variaciones diarias en masa corporal. Esto ha llevado a pensar que estos resultados podrían deberse a fallos en el diseño experimental, que se podrían dar fenómenos de compensación fisiológica de manera que pequeños cambios en la masa corporal no afectarían la capacidad de vuelo, o que otros factores no controlados podrían estar afectando los resultados.

Para analizar los efectos de la variación diaria en masa corporal sobre la capacidad de vuelo MacLeod<sup>(17)</sup> utiliza un nuevo protocolo experimental que resolvió algunos de los problemas metodológicos de los estudios preliminares. A pesar de esto, el autor sigue sin encontrar una relación significativa entre cambios en masa corporal y capacidad de vuelo. Sin embargo, la mayor novedad de este estudio es que utiliza la física newtoniana para predecir los cambios en capacidad de vuelo asociados a la variación observada en masa corporal. De este análisis se desprende que aunque la capacidad de vuelo de las aves esté cambiando en función de la variación en masa corporal, estos cambios son demasiado pequeños como para ser detectados como estadísticamente significativos con los tamaños muestrales utilizados en este tipo de estudio. Así por ejemplo, dado el aumento en masa corporal de la mañana a la tarde, esperaríamos un incremento del 1,3% en la velocidad de escape (estimado a partir de modelos de física newtoniana), pero el tamaño muestral utilizado en el experimento (14 individuos) solo permitiría detectar cambios superiores al 18% como estadísticamente significativos. Este es un buen ejemplo de cómo el cálculo de la potencia de una prueba estadística no es solo necesario para el diseño del trabajo (ya sea observacional o experimental) sino también para la correcta interpretación de los resultados obtenidos.

**Test Post-Hoc o retrospectivo**

Ocurre a veces que ya hemos realizado el análisis sin haber tenido en cuenta el tamaño muestral, y lo que queremos es saber si esta  $p$  que hemos obtenido es fiable (independientemente de si aceptamos o no  $H_0$ ).

Mientras que antes queríamos saber el tamaño muestral necesario para tener una potencia determinada (0,80 o superior) ahora lo que hemos hecho es un análisis estadístico concreto ( $t$  de Student, correlación de Pearson, ANOVA) con un tamaño muestral que hemos utilizado y a un nivel de significación de 0,05 (fijado de antemano por nosotros). En este caso, lo que queremos saber es la potencia de la prueba estadística que realicemos con estos datos, es decir cuan fiable es nuestro análisis.

Calculamos nuestro tamaño de efecto (esta vez con los datos del análisis) y obtenemos la potencia de test. Este tipo de análisis en el que calculamos la potencia de una prueba estadística ya realizada se denominan tests retrospectivos. A pesar de que son muy intuitivos y de uso tentador, han recibido muchas críticas y su uso no está recomendado. Los motivos principales son que se asume que el tamaño de efecto observado en nuestra población es el tamaño de efecto real, cuando realmente es solo una muestra del tamaño de efecto real (14). Por ello, nosotros estaríamos calculado únicamente la potencia de test observada pero no la real. Por otro lado, la potencia de un análisis que ha dado un resultado significativo siempre será alta, mientras que la de una prueba no significativa será baja debido a la relación negativa entre ambos parámetros (14), reduciendo la utilidad real de este tipo de análisis. Una clara excepción es su uso en meta-análisis que permiten determinar los tamaños de efecto medio detectados en distintos estudios.

**Análisis de sensibilidad**

Esta es una interesante aplicación del cálculo de poder estadístico. Muchas veces ocurre que no encontramos diferencias significativas y obtenemos una  $p$  cercana o no a la significación. Podemos preguntarnos entonces, si esa falta de significación es debida a que efectivamente no existen diferencias o a que existe ruido en nuestros datos y no obtenemos la significación porque tenemos un tamaño muestral muy pequeño. Para ello lo único que es necesario es calcular el tamaño de efecto que podríamos detectar dado nuestro tamaño muestral, con un nivel de significación  $\alpha$  y un poder estadístico que consideremos adecuados. Esto nos permite

determinar si las diferencias detectables en función de nuestro tamaño muestral son lo suficientemente pequeñas como para descartar que la falta de significación sea debida a problemas con el tamaño muestral.

Existen otras aproximaciones para calcular la potencia de una prueba estadística en análisis post-hoc. Para más detalles de este tipo de análisis se puede consultar <sup>29,14,20,30</sup>. Algunos estudios recientes (<sup>4,19,20</sup>) han sugerido que en lugar de los valores de potencia de una prueba estadística deberían indicarse los tamaños de efectos y sus intervalos de confianza del 95%.

### **La potencia de una prueba estadística en ecología del comportamiento**

Conocer la potencia de las pruebas estadísticas que usamos mejora ostensiblemente la calidad de los trabajos científicos porque nos permite obtener una estima del tamaño muestral necesario y de esta manera realizar un mejor diseño de los experimentos. También es una herramienta que nos orienta sobre la fiabilidad de nuestros resultados. Estos aspectos, son particularmente importantes en estudios comportamentales ya que en ecología evolutiva se suele trabajar con tamaños de efecto muy pequeños y tamaños muestrales escasos. Es más, un estudio reciente (<sup>15</sup>) ha puesto de relevancia que los tamaños muestrales utilizados en ecología evolutiva son realmente insuficientes, principalmente aquellos que se refieren a tamaños de efecto pequeños, por lo que se ha incidido sobre la necesidad de utilizar tamaños muestrales adecuados. De hecho, ya existen algunas revistas del ámbito del comportamiento animal que requieren la potencia de test estadístico en aquellos resultados no significativos o marginalmente significativas (*p. ej. Animal Behaviour o Biological Conservation*) y el uso de la potencia de test cada día es más frecuente en algunas disciplinas de la ecología (por ejemplo, <sup>10</sup>). Sin embargo, en algunos casos, la posibilidad de obtener un tamaño muestral adecuado está limitada por la disponibilidad existente en la naturaleza (pongamos el caso de una mutación muy escasa que determina un comportamiento anómalo en un especie determinada). En este caso, se ha sugerido que se debería llegar a un compromiso entre la ratio  $\alpha/\beta$  (<sup>6, 11</sup>). Así, en función de la hipótesis que tengamos, deberíamos asumir un mayor error de tipo I o II. Para ver una discusión del tema y ejemplos consultar <sup>3,5,6,8,9</sup>.

Otro aspecto también frecuente en ecología del comportamiento es el uso de análisis no-paramétrico o de análisis multivariante. En el primer caso existe la recomendación general de calcular el equivalente al análisis paramétrico y añadir un 10% del tamaño muestral requerido (8). Otras posibilidades más objetivas tanto para análisis no-paramétrico así como para tests más complejos son realizar simulaciones de Montecarlo (21,27) o utilizar técnicas de *bootstrapping* (31).

### **Software utilizado para el cálculo de la potencia de una prueba estadística**

El cálculo de la potencia de una prueba estadística en general no requiere grandes complicaciones cuando se realiza a mano pero hoy día se cuenta con un vasto conjunto de programas informáticos que nos ahorran mucho trabajo y tiempo.

Thomas y Krebs (32) realizaron una amplia e interesante revisión de todos los programas utilizados hasta la fecha. En este estudio valoraban diferentes aspectos de estos como el rango de tests que cubrían, la facilidad de uso o la facilidad de aprendizaje y daban sugerencias para escoger el más adecuado (ver también [http://qssi.psu.edu/files/Backgrounder\\_Power.pdf](http://qssi.psu.edu/files/Backgrounder_Power.pdf) para una revisión de aplicaciones en SAS y en R).

Estos autores dividieron el software en programas dedicados al cálculo de la potencia de una prueba estadística y el cálculo del tamaño muestral, programas que calculan sólo algunos de estos dos aspectos y paquetes estadísticos que llevan implementada una aplicación para el cálculo estadístico (por ejemplo SPSS 15.0 y STATISTICA 7.0). Algunos programas son gratuitos y pueden ser descargados por Internet o son aplicaciones on-line (GPOWER, PC-SIZE, POWSIM, UnifyPow, statpages.org; <http://www.danielsoper.com>) mientras que otros son comerciales (p.ej. STUDY-SIZE®, Power and Precision®, nQuery Advisor®). La diferencia radica en que los primeros suelen ser menos potentes y con menos aplicaciones que los comerciales, aunque contienen muchos de los estadísticos que utilizan los ecólogos del comportamiento. Algunos del primer grupo que pueden ser interesantes son el POWSIM, UnifyPow o GPOWER 3. Este último particularmente, en su última versión, además de ser muy intuitivo y con una guía de fácil comprensión, cubre un vasto conjunto de análisis utilizados con frecuencia en ecología (9, disponible de <http://www.psycho>.

uni-duesseldorf.de/abteilungen/aap/gpower3/). También, una consulta en Internet nos proveerá de una rápida localización de muchos de los programas revisados por <sup>32</sup> y de otros recientemente publicados.

Podemos afirmar, por tanto, que tenemos al alcance una aplicación a usar relativamente nueva en el campo de la ecología del comportamiento, que nos permite dar mayor calidad a nuestros análisis y al diseño experimental. El software disponible en la actualidad cubre un amplio abanico de análisis frecuentemente utilizados por ecólogos del comportamiento, y que hoy se encuentra al alcance de cualquier científico o estudiante interesado en mejorar la calidad de sus estudios científicos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Joan Carles Senar la sugerencia de escribir este artículo en la revista, a Laura Gangoso y Esther del Val por sus comentarios sobre el manuscrito inicial y a Francisco Valera por su paciencia frente a los repetidos incumplimientos de plazos. Este artículo fue inicialmente escrito mientras JQ disfrutaba de una beca FPI (FP2000-6439) del Ministerio de Ciencia y Tecnología Español.

## Referencias

1. Aaron, D.K. & Hays, V.W. 2004. How many pigs? Statistical power considerations in swine nutrition experiments. *Journal of Animal Science*, 82: E245-E254.
2. Bausell, R.B. & Li, Y.-F. 2002. *Power Analysis for Experimental Research*. Cambridge University Press.
3. Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for Behavioural Sciences*. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
4. Colegrave, N. & Ruxton, G.D. 2003. Confidence intervals are a more useful complement to nonsignificant tests than are power calculations. *Behavioral Ecology*, 14: 446-447
5. Di Stefano, J. 2001. Power analysis and sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*, 154: 141-153.
6. Di Stefano, J. 2003. How much power is enough? Against the development of an arbitrary convention for statistical power calculations. *Functional Ecology*, 17: 707-709.
7. Dytham, C. 2001. *Choosing and using statistics: A biologist's guide*. Oxford: Blackwell Science Ltd.

8. Erdfelder, E., Faul, F. & Buchner, A. 1996. GPOWER: A general power analysis program. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 28: 1-11.
9. Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.L. & Buchner, A. 2007. G\*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39: 175-191.
10. Fidler, F., Burgman, M., Cumming, G., Buttrose, R. & Tomason, N. 2006. Impact of Criticism of Null-Hypothesis Significance Testing on Statistical Reporting Practices in Conservation Biology. *Conservation Biology*, 20: 1539-1544.
11. Forbes, L.S. 1990. A note on statistical power. *Auk*, 107: 438-439.
12. Gould, S.J. 2007. *La Falsa Medida del Hombre*. Drakontos Bolsillo, Barcelona.
13. Greenwood, J. 1993. Statistical power. *Animal Behaviour*, 46: 1011.
14. Hoenig, J. M. & Heisey, D.M. 2001. The abuse of power: the pervasive fallacy of power calculations for data analysis. *The American Statistician*, 55: 1-6.
15. Jennions, M.D. & Moller, A.P. 2003. A survey of the statistical power of research in behavioral ecology and animal behavior. *Behavioural Ecology*, 14: 438-445.
16. Lebreton, J.-D., Burnham, K.P., Clobert, J. & Anderson, D.R. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs*, 62: 67-118.
17. MacLeod, R. 2006. Why does diurnal mass change not appear to affect the flight performance of alarmed birds. *Animal Behaviour*, 71: 523-530.
18. Martín Andrés, A. & Luna del Castillo, J.D. 1995. *50 ± horas de Bioestadística*. Granada, España: Ed. Norma.
19. Martínez-Abraín, A. 2007. Are there any differences? A non-sensical question in ecology. *Acta Oecologica*, 32: 203-206.
20. Nakagawa, S. & Foster, G.F. 2004. The case against retrospective statistical power analyses with an introduction to power analysis. *Acta Ethologica*, 7: 103-108.
21. Peres-Neto, P.R. & Olden, J.D. 2001. Assessing the robustness of randomization tests: examples from behavioural studies. *Animal Behaviour*, 61: 79-86.
22. Piedrafita, J. & Puig, P. 2001. Análisis estadístico, diseño experimental e interpretación de resultados. En: *Ciencia y tecnología en protección y experimentación animal*: 605-628 (J. Zúñiga, J.A. Tur Marí, S. Milocco y R. Piñeiro, Eds.). Madrid: McGraw-Hill.
23. Reed, J.M. & Blaustein, A.R. 1997. Biologically significant population declines and statistical power. *Conservation Biology*, 11: 281-282.
24. Robson, L. S., Shannon, H. S., Goldenhar, L. M. & Hake, A.R. 2001. Statistical Issues: Are the results significant? En: *Guide to evaluating the effectiveness of strategies for preventing work injuries: how to show whether a safety intervention really works*. Cincinnati: NIOSH. Publication nº 2001-119.
25. Sandin, L. & Johnson, R.K. 2000. The statistical power of selected indicators -metrics using macroinvertebrates for assessing acidification and eutrophication.

- cation of running waters. *Hydrobiologia*, 422/423: 233-243.
26. Schwagmeyer, P.L. & Mock, D.W. 1997. How to minimize sample sizes while preserving statistical power. *Animal Behaviour*, 54: 470-474.
  27. Scott, A.F., Andrew, J.T., Niclas, J., Jonathan, R.R. & Hugh, P.P. 2004. Minimizing the cost of environmental management decisions by optimizing statistical thresholds. *Ecology Letters*, 7: 669-675.
  28. Taylor, L.B. & Gerrodete, T. 1993. The uses of statistical power in conservation biology: the vaquita and northern spotted owl. *Conservation Biology*, 7: 489-500.
  29. Thomas, L. 1997. Retrospective power analysis. *Conservation Biology*, 11: 276-280.
  30. Thomas, L. & Juanes, F. 1996. The importance of statistical power analysis: An example from Animal Behaviour. *Animal Behaviour*, 52: 856-859.
  31. Thomas, L. & Krebs, C.J. 1997. A review of statistical power analysis software. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 78: 126-139.
  32. Thompson, C.E. & Neill, A.J. 1993. Statistical power and accepting the null hypothesis. *Animal Behaviour*, 46: 1012.



## Tras la pista de un recién llegado: ¿de dónde vienen —y adónde van— los Camachuelos Trompeteros?

Eulalia Moreno<sup>1</sup>, Andrés Barbosa<sup>2</sup>, Francisco Valera<sup>1</sup>, Jesús Benzal<sup>1</sup>,  
Carmen Carrillo<sup>1</sup>, Rafael Barrientos<sup>2</sup> y Lorenzo García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC), Ctra. de Sacramento  
s/n. La Cañada de San Urbano, 04120 Almería

Correo electrónico: emoreno@eeza.csic.es

<sup>2</sup> Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), C/ José Gutiérrez Abascal,  
2, 28006 Madrid

El Camachuelo Trompetero (*Bucanetes githagineus*) es un pequeño fringílido que comparte con sus más conocidos parientes como el verderón, el pardillo o el jilguero, caracteres morfológicos, hábitos alimenticios, una coloración atractiva (Figura 1)...; pero presenta también unos rasgos que lo hacen especial. En primer lugar su reciente presencia en nuestro país. El camachuelo es una especie distribuida irregularmente desde las Islas Canarias hasta Pakistán que, en la segunda mitad del siglo XX, comenzó un proceso de dispersión septentrional que lo llevó a colonizar el sureste de la península Ibérica. Desde entonces la especie se ha extendido hacia el norte, distribuyéndose actualmente como reproductor por Almería, Granada, Murcia y Alicante (1,3,6). En segundo lugar, es una especie propia de zonas áridas y semiáridas que parece seleccionar distintos tipos de hábitats en función de la época del ciclo anual. Además, su distribución en el noroeste de su rango es llamativa, aún más si atendemos a las subespecies descritas, basadas en diferencias morfológicas y de la coloración del plumaje: *B. g. amantum* ocuparía las Islas Canarias desde hace miles de años (5) mientras que *B. g. zedlitzii* se distribuiría por el noroeste de África y, desde mediados del siglo XX, por el sureste de la Península Ibérica, aunque ya existen registros aislados de su presencia desde finales del siglo XIX (3).

El Camachuelo Trompetero es, en general, una especie poco conocida, ya sea por el tipo de hábitat que ocupa, por su distribución o por sus

hábitos poco llamativos. En 2001 nuestro equipo de investigación comenzó a estudiar diversos aspectos de la biología de esta especie, siendo conscientes de que el primer problema al que había que hacer frente era la práctica ausencia de información. Nuestros primeros esfuerzos revelaron, además, que nos las veíamos con una especie particularmente esquiva ya que hasta las cuestiones más básicas (¿dónde hay camachuelo? ¿dónde se han ido los que había aquí?) se convertían en serios desafíos. En esta sección pretendemos describir los pasos iniciales de nuestra investigación y algunos de los resultados obtenidos. Todos ellos hacen referencia, aunque en distintas escalas espaciales, a la pregunta incluida en el título, ¿de dónde vienen —y adónde van— los camachuelos trompeteros?, una de las especies más singulares de las zonas áridas de nuestro país.

### **Expansión de la especie por la Península Ibérica**

Aunque la presencia de la especie en la Península Ibérica se ha registrado de forma esporádica desde el siglo XIX, es en 1971 cuando se comprueba la reproducción del camachuelo en el sureste ibérico (7). Desde entonces su área de cría se ha extendido como mínimo 250 km. hacia el norte (desde Almería a Alicante; 3). Aunque es difícil determinar la causa y los mecanismos de los movimientos expansivos de las aves, nuestros datos revelan algunas pistas. El análisis de los registros de la especie en nuestro país durante los últimos 30 años nos mostró que en diversas zonas recientemente colonizadas, avistamientos de algunos individuos durante el invierno han precedido al establecimiento de núcleos de cría. Esto parece indicar que la expansión del área de reproducción de esta especie podría ser consecuencia de cambios en rutas de nomadeo y zonas de invernada. Además observamos una relación inversa entre las precipitaciones medias anuales y la presencia de la especie en Almería y Alicante en los últimos 57 años, lo que podría indicar unas recientes condiciones ambientales particularmente favorables para el establecimiento del camachuelo en el sureste de la Península Ibérica (3).

### **“Sí, por aquí se ve camachuelo de vez en cuando”**

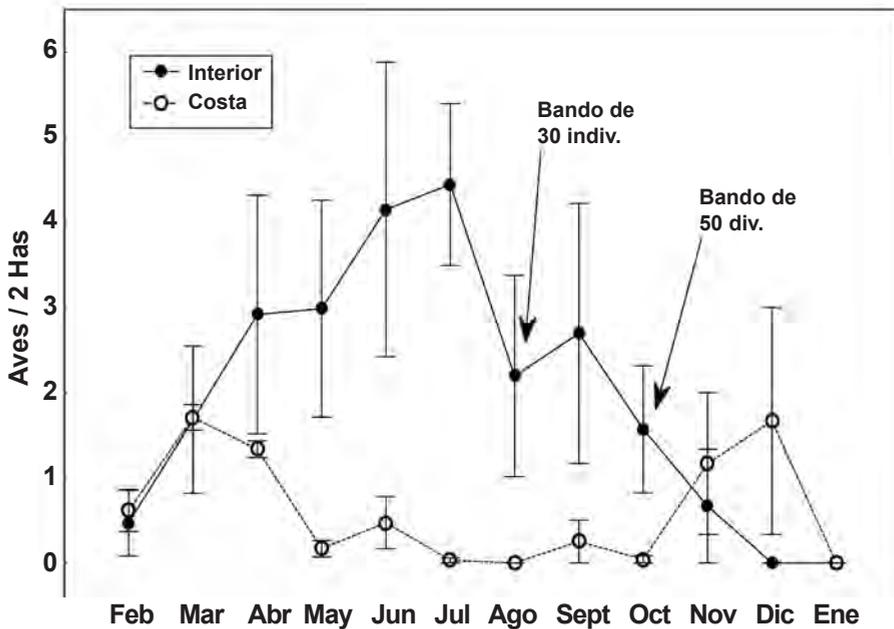
Una vez actualizada el área de distribución de la especie en la península, era importante determinar sus principales núcleos de cría y sus movimientos. Los trabajos de Juan Manrique, experto conocedor del su-



Foto: Jesús Benzal

**Figura 1.** Camachuelo trompetero (*Bucanetes githagineus*).

reste ibérico, nos dieron valiosa información. La bibliografía y los datos de anillamiento señalaban que la principal población nidificante se encuentra en la provincia de Almería, donde en 1988 se citan dos áreas de cría: una que ocuparía el desierto de Tabernas y la vertiente sur de Sierra Alhamilla, y otra zona, costera, que abarcaría la mitad meridional de la Sierra de Gata <sup>(10)</sup>. Los datos de anillamiento indicaban que en zonas concretas de la Hoya de Guadix-Baza se observan grandes bandos, sobre todo de jóvenes, que visitan manantiales y bebederos. Por otro lado, aunque en toda su área de distribución el Camachuelo Trompetero es una especie residente, la bibliografía disponible sugería que en invierno experimenta dispersiones y nomadeos. Nuestros propios datos de captura y recaptura así lo corroboraban, e individuos anillados en Gorafe (Granada) y Tabernas (Almería) durante la época reproductora fueron recapturados en la localidad costera de Cabo de Gata durante el período invernal posterior. Así, parece comprobado que al menos parte de la población española que cría en zonas del interior, abandona su área de cría para ocupar las zonas costeras de la provincia de Almería <sup>(10)</sup>. Con el fin de actualizar la distribución de la especie (¿dónde hay camachuelo?), sus cambios a lo largo del ciclo anual (¿adónde se han ido los camachuelos?) y, si es



**Figura 2.** Densidad de Camachuelo Trompetero (aves / 2 Has.) en el interior y la costa de Almería. El tamaño de muestra es 3 localidades de interior para todos los meses excepto enero (sólo una localidad), 3 localidades costeras para el periodo febrero-septiembre y 2 para el periodo octubre-enero. Se muestran los valores medios y sus errores estándar.

posible, identificar las causas de tales cambios, realizamos durante tres ciclos anuales (2002-2004) censos en zonas potencialmente adecuadas para el camachuelo en la provincia de Almería y estudiamos la estructura y composición de la vegetación de las mismas.

Los resultados de tales censos evidenciaron que las densidades de camachuelo en las diferentes localidades y periodos del año estudiados mostraron claros patrones espacio-temporales (Figura 2): las localidades de interior (Figura 3) presentaron las densidades más elevadas durante el periodo reproductor, mientras que los valores de densidad fueron menores en las localidades costeras (Figuras 2 y 3). En verano, tras la cría, los camachuelos forman bandos y se dispersan, sobre todo por localidades



**Figura 3.** Típica zona de cría del Camachuelo en localidades de interior y llanura litoral costera (al fondo de la fotografía) seleccionada por el Camachuelo durante la temporada invernal.

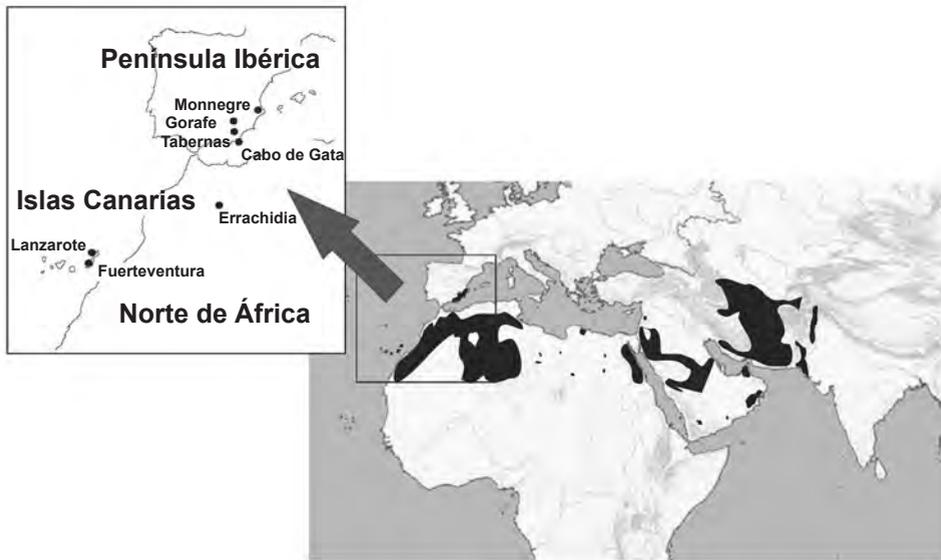
de interior, en algunas de las cuales pueden alcanzar grandes densidades, para desplazarse hacia la costa a finales del otoño. En invierno la especie se concentra en la costa (Figura 2), fundamentalmente en el levante almeriense.

¿Qué explica estos movimientos? Aunque es difícil esclarecer qué factores inciden más en la determinación de la presencia y abundancia de una especie nuestros resultados sugieren que una combinación de factores fisonómicos (pendiente del terreno) y florísticos (presencia de algunos taxones vegetales, como Crucíferas) favorecen la abundancia del ave en primavera, probablemente como consecuencia de los criterios de selección de hábitat de nidificación (2) y de sus preferencias tróficas (4). Por el contrario, durante el invierno el camachuelo parece seleccionar zonas costeras con poca pendiente y abundancia de Quenopodiáceas, de las que se alimenta en esta época. No obstante, hay otros factores, como por ejemplo el clima, que pueden modificar estos patrones. En general, la abundancia de camachuelos en invierno es mucho menor que en la época de cría. Aunque es posible que esto se deba a una menor probabilidad de detectarlos debido a una mayor movilidad de las aves, nuestros primeros datos parecían sugerir que, al menos en años particularmente fríos, muchos ejemplares pudieran abandonar la zona en dirección, posiblemente, al norte de África.

Para aclarar esta posibilidad abordamos un estudio de diferentes poblaciones peninsulares (Gorafe y Tabernas), canarias (Fuerteventura) y una norteafricana (Errachidia, en el norte de África, la supuesta población fuente), y analizamos, por medio de la técnica de los isótopos estables, los posibles movimientos entre ellas. Los resultados preliminares (11) parecen indicar la existencia de movimientos entre las poblaciones del norte de África y las peninsulares, o al menos de algunos de sus individuos.

### **Origen de la población ibérica: patrones de colonización y estructura genética de las poblaciones**

A pesar de la gran cantidad de aves anilladas durante nuestro estudio no hemos obtenido recuperaciones de aves recapturadas en el norte de África, algo en parte esperable por la escasa actividad anilladora en esa zona. No obstante, con los datos preliminares de los análisis isotópicos, parece claro que, sin que sepamos aún sus dimensiones, existe un movimiento de aves entre ambas orillas del Mediterráneo, que están separadas por menos de 300 km. Para responder a la pregunta inicial, nos planteamos estudiar el origen de los camachuelos ibéricos. Aunque se espera que el noroeste del continente africano sea la fuente tanto de las aves canarias como de las ibéricas, no teníamos datos al



**Figura 4.** Distribución mundial del Camachuelo Trompetero (áreas en negro). Las localidades muestreadas se detallan en el cuadrado destacado. Tomado de (1), con modificaciones.

respecto. En realidad, el escenario que se nos ofrecía (poblaciones en el norte de África, en las Islas Canarias y en el sureste de la Península Ibérica) (Figura 4) era una atractiva oportunidad para estudiar los patrones de colonización de la especie y la estructura genética en diferentes poblaciones establecidas en momentos distintos; una de ellas (la ibérica) aún en expansión (3) y otra, la canaria, en la que la especie ha estado presente en las islas orientales durante al menos 7.000 años (5). Y ese fue nuestro siguiente paso (ver 1).

Para abordar este estudio obtuvimos muestras de sangre de individuos de diversas poblaciones: Errachidia (Marruecos), Fuerteventura y Lanzarote (Islas Canarias), siendo en los tres casos localidades reproductoras. En la Península Ibérica muestreamos Tabernas y Monnegre (Alicante) como poblaciones reproductoras y Cabo de Gata y Gorafe como localidades donde el principal contingente de individuos es estacional (invernal en el primer caso y estival en el segundo) (Figura 4).

**Tabla 1.** Resultados de las pruebas de asignación de la primera generación de migrantes como el porcentaje de individuos de la localidad muestreada asignados a cada localidad: IC. Islas Canarias; PI. Península Ibérica; NA. Norte de África. Tomado de (1), con modificaciones.

		Asignado a						
		IC		PI			NA	
Muestreado en		F	L	M	Cg	G	T	E
IC	Fuerteventura (F)	57,8	23,1	3,8	0,0	3,8	7,7	3,8
	Lanzarote (L)	28,0	60,0	0,0	0,0	0,0	8,0	4,0
PI	Monnegre (M)	0,0	0,0	40,0	6,7	13,3	33,3	6,7
	Cabo de Gata (Cg)	0,0	0,0	18,4	18,4	4,6	40,2	18,4
	Gorafe (G)	7,7	3,8	7,7	7,7	34,6	30,8	7,7
	Tabernas (T)	3,9	5,9	5,9	17,6	13,7	47,1	5,9
NA	Errachidia (E)	3,4	6,9	3,4	27,6	6,9	6,9	44,9

Realizamos análisis bayesianos de la estructura poblacional, pruebas individuales de asignación, estimaciones de la máxima probabilidad de migración, índices de diversidad genética y pruebas de cuellos de botella con datos de microsatélites de 194 camachuelos procedentes de estas 7 localidades.

Los resultados de tales análisis revelaron que, a día de hoy, las aves canarias se diferencian genéticamente de las que habitan el norte de África y la España continental, de forma que podemos distinguir dos subpoblaciones (la canaria y la ibero-africana) como la estructura poblacional más probable.

Por el contrario, nuestros resultados no nos permiten confirmar el origen africano de las poblaciones canarias ni podemos descartar que las Islas Canarias fuesen la fuente desde la cual la especie se expandiera hacia el este para colonizar y extenderse por el norte de África. Sin embargo, tanto el hecho de que la expansión de especies desde las islas al continente africano no sea un patrón habitual mientras que lo contrario sí lo es (ej. la Hubara Canaria, ver <sup>8</sup>, como la distribución de la especie entre las islas (más abundante en las orientales y sólo recientemente en las occidentales) sugiere que la colonización se realizó desde África a las Islas.

Nuestros datos no muestran evidencias de cuellos de botella en ninguna de las localidades ibero-africanas y, por tanto, debe de haber habido y de seguir habiendo un fuerte flujo génico desde el norte de África hacia las localidades peninsulares. Resultado que concuerda plenamente con los preliminares obtenidos en la comparación de poblaciones de ambas orillas del Mediterráneo mediante la técnica de los isótopos estables.

### **Movimientos entre las localidades ibero-africanas y consecuencias en la distribución de la especie**

Las pruebas de asignación realizadas a partir de los datos genéticos, junto con las estimas de flujo génico, aportan interesante información sobre movimientos entre las distintas localidades ibéricas. Así, por ejemplo, Tabernas es la principal fuente de intercambio de aves en la Península (Tabla 1) mientras que la localidad de cría más norteña (Monnegre) intercambia individuos con el resto de lugares. La dinámica de esta población situada en el borde del rango de distribución, con amplias oscilaciones e incluso extinciones temporales <sup>(9)</sup>, junto con los datos genéticos, sugiere que un sistema de metapoblaciones podría estar manteniendo a Monnegre en el tiempo.

Nuestros datos muestran también que aves provenientes del resto de las localidades ibero-africanas contribuyen en gran medida a los contingentes de las dos localidades con presencia estacional del ave (Gorafe y Cabo de Gata). Cabo de Gata es una localidad reproductora que aumenta en gran medida sus efectivos en invierno al recibir aves de otras localidades ibéricas (principalmente de la mayor población reproductora en Tabernas, algo confirmado con recuperaciones de aves anilladas) así como de África, datos que apoyan el ya mencionado paralelismo entre aparición de cuarteles de invernada y expansión de localidades de cría. Un proceso similar (la presencia previa, esporádica, de aves fuera de la época de cría precediendo a la reproducción en esas localidades) podría influir en el establecimiento de nuevos cuarteles de cría en la Península. Por ejemplo, Gorafe, donde la cría se ha confirmado muy recientemente, ha sido un lugar de veraneo habitual para juveniles de la especie desde hace tiempo <sup>(6)</sup>. Por tanto, es posible que las actuales localidades reproductoras de la subpoblación ibero-africana (aunque mayoritariamente las ibéricas) contribuyan a las concentraciones de juveniles durante el verano en diversas zonas, algunas de las cuales pueden convertirse gradualmente en localidades de cría.

## Conclusiones y algunas implicaciones

Mientras que nuestro conocimiento sobre múltiples aspectos de la biología de los organismos ha aumentado espectacularmente en los últimos años, hay aún importantes lagunas sobre cuestiones básicas que, quizás por parecer poco novedosas, se infravaloran. Sin embargo, la aplicación de nuevas técnicas permite no sólo responder a estas preguntas básicas, nada desdeñables, sino que permite esclarecer muchas otras cuestiones relacionadas con la inicial. En nuestro caso, al intentar esclarecer los patrones de distribución del Camachuelo Trompetero hemos obtenido información sobre el proceso de expansión de esta especie. Sabemos ahora no sólo los cambios estacionales en la distribución de la especie sino también algunos de los factores que explican los mismos. Conocemos más sobre el proceso de expansión del camachuelo, el origen de las aves que crían en la Península y, a una escala más amplia, sobre la estructura genética de las poblaciones del oeste del área de distribución. El patrón de movimientos entre poblaciones ibéricas reflejado por nuestros datos para esta especie podría ser también el de otras especies norteafricanas que se encuentren expandiéndose hacia el norte. Tales expansiones pueden volverse más comunes en el futuro dentro del actual escenario de cambio climático.

## Agradecimientos

Agradecemos a Juan Manrique, Germán López-Iborra y a José Manuel Martínez Maldonado su colaboración y sugerencias. Agradecemos a la Junta de Andalucía, al Alto Comisariado de Aguas, Bosques y Lucha contra la Desertificación de Marruecos, al Cabildo de Fuerteventura, y a A. Juárez (Coto Las Lomillas) los permisos otorgados para realizar nuestro trabajo. El Ministerio de Educación y Ciencia, a través de los proyectos REN2002-00169 y CGL 2005-01771 y las becas predoctorales, la Junta de Andalucía y la Unión Europea, a través de los fondos FEDER, financiaron estos estudios.

## Referencias

1. Barrientos, R., Kvist, L., Barbosa, A., Valera, F., López-Iborra, G.M. & Moreno, E. 2009. Colonization patterns and genetic structure of peripheral populations of the trumpeter finch (*Bucanetes githagineus*) from Northwest Africa, the Canary Islands and the Iberian Peninsula. *Journal of Biogeography*, 36: 210-219.

2. Barrientos, R., Valera, F., Barbosa, A., Carrillo, C.M. & Moreno, E. 2009. Plasticity of nest site selection in the trumpeter finch: a comparison between two different habitats. *Acta Oecologica*, 35: 499-506.
3. Carrillo, C., Barbosa, A., Valera, F., Barrientos, R. & Moreno, E. 2007. Northward expansion of a desert bird: effects of climate change? *Ibis*, 149: 166-169.
4. Carrillo, C., Moreno, E., Valera, F. & Barbosa, A. 2007. Seed selection by the Trumpeter finch, *Bucanetes githagineus*. What currency does this arid land species value? *Annales Zoologici Fennici*, 44: 377-386.
5. Castillo, C., Martín-González, 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.
6. Fernández-Ordóñez, J.C. & Pérez-Contreras, J. 2006. Situación del Camachuelo trompetero (*Bucanetes githagineus zedlitzii*) en la provincia de Granada (SE España). *Revista de Anillamiento*, 16-17: 71-72.
7. García, L. 1972. Primera nidificación verificada de *Rodopechys githaginea* en el suroeste de Europa. *Ardeola*, 16: 215-222.
8. Idaghdour, Y., Broderick, D., Korrida, A. & Chbel, F. 2004. Mitochondrial control region diversity of the houbara bustard *Chlamydotis undulata* complex and genetic structure along the Atlantic seaboard of North Africa. *Molecular Ecology*, 13: 43-54.
9. López-Iborra, G.M., Rodríguez-Jerez, M.A., Gómez-Picazo, J.A., Gómez-Ríos, J.A. & Zaragoza-Llenes, A. 2006. El Camachuelo Trompetero en la provincia de Alicante. *Las Aves en Alicante*. Anuario Ornitológico de Alicante 2001-2003. SEO-Alicante (Ed). SEO-Alicante, Alicante, España.
10. Manrique, J., Ballesteros, G., Barone, R. & López-Iborra, G. 2003. Camachuelo Trompetero *Bucanethes githagineus*. En: *Atlas de las aves reproductoras de España*. (R. Martí y J.C. del Moral, Eds.). DGCONA-SEO, Madrid, España.
11. Moreno, E., Carrillo, C.M., Valera, F., Barbosa, A., Benzal, J., García, L. & Barrientos, R. 2004. The resident condition of the Trumpeter finch re-examined by means of stable isotopes. International Symposium on Ecology and Conservation of Steppe-Land Birds. Lérida, España, del 3 al 7 diciembre de 2004.



# **Efectos del marisqueo tradicional sobre la alimentación de las aves limícolas en áreas intermareales: aportaciones para la gestión de los estuarios cantábricos**

*Autor:* Gómez Navedo, Juan

*Directores:* Masero Osorio, José Antonio y Juanes de la Peña, José Antonio

*Curso:* 2006-2007

Universidad de Cantabria

## **Resumen**

Un gran número de especies de aves limícolas (Charadrii) son migradoras de largas distancias. Para poder completar sus rutas migratorias, la mayoría dependen de unos pocos humedales costeros, principalmente áreas intermareales. En la actualidad, las limícolas presentan de forma generalizada tendencias poblacionales negativas y la importancia de muchos humedales para su conservación es aún desconocida. En este marco, el marisqueo representa una de las actividades tradicionales más antiguas en los humedales costeros, aspecto que provoca que las aves limícolas y los mariscadores confluyan en las áreas intermareales durante la bajamar. Además de las potenciales perturbaciones derivadas de dicha presencia, la remoción del sustrato que realizan puede afectar a la alimentación de las aves. Por ello, en el presente trabajo se analizan experimentalmente algunos de los posibles efectos de dicha actividad, ejercida tanto de forma profesional como recreativa, sobre la alimentación de las limícolas, tomando como caso de estudio las Marismas de Santoña. Esta zona representa un Área de Importancia Internacional para la invernada de las aves acuáticas y, específicamente, para la Aguja Colinegra (*Limosa limosa islandica*). En este humedal, la perturbación que generan en la actualidad los mariscadores con artes tradicionales, en las distintas épocas del año consideradas, no tuvo efectos significativos sobre la distribución de las limícolas, con la excepción del Zarapito Real (*Numenius arquata*) durante la migración postnupcial. Asimismo, una presión marisquera  $< 0,6$  personas $\cdot 10$  ha $^{-1}$  afectó de forma negativa a la actividad de forrajeo de estas

aves, aunque no tuvo efectos sobre su tasa de alimentación ni sobre otras variables comportamentales. Por otro lado, la remoción experimental del 20% del sustrato con artes tradicionales no afectó a su tasa de alimentación durante este período. La limitación de la pesca recreativa reduciría la actual presión marisquera durante esta época a  $< 0,6$  personas $\cdot 10$  ha $^{-1}$ , al igual que en la mayoría de las ZEPAs costeras. Paralelamente, los pastizales supramareales de las orillas fueron utilizados como área de alimentación por el 16% de la población invernante de zarapitos. Así, la gestión de la pesca recreativa y de los pastizales supramareales se muestra como factor clave para poder mantener un marisqueo tradicional compatible con la conservación de las poblaciones de aves limícolas dentro del ámbito geográfico cantábrico.

Autor: Juan Gómez Navedo



Mariscador profesional trabajando en las Marismas de Santoña utilizando métodos tradicionales para remover el medio en busca de almejas. Estos métodos artesanales se han mostrado compatibles con la obtención de recursos tróficos para una especie de limícola representativa, el Zarapito Real *Numenius arquata*.

# **Cuestiones de escala en colonialidad de aves. Comportamiento individual, patrones espaciales y dinámicas poblacionales**

*Autor:* Jovani, Roger

*Directores:* Tella Escobedo, José Luis y Oro de Rivas, Daniel

*Curso:* 2006-2007

Universidad de Sevilla

## **Resumen**

Esta tesis explora un nuevo marco conceptual y una nueva aproximación cuantitativa a la ecología de las aves coloniales. Se describen patrones a escala de colonia y de población y se explora el papel del comportamiento individual (local) en crear estos patrones. Para ello se fusiona el conocimiento previo acumulado sobre colonialidad de aves (comportamiento individual, dinámicas poblacionales) con conceptos (racionalidad limitada, auto-organización, sistemas descentralizados) y herramientas (geometría fractal, física estadística) importados de otras disciplinas. El potencial de esta aproximación para abordar viejas preguntas se concreta en un modelo de simulación y en diversos estudios empíricos con datos de campo de aves coloniales (aves marinas, rapaces, y una ave zancuda) de España, Reino Unido, Groenlandia y Canadá. Los resultados se pueden agrupar en dos bloques interrelacionados: 1) Patrones de distribución espacial de nidos y de tamaños de colonia: Se muestra para la población colonial de Cigüeña Blanca *Ciconia ciconia* de Doñana y entorno (>1.000 nidos; cuatro años de estudio) que además de las tres formas ya conocidas de distribución de nidos en el espacio (aleatoria, agregada y uniforme), existe otra manera: la fractal. Un patrón fractal no presenta una escala preferida (es libre de escala; las partes se parecen al todo). En el caso de las cigüeñas lo que quiere decir es que la población no se estructura en colonias como se asumía –los nidos se distribuyen en grupos (“colonias”) dentro de grupos a distintas escalas (a distintos zooms), sin que una escala sea más importante que las demás. Esto da una explicación natural al porqué es tan controvertido el termino “colonia” en estudios de colonialidad de aves y porqué es tan difícil en muchos casos poner los límites de dónde acaba una “colonia” y empieza la

siguiente (como pasaba en la población de Cigüeña estudiada). Además, independientemente de cómo se definieran las “colonias” de las cigüeñas, siempre se encontraba una distribución potencial de tamaños de colonia, sugiriendo que los tamaños de colonia y la distribución espacial de los nidos son dos patrones estrechamente relacionados; por lo tanto, que la selección de hábitat tiene un papel fundamental para entender estos dos grandes tipos de patrones. En cuanto a tamaños de colonia, hasta ahora se pensaba que todas las especies tenían distribuciones de frecuencias similares (histogramas de larga cola), difiriendo entre ellas en el tamaño máximo que podían llegar a alcanzar (esto es, el tamaño de la cola del histograma). Usando un enfoque logarítmico, se muestra que en realidad las distribuciones son muy distintas entre ellas (sobretudo log-normales y leyes de potencia) y con características consistentes para las mismas especies estudiadas en diversos puntos del planeta. Además, estas distribuciones pueden ser ordenadas en transiciones graduales entre las 20 especies de aves marinas estudiadas en el Reino Unido (Seabird2000 Project; > 4 millones de nidos, >18.000 colonias), consiguiendo así, por primera vez, la identificación de patrones que merecen ser explicados, y una visión unificadora del rango de tipos de distribución de tamaños de colonia en aves coloniales. 2) Del comportamiento individual a los patrones colectivos: Se muestra cómo estudiando los patrones de tamaños de colonia con un punto de vista logarítmico se pueden revelar patrones escondidos que permiten generar hipótesis sobre los procesos subyacentes. En concreto, se muestra cómo analizando los tamaños de colonia en el Cernícalo Primilla (*Falco naumanni*) en el Valle del Ebro a lo largo de ocho años se identifica una relación entre comportamiento individual y patrones a escala poblacional (> 200 colonias, 10.000 km<sup>2</sup>). Esto se hace relacionando un truncamiento en la distribución de potencia de tamaños de colonia alrededor de colonias de diez parejas con el hecho que los individuos defienden las inmediaciones de su nido, y esto causa que a partir de unos diez nidos las colonias se saturan por este comportamiento despótico (aunque aún queden sitios disponibles en la colonia). Por último, en un modelo de simulación, se muestra cómo un mismo comportamiento, la atracción coespecífica (la tendencia a nidificar cerca de otros individuos de la misma especie), es capaz de generar en un ambiente completamente homogéneo, una gran heterogeneidad de distribución espacial de nidos, formando patrones fractales de distribución de nidos y tamaños de colonia

que siguen una distribución de frecuencias en ley de potencia. En resumen, esta tesis describe patrones de distribución espacial de nidos y de tamaños de colonia nunca antes descritos. Esto ha sido posible gracias a la aplicación de la geometría fractal y de métodos de física estadística, estudiando cómo estos patrones escalaban en el espacio o a través de órdenes de magnitud de tamaños de colonia. Además, se muestra que los patrones y los procesos están íntimamente relacionados, y que con herramientas apropiadas y nuevos conceptos se puede entender cómo el comportamiento individual, simple y local, crea patrones de agrupación colonial a escala poblacional.

Autor: Francisco José Hernández Fernández



*Ciconia ciconia*

## **Flexibilidad comportamental y de los mecanismos de alimentación en aves limícolas migradoras**

Autor: Marín Estrella, Sora

*Directores:* Masero Osorio, José Antonio y Pérez-Hurtado de Mendoza, Alejandro

*Curso:* 2006-2007

Universidad de Cádiz

### **Resumen**

La mayoría de las aves limícolas dependen en algún momento de sus largas migraciones de sistemas acuáticos. Debido a que el medio acuático presenta características físicas y químicas diferentes a las del medio terrestres, como una mayor viscosidad, fricción, variaciones de temperatura y salinidad etc., que indudablemente afectarán al dónde, cómo y sobre qué alimentarse, las aves limícolas deben utilizar mecanismos de alimentación que les permitan explotar dicho medio. No obstante, el conocimiento detallado sobre los mecanismos de alimentación que les ayudan a explotar el medio acuático sigue siendo muy superficial. Según la Teoría de Alimentación Óptima las presas de pequeño tamaño no son rentables energéticamente ya que la energía que aportan suele ser muy baja frente al tiempo que el depredador debe invertir en localizarla e ingerirla. Sin embargo las presas pequeñas pueden llegar a ser rentables energéticamente si las aves son capaces de encontrarlas y manipularlas en un corto espacio de tiempo. Un amplio número de especies de aves limícolas de pequeño y mediano tamaño utilizaron el "Transporte de presas con Tensión Superficial" (TTS – basado en la utilización de la tensión superficial del agua para transportar una presa pequeña sumergida en una gota de agua a lo largo del pico en un corto espacio de tiempo), para alimentarse eficientemente sobre presas de pequeño tamaño localizadas en la columna de agua. Las aves que utilizaron el TTS transportaron las presas 3,6 veces más rápido que los valores teóricos predichos y fueron capaces de obtener altas tasas de ingestión cuando las presas se encontraron a altas densidades. Bajo condiciones controladas se demostró que el TTS puede ser utilizado en un amplio rango



Autor: Sora Marín Estrella.

Correlimos Zarapitín (*Calidris ferruginea*) alimentándose de Artemias (*Artemia* sp.) con el mecanismo de Transporte de presas con Tensión Superficial en salinas de la Bahía de Cádiz durante su migración postnupcial.

de temperaturas, salinidades y masas de presas, constatándose una disminución en la velocidad de transporte para masas de presas mayores y una mayor eficiencia en el transporte de presas a salinidad de agua de mar, lo que podría indicar una adaptación a la vida costera por parte de estas aves. La modulación del comportamiento alimentario en relación al tipo, tamaño y/o posición de la presa es común entre los animales generalistas. Las aves limícolas modularon su apertura de pico en respuesta al tamaño y la posición de las presas en la columna de agua. Ajustar la apertura del pico al tamaño de la presa permite economizar energía y tiempo cuando estas aves se alimentan sobre presas pequeñas, mientras que la modulación de la apertura del pico en relación a la posición de la presa en la columna de agua parece ser una respuesta para superar las restricciones físicas ambientales impuestas por el medio acuático (viscosidad y fuerzas de rozamiento). La modulación de la apertura del pico se realizó frecuentemente a través

del uso de la rincoquinesis distal. Este rasgo de las aves limícolas de pico largo ha sido relacionado exclusivamente con el método de alimentación de probrar en el substrato. Sin embargo, en el presente estudio se demostró por primera vez que la rincoquinesis distal también es utilizada por las aves limícolas cuando se alimentan en la columna de agua tanto en el ataque, como en la captura y transporte de presas, pudiendo estar relacionado su uso con la economía del movimiento en el medio acuático. Además su uso junto con el TTS produjo una mayor eficiencia en el transporte de presas. Por tanto, la rincoquinesis distal es un mecanismo capaz de contribuir a la flexibilidad en la alimentación de las aves limícolas migradoras, aumentando además la rentabilidad de las presas pequeñas. Frente al comportamiento alimentario flexible de otras especies de aves limícolas, como por ejemplo los correlimos, el comportamiento alimentario de los chorlitos siempre ha sido descrito como muy estereotipado (búsqueda-carrera-parada). Sin embargo en el presente estudio se comprobó que el uso del método de alimentación de los correlimos (picar en la columna de agua mientras avanzan) es común por parte del Chorlito Gris (*Pluvialis squatarola*) y el Chorlitejo Grande (*Charadrius hiaticula*) cuando se alimentaron sobre las abundantes presas suspendidas en la columna de agua de las salinas. En el caso del Chorlitejo Grande hasta un 24% de la población llegó a alimentarse de esta manera. Estos resultados sugieren además que los chorlitos en continuo movimiento pueden localizar y capturar las presas suspendidas en la columna de agua exitosamente, sin necesidad de utilizar la visión monocular como otras hipótesis previas habían sugerido. Es decir, la plasticidad del comportamiento alimentario de los chorlitos parece ser mayor que lo que se asumió con anterioridad. Por tanto, las aves limícolas presentan un comportamiento y mecanismos de alimentación flexibles que les permiten hacer frente a las diferentes condiciones del medio acuático y alimentarse eficientemente sobre las presas pequeñas presentes en él.

# **Patrones de migración de *Sylvia atricapilla* Linnaeus, 1758 (Aves) y comportamiento en un área de descanso**

*Autor:* Arizaga Martínez, Juan

*Director:* Barba Campos, Emilio

*Curso:* 2007-2008

Universidad de Navarra

## **Resumen**

El objetivo de la Tesis ha sido el de (1) analizar el patrón de migración en invernada de la Curruca Capirotada (*Sylvia atricapilla*) en Iberia, y (2) contribuir a conocer el efecto de varios factores ligados al comportamiento en un área de descanso. Los datos utilizados en la tesis se obtuvieron en trece estaciones de anillamiento situadas en España, y operativas entre septiembre y marzo-abril. El patrón de distribución espacial y temporal de la especie de estudio varió entre clases de edad y sexo: en particular, la proporción de juveniles disminuyó desde el otoño hasta la primavera y, durante el invierno, los adultos fueron más abundantes en el norte y en hábitats de mayor calidad. Las poblaciones que pasaron por la ruta E (Pirineos Orientales, costa mediterránea) mostraron alas más largas y apuntadas y colas más cortas que las que lo hicieron por la ruta O (Pirineos Occidentales, SO de España). Además, las poblaciones invernantes tuvieron alas más cortas que las capturadas durante los periodos de paso, sugiriendo un patrón de migración en salto de rana. El tiempo de paso varió entre clases de edad y sexo y entre poblaciones de, supuestamente, origen diferente, tanto en otoño como en primavera. Además, el esfuerzo de muestreo fue clave a la hora de detectar paso diferencial. La decisión de partir de un área de descanso estuvo influenciada por la carga de grasa en la primera captura, el viento y la fecha. Finalmente, se analizó cómo la carga de grasa y su tasa de deposición varió entre pasos, clases de edad y sexo y aves infestadas y no infestadas por hemosporidios.

## **Ecología de la reproducción en una población de Chova Piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*)**

*Autor:* Banda Rueda, Eva Isabel

*Directores:* De Juana Aranzana, Eduardo y Blanco Hervás, Guillermo

*Curso:* 2007-2008

Universidad Complutense de Madrid

### **Resumen**

En esta tesis se han estudiado distintos aspectos de la ecología de la reproducción de la Chova Piquirroja en el valle del Ebro (Aragón). En primer lugar se ha estudiado distintos aspectos de la estrategia de inversión parental, las presiones selectivas que la determinan y las consecuencias sobre las variaciones fenotípicas de los pollos. Se han determinado las presiones selectivas a las que se encuentra sometida la población estudiada y el efecto de éstas sobre los parámetros de la reproducción, además de evaluar la importancia de las características del microhábitat de nidificación y el posible impacto de variables sociales, poblacionales y ambientales a distintas escalas sobre la depredación de los nidos. También se han examinado los factores que influyen en las distancias de dispersión natal y en la selección del lugar y del sistema social de nidificación. Por último, se abordan conjuntamente los fenómenos de fidelidad (a la pareja y al lugar de nidificación) y de dispersión reproductora (cambios de localidad entre años en individuos reproductores). Este estudio demuestra que la población objeto de estudio se encuentra limitada por la escasez de lugares de nidificación situados en hábitats adecuados y que esta limitación influye directa o indirectamente sobre la estrategia de inversión parental, los parámetros de la reproducción, la dispersión, la selección del sistema social de nidificación y la selección del tamaño de agregación.

# **Ecología, morfología y fisiología de una especie de ave subdesértica: *Bucanetes githagineus***

*Autor:* Carrillo Reina, Carmen María

*Directores:* Moreno Mañas, Eulalia y Barbosa Alcón, Andrés

*Curso:* 2007-2008

Universidad de Almería

## **Resumen**

Esta tesis se presenta como un estudio ecológico integrado de una especie de reciente colonización, el Camachuelo Trompetero (*Bucanetes githagineus*), en las zonas áridas del sureste de la Península Ibérica. Con ella se pretende alcanzar un mayor conocimiento de la historia natural de la especie así como comprobar una serie de hipótesis una vez que se ha recopilado información básica acerca de la misma. Considerando el efecto, demostrado en otras especies de aves, que el cambio climático está teniendo sobre la fenología y distribución de las mismas, se plantea el análisis de la posible influencia de este fenómeno en la ampliación septentrional del rango de distribución de la especie. Los resultados muestran que la expansión del Camachuelo Trompetero desde el norte de África hacia latitudes más septentrionales, Almería y el levante de la Península Ibérica hasta Alicante, puede ser consecuencia del cambio climático. En segundo lugar, se han estudiado aquellas características ecológicas, conductuales y fisiológicas (selección y uso de hábitat, selección de alimento, metabolismo basal) que han permitido y facilitado el establecimiento del Camachuelo Trompetero en las zonas áridas de Almería y su expansión por el levante español. Las densidades de la especie presentan claros patrones espacio-temporales y su distribución es muy parcheada. La selección de hábitat podría estar determinada por ciertas características estructurales (ej. pendiente y riqueza vegetal) y por la cobertura de ciertas familias de plantas que le sirven como alimento, fundamentalmente Crucíferas y Que-nopodiáceas. En lo referente a la alimentación de la especie, se encontró evidencia experimental de que este fringílido selecciona en cautividad una dieta que optimiza su ingesta de energía y agua al mismo tiempo. Además,

presenta una menor tasa metabólica basal que la de fringílicos de zonas más mésicas. Ambos resultados sugieren que el Camachuelo Trompetero tiene mecanismos para reducir el estrés ambiental. Por último, en esta tesis se aborda también un estudio sobre los parásitos de la especie, estudiando la carga de parásitos sanguíneos y ectoparásitos así como su posible efecto sobre la respuesta inmunitaria (principal mecanismo de defensa para protegerse de los efectos negativos de los patógenos). La prevalencia de parásitos sanguíneos en el Camachuelo Trompetero es muy baja, al igual que en otras especies de zonas áridas, y no varía con factores abióticos. Sin embargo, la prevalencia de piojos masticadores de pluma puede llegar a ser entre moderada y alta en condiciones de baja humedad relativa. Por ello, las aves de zonas áridas no están sometidas necesariamente a una menor presión de ectoparásitos que las de regiones húmedas. Al evaluar la respuesta inmunitaria del Camachuelo Trompetero se encontró que la especie presenta una estrategia inmunológica caracterizada por bajos niveles inmunitarios basales y una alta respuesta celular inducida. Esto sugiere que las especies poco parasitadas no tienen por qué presentar una atenuación general de la respuesta inmune, sino que invierten de diferente forma en los diversos componentes del sistema inmunitario.

## **Gestión agraria y cinegética: efectos sobre la Perdiz Roja (*Alectoris rufa*) y aves esteparias protegidas**

*Autor:* Casas Arenas, Fabián

*Directores:* Viñuela Madera, Javier y Mougeot, François

*Curso:* 2007-2008

Universidad de Castilla-La Mancha

### **Resumen**

La caza en España, lejos de constituir una actividad necesaria para la supervivencia, sigue siendo una de las actividades lúdicas que mayor interés despierta, tanto desde el punto de vista social como económico. En medios pseudo esteparios, además, este aprovechamiento suele

desarrollarse junto con la explotación agrícola. Esta tesis pretende trazar unas futuras líneas de actuación en las que tanto el aprovechamiento cinegético como agrícola sean compatibles con la conservación del medio y, en consecuencia, de las especies que lo habitan. Mediante la captura y radio seguimiento de perdices en varios cotos de caza sujetos a diferentes estrategias de gestión, se determinó que la Perdiz Roja es una especie cinegética con una alta variabilidad reproductiva anual, sin un aparente efecto de la modalidad de gestión cinegética empleada, siendo, como ya apuntaban estudios previos, el clima el principal factor implicado en el control de los parámetros reproductivos de esta especie. Una conclusión muy interesante, y a la vez poco conocida, es el importante papel que juegan los machos de Perdiz Roja en el éxito reproductivo de la especie. Por lo que respecta a la gestión del hábitat en zonas agrícolas, se observó cómo cambios en la gestión agraria (mantenimiento y/o aumento de la superficie de lindes, así como un retraso en la fecha de cosecha, al menos en la franja más externa de las parcelas de cereal) serían más efectivos para mejorar el éxito reproductivo de la perdiz, que el control de depredadores. El impacto negativo de la cosecha en el éxito reproductivo de esta Galliforme también ha sido detectado en otras especies protegidas, como sisones, avutardas y aguiluchos cenizos, lo que podría dar lugar a generar programas de colaboración entre agricultores, cazadores y conservacionistas que beneficiarían a un gran número de especies. En cuanto a la amenaza potencial que representan las sueltas de perdices procedentes de granja, los resultados obtenidos en esta tesis doctoral, por un lado, añaden a los parásitos sanguíneos al ya amplio grupo de posibles amenazas. Y por otro, confirman la presencia y reproducción de individuos híbridos (*A. rufa* x *A. chukar*) en poblaciones silvestres, incluso en poblaciones donde no se realizan sueltas, aunque cercanas a cotos de caza donde sí se llevan a cabo este tipo de acciones. Controlar la introgresión de genomas alóctonos es una pieza de vital importancia para la conservación a largo plazo de esta especie, al igual que valorar las consecuencias del manejo humano sobre los hospedadores es esencial para comprender las implicaciones de tales acciones para la conservación de la vida silvestre y el control de enfermedades (parásitos sanguíneos). Por último, tan importante como evaluar las estrategias de gestión cinegética es valorar el efecto indirecto del desarrollo de la caza. Durante la práctica de esta actividad de alto impacto, son muchas las especies que pueden verse directa o indirectamente implicadas. Nuestros resultados mostraron

que en las tres especies estudiadas (sisones, avefrías y chorlitos dorados), la actividad cinegética inducía cambios de comportamiento que podrían suponer mayores gastos energéticos. Igualmente mostraron la importante función que pueden cumplir las reservas de caza, como refugio eficaz en los días que se desarrollaba dicha actividad. Por tanto, incrementar el tamaño o el número de reservas podría ser una importante herramienta de gestión y conservación para reducir el impacto de la actividad cinegética. La integración de toda esta información puede dar lugar a futuras estrategias de conservación y una gestión de caza y agricultura conjunta, que por un lado, garanticen la estabilidad de las poblaciones silvestres de Perdiz Roja, y por otro, la conservación de su hábitat, lo cual puede beneficiar a otras especies con las que ésta comparte el espacio.

## **Biología y ecología de *Microtus cabreræ* Thomas 1906 (Rodentia: Cricetidae)**

*Autor:* Fernández Salvador, Rosa

*Directores:* Ventura Queija, Jacint y García Perea, Rosa

*Curso:* 2007-2008

Universidad Autónoma de Barcelona

### **Resumen**

La tesis doctoral trata aspectos poco conocidos inicialmente sobre la biología y ecología del Topillo de Cabrera, roedor endémico de la Península Ibérica y considerado como una especie vulnerable desde el punto de vista de su conservación. En concreto se aporta información sobre la reproducción y el desarrollo postnatal en cautividad, efecto de las actividades humanas en la conservación de sus poblaciones y las características reproductivas, demográficas y ecológicas de una población de la especie localizada en el municipio de Valdemorillo de la Sierra (provincia de Cuenca). En este último apartado se han analizado cuestiones referentes a los patrones de reproducción y demografía, el efecto de las fluctuaciones climáticas sobre el peso corporal, el uso del espacio, la organización social y la selección de microhábitat.

# **Ecología de una invasión: el caso de la Ardilla Moruna (*Atlantoxerus getulus*) en la Isla de Fuerteventura (Islas Canarias)**

*Autor:* López Darías, Marta

*Director:* Hiraldo Cano, Fernando

*Curso:* 2007-2008

Universidad de La Laguna

## **Resumen**

Esta tesis doctoral investiga la invasión de la Ardilla Moruna en la isla de Fuerteventura, atendiendo a dos perspectivas: el éxito de la invasión desde el punto de vista ecológico, y los impactos que causa este roedor invasor en los ecosistemas insulares. En un primer bloque se analiza el éxito ecológico de esta invasión atendiendo a: 1) la disponibilidad climática de Fuerteventura; 2) la disponibilidad de hábitat favorable para la especie y analizado a microescala; 3) la menor presión que sufre la población de ardillas en Fuerteventura por parte de los parásitos (en concreto la helmintofauna) y en comparación con la población nativa de ardillas en el continente marroquí. En un segundo bloque se cuantifican dos de los impactos potenciales de este roedor, uno de carácter ecológico y el otro de carácter sociosanitario. Los principales resultados revelaron que tanto el clima, como la disponibilidad de microambientes favorables y el menor número de parásitos que alberga la población isleña favorecieron la invasión de esta ardilla terrestre. Además, se demuestra que este roedor causa la ruptura de los sistemas de dispersión de semillas de plantas nativas con frutos carnosos, así como que se posiciona como un vector de transmisión de *Acanthamoeba* patógenas que causan enfermedades en la población humana.

## **Dinámica de población y viabilidad de la Avutarda Común en la Comunidad de Madrid**

*Autor:* Martín Morcuende, Beatriz

*Director:* Alonso López, Juan Carlos

*Curso:* 2007-2008

Universidad Complutense de Madrid

### **Resumen**

Esta tesis doctoral recopila, analiza e interpreta la información demográfica y espacial de las poblaciones de Avutarda Común (*Otis tarda*) en la Comunidad de Madrid y áreas limítrofes de Guadalajara y Toledo (en Castilla la Mancha) desde los años 80 hasta la actualidad (año 2006). Se han identificado 17 leks o grupos reproductores, incluidos en seis poblaciones diferenciadas pero interconectadas entre sí, que constituyen una metapoblación. La metapoblación global ha experimentado un crecimiento notable entre 1988 y 1998 manteniendo, posteriormente, una tendencia positiva aunque cercana a la estabilidad. Este crecimiento ha afectado especialmente a los efectivos del sexo femenino. La variación interanual en la productividad de las diferentes poblaciones locales es elevada, aunque el grado de sincronía entre poblaciones dentro de un mismo año es también relativamente alto. Por otra parte, las poblaciones locales con menores productividades son las que han experimentado un mayor crecimiento como consecuencia de los inmigrantes recibidos desde otras poblaciones del sistema. Las tasas de dispersión dentro de la metapoblación parecen estar condicionadas tanto por los coespecíficos presentes en la población de destino, como por la distancia geográfica que separa las poblaciones locales. Modelos de supervivencia realizados, muestran unas tasas de mortalidad diferenciales para machos y hembras, manifestándose dichas diferencias con mayor intensidad en los ejemplares adultos (a partir del cuarto año de edad). Las menores tasas de supervivencia de adultos con respecto a juveniles parecen explicarse por las cargas reproductivas que asumen los ejemplares ya reproductores. Causas de mortalidad de origen artificial (caza y, especialmente, mortalidad por colisión contra tendido) afectan con intensidad a la supervivencia de los



Hembra adulta de Avutarda Común (*Otis tarda*), Madrid, abril de 2004.

ejemplares adultos. Los modelos lineales generalizados realizados para el análisis de la selección del hábitat demuestran que existe hábitat idóneo para la especie en la Comunidad de Madrid todavía sin ocupar. Además, el modelo muestra que las avutardas están presentes en áreas de secano con una menor densidad humana y que se encuentran más alejadas de autopistas o autovías. La variabilidad del medio, cuantificada a través de índices normalizados de vegetación, afecta a la selección por parte de las avutardas, que prefieren medios estacionalmente estables pero que presenten una variación interanual alta, interpretándose esto último como una selección de ambientes heterogéneos, no sólo a una escala espacial sino también temporal, representados por sistemas agrícolas tradicionales. A partir del modelo de hábitat desarrollado y de los parámetros demográficos calculados se realizaron análisis de viabilidad de poblaciones. Para este fin se utilizaron dos programas comerciales diferentes. Por un lado se empleó RAMAS-GIS, para elaborar un modelo espacialmente explícito que considerara la estructura espacial de la metapoblación. Por otra parte se utilizó

VORTEX, con el fin de considerar los efectos de la variabilidad genética en la persistencia futura de la metapoblación. Los resultados relativos (de comparación entre diferentes “escenarios” posibles) son altamente consistentes utilizando uno y otro programa, y también guardan coherencia con el comportamiento observado en el sistema real. Las supervivencias juvenil y adulta son los parámetros más sensibles en los modelos simulados. La supervivencia adulta es el parámetro más determinante cuando tienen lugar causas de mortalidad artificial, que provocan cambios en las tasas de supervivencia por encima del rango de variabilidad natural del parámetro. Por el contrario, en condiciones de mortalidad natural, en las que la variabilidad en la supervivencia adulta es baja, es la supervivencia juvenil el parámetro más influyente en la tasa de crecimiento de la metapoblación. Los factores evaluados más importantes para la persistencia futura de la metapoblación son la mortalidad artificial, causada por la colisión contra tendido, y la pérdida de hábitat. Los modelos de simulación apoyan la existencia de una dispersión denso-dependiente regulada por el número de coespecíficos existente en las poblaciones receptoras de los dispersantes. Este efecto, que debería minimizar los riesgos de asentamiento en lugares subóptimos por parte de los dispersantes, reduce las probabilidades de colonización del hábitat actualmente desocupado, disminuyendo la probabilidad de persistencia a largo plazo de las poblaciones. La pérdida de grandes extensiones dedicadas al cultivo de secano como consecuencia de la construcción de viviendas y otras infraestructuras, así como del abandono de los usos tradicionales del suelo, también condicionan de manera negativa la probabilidad de supervivencia de la metapoblación a largo plazo. El tamaño actual de la metapoblación (más de 1.600 ejemplares en la primavera de 2006) no es suficiente para garantizar la viabilidad a largo plazo de la especie en el área de estudio. La metapoblación ha visto mermada su capacidad de crecimiento durante los últimos diez años, como consecuencia de una mayor densidad de individuos en las poblaciones de mayor tamaño, una disminución del hábitat disponible y un incremento de las causas de mortalidad artificiales. Además, la pérdida de hábitat y la mortalidad artificial, posiblemente, se incrementarán en el futuro como consecuencia del desarrollo de nuevas infraestructuras y del progresivo abandono del medio rural. La protección del hábitat de la especie, tanto el que tiene presencia de avutardas en el presente como aquel identificado como idóneo y potencialmente colonizable, así como el control de los factores artificiales de mortalidad, deben de constituir las prioridades de conservación para la especie en el área de estudio.

# **Interacciones ecológicas entre depredadores y presas: águilas perdiceras, conejos y perdices**

*Autor:* Moleón Paiz, Marcos

*Directores:* Sánchez-Zapata, José Antonio y Gil-Sánchez, José María

*Curso:* 2007-2008

Universidad de Granada

## **Resumen**

La depredación es una de las interacciones ecológicas más frecuentes en el mundo natural. Sin embargo, hasta qué punto son capaces o no los depredadores de moldear el funcionamiento de los ecosistemas a través de las relaciones que mantienen con sus presas es una idea inmersa desde hace décadas en una intensa y continua controversia. Los trabajos teóricos y empíricos existentes hasta la fecha son, aunque numerosos, aún insuficientes para comprender las consecuencias ecológicas y aplicadas de la depredación. Esta carencia se acentúa a medida que los sistemas naturales se vuelven más complejos (típicamente en ambientes de clima templado o tropical). La presente tesis pretende incrementar el conocimiento de las interacciones ecológicas entre depredadores y presas en un medio genuinamente mediterráneo y contribuir así al diseño de estrategias precisas de conservación. El sistema de estudio general estuvo integrado por tres especies: un depredador, el Águila-azor Perdicera (*Hieraaetus fasciatus*), y dos de sus principales presas, el Conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y la Perdiz Roja (*Alectoris rufa*), ambas consideradas especies cinegéticas. En primer lugar se exploró la influencia de una enfermedad infecciosa emergente (EIE) de una especie presa en los patrones espaciales y los cambios temporales en la dieta de un depredador a gran escala. Se revisó la dieta del Águila-azor Perdicera en la mitad occidental de Europa durante un periodo de 39 años con objeto de determinar las consecuencias de la reducción en la densidad de su principal presa, el conejo, causada desde 1988 por epidemias de neumonía hemorrágica vírica (NHV; una EIE). La NHV indujo importantes consecuencias en la ecología trófica

del Águila-azor Perdicera. El consumo de conejo, que además pareció ser la especie preferida en el ámbito geográfico estudiado, disminuyó un tercio después de la irrupción de la NHV. Al contrario, la diversidad trófica aumentó después de la NHV. Además, se constató la existencia de claros patrones geográficos en la alimentación de las águilas antes de la NHV, pero no después. Los patrones espaciales en la dieta del Águila-azor Perdicera en Europa occidental parecen estar principalmente supeditados al patrón de distribución espaciotemporal del conejo y, en menor medida, a las características ambientales locales condicionantes de la presencia y abundancia de especies presa alternativas. A continuación se presentan los primeros datos sobre la dieta de las águilas perdiceras territoriales durante el periodo no reproductor en la Península Ibérica y de las águilas jóvenes en un área de dispersión. Tanto unas como otras incluyeron en su dieta una mayor proporción de conejos que las águilas territoriales en época reproductora. Como consecuencia, la búsqueda de parches ricos en conejos puede conducir a un incremento de la vulnerabilidad del Águila-azor Perdicera ante amenazas de origen antrópico, particularmente en periodo no reproductor (en el caso de águilas territoriales) y en las áreas de dispersión juvenil (en el caso de águilas dispersantes). Posteriormente se estimó el impacto de depredación del Águila-azor Perdicera sobre las poblaciones de conejo y perdiz en dos épocas distintas (las reproductora y no reproductora del águila) y a dos escalas (población reproductora total del águila en el área de estudio intensivo y territorios individuales). Las tasas de depredación a escala poblacional fueron muy bajas (0,3-3,1%) sobre ambas presas y en ambos periodos. A nivel territorial los resultados fueron variables y difícilmente interpretables, por lo que es necesario implementar futuros estudios a esta escala. De cualquier modo, el potencial del Águila-azor Perdicera como factor limitante de conejos y perdices en el área de estudio parece ser muy pobre a escala poblacional, y sólo en ocasiones podría ser relevante a nivel territorial, por lo que el conflicto entre los colectivos cinegético y conservacionista disminuye significativamente. Seguidamente se exploraron las respuestas funcional y numérica del Águila-azor Perdicera durante el periodo reproductor hacia el conejo y la perdiz. El águila respondió funcional, aunque no numéricamente, hacia el conejo y la perdiz. Los modelos de mejor ajuste correspondieron a respuestas funcionales de tipo II (típica de especialistas) en ambos casos, escenario que confiere a este depredador un escaso potencial regulador

sobre dichas presas. No obstante, no se puede descartar la existencia de una fase de densodependencia directa a bajas densidades de perdiz. Los resultados obtenidos implican diversas consideraciones en cuanto a la conservación de las tres especies objeto de estudio, particularmente destacables en el contexto del conflicto entre depredadores e intereses cinéticos. En el capítulo final se describe un nuevo tipo de interacción ecológica multiespecie que enlaza el fenómeno de la hiperdepredación con las EIEs y es capaz de desencadenar dinámicas sincronizadas a gran escala entre especies cruzadas. Se muestra cómo el colapso en la población de una especie presa hospedadora infectada –el conejo– indujo intensidades de depredación mayores de lo normal sobre una presa secundaria –la perdiz– por medio de los depredadores compartidos –entre otros, el Águila-azor Perdicera–. Como resultado, la EIE influyó tanto en la dinámica poblacional de la presa primaria hospedadora, a través de la mortalidad directa por la enfermedad, como en la presa secundaria, por medio de la hiperdepredación. Este nuevo mecanismo conformaría lo que hemos dado en llamar ‘hipótesis de la hiperdepredación mediada por EIE’. De nuevo, queda de manifiesto que las EIEs suponen una amenaza para la conservación de la biodiversidad a través de la perturbación de interacciones ecológicas entre depredadores y presas. Estos procesos tienen además el potencial de actuar a grandes escalas espaciales y temporales y de ser favorecidos por actividades de origen humano. En consecuencia, deberían diseñarse directrices estrictas que conduzcan a estrategias efectivas en prevenir la diseminación de la “polución por patógenos”, ya que ésta amenaza a la biodiversidad no sólo a nivel de población o especie, sino a escala de comunidad o ecosistema. Los resultados de esta tesis confirman la utilidad, tanto en el ámbito ecológico como en el conservacionista, de desarrollar estudios sobre interacciones entre depredadores y presas en sistemas ecológicamente complejos, donde los múltiples depredadores y presas, así como la intervención de otros agentes como los patógenos, complican particularmente el resultado final de las interacciones ecológicas y favorecen la aparición de nuevas formas de interrelación entre especies.

## **Ecología pelágica de la Pardela Cenicienta *Calonectris diomedea***

*Autor:* Navarro Bernabé, Joan

*Director:* González-Solís Bou, Jacob

*Curso:* 2007-2008

Universidad de Barcelona

### **Resumen**

El proceso de búsqueda y obtención de alimento es una de las actividades más importantes para los vertebrados. De su estudio se encarga la ecología del aprovisionamiento, disciplina que examina los diferentes factores ecológicos y evolutivos implicados en las estrategias de búsqueda de alimento de los seres vivos. Los objetivos de la presente tesis fueron examinar el efecto de diferentes factores ecológicos y evolutivos sobre las estrategias de aprovisionamiento de la pardela cenicienta, un ave marina de hábitos pelágicos. En concreto, investigamos el efecto de: (i) los determinantes ambientales, (ii) los requerimientos reproductivos, (iii) la respuesta fisiológica, (iv) las estrategias vitales y (v) la presencia de dimorfismo sexual en tamaño y forma, sobre el comportamiento de búsqueda de alimento de esta especie. Los resultados mostraron que la pardela cenicienta selecciona sus áreas de alimentación en base a la productividad marina. Además, tanto la presencia de zonas de alta productividad cercanas a la colonia de cría, como el viento oceánico, influye en su comportamiento de búsqueda de alimento. También observamos que, durante el periodo reproductor, los individuos reproductores varían el esfuerzo de búsqueda de alimento, las zonas de aprovisionamiento y el estado nutricional como respuesta a variaciones en las tareas reproductoras. En relación con las respuestas ecofisiológicas de la actividad de búsqueda de alimento, observamos que las aves, ante un aumento experimental en el esfuerzo de búsqueda, presentan daño muscular. Este resultado sugiere la posibilidad del análisis de enzimas musculares para comprender mejor la fisiología de la actividad de búsqueda de alimento en aves. De manera similar a otras especies de vida larga, la pardela cenicienta cumple con las predicciones propuestas para especies de inversión reproductora fija. Ante un aumento

Autor: Juan Bécares



Pardela Cenicienta *Calonectris diomedea* en vuelo.

experimental de los costes de búsqueda de alimento, los progenitores mantienen un nivel concreto de inversión energética y transfieren esos costes adicionales a sus parejas y al pollo. De esta forma consiguen mantener su estado fisiológico y asegurar su supervivencia y reproducción futura. Finalmente, a pesar de que machos y hembras presentan un claro dimorfismo sexual en el tamaño y forma del pico, ese dimorfismo no puede ser explicado como consecuencia de una segregación trófica entre sexos ya que, tanto machos como hembras se alimentan de un mismo nivel trófico y presentan similares patrones de aprovisionamiento.

## **Indicadores de calidad en el Cernícalo Vulgar *Falco tinnunculus***

*Autor:* Vergara Fernández, Pablo

*Director:* Fargallo Vallejo, Juan Antonio

*Curso:* 2007-2008

Universidad Complutense de Madrid

### **Resumen**

Esta tesis se enmarca en el campo de la Ecología Evolutiva y su objetivo es el de ampliar el conocimiento sobre los indicadores o señales de calidad expresados en aves. En concreto, he investigado la posible función de la coloración del plumaje y el comportamiento agresivo intra-específico del Cernícalo Vulgar *Falco tinnunculus* como señales de calidad individual. En primer lugar se estudió si la coloración basada en melanina indica calidad individual en el Cernícalo Vulgar. Se observó que la coloración gris melánica en hembras reproductoras y pollos se correlaciona negativamente con la riqueza de parásitos. Además, se vio que los volantes más grises tienen una mayor capacidad competitiva en la lucha por el alimento durante el periodo de emancipación. Estos resultados sugieren que la coloración melánica del plumaje puede ser considerada un indicador de calidad en el Cernícalo Vulgar. Por otro lado, se testaron diversas hipótesis de las propuestas para explicar la aparición de la maduración retrasada del plumaje (rasgo que se presenta en los machos jóvenes de numerosas especies de aves). Los resultados obtenidos sugirieron que la hipótesis de la señalización honesta del estatus es la que mejor podría explicar la aparición de este rasgo del plumaje en los machos de un año de Cernícalo Vulgar. Finalmente se analizó si la agresividad intra-específica es un indicador de calidad individual en el Cernícalo Vulgar. Los resultados mostraron que los comportamientos agresivos podrían ser indicadores de calidad en la especie estudiada, aunque si bien, para el caso de los machos podrían estar mediados por el comportamiento de cebas a la hembra o por el riesgo de sufrir extra-paternidad.

# **Patrones ecológicos en poblaciones periféricas de un ave de ecosistemas subdesérticos, el Camachuelo Trompetero *Bucanetes githagineus***

*Autor:* Barrientos Yuste, Rafael

*Directores:* Barbosa Alcón, Andrés y Valera Hernández, Francisco

*Curso:* 2008-2009

Universidad Complutense de Madrid

## **Resumen**

Esta tesis se enmarca en el campo de la Biogeografía, tomando como especie modelo al Camachuelo Trompetero *Bucanetes githagineus*. Se estudiaron dos tipos de poblaciones periféricas: la primera es una población de reciente asentamiento en el sureste peninsular (hacia los años 70) y que continúa su expansión actualmente. La segunda se encuentra en las islas orientales del archipiélago canario (Fuerteventura y Lanzarote) y parece que permanece estable. Los patrones biogeográficos estudiados se compararon con los de una población central emplazada en el noroeste del continente africano (Marruecos). La genética de poblaciones basada en microsátélites reveló que la población canaria se presenta como una subdivisión con unidad genética y diferenciable de la población ibero-africana. En contra de lo esperado, las poblaciones ibéricas –más recientes– no tuvieron menor diversidad genética, seguramente por contar con un flujo constante de ejemplares desde el norte de África, su probable población fuente. El estudio de la genética de poblaciones también nos permitió comprobar que desplazamientos de ejemplares fuera de la época de reproducción hacia áreas exteriores al rango de distribución anteceden a la colonización como reproductores de dichas áreas. Estudiamos la conducta de selección del hábitat de nidificación en dos localidades periféricas (Tabernas en el sureste peninsular y Fuerteventura en las Canarias) y su relación con la disponibilidad de hábitat y la comunidad de depredadores. El camachuelo puede criar de forma habitual en el suelo y en taludes, aunque el uso de este último sustrato parece estar condicionado por su disponibilidad. Partiendo de nuestros resultados sugerimos que las distintas comunidades

de depredadores presentes en nuestras áreas de estudio pueden estar detrás de los distintos patrones de selección del hábitat realizados por los camachuelos cuando crían en el suelo. Así, en un hábitat con abundancia de depredadores diurnos que no usan la vista para cazar (Tabernas) los camachuelos colocan los nidos en lugares despejados en el suelo para detectar pronto a los posibles depredadores y escapar lo antes posible. Por el contrario, en un hábitat donde los depredadores usan la vista o el oído (Fuerteventura), los camachuelos esconden sus nidos en zonas de vegetación densa o bajo piedras. Sin embargo, salvo en la nula depredación que sufren los nidos situados en taludes en La Oliva, la selección del hábitat no tuvo influencia clara sobre la depredación. El tamaño de puesta no varió entre las poblaciones estudiadas, entre las que se encuentran dos norteafricanas, una peninsular (Tabernas) y una canaria (Fuerteventura). Tampoco variaron otros parámetros reproductores como la duración de la incubación, la tasa de eclosión y la tasa de vuelo al comparar Tabernas con Fuerteventura. Las diferencias en la duración de la estancia de los pollos en el nido (más corta en Tabernas) y –marginamente- en la productividad (menor en Tabernas) entre estas dos localidades podrían estar relacionadas con una mayor depredación del nido en Tabernas. En dos años con una climatología muy distinta en Tabernas encontramos que los parámetros reproductores fueron similares, aunque el inicio de la reproducción se retrasó hasta 40 días en el año anormalmente más frío, aunque en ese año la primavera fuese más lluviosa. El estudio de los hemo- y ectoparásitos muestreados en las distintas poblaciones refleja una prevalencia de los distintos grupos de parásitos sanguíneos inferior al 5% en todas las poblaciones, salvo las microfilarias en la población fuente, donde estaban presentes en el 50 % de los individuos. Estos resultados concuerdan con la hipótesis que sugiere que la falta de vectores reduce la prevalencia de hemoparásitos en zonas áridas. En cuanto a los ectoparásitos, la prevalencia general fue elevada, aunque destacó la ausencia de ácaros en la población marroquí. Estos datos no apoyan la hipótesis que sugiere una menor riqueza general de parásitos en las poblaciones insulares ni aquella que apunta a una menor riqueza y una menor prevalencia de parásitos en poblaciones en expansión. Por el contrario, nuestras conclusiones sugieren que sólo los parásitos con ciclos de vida complejos sufren tales reducciones en las poblaciones insulares y en expansión mientras que los parásitos con transmisión directa escapan a tales constricciones. Finalmente, compa-

ramos la morfología de los camachuelos marroquíes (presunta población fuente) con la de los ejemplares de dos poblaciones establecidas hace tiempo y de los que se diferencian genéticamente (Fuerteventura y Lanzarote) y con la de los individuos de una población establecida recientemente y similar genéticamente (Tabernas). Encontramos que tanto los ejemplares de poblaciones genéticamente diferenciadas como los de aquellas que mantienen similar estructura genética presentan diferencias morfométricas. No obstante, nuestros resultados muestran distintos patrones en función de las comparaciones realizadas. Así, no encontramos resultados claros que apoyen la teoría de que las aves insulares sean mayores. En general, las aves de Tabernas tuvieron picos menores que las norteafricanas, y éstas, menores que las canarias. Esto podría estar en consonancia con la dieta en las distintas localidades (por ejemplo, el esperable generalismo trófico en las islas), si bien el hecho de que las diferencias fueran más marcadas en los machos podría sugerir que el pico también tiene importancia como carácter sexual. La menor longitud de las estructuras del vuelo en los camachuelos canarios podría estar relacionada con la esperable menor dispersión típica de poblaciones insulares. En cualquier caso, de estos resultados se puede deducir que las presiones selectivas que afectan a la morfología del Camachuelo Trompetero son muy intensas y actúan muy rápidamente incluso en un escenario de continua llegada de individuos desde la población fuente.

# **La ecología trófica de la Lechuza Común en los ecosistemas agrícolas de Grecia central: su aplicación a la distribución y abundancia de sus presas**

*Autor:* Bontzorlos, Vasileios

*Director:* Peris Álvarez, Salvador José

*Curso:* 2008-2009

Universidad de Salamanca

## **Resumen**

Esta tesis doctoral tuvo cuatro objetivos principales. Estudiar la ecología trófica de la Lechuza Común (*Tyto alba*) en los agro-ecosistemas de Grecia central, comparar los resultados con otras dietas europeas y griegas, y desde el espectro de la dieta buscar patrones de distribución, abundancia y estructura de las poblaciones de los micromamíferos en la región de Tesalia, y estudiar su uso espacial estacional con respecto al cambio estacional del hábitat agrícola. Treinta y un sitios de nidificación naturales fueron localizados en la llanura de Tesalia. Un total de 124 muestras han sido obtenidas y 10.065 egagrópilas fueron recogidas, reflejando 2 épocas reproductoras y 2 no reproductoras. Después del análisis de las egagrópilas un total de 29.061 presas fueron identificadas, en su mayoría micromamíferos. Veintiocho variables ambientales fueron cuantificadas que fueron incluidas en el ratio de 2 km alrededor de cada sitio de muestreo. El análisis de datos ecológicos multivariante ha sido aplicado utilizando el programa CANOCO y con el uso de Modelos Lineales Generalizables, y el Análisis de Gradientes Directo ha sido aplicado utilizando el Análisis de Redundancias. La Lechuza Común en Tesalia ha capturado principalmente topillos, y especialmente durante la época reproductora, demostrando también una selección de hábitat fuerte hacia pequeñas parcelas de tierra que mantenían topillos. Alternativamente durante las épocas no reproductoras ha capturado ratones y ratas forrajeando a otros tipos de hábitat. La depredación sobre las ratas durante la época no reproductora ha sido una de las más altas en Europa Mediterránea. Nuevos datos de distribución se han presentado para las 15 especies de micromamíferos,

que anteriormente se consideraban como ausentes de la llanura de Tesalia. *Crocidura suaveolens* y *Microtus thomasi* han sido correlacionadas con tipos del suelo y textura del suelo, y han sido fuertemente afectadas por el cambio estacional del hábitat agrícola. Las especies del género *Mus* y *Apodemus*, siendo competidores débiles y más generalistas, han diferenciado sus nichos, ocupando tipos de hábitat diferentes de aquellas especies especializadas y territoriales. *Microtus guentheri* ha sido la especie más abundante en el primer año del estudio pero su población sufrió una fuerte disminución durante los tres años del estudio, mientras tanto los demás grupos de micromamíferos han aumentado.

## **Comportamiento migratorio y estrategias de muda en Paseriformes**

*Autor:* De la Hera Fernández, Iván

*Directores:* Tellería Jorge, José Luis y Pérez Tris, Javier

*Curso:* 2008-2009

Universidad Complutense de Madrid

### **Resumen**

La adopción del comportamiento migratorio en las aves podría limitar el tiempo y los recursos disponibles durante el verano para sustituir el plumaje viejo por uno nuevo (muda). Esta tesis explora la existencia de ajustes y adaptaciones durante la muda en respuesta a estas restricciones asociadas con la migración. Para ello se consideraron datos bibliográficos de especies de aves paseriformes de la región Paleártica, así como diversos rasgos obtenidos de muestras biológicas (plumas) de poblaciones naturales (e.g. tasas de crecimiento, masa, estructura y comportamiento mecánico de las plumas), que informan sobre la ejecución de la muda. Esta información se relacionó con el comportamiento migratorio de las aves a través de aproximaciones inter e intraespecíficas empleando el método comparativo y técnicas de estadística convencionales. Las presiones temporales que implica la migración han conducido a una reducción de la duración de la muda en las especies que llevan a cabo este proceso entre

la reproducción y la migración otoñal. Sin embargo, esta aceleración del proceso de sustitución del plumaje está asociada con la producción de plumas de menor masa y, por lo tanto, menos complejas estructuralmente, lo que puede afectar a su funcionalidad. Dado que un plumaje de baja calidad reduciría la eficacia biológica de las aves, y especialmente la de aquellas que deben afrontar los exigentes desplazamientos migratorios, las aves migratorias han desarrollado diversos mecanismos de compensación. Por un lado, algunas especies migratorias transaharianas han optado por modificar la ubicación temporal de la muda. De esta forma, han trasladado el proceso de muda al periodo invernal para evitar las limitaciones temporales que supone mudar en verano. A su vez, esto les permite obtener plumas más complejas y pesadas. Por otro lado, en las especies en las que un cambio fenológico de la muda no parece viable, las aves han optado por otras soluciones menos perceptibles. En primer lugar, y suponiendo que las aves migratorias pueden optimizar el uso de los recursos disponibles para la síntesis del plumaje, asignan más material a los tractos del plumaje que tienen mayor relevancia funcional (por ejemplo, las plumas primarias del ala). En segundo lugar, a igualdad de inversión de material en las plumas, las aves migratorias parecen capaces de obtener plumas con mejores propiedades mecánicas que sus equivalentes sedentarias. Esta tesis señala la importancia de la migración, y sus costes asociados, en la variación de las estrategias de muda de las aves, sugiriendo la existencia de una compleja serie de ajustes de la muda que han podido evolucionar integrados con otro tipo de rasgos morfológicos, fisiológicos y del comportamiento en las aves migratorias.

## **Ecología del Búho Chico en un bosque perturbado del litoral mediterráneo**

*Autor:* García González, Ana María

*Director:* Rodríguez Blanco, Alejandro

*Curso:* 2008-2009

Universidad de Valencia

### **Resumen**

El Búho Chico *Asio otus* es una de las rapaces nocturnas menos estudiadas, especialmente en ambientes mediterráneos. Esta tesis aborda, por un lado, el estudio de su ecología trófica en un ecosistema litoral termomediterráneo y, por otro, la identificación de factores potencialmente determinantes del lugar de nidificación en un ambiente con alta presión humana. Para ello analizamos la dieta de una población de Búho Chico durante 8 años y evaluamos la disponibilidad de presas en la Devesa de l'Albufera, cerca de la ciudad de Valencia. Además cuantificamos la productividad de los búhos y los atributos de los lugares de nidificación, tanto a escala de microhábitat como de macrohábitat, prestando especial atención a los efectos de las actividades recreativas y la contaminación acústica y lumínica sobre el patrón de distribución de sus nidos. Las principales conclusiones extraídas de nuestros resultados fueron las siguientes: (1) el espectro trófico de los búhos chicos a lo largo de su área de distribución europea está basado en el consumo de roedores, estando la presa principal determinada por su patrón geográfico de distribución y abundancia; (2) el Búho Chico mostró una notable flexibilidad trófica, en contraste con la afirmación generalizada de que se trata de un especialista en roedores; es decir, su respuesta trófica sería más dependiente del contexto que impuesta por las restricciones morfológicas o comportamentales que generalmente afectan a todas las poblaciones a través del rango de distribución de un verdadero especialista; (3) en nuestro sistema, los búhos chicos mostraron un comportamiento trófico oportunista, que se ajustó a las principales predicciones de la Hipótesis de la Presa Alternativa, lo que da soporte a esta hipótesis a una escala geográfica más amplia que los ecosistemas boreales y de tundra, donde había sido probada hasta ahora; (4) la alta disponibilidad de paseriformes, en general, y del Gorrión Común *Passer*

*domesticus*, en particular, permitió a los búhos residir y nidificar con éxito en un ecosistema donde las poblaciones de su presa principal, el Ratón Moruno *Mus spretus*, mostraron periodos estacionales e interanuales de escasez relativa; (5) la selección de los sitios de nidificación de los búhos chicos a escala de microhábitat pareció estar determinada por los riesgos de predación local, y la densa cobertura de matorral alto y plantas trepadoras en torno al nido probablemente tuvo una función de barrera física y refugio frente a los predadores terrestres; (6) los nidos tendieron a concentrarse en el sector sur del área de estudio; no encontramos evidencia de que este patrón pudiera explicarse por diferencias en la estructura de la vegetación, tanto a escala de paisaje como a escala de microhábitat, ni con un comportamiento colonial durante la época reproductora. No obstante, otros factores de la calidad del hábitat, como la contaminación lumínica, la contaminación acústica y la densidad de peatones, si explicaron parcialmente este patrón de distribución de los nidos.

## **Defensas frente al parasitismo de cría conespecífico en el Gorrión Común (*Passer domesticus*): reconocimiento de huevos, vigilancia del nido y ocultamiento de la puesta**

*Autor:* García López de Hierro, María Dolores

*Directores:* Moleón Páiz, Marcos y Moreno-Rueda, Gregorio

*Curso:* 2008-2009

Universidad de Granada

### **Resumen**

En esta tesis doctoral se estudió (i) el patrón de coloración a lo largo de varios años consecutivos de las mismas hembras de Gorrión Común (*Passer domesticus*) de una población mantenida en cautividad. Además, se analizó (ii) el efecto del tamaño, y del color y el patrón de las motas (tamaño y densidad) de los huevos sobre el reconocimiento y rechazo

de huevos extraños, así como si la variación de dos características en el mismo huevo incrementa la frecuencia de rechazo debido al efecto llamado "suma de estímulos". Por otro lado, una de las estrategias seguidas para evitar los costes del parasitismo es impedir que éste se produzca mediante la vigilancia del nido y el ataque y expulsión de las hembras potencialmente parásitas. No obstante, la defensa del nido es una estrategia costosa para los hospedadores, ya que el tiempo invertido en guardar y defender el nido se resta del tiempo necesario para desarrollar otras funciones biológicas. El rechazo de huevos parásitos también es costoso al producirse la expulsión de huevos propios por error. En algunas especies, la defensa del nido y el rechazo de huevos están correlacionadas positivamente, pero en otras son respuestas antagónicas debido a la suma de los costes involucrados en cada estrategia. En esta tesis doctoral se estudió (iii) si la presencia de una hembra conespecífica de Gorrión Común cerca del nido de los hospedadores incrementaba la frecuencia de rechazo, o si por el contrario genera una respuesta antagónica. Otra de las defensas frente al parasitismo de cría es cubrir la puesta con material del nido, ocultando información sobre el contenido del nido y la fase del evento reproductor (periodo de puesta o incubación). No obstante, existen otras hipótesis que pueden explicar el cubrimiento de la puesta: termorregulación, evitar la depredación, reducir la asincronía de eclosión, u ocultar información sobre el periodo fértil de las hembras a los machos. En una población de Gorrión Común localizada en Dassen Island (Sudáfrica) con nidos construidos en los árboles y cuyas plumas cubren la puesta frecuentemente, se examinó (iv) el patrón de cubrimiento de huevos para comprobar cuál podría ser la función de este comportamiento según las hipótesis anteriores. Además, se estudió si el transporte de las plumas que forman el nido y cubren la puesta formaba parte del cortejo de los machos, y si este comportamiento podría indicar su calidad e inversión en cuidados parentales. Los resultados mostraron que el patrón de coloración de los huevos estuvo determinado por la identidad de las hembras. Por otro lado, tanto el número, tamaño e intensidad de color de las motas como la intensidad del color de fondo disminuyen con el orden de puesta, lo que indicaría que la deposición de pigmentos puede estar limitada en cada evento reproductor. Las hembras de esta especie que tienen un mayor tamaño de puesta, y no son de edad avanzada (a partir de cuatro años), tuvieron huevos con mayor número de

motas, de mayor intensidad de coloración y de mayor tamaño. Además pusieron una mayor proporción de huevos azulados. Estos resultados sugieren que la deposición de pigmentos en la cáscara de los huevos en el Gorrión Común podría estar relacionada con la condición de las hembras. La densidad de motas es la característica que mostró menor varianza dentro de cada hembra. El rechazo de huevos parásitos en el Gorrión Común no estuvo determinado por las diferencias en el tamaño ni en el color entre los huevos del hospedador y los huevos parásitos, pero sí por el patrón de las motas. La modificación del patrón de motas generó hasta el 38% de rechazo, mientras que el cambio en el color de los huevos tan sólo dio lugar a un 3,8%. Probablemente, la baja iluminación que existe dentro de los nidos de esta especie favorece el uso del contraste del patrón de motas sobre el fondo de los huevos en el proceso de reconocimiento de huevos parásitos. Según este resultado, el parasitismo de cría conespecífico (PCC) podría actuar por tanto, como presión selectiva favoreciendo el mantenimiento de las motas en los huevos de esta especie. Por otro lado, ni la presencia de una hembra conespecífica cerca del nido, ni el nivel de defensa del nido, alteraron la probabilidad de rechazo de huevos parásitos. Por tanto, el Gorrión Común mostró una defensa generalizada del nido con ausencia de estrategias particulares contra el PCC. En esta especie, el cubrimiento de los huevos no parece tener la función de evitar el PCC o la depredación, ni de disminuir la asincronía de eclosión u ocultar información sobre el periodo fértil de las hembras. No obstante, la cantidad de plumas que forman el nido sí parece estar relacionada con su termorregulación interna, ya que esta cantidad aumentó de forma significativa durante el periodo de incubación y con pollos recién eclosionados (fases del evento reproductor con mayor requerimiento térmico). Teniendo en cuenta que las plumas que forman parte de los nidos fueron transportadas por los machos, este transporte podría ser en sí mismo un tipo de cuidado parental que podría indicar la calidad de los mismos. El transporte de plumas al nido podría ser un rasgo seleccionado sexualmente, ya que las hembras incrementan su inversión reproductiva (tamaño de puesta) en respuesta a un mayor transporte de plumas.

# **Interrelaciones entre hospedadores, vectores y parásitos sanguíneos en poblaciones de aves silvestres**

*Autor:* Martínez de la Puente, Josué

*Directores:* Merino Rodríguez, Santiago y Martínez González, Francisco Javier

*Curso:* 2008-2009

Universidad Complutense de Madrid

## **Resumen**

El parasitismo es una de las relaciones simbióticas más importantes presentes en la naturaleza, que comprende la interacción entre parásitos y hospedadores, donde el impacto que generan los primeros sobre los segundos les otorgan una especial relevancia como fuerza selectiva. El estudio de la interacción entre las aves silvestres y algunos de sus parásitos, como es el caso de los insectos hematófagos voladores (vectores) es especialmente importante desde una perspectiva etológica pues engloba una serie de complejos comportamientos de búsqueda activa de sus hospedadores por parte de los insectos con el fin de obtener su alimento. En esta tesis se profundiza en el estudio de este tipo de interacción en condiciones naturales con el fin de solventar cuatro objetivos principales: 1) identificar algunos de los parásitos que infectan a las aves silvestres, para continuar con la 2) identificación de aquellos factores que afectan la interacción entre parásitos y hospedadores, continuando con la 3) identificación de aquellas estrategias y contraestrategias que afectan esta interacción, para finalmente poder determinar los 4) efectos de los parásitos en sus hospedadores. Para resolver estas cuestiones realizamos diferentes aproximaciones correlativas y experimentales en las que utilizamos como principal modelo de estudio una población silvestre de Herrerillo Común que ocupa los nidales artificiales (cajas nido) distribuidos en un robledal inmaduro en la provincia de Segovia. Esta población fue seleccionada para el estudio porque se encuentra afectada por una considerable diversidad de parásitos incluyendo endoparásitos sanguíneos como aquellos del género *Haemoproteus* y diferentes especies de ectoparásitos. Entre estos últimos destaca el estudio de diferentes espe-

cies de insectos que actuarían como importantes vectores de los parásitos sanguíneos, como es el caso de los insectos del género *Culicoides* y los simúlidos. Este estudio se desarrolló durante el periodo reproductor de las aves, en las primaveras de 2004 a 2007, realizando en todo caso un seguimiento sistemático de los individuos adultos y de sus polluelos. De manera general, la metodología seguida incluye el marcaje y medición de los ejemplares así como la toma de muestras sanguíneas. Además, las aves fueron sometidas a diferentes tratamientos que incluían la reducción experimental de la carga de parásitos sanguíneos mediante la administración de una dosis subcurativa del fármaco antimalárico primaquina y la fumigación de los nidales con un insecticida con piretroides como principio activo. Finalmente, se cuantificó la carga de parásitos y ectoparásitos que estas aves soportaban durante en el periodo reproductor. Las principales conclusiones que pudimos obtener de estos estudios fueron que (a) en los estudios taxonómicos de parásitos sanguíneos de aves silvestres es necesario compatibilizar el uso de técnicas moleculares y microscópicas; (b) las sustancias insecticidas en los nidos reduce el consumo de sangre de los vectores aunque no su atracción, lo cual puede beneficiar a las aves hospedadoras al reducir la pérdida de sangre y la probabilidad de infección por parásitos sanguíneos; (c) ciertos factores ambientales, como la temperatura mínima y la velocidad del viento, conjuntamente con algunos factores bióticos, como la intensidad de parasitación, la especie hospedadora y el tamaño de nidada, son variables determinantes de la abundancia de vectores que parasitan a las aves en sus nidos y por tanto, determinantes en el comportamiento de búsqueda de sus hospedadores; (e) la ocurrencia de invasiones múltiples de eritrocitos por parásitos del género *Haemoproteus* en aves silvestres no es un mecanismo adaptativo del parásito para favorecer su éxito de transmisión; (f) la ocurrencia de estas invasiones múltiples se asocia con un mayor nivel de inmunoglobulinas plasmáticas en las hembras pero no en los machos del Herrerillo Común, apuntando a que estas invasiones se deban a la existencia de un mecanismo adaptativo de defensa del hospedador; (g) las invasiones múltiples de eritrocitos deben considerarse mayoritariamente como fruto de altas intensidades de infección y como un mecanismo defensivo mediado por el sistema inmune del hospedador y (h) el sexo, la reducción de la intensidad parasitaria y el incremento a lo largo de la estación reproductora de los niveles de proteínas de estrés determinan la probabilidad interanual de supervivencia en el Herrerillo Común.

Autor: Ángel M. Sánchez



Interior de una caja nido ocupada por un Herrerillo Común *Cyanistes caeruleus* adulto y su pollada. En la parte superior se puede observar el método de captura de insectos vectores empleado en el estudio.

## **Ecología trófica del Gato Cimarrón (*Felis silvestris catus* L., 1758) en las Islas Canarias: implicaciones de conservación**

*Autor:* Medina Hijazo, Félix Manuel

*Director:* Nogales Hidalgo, Manuel

*Curso:* 2008-2009

Universidad de La Laguna

### **Resumen**

La introducción de especies exóticas es la mayor amenaza para la biota y los ecosistemas en islas, por delante incluso de la destrucción y alteración del hábitat, considerado el principal factor de pérdida de biodiversidad a nivel mundial. Una de las especies introducidas que más impacto ha causado en la conservación de la fauna nativa en islas de todo el mundo es el Gato Cimarrón. Son unos depredadores generalistas y oportunistas y se alimentan de una amplia variedad de presas, incluyendo especies insulares endémicas y amenazadas. El archipiélago canario es una de las áreas insulares del mundo donde la dieta de este depredador ha sido estudiada en mayor profundidad. Sin embargo, existen algunos vacíos de información relativos a la ecología trófica en islas oceánicas de ambientes heterogéneos y semiáridos presentes en Canarias, así como sobre la amenaza sobre las poblaciones de invertebrados endémicos. Además, y una vez completados esos vacíos de información sobre la dieta, era necesario realizar una revisión de la ecología trófica del Gato Cimarrón, tanto a nivel de Canarias como a nivel mundial con el fin de comprobar si existían coincidencias en los patrones generales en la dieta de este depredador introducido de las distintas regiones insulares del planeta. Por último, se revisó, nuevamente a nivel regional y global, los impactos que los gatos cimarrones han causado sobre las especies amenazadas en islas. La dieta de los gatos cimarrones está compuesta, principalmente, por mamíferos introducidos, y especies nativas de aves, reptiles e insectos. Los mamíferos introducidos constituyen la mayor fuente de biomasa consumida, seguida en importancia por los reptiles y las aves. El conejo es una presa importante en, prácticamente, todos los hábitats, mientras

las ratas y los ratones son capturados con mayor frecuencia en aquellos hábitats donde son más abundantes. Los reptiles son depredados, en mayor medida, en los hábitats abiertos mientras que las aves juegan un papel relevante en los ambientes forestales. Los grandes invertebrados (básicamente saltamontes y escarabajos) son consumidos en los tres hábitats forestales y en los matorrales xéricos. Así, las máximas diferencias en la dieta se observan entre los hábitats forestales, mostrando una dieta más especializada que en los hábitats abiertos. Este patrón general en la ecología trófica del Gato Cimarrón en Canarias, es similar al encontrado, de forma general en otras áreas insulares del planeta. A lo largo de todos los estudios realizados sobre la dieta del gato cimarrón en Canarias, se han identificado, como presas de este depredador, un total de 68 especies diferentes (5 mamíferos, 16 aves, 15 reptiles y 32 invertebrados). De todas ellas, solamente cuatro, todas endémicas, están consideradas como amenazadas a nivel internacional: un ave, la Tarabilla Canaria y tres especies de lagartos gigantes: el Lagarto Gigante de El Hierro, el Lagarto Canario moteado y el Lagarto Gigante de La Gomera. Otras especies amenazadas a nivel regional son algunas aves como el Petrel de Bulwer, la Pardela Chica, la Terrera Marismaña, el Pinzón Vulgar, el Pinzón Azul de Gran Canaria y la Chova Piquirroja. Los gatos cimarrones se consideran responsables del impacto sobre 167 especies de vertebrados (20 reptiles, 118 aves y 29 mamíferos) en 123 islas diferentes de todo el mundo. De todas estas especies, los gatos han contribuido a la extinción de 32 taxones: 2 reptiles, 21 aves y 9 mamíferos. Aunque se han llevado a cabo algunos esfuerzos para el manejo y control de los gatos cimarrones en Canarias, se considera que es necesario reforzar estas actividades de conservación sobre todo en aquellas áreas de las islas donde están distribuidas las especies más amenazadas del Archipiélago. No obstante se ha de tener en cuenta que el control y/o erradicación de los gatos puede suponer la expansión de las poblaciones de sus presas principales, como las ratas y los conejos, las cuales pueden causar, a su vez, graves problemas de conservación en los frágiles ecosistemas insulares.

## **Ecología de la parasitación de las liebres (*Lepus sp.*) de la Península Ibérica**

*Autor:* Alzaga Gil, Vanesa

*Directores:* Acevedo Lavandera, Pelayo; Vicente Baños, Joaquín y Gortázar Schmidt, Christian

*Curso:* 2009-2010

Universidad de Castilla-La Mancha

### **Resumen**

La presente tesis doctoral realiza una aproximación a las principales causas de muerte de las liebres de la Península Ibérica, para después entrar a describir sus principales parasitaciones. Posteriormente analiza la relación entre la parasitación y diferentes factores dependientes del hospedador y el efecto de la parasitación del hospedador (presa) en el fenómeno de depredación. Los resultados obtenidos en esta tesis confirman el protagonismo de las enfermedades de origen bacteriano en las liebres peninsulares, resultando especialmente relevantes la tularemia en el caso de la liebre Ibérica y la pasterelosis en el caso de la liebre Europea. Por otro lado, las poblaciones de liebre Ibérica de la zona centro-sur peninsular mostraron seroprevalencias frente a *Toxoplasma gondii* bastante elevadas si las comparamos con las descritas para otros hospedadores intermedios del parásito en áreas similares de la Península. No se detectaron macroparásitos exclusivos de ninguna de las tres especies de liebre presentes en la Península Ibérica, aunque encontramos ciertas diferencias significativas a nivel de prevalencias y cargas parasitarias. Los resultados indicaron igualmente una elevada tasa de exposición de las liebres desde edades tempranas a la mayor parte de los parásitos estudiados, así como una relación variable entre la carga parasitaria y la condición física del hospedador. Otros resultados de este estudio indican un gran peso de los factores individuales asociados al hospedador en la determinación de los niveles y componentes de su parasitación. Se muestran diferencias entre el tipo de factores que más influyen en la intensidad de parasitación (principalmente las características del individuo hospedador) y los que más influyen en la presencia o ausencia del parásito en el individuo (principalmente los

factores ambientales del hospedador). Por otro lado, queda evidenciada en este estudio una asociación entre introgresión mitocondrial y parasitación por coccidios del género *Eimeria* en el caso de la liebre Ibérica. Además, la carga parasitaria tanto de *Cysticercus pisiformis* como de coccidios del género *Eimeria*, parecen estar relacionados con una menor capacidad de huída de la liebre Ibérica frente a un depredador tipo bajo condiciones estandarizadas (el perro de raza galgo español, *Canis familiaris*).

## **Ecología trófica de las palomas endémicas de las Islas Canarias**

*Autor:* Marrero Rodríguez, Julia Patricia

*Director:* Nogales Hidalgo, Manuel

*Curso:* 2009-2010

Universidad de La Laguna

### **Resumen**

La presente tesis doctoral comprende el estudio sistemático de la ecología trófica de las palomas Turqué (*Columba bollii*) y Rabiche (*Columba junoniae*), especies endémicas de las Islas Canarias. Estas aves frugívoras habitan en simpatria en los relictos bosques de laurisilva. El estatus de amenaza de estas especies y su conducta evasiva, supone que el manejo de ejemplares y las observaciones de campo resulten muy complicados. Por tanto, en este estudio se aborda el desarrollo de técnicas moleculares usando muestras no invasivas, plumas y excrementos, procedentes de diferentes individuos de cada una de las dos especies. En primer lugar, se analizó la variabilidad inter e intraespecífica de las secuencias de la región control del ADN mitocondrial de las poblaciones de palomas presentes en las áreas de estudio (Los Tiles en la isla de La Palma y el Parque Nacional de Garajonay en la isla de La Gomera). Posteriormente, los excrementos (similares morfológicamente), fueron identificados a nivel de especie usando la técnica molecular de RFLP. Además, y debido a la baja concentración del ADN fecal y la presencia de inhibidores en las muestras, se diseñó un método de extracción del ADN que permitió el incremento

de la tasa de amplificación. Una vez identificadas las muestras fecales, se procedió al análisis microhistológico de sus contenidos. Para ello, fue necesaria la elaboración de una extensa colección de referencia de las epidermis de las hojas, flores, frutos y semillas de las principales especies de plantas presentes en el diverso bosque de laurisilva, que pudieran ser potencialmente consumidas por las palomas. Por último, aplicando esta metodología, se estudia la distribución de las palomas Turqué y Rabiche, la descripción de la dieta y su variación espacio-temporal, la relación entre el consumo y la disponibilidad de frutos y el papel dispersor o depredador de las palomas sobre las semillas. El presente trabajo también incluye una amplia revisión a nivel global sobre el papel de las palomas frugívoras en sistemas insulares. Este estudio de recopilación y análisis de datos reúne, entre otros aspectos biológicos, información sobre la distribución, dieta y dispersión de semillas de las palomas, así como las características de las islas.

## **Biología, ecología, genética y conservación del Topillo Nival (*Chionomys nivalis*) en Peñalara y Sierra Nevada**

*Autor:* Pérez-Aranda Serrano, Diana

*Directores:* Soriguer Escofet, Ramón Casimiro y Suárez Cardona, Francisco Casimiro

*Curso:* 2009-2010

Universidad Complutense de Madrid

### **Resumen**

Esta tesis comprende un estudio multidisciplinar e integrado sobre el Topillo Nival, en el que se cubren tanto aspectos sobre su autoecología y biología básica así como aspectos de índole genético y molecular, con el fin de poder reconstruir la historia natural del Topillo Nival y entender el funcionamiento de la especie en su medio. La tesis está centrada en dos localidades de la Península Ibérica: Peñalara (Sistema Central, Madrid)

y Sierra Nevada (Andalucía). Sierra Nevada constituye la población más suroccidental del área mundial de distribución de la especie haciendo que las poblaciones de neverones de esta localidad sean potencialmente más vulnerables en comparación con los de otras localidades más septentrionales. Dado el interés circunstancial de esta localidad, se evaluó en primer término, el estatus de conservación de las poblaciones de Topillo Nival en Sierra Nevada, en base a un estudio combinado de su distribución y abundancia en el entorno. La biología reproductiva y dinámica poblacional, así como la ecología espacial se estudiaron desde un punto de vista comparativo entre las poblaciones de Peñalara y Sierra Nevada. El estudio del peso de los individuos y la evolución de éste en el tiempo, a lo largo de muestreos periódicos, permitió el análisis de los patrones de crecimiento individual, así como el establecimiento de criterios para la distinción entre las clases de edad en base al peso. Distinguimos así entre jóvenes (no reproductores) y adultos (reproductores), lo que dio paso al estudio de diversos aspectos de su biología reproductiva, como el momento de adquisición de la madurez sexual, la duración de la estación reproductora, las oscilaciones numéricas en la estructura de edad de la población, etc... Información que nos permite reconstruir la estrategia vital de los topillos nivales en las poblaciones de estudio. El estudio de la dinámica poblacional se abordó a partir de los datos procedentes de un diseño de captura-marcaje-recaptura basado en el modelo robusto de Pollock, permitiendo cuantificar, por primera vez para el Topillo Nival, interesantes parámetros demográficos. Entre ellos destaca la tasa de supervivencia específica por edad y por estación, que refleja una mayor supervivencia juvenil (vs. adulta) en cualquier época del año. Esta aportación se convierte en una pieza clave para entender cómo la estrategia demográfica del Topillo Nival (¿estratega de la r entre los roedores?) llega a ser sostenible.

## **Ecología trófica del Alcaudón Real (*Lanius meridionalis*) e implicaciones en la dispersión secundaria de semillas en las Islas Canarias**

*Autor:* Pérez Padilla, David

*Directores:* Nogales Hidalgo, Manuel y Traveset Vilaginé, Anna

*Curso:* 2009-2010

Universidad de La Laguna

### **Resumen**

Los estudios relacionados con la ecología trófica de las especies permiten el conocimiento de muchas de las interacciones que se producen en los ecosistemas, facilitando la detección de especies claves claramente influyentes en el mantenimiento y equilibrio de otras muchas especies. En las Islas Canarias se realizó una evaluación de la dieta de los alcaudones a través del análisis de 1.139 egagrópilas de Alcaudón Real, en los diferentes hábitats donde se puede detectar la especie (matorral costero y matorral de alta montaña). Los datos revelaron un ratio 1:10 de vertebrados e invertebrados. No obstante, la biomasa estuvo claramente dominada por los vertebrados (94%) destacando, como presas principales, los lagartos (70%) y los ratones de campo (21%). La variación estacional de la dieta estuvo muy marcada en el hábitat de alta montaña, mientras que en las zonas costeras se observó una mayor homogeneidad en las distintas estaciones. El patrón de la variación estacional en la zona de alta montaña fue más similar a otras áreas continentales, como la Península Ibérica y el sur de Francia. Se comprobó la importancia de los lagartos en la dieta de dos especies de aves depredadoras que habitan, en numerosas ocasiones, en simpatria, como son el Alcaudón Real y el Cernícalo Vulgar (*Falco tinnunculus*). Más del 50% de la biomasa total fue aportada por los lagartos en la dieta de ambos depredadores. Los alcaudones capturaron tallas de lagartos más pequeños que los cernícalos durante todas las estaciones (media de la longitud hocico-cloaca:  $7,4 \pm 1,9$  vs.  $9,4 \pm 2,1$  cm, respectivamente). En las islas Canarias, tanto alcaudones como cernícalos pueden actuar como dispersores secundarios de semillas al depredar sobre los lagartos

Autor: Gustavo Peña



El Alcaudón Real (*Lanius meridionalis*) actúa como dispersor secundario de semillas al depredar sobre los lagartos frugívoros de Canarias.

frugívoros del género *Gallotia*. Esta interacción produce un proceso de doble endozoocoria, con diversas consecuencias para las semillas. En la presente tesis se estudia en profundidad el efecto tanto del dispersor primario (lagartos) como de sus dos principales depredadores en las islas (Alcaudón Real y Cernícalo Vulgar), sobre las semillas de tres especies de plantas con frutos carnosos (*Lycium intricatum*, *Rubia fruticosa* y *Asparagus nesiotis*). El efecto del tratamiento digestivo de cada uno de los dispersores afectó de manera singular a cada especie de semilla. El tratamiento digestivo de los cernícalos disminuyó de forma considerable el grosor de la testa, la viabilidad y la germinación de las semillas de pequeño y mediano tamaño (*Lycium* y *Rubia*), mientras que los lagartos y los alcaudones no tuvieron consecuencias negativas sobre las mismas. Sin embargo, las semillas de gran dureza y tamaño (*Asparagus*), resistieron en perfecto estado el tratamiento digestivo de esta rapaz diurna. Todo parece indicar que la fuerte acción enzimática de los jugos gástricos de los cernícalos, junto al elevado tiempo de

retención de las semillas en el interior de su tracto digestivo (12-23,5 h), produce una clara disminución en la viabilidad de las semillas de pequeño y mediano tamaño. En un primer momento y con los datos que se tenían hasta la fecha, los resultados indicaban que los alcaudones podían ser considerados como vectores de dispersión de larga distancia más efectivos y frecuentes que los cernícalos. Sin embargo, el comportamiento de depredación detectado en los cernícalos sobre los lagartos, modifica el concepto que se tenía de esta especie como un dispersor secundario de semillas poco eficiente. Los resultados obtenidos en el trabajo de campo, así como los derivados de las pruebas en cautividad, permitieron detectar un nuevo proceso de dispersión secundaria de semillas producido por los cernícalos, en el que sólo se incluye un único evento de endozoocoria. Una vez los cernícalos capturan a los lagartos y los trasladan a los posaderos, realizan su técnica particular de manipulación de la presa, consistente en desechar las cabezas y los tubos digestivos (con numerosas semillas en su interior), consumiendo el resto de la presa. De este modo, las semillas quedan exentas del fuerte tratamiento digestivo de los cernícalos y, por tanto, éstos actúan como dispersores legítimos de las semillas.

# **Biología y ecología del Dragón de mar común *Phyllopterus taeniolatus* (Pisces: Syngnathidae) y su implicación en la conservación de la especie**

*Autor:* Sánchez Cámara Greño, Jaime

*Directores:* Turón Barrera, Francisco Xavier; Booth, David John y De Sostoa Fernández, Adolfo

*Curso:* 2009-2010

Universidad de Barcelona

## **Resumen**

Esta tesis está centrada en el estudio del Dragón de mar común, una especie de la familia Syngnathidae (Pisces) endémica del sur de Australia y posiblemente vulnerable. *Phyllopterus taeniolatus* se distribuye desde la región de Sidney en la costa Este de Australia hasta la región de Perth en la costa Oeste y hasta el punto más al Sur de Tasmania. La supervivencia de las poblaciones de esta especie emblemática podría verse amenazada por la destrucción de los bosques de kelp y por las capturas ilegales para acuarios. A pesar de esta preocupación y de ser una especie protegida, al comienzo de este estudio las publicaciones científicas sobre los dragones de mar eran prácticamente inexistentes por lo que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) consideraba a *P. taeniolatus* "Data Deficient", lo que significaba que no existía suficiente información para valorar su peligro de extinción. Marcamos con éxito 3 poblaciones de dragones cercanas a Sidney (34 S, Nueva Gales del Sur) y 2 poblaciones cercanas a Hobart (43 S, Tasmania) utilizando VIFE (Visual Implant Fluorescent Elastomer®, Northwest Marine Technologies, Inc. Shaw Island, WA, USA) lo que ha permitido el seguimiento a largo plazo de individuos. Los dragones de mar estudiados mostraron alta fidelidad al sitio con rangos de vecindad limitados, permaneciendo en el mismo bosque de kelp durante todo el año, a pesar de que algunos adultos, especialmente machos preñados, se desplazaron para eclosionar las crías en zonas menos profundas y más protegidas del oleaje. Cerca de Sidney el periodo reproductivo dura

más de 6 meses, con machos preñados presentes desde Junio-Julio hasta principios de Enero con un pico al final de este periodo, justo antes de la llegada del verano. Las densidades estimadas de las poblaciones, entre 10 y 65 individuos por hectárea son bajas comparadas con las observadas en otros signátidos. La razón de sexos observada fue cercana a 1:1. Los individuos prefieren el límite entre el bosque de kelp y la arena salvo para alimentarse, cuando se desplazaban a la arena, o para esconderse, cuando se desplazaban al kelp. Los dragones se encuentran mayoritariamente solos pero también en parejas y grupos. La constante  $k$  de la curva de crecimiento de Von Bertalanffy se estimó en 1,57 año<sup>-1</sup> cerca de Sidney (34 S). La  $k$  de curva de crecimiento para los dragones cerca de Hobart (43 S) se estimó en 0,91 año<sup>-1</sup> suponiendo un crecimiento significativamente menor que el de sus vecinos del norte. Los dragones de más al sur, de aguas más frías, también nacen 3 meses más tarde que los de aguas más cálidas y tienen una menor longitud estándar. Sin embargo, los individuos más al sur (43 S) tienen tasas de supervivencia anuales mayores (0,713 y 0,770) comparado con los del norte (34 S) (0,616, 0,650 y 0,642). La esperanza de vida también es mayor en aguas más frías (> 8 años) comparado con los de aguas más cálidas (aprox. 6 años). Observamos una disminución significativa en el número de individuos en varias de las zonas de muestreo. Bajas densidades de población, baja fecundidad, rangos de vecindad limitados a un hábitat amenazado, la ausencia de una fase de huevo libre que facilite la dispersión, dispersión limitada de los juveniles y escasa migración de los adultos hacen a esta especie especialmente vulnerable. Una ayuda parcial a la especie la podría constituir el establecimiento de áreas marinas protegidas de las cuales los dragones de mar podrían beneficiarse especialmente por sus características sedentarias.

# **El Ciervo Ibérico (*Cervus elaphus hispanicus*) en ecosistemas mediterráneos: ecología y gestión cinegética**

*Autor:* Torres Porras, Jerónimo

*Director:* Carranza Almansa, Juan

*Curso:* 2009-2010

Universidad de Córdoba

## **Resumen**

El Ciervo Ibérico (*Cervus elaphus hispanicus*) se distribuye por la península Ibérica, una zona de la cuenca mediterránea que posee una gran biodiversidad. Esta especie constituye una importante fuente de ingresos debido a la caza, lo que provoca que muchas áreas en este tipo de ecosistemas estén orientadas a su gestión. Hemos realizado un estudio durante los años 2004-2007 en Sierra Morena occidental, en la provincia de Córdoba (España), en una zona de 84.200 hectáreas formada por 68 fincas de caza tanto abiertas como cercadas con malla cinegética. El clima es típico mediterráneo y la vegetación está formada por bosques autóctonos de quercíneas intercalados con pinares de repoblación. Nuestros resultados muestran el ramoneo que sufren las plantas arbustivas a lo largo del año, y cómo éste se incrementa durante los meses estivales, centrándose en el tipo de plantas más escasas: las rebrotadoras, frente a las semilleras, aunque la contribución a la dieta de estas últimas es muy elevada debido a su abundancia. Las zonas de pinares están influyendo de forma negativa en los recursos alimenticios para el ciervo, y así lo constatan nuestros resultados que además muestran un menor número de capturas de ciervos en las fincas abiertas que poseen mayores porcentajes de superficie cubierta por pinares. Nuestros datos ponen de manifiesto que en años secos, en los que la disponibilidad de hierba se reduce, se produce una merma del tamaño corporal en los machos; también se produce una merma en el tamaño de las cuernas, mayor en las fincas cercadas que poseen densidades elevadas; en las hembras se produce una disminución del peso, del perímetro torácico, de la longitud corporal respecto a la edad y un retraso de la época de concepciones, mientras que en las crías se incrementa la

mortalidad previa al destete. En las poblaciones influye la diferencia de gestión entre fincas abiertas y cercadas; en las abiertas se cazan menos hembras, por lo que la proporción de sexos está muy sesgada hacia estas últimas; además, la edad media de los machos y su desarrollo corporal son inferiores, mientras que en las hembras, la única diferencia es un retraso del celo. En algunas fincas cercadas se realizan monterías de machos selectivos en las que los ejemplares abatidos poseen un menor desarrollo de cuerpo y cuernas que los de las monterías comerciales normales, siendo la mayoría individuos jóvenes; sin embargo, esta selección no es uniforme y su precisión varía según las características de los animales y la clase de edad. Otra actividad de gestión es el aporte de alimentación suplementaria que realizan la totalidad de las fincas estudiadas que gestionan poblaciones de ciervos. Esta práctica en las fincas abiertas produce un incremento en la utilización por los ciervos de esas zonas y un aumento del impacto sobre la vegetación frente a fincas colindantes que no aportan y no gestionan poblaciones de ciervos. En las cercadas, en cambio, el impacto sobre la vegetación de la finca se reduce cuando se aporta más cantidad de alimento. Las poblaciones de ciervo están influidas por una gran variedad de factores, tanto naturales como de origen antropogénico, que también repercuten en el ecosistema. Los resultados de este estudio muestran estas relaciones y aportan conocimientos aplicados a la gestión del ciervo ibérico y a la conservación de los ecosistemas mediterráneos.

# **Ecología y biología de conservación de la Alondra de Dupont (*Chersophilus duponti*) en paisajes fragmentados**

*Autor:* Vögeli, Matthias

*Directores:* Tella Escobedo, José Luis y Serrano Larraz, David

*Curso:* 2009-2010

Universidad de Sevilla

## **Resumen**

Los dos objetivos generales de esta tesis son (1) aportar conocimientos básicos de la ecología de la Alondra de Dupont, e (2) identificar los efectos desencadenados por la pérdida y fragmentación de las estepas naturales sobre la distribución actual y diferentes aspectos de la ecología de la especie, incluyendo el riesgo de extinción de poblaciones locales. Para ello se utilizan enfoques diferentes a distintas escalas, centrándonos en los individuos y poblaciones de la Alondra de Dupont por un lado, y en la distribución y la configuración paisajística de las distintas poblaciones por el otro lado. Con esta base se han abordado la distribución y estado de conservación actual, los patrones de morfología, la demografía y el estado de salud de la Alondra de Dupont. Entender la hasta ahora prácticamente desconocida ecología básica de la Alondra de Dupont y cómo afecta la reducción y fragmentación del hábitat a la dinámica de sus poblaciones es un requisito fundamental para la elaboración de planes de conservación, el manejo y la recuperación de esta especie. Esta memoria incluye algunos de los avances recientes en estudios tanto sobre el impacto de la fragmentación del hábitat en una especie animal pronunciadamente especialista y amenazada, como sobre aspectos básicos de su ecología. Las Alondras de Dupont examinadas mostraron un claro dimorfismo sexual; los machos fueron más pesados y grandes que las hembras en casi todos los parámetros analizados. Las funciones discriminantes obtenidas usando variables morfométricas de individuos sexados con técnicas moleculares proporcionaron una herramienta precisa, económica y rápida para determinar el sexo en mano. Con la Alondra de Dupont como especie modelo se demuestra que las variaciones morfológicas intra-específicas pueden

tener su origen en varios factores geográficos y ambientales que actúan simultáneamente a diferentes escalas espaciales. La variación del tamaño corporal de esta especie sedentaria y con una capacidad limitada de dispersión señaló a escala espacial grande una relación positiva con la aridez, mientras que la longitud del pico varió entre hábitats y la longitud del ala disminuyó con el tamaño del parche a escala espacial pequeña. Se argumenta que la variación en la longitud del ala puede explicarse en un contexto de fuerte fragmentación del hábitat si los individuos más grandes son más propicios a dispersarse o sobreviven mejor los eventos de dispersión. Se estima que la población española actual de la Alondra de Dupont cuenta con unas 1.300 parejas reproductoras, una cifra que contrasta drásticamente con la estima de unas 3.000 parejas de la misma población en la década de los 80 del siglo pasado. La discrepancia entre las estimas anteriores y la presente se debe en parte, pero no totalmente, a la sobreestimación anterior. La pérdida de hábitat por roturaciones, la probable pérdida de calidad del hábitat, y la consecuente extinción estocástica de poblaciones pequeñas y aisladas han contribuido al declive de la especie. Se recomienda que la Alondra de Dupont se clasifique en la Lista Roja de la UICN como en peligro, tanto a nivel mundial como a nivel nacional de España. En la metapoblación del Valle del Ebro, la presencia de la especie a escala paisajística estuvo determinada principalmente por la interacción entre el tamaño del parche, el aislamiento geográfico y la matriz del paisaje. La densidad de la especie estuvo negativamente correlacionada con el tamaño de los parches, mientras que los eventos de extinción estuvieron exclusivamente relacionados con el aislamiento. Las medidas de conservación deben incluir simultáneamente los tres grupos de variables a escala paisajística y deben aplicarse a toda la metapoblación en lugar de parches particulares exclusivamente. No hubo ninguna relación entre las tasas de depredación de nidos obtenidas mediante un experimento de nidos artificiales y el tamaño del parche o un efecto borde. La depredación de nidos, sin embargo, estuvo negativamente correlacionada con las tasas de crecimiento demográfico de las poblaciones pequeñas, mientras que la viabilidad de las poblaciones grandes no se vio afectada ni siquiera por tasas elevadas de depredación. Teniendo en cuenta que las poblaciones europeas de Alondra de Dupont son en su mayoría pequeñas y muy aisladas, la depredación de nidos puede comprometer aún más su persistencia en un contexto metapoblacional. Se demuestra que los reclamos territoriales de una muestra de machos anillados de Alondra de Dupont

son individualmente distintivos y constantes en el tiempo y que sirven como consecuencia para su marcaje acústico. Los datos del marcaje acústico y del marcaje físico de la Alondra de Dupont proporcionaron los mismos resultados en cuanto a fidelidad al sitio y movimientos de dispersión, pero difirieron en las tasas de relocalización. El marcaje acústico resultó menos trabajoso en términos de tiempo que los métodos de captura-recaptura en el campo, pero no sirve para el seguimiento de hembras ni jóvenes del mismo año en el periodo de desarrollo vocal. Las tasas de supervivencia de la Alondra de Dupont obtenidas por el marcaje físico fueron más bajas que aquellas obtenidas por el marcaje acústico, siendo la diferencia entre el período post-reproductor y el período reproductor la más pronunciada. La combinación de los dos métodos de marcaje sugiere la existencia de distintos subgrupos de individuos muestreados de forma diferencial dentro de la población. Mientras que las aves marcadas con anillas de colores parecían representar la fracción territorial de la población, probablemente tanto los individuos residentes como los flotantes fueron detectados por el marcaje acústico. La diversidad de canto de los machos de la Alondra de Dupont y la tasa de crecimiento anual, la productividad y el tamaño de la población esta positivamente correlacionado, dando lugar a aves con repertorios más pobres en poblaciones más propensas a la extinción. Por primera vez se demuestra que la viabilidad de poblaciones puede ser predicha con un rasgo cultural que es adquirido a través del aprendizaje social. Los atributos de la comunidad de parásitos de la Alondra de Dupont no estuvieron relacionados con los cambios en la densidad de huéspedes, a su vez impulsados por la fragmentación del hábitat. No se encontraron efectos adversos en relación con el aislamiento geográfico y funcional de las poblaciones. Sin embargo, la prevalencia, la riqueza y la diversidad de parásitos aumentaron de manera constante con el tamaño de la población del huésped, de forma semejante a un sistema huésped-parásito propio de ambientes insulares.



# **Estudio del Jaguar (*Panthera onca*) en cautividad en dos centros zoológicos de Lima (Perú). Efectos de las características de las instalaciones, la franja horaria y la afluencia de público en su comportamiento**

*Autora:* Villafañe López, Yolanda

*Director:* de Miguel, Javier

*Curso:* 2007-2008

Universidad Complutense de Madrid

## **Resumen**

El presente estudio se llevó a cabo para averiguar si la homogeneidad del espacio, un cambio en la disponibilidad de sombra en el recinto, la franja horaria y la afluencia de público tienen un efecto sobre los patrones de comportamiento de jaguares en cautividad. El trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Lima (Perú) entre mayo de 2005 y agosto de 2007, con diez individuos distribuidos en dos centros zoológicos de la capital. Se utilizaron muestreos de barrido y registros instantáneos con intervalos de cinco minutos. Se totalizaron más de 1500 horas de observación directa. Las conductas observadas se agruparon en cuatro categorías generales: actividad, descanso, estereotipias y no visible (cueva). Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en el tiempo dedicado a cada categoría de conducta en cada uno de los centros. Los jaguares dedican mayor tiempo al descanso donde las instalaciones presentan mayor heterogeneidad ambiental, mientras que el tiempo dedicado a la realización de estereotipias es menor. Por otra parte, tras la poda de los árboles que proporcionan sombra en uno de los recintos se produce una disminución significativa de la actividad y el descanso en el exterior mientras que aumentan las estereotipias y la presencia de los animales en el interior de la cueva (no visible). También se observa un efecto de la franja horaria sobre el comportamiento de los animales muestreados. Durante el amanecer/anochecer (entre las 05:00 y las 08:00 horas y entre las 17:00 y las 20:00 horas) la actividad es mayor mientras que el descanso se realiza preferen-

temente durante el periodo nocturno (entre las 20:00 y las 05:00 horas). Durante las horas diurnas (entre las 08:00 y las 17:00 horas) el uso de la cueva es significativamente más frecuente respecto a los demás periodos. Estos resultados coinciden con los obtenidos para jaguares en su hábitat natural (Schaller y Crawshaw, 1980; Mondolfi y Hoogesteijn, 1986; Miller y Rabinowitz, 2002; Núñez et al., 2002). Por último, los resultados también muestran un efecto de la afluencia de público sobre el comportamiento de los jaguares. En los momentos de mayor afluencia de público en los alrededores de las instalaciones, el tiempo dedicado al descanso es significativamente inferior. Este estudio pone de manifiesto la relación entre la heterogeneidad del ambiente y la elección libre del espacio, y la importancia de la presencia de sombra en las instalaciones zoológicas, así como el efecto de la franja horaria y la afluencia de público, lo que deja patente la necesidad de establecer unas condiciones ambientales mínimas en las instalaciones de jaguares, para mejorar el bienestar de los animales en cautividad permitiendo un desarrollo óptimo de las pautas conductuales de estos animales.

Autor: Yolanda Villafañe



Recinto de exhibición de jaguares.



## **Sociedad Española de Etología**

Museu de Ciències Naturals (Zoologia),  
Pº Picasso s/n., Parc Ciutadella, 08003 Barcelona  
Tif. 933196912, Fax: 933104999  
E-mail: [larroyo@bcn.cat](mailto:larroyo@bcn.cat)  
<http://www.etologia.org>

### **Acta de la Asamblea General Ordinaria y Extraordinaria de la Sociedad Española de Etología, Valencia 2008**

Siendo las 18:00 del 19 de septiembre de 2008, se reúnen en la Facultad de Farmacia de Valencia, sede del XII Congreso Nacional y IX Iberoamericano, en Asamblea General Ordinaria y Extraordinaria de la Sociedad Española de Etología, presididos por Juan Carranza, en presencia del Vicepresidente Juan Moreno y del Secretario Juan Carlos Senar, un total de 16 socios con el consiguiente orden del día:

1. Aprobación, si procede, del Acta de la Asamblea General Ordinaria y Extraordinaria anterior
2. Informe del Presidente
3. Informe del Secretario
4. Informe del Tesorero
5. Recuento de votos y nombramiento del cargo de Presidente y Vicepresidente, siguiendo la normativa de los Estatutos, y ratificación de los cargos de Secretario y Tesorero
6. Candidaturas y elección de Sede para el próximo Congreso de la SEE para el año 2010
7. Actualización de cuotas
8. Ruegos y preguntas

#### **1) Aprobación del Acta de la Asamblea General Ordinaria y Extraordinaria anterior**

El Secretario presenta y lee el acta anterior para su aprobación; ésta es aprobada por unanimidad.

## 2) Informe del Presidente

Juan Carranza comenta que ha sido un éxito la asociación con la Sociedad Portuguesa de Etología para publicar la revista *Acta Ethologica* la cual edita dos volúmenes anuales según estaba previsto y ha alcanzado un Índice de impacto del 0.67.

Juan Carranza propone realizar un Máster de Etología interuniversitario, esta idea la empezó a proponer el año pasado pero no pudo realizarse. Ahora reemprende este proyecto conjuntamente con 3 o 4 universidades y también con la colaboración del CSIC. Este año las gestiones con los colaboradores está bastante avanzada, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, dispone de un presupuesto de unos 50.000 € para este proyecto y además se cuenta con la colaboración de Luis Arias de Reyna para la gestión de este proyecto, que se promueve en nombre de la SEE. En este momento existe ya compromiso por ambas partes.

Juan Carranza tiene previsto realizar una nueva edición del libro *Etología*. Esta edición incluirá una revisión y la consiguiente actualización de los temas.

Juan Carranza informa que se han realizado tres documentales con Alberto Redondo Villa, que el día anterior fueron presentados durante el Congreso a todos los asistentes al Congreso. Estos videos recibieron muchos elogios por parte de los asistentes por su alta calidad y buena documentación.

Está prevista la producción de otros capítulos hasta tener un total de 12, se está buscando financiación para este proyecto que nunca será a cargo de la SEE. Se está negociando con Digital Plus y TVE la difusión de estos videos.

Juan Moreno, que ha coordinado la publicación de artículos científicos de carácter divulgativo en la revista *Quercus* a cambio de que aparezca en dicha revista publicidad de la SEE, informa de la decisión de cesar esta actividad, pues la finalidad de captar nuevos socios ha tocado techo. Se tiene la intención de editar un libro que incluya los 40 artículos que han sido publicados en esta revista. Para ello se hablará con los autores para darles la oportunidad de hacer una revisión y para que manden fotos para ilustrar sus artículos. Posteriormente se buscará financiación para su edición.

Se prevé enviar este libro de forma gratuita a todos los socios.

Juan Carranza informa que se está negociando con la Dirección General de Medio Natural de Andalucía, coordinar con la SEE algún proyecto de cambio climático y comportamiento animal. La idea ha sido bien acogida por su parte, se seguirá con esta línea de conversaciones.

Juan Carranza propone mejorar la página web de la SEE en cuanto sea posible, para lo que se debería buscar una persona encargada de su actualización y mejora.

El próximo año es el 25 aniversario de la SEE. Carranza propone hacer algún acto conmemorativo y pide a los asistentes que aporten alguna idea sobre este tema. El libro de los artículos publicados en *Quercus* estaría bien tenerlo terminado para el próximo año y poderlo regalar a los socios.

El socio Macías opina sobre la buena calidad de los videos y se ofrece para realizar alguna gestión con personas conocidas que trabajan en este campo.

Ante la posibilidad de realizar un Congreso de la SEE en América se comenta el problema que supone el desplazamiento desde España, sobre todo por parte de los socios estudiantes y también supondría no realizar ningún Congreso en España durante 4 años.

La dinámica actual de celebrar Congresos bianuales ha costado mucho esfuerzo durante muchos años. En este momento ya está instaurado que cada dos años se realice un Congreso en algún lugar de España y alterar esta dinámica supone el riesgo de perder todo el esfuerzo conseguido hasta ahora. Sin embargo se considerará la posibilidad de realizar cursos o jornadas en los países Iberoamericanos, colaborando de alguna forma con la SEE.

### **3) Informe del Secretario**

Juan Carlos Senar comenta que hay personas que de forma reiterada se dan de alta en la Sociedad simplemente para beneficiarse del descuento del Congreso, no pagan nunca sus cuotas y en consecuencia se les da de baja según los Estatutos. El año que se realiza otro Congreso se vuelven a dar de alta y así sucesivamente. Esto genera gastos de gestión bancarios y un incremento importante del trabajo administrativo. Por este motivo se decide en Asamblea que los socios que deseen acceder a las becas y descuentos de la Sociedad deben tener una antigüedad mínima de dos años o pagar dos años al hacer la inscripción, con el fin de evitar que las altas a la Sociedad se conviertan en un merito trámite para conseguir un beneficio económico.

Designado por Juan Carlos Senar en representación de la SEE, Juli Broggi asistió a la reunión de las European Societies for Behavioural Biology, celebrado en Dijon. Broggi, a petición de Senar, comenta que en este evento se debatió principalmente sobre el trato que se debe dar a los animales utilizados en la investigación.

## Nuestra sociedad

---

También se debatió sobre la posibilidad de unificar los diversos Congresos Europeos que existen con el fin evitar la coincidencia de fechas.

Se comenta la necesidad de renovar y ampliar la página web así como colgar de la red la revista *Etologuía*.

La revista *Acta Ethologica* que tiene subscripción electrónica necesita forzosamente de la disponibilidad por parte de la Sede de los Correos electrónicos de todos los socios. Se pide insistentemente por tanto que los socios envíen sus correos a la Sede y recuerden la importancia de mantenerlos actualizados.

J. C. Senar informa sobre la composición actual de la Sociedad en comparación con el año 2006 que se realizó el anterior Congreso. Se resalta el aumento continuado de socios numerarios que actualmente asciende al 78% del total de socios frente al 67% en el año 2006.

	<b>2006</b>	<b>Importe</b>	<b>2008</b>	<b>Importe</b>
Socios	391	15.320 €	356	14.590 €
Numerarios	261	11.745 €	278	12.510 €
Estudiantes	125	3.125 €	76	1.900 €
Instituciones	5	450 €	2	180 €

- El valor de las cuotas en el caso de cobrarse en su totalidad es de 14.590 €
- Los socios deudores de 2008 son 26 socios cuya deuda asciende a 1.070 €.
- Los socios morosos de 2007 son 28 cuya deuda es de 1.000 €.

J. C. Senar lee el listado de socios a ratificar:

- 1071 Vasquez Salfate, Rodrigo
- 1072 Parejo Mora, Deseada
- 1073 Macias García, Constantino
- 1074 Amo de Paz, Luisa
- 1075 Pérez Mellado, Valentín
- 1076 Roqueta i Vila, Eva
- 1077 Ruiz Rodríguez, Ramón
- 1078 Álvarez Bueno, Rosana
- 1080 Góme Tubio, Ana M<sup>a</sup>
- 1081 Yuste Sainz, Oscar
- 1082 Peña Castro, Carlos
- 1083 Martín Somoza, José Antonio
- 1084 Parejo García, Jaime
- 1085 Corcobado Márquez, M<sup>a</sup> Guadalupe
- 1086 Calama Mateos, Leticia
- 1087 Martínez de la Puente, Josue
- 1088 Mac Goowran, Brian
- 1089 Olguin Hernández, César Augusto
- 1090 Serrano Gracia, Vicente
- 1091 Sancho Navarro, Marta
- 1092 Villafañe López, Yolanda
- 1094 Mateos González, Fernando
- 1095 Redondo Villa, Alberto José
- 1096 Guerrero Valero, Juan Bautista
- 1098 Ceacero Herrador, Francisco
- 1099 Piñeiro Moya, Ana

J. C. Senar informa que la Sociedad ha colaborado en la realización de las siguientes actividades:

- **Tercera Edición del Curso sobre Metodologías Básicas en Ecología Evolutiva y Funcional**, Almería

Este Curso de Postgrado tendrá lugar en el Centro Náutico Pesquero de Almería (carretera de Málaga, 44), del 20 al 24 de Octubre de 2008.

- **Tercer Curso sobre Bienestar Animal: experimentación, producción, compañía y zoológicos**, en Córdoba, del 14 al 18 de Julio de 2009.

Senar informa que la nueva revista *Acta Ethologica* ha alcanzado el Índice de Impacto 0.67, y se publican de forma continuada los 2 volúmenes previstos cada año.

Respecto a la revista *Etología* J. C. Senar y Paco Valera, el nuevo editor, han hecho un verdadero esfuerzo para que esta revista pueda continuar. En este momento la revista está ya maquetada. J. C. Senar ha contactado con la persona que realiza la maquetación de las publicaciones del Museu y se están realizando los últimos retoques.

#### **4) Informe del Tesorero**

El Secretario excusa a la tesorera Esther del Val de no poder asistir a la Asamblea debido a que está acabando la preparación de la Tesis. Por este motivo el Secretario J. C. Senar presenta el informe económico del último ejercicio.

J. C. Senar presenta el Balance 2006-2007 y el presupuesto de 2008. Estos quedan aprobados por unanimidad. Todos estos documentos así como los listados de los ejercicios de contabilidad quedan a disposición de los socios.

#### **5) Recuento de votos a Presidente y Vicepresidente**

De los votos recibidos en la Sede se contabilizan: 17 votos afirmativos para Juan Carranza como Presidente de la SEE y 17 votos afirmativos para Juan Moreno como Vicepresidente.

Miguel Molina obtiene 14 votos a favor y 3 abstenciones como vocal.

La Asamblea ratifica estos cargos, a Juan Carlos Senar como Secretario y a Fernando Mateos como nuevo Tesorero.

#### **6) Candidaturas y elección de Sede para el próximo Congreso de la SEE para el año 2010**

El IREC ha sido propuesto para organizar el próximo Congreso. Después de comunicarlo a Javier Viñuela y a Jorge Cassinello, éstos han accedido. Posteriormente se ha votado y aprobado en la Asamblea por unanimidad su candidatura.

#### **7) Actualización de cuotas**

J. C. Senar, explica que los gastos de funcionamiento de la Sociedad ascienden a 18.042 € que distribuidos entre los 356 socios actuales resulta un gasto medio de 50 € por socio.

Teniendo en cuenta que actualmente los 76 socios estudiantes obtienen una cuota reducida de 25 € éstos suponen un déficit anual de 1.900 €. Los 276 socios numerarios con una cuota de 45 € suponen un déficit de 1.380 €. Este déficit ha sido soportado hasta ahora en parte por los socios numerarios y por la Sociedad. Para poder equilibrar gastos e ingresos el aumento de cuotas habría de ser de 9 € por socio de forma igualitaria.

Si continuamos con las subvenciones del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona y de la Universidad de Extremadura, el déficit se reduce a 2.222 €, que significaría un aumento necesario de 6 € por socio.

Después de exponer esta situación económica y retomando la intención de la Asamblea de 2004 de actualización anual de las cuotas, se barajan diferentes formas de repartir este déficit. Finalmente se decide por unanimidad aumentar las cuotas de los socios numerarios a 48 € y mantener el precio actual de 25 € para los socios estudiantes. Se reconsiderará en el próximo Congreso la situación de la SEE y se decidirá si es o no necesario una nueva actualización de las cuotas.

Se comenta por parte de un socio que para reducir el déficit de la Sociedad quizá sería necesario incrementar el número de socios. Se le responde que siempre que los costos de los socios sobrepasen el importe de las cuotas, el aumento de socios no hace sino aumentar el déficit.

Sin más temas a tratar, se levanta la sesión a las 19:45 horas, de lo cual como Secretario doy fe.

Juan Moreno comenta que el tema de cambio de nombre que se había discutido en las últimas Asambleas, queda de momento desestimado porque no se tiene claro que fuera del todo beneficioso un cambio de definición.

Juan Carlos Senar  
Secretario

V.B. Juan Carranza  
Presidente

V.B. Juan Moreno  
Vicepresidente



**Se celebró:  
XII Congreso Nacional y IX Iberoamericano de Etología**

Con el paso del tiempo es sencillo valorar la calidad de un congreso por el poso dejado en el recuerdo. En este sentido, sin lugar a dudas, el XII Congreso Nacional y IX Iberoamericano de Etología celebrado en Valencia entre los días 16 y 19 de Septiembre de 2008 fue plenamente satisfactorio. De su correcta organización se encargaron el Instituto “Cavanilles” de Biodiversidad y Biología Evolutiva (Universidad de Valencia) y, en particular, la presidencia del congreso, personada en Emilio Barba, asistido por el resto de miembros de los comités organizador y científico y ético.

No cabe duda de la calidad de dicha edición cuando se detallan algunas de las cifras de participación, 160 investigadores procedentes de un total de 15 países de Europa y América, y el interés de las ponencias presentadas por la mayoría de ellos. En este sentido, habría que destacar las cuatro conferencias plenarias de una hora de duración ofrecidas por los investigadores John Alcock, Gil Rosenthal, Glauco Machado y Santiago Merino. El primero de ellos, en su conferencia inaugural realizó una argumentada defensa de la “Ecología del Comportamiento” como herramienta fundamental para entender las implicaciones evolutivas de un comportamiento. Por su parte, Gil Rosenthal nos aproximó al conocimiento del papel de la comunicación química como factor clave en la hibridación reciente de especies y el papel de la selección sexual en la evolución de los rasgos sexualmente dimórficos de peces poecílidos. Los opiliones, hasta ese momento un grupo repleto de incógnitas para la mayoría de los asistentes, fueron los protagonistas de la conferencia de Glauco Machado. En ella pudimos descubrir la excelencia de estos pequeños animales como modelos de estudio de la evolución del cuidado paterno. Por último, Santiago Merino arrojó luz sobre la evolución de la interacción parásito-



**Figura 1.** Elena Arriero y Rodrigo Vásquez moderaron la sesión de comunicaciones orales sobre depredación.

hospedador y los factores implicados en la evolución de la virulencia, refutando la “hipótesis de la benignidad del parasitismo” o el por qué no siempre existe una tendencia hacia la pérdida de virulencia en los parásitos. Pero, por si esto fuera poco, los asistentes pudimos disfrutar además de un total de siete comunicaciones invitadas de 30 minutos de duración en la que diferentes investigadores nos aproximaron al estudio del comportamiento desde múltiples perspectivas. Así, Inma Estévez nos presentó resultados sobre sus estudios del comportamiento animal en el ámbito de la producción animal, un campo ajeno para la mayoría de los ecólogos que poblaban la sala. Por su parte, Javier Pérez-Barbería disertó sobre las hipótesis propuestas para explicar la segregación espacial entre sexos de ungulados. Además, François Mougeot nos habló de la importancia de un comportamiento, la agresividad de los machos, como factor clave afectando la dinámica poblacional del lagópodo escocés. Manuel Martín-Vivaldi nos aproximó al estudio de la interacción entre aves silvestres y bacterias y el papel que juegan en esta interacción las secreciones de la glándula uropigial, un área de investigación que está suscitando enorme interés en los últimos tiempos. Por su parte, Dominique Fresnau disertó sobre la aplicabilidad de la tecnología “Radio Frequency Identification Device”



Autor: Josué Martínez.

**Figura 2.** Grupo de asistentes al congreso durante la visita guiada a la ciudad de Valencia.

(RFID) para el estudio de los desplazamientos de pequeños animales sociales como el ratón campestre y la cucaracha americana. Además, Miguel Ángel Rodríguez-Gironés nos habló de la evolución de la interacción entre plantas, insectos polinizadores y los depredadores de estos polinizadores. Por último, Javier Diego-Rasilla trató sobre las diferentes estrategias de orientación en tritones y de la utilización de brújulas magnéticas, brújulas celestes y mapas geomagnéticos en relación al lugar de destino. En conjunto, llegados a este punto, cualquiera puede darse cuenta del carácter multidisciplinar de este congreso, abordando el estudio del comportamiento desde diferentes perspectivas, presentándose en todo caso interesantes resultados fruto del estudio de tan diversos grupos animales.

Y si bien todas estas conferencias plenarias e invitadas fueron de gran interés, no lo fueron menos las más de 50 comunicaciones orales libres y 80 en panel que presentaron la inmensa mayoría de los asistentes. Sin lugar a duda, un valor añadido a esta edición del congreso. En este sentido, las comunicaciones orales se distribuyeron en un total de 12 sesiones englobadas bajo las temáticas de inmunocompetencia, calidad individual y movimientos dispersivos y migratorios, reproducción, selección sexual, ornamentación y señalización química, señalización cromática, inversión

parental, crecimiento y desarrollo, relaciones sociales, depredación, parasitismo y alimentación (Figura 1). En ellas, los investigadores presentaron interesantes resultados sobre las más candentes incógnitas en el estudio de la ecología del comportamiento, ese “behavioral ecology” del que John Alcock nos había hablado al inicio del congreso. Hay que destacar, además, el ambiente cordial que caracterizó a esta edición del congreso favoreciendo el intercambio de ideas entre los asistentes, no sólo en los turnos de preguntas tras cada comunicación o en las sesiones de pósters, sino también durante las pausas entre sesiones, actividades culturales paralelas al congreso (Figura 2) y, en último término, en la multitudinaria asistencia a la cena de gala a la que amablemente fuimos invitados por la organización.

Por supuesto, aunque algo dilatada, ésta sólo pretende ser la reseña de una magnífica edición del Congreso de la Sociedad Española de Etología, de la que por mucho que uno lo intente evitar, siempre se quedará parco en palabras ante el interés de tantos temas abordados. Por ello, considero especialmente recomendable refrescar la memoria con la lectura del libro de ponencias y comunicaciones del congreso editado por Emilio Barba y colaboradores (2008) donde se puede ampliar la información sobre las más de 140 contribuciones científicas presentadas.

## **Agradecimientos**

A Francisco Valera por confiar en mí para realizar esta tarea. A Emilio Barba por la ayuda prestada, a Santiago Merino por los consejos en la ilustración del artículo y a Isabel Moreno por sus comentarios en una versión previa del trabajo.

## **Referencias**

Barba, E., Monrós, J. S., Belda, E. J. y Andreu, J. (editores) 2008. *XII Congreso Nacional y IX Iberoamericano de Etología. Ponencias y comunicaciones*. Valencia 2008. Publicaciones de la Universidad de Valencia, Valencia. Accesible en: <http://www.uv.es/see08/>

Josué Martínez de la Puente  
Facultad de Veterinaria.  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.  
Correo electrónico: [jmartinez@becarios.ulpgc.es](mailto:jmartinez@becarios.ulpgc.es)

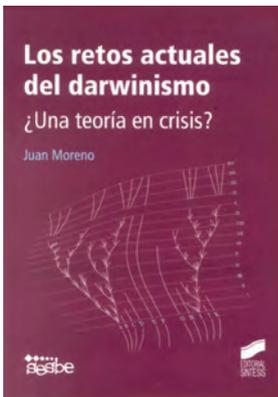


## Nuevos libros

### Los retos actuales del darwinismo. ¿Una teoría en crisis?

*Autor:* Moreno, Juan

*Edita:* Síntesis-SESBE, Madrid, 381 pp. 2008



La aparición en el mercado editorial español de textos de divulgación científica “autóctonos” y de calidad es uno de esos raros eventos que más diferencian nuestra sociedad de otras de nuestro entorno. Así como en otros países (notablemente Reino Unido) existe una larga tradición de que los científicos dediquen parte de su tiempo a trasladar a la sociedad los avances en su campo, sin duda porque existe demanda para ese tipo de obras, en España la mayor parte de la divulgación científica es mera traducción de obras extranjeras. Por este motivo el libro de Juan Moreno es

una notable aportación. Además, en estos momentos en que la actualidad de la Teoría de la Selección Natural está siendo cuestionada con mayor intensidad, el libro es obviamente muy oportuno.

Confieso que cuando recibí el libro, lo leí en muy poco tiempo, como si de una novela se tratase, quizás porque el tema siempre me ha apasionado. Y a pesar de ello, he aprendido muchas cosas que desconocía, porque la teoría evolutiva es tan amplia que se puede decir que no hay ninguna especialidad que no tenga algo que ver con la vida, que pueda dejar de lado la aproximación darwinista. Esta afirmación, que se resume en la citadísima frase de Dobzhansky según la cual nada en Biología tiene sentido si no es desde un punto de vista evolutivo, es sin embargo cuestionada por algunos científicos y por muchos “pseudocientíficos”. Juan Moreno acomete la titánica tarea de poner en perspectiva las críticas, y de mostrar los puntos débiles de las argumentaciones presentadas. El resultado es una visión de conjunto de la teoría evolutiva, y de las múltiples polémicas a las que ha dado lugar. Ciertamente los argumentos

presentados son tan bien elaborados y con una base tan sólida, que sólo quienes se niegan a aceptar la evidencia seguirán en sus posiciones.

El libro se estructura en 16 capítulos y un epílogo. El primer capítulo sirve de introducción a la Ecología Evolutiva, disciplina en la que el autor ha hecho contribuciones de gran relevancia, y que conoce con gran profundidad. El segundo capítulo introduce los conceptos de explicaciones mecanísticas y evolutivas, del cómo y el porqué, y algunas ideas sobre el método científico. Ello nos lleva al concepto de adaptación<sup>(8,3)</sup> y de forma inevitable a una de las polémicas desde dentro de la Biología, la crítica al programa “adaptacionista” de Gould & Lewontin<sup>(2)</sup>, un clarísimo ejemplo de cómo dos científicos de renombre sucumben ante prejuicios ideológicos, confundiendo ciencia con ideología, algo que ha sido magistralmente expuesto por Segerstråle<sup>(11)</sup>.

El tercer capítulo revisa la crítica de la selección natural como una tautología, idea que ya se propuso a finales del siglo XIX. Moreno nos indica que la “selección natural es un procedimiento automático, un algoritmo, que dirige los cambios en sistemas y autorreplicantes en el transcurso de dilatados períodos de tiempo, pero no una ley como la quieren los físicos” (p. 59). De hecho algunos ecólogos sostienen que no hay leyes en la Ecología<sup>(8,4)</sup>, y sin embargo otros han propuesto varias leyes con su formulación matemática, en un intento de asemejarse a la Física<sup>(7)</sup>, leyes que precisamente se derivan de la teoría evolutiva.

El cuarto capítulo es una revisión de la evidencia paleontológica sobre la evolución y de las críticas que dicha disciplina ha elaborado de la teoría de la Selección Natural, especialmente las que se deben a la contribución relativa del azar y la selección sobre las extinciones. La macroevolución y las unidades de selección son el tema del capítulo quinto. La especie como unidad de selección es uno de los temas de mayor polémica, que es analizada en detalle por Juan Moreno. Un argumento muy interesante es que dado que los paleontólogos caracterizan a las especies por su morfología, la definición de especie que utilizan es tautológica, un círculo vicioso que también afecta al puntuacionismo, teoría que se “desmonta” en el sexto capítulo. Actualmente asistimos a una situación análoga con la taxonomía molecular. El postulado de que dos especies difieren en una proporción significativa de sus secuencias nucleotídicas (definiendo dicha diferenciación de una forma más o menos arbitraria), lleva al razonamiento circular de que podemos identificar especies por una diferencia

dada entre sus genomas. Para romper este “círculo taxonómico” se ha propuesto recientemente utilizar una disciplina para generar una hipótesis nula (por ejemplo basada en la morfología) que debe ser probada con información procedente de otras disciplinas (por ejemplo diferencias de hábitat, etológicas, diferencias moleculares, etc.) y sólo si varias disciplinas apoyan la idea de que existen varias especies, se propondría el cambio taxonómico (1). Esto lamentablemente no es posible para las hipótesis paleontológicas, lo que deja dichas hipótesis en una situación de debilidad argumental.

La radiación del Cámbrico, popularizada por S. J. Gould en su libro “Vida maravillosa” es el tema del capítulo siete. Quien haya leído la obra de Gould se habrá maravillado con la “novela” que allí se presenta, y por las consecuencias que dichos descubrimientos tienen para nuestra comprensión de la historia de la vida. Moreno nos muestra cómo la mayor parte de los argumentos “gouldianos” son paradójicamente interpretaciones erróneas de los fósiles. Por ejemplo, *Hallucigenia*, dibujado caminando sobre sus largas espinas y que Gould consideraba un filo completamente nuevo, se puede interpretar como un lobópodo protegido por espinas. ¡Sólo había que darle la vuelta al fósil!

El octavo capítulo nos presenta otras de las argumentaciones favoritas de los críticos de la selección natural como promotora de la adaptación: las restricciones filogenéticas (o físicas o de otra naturaleza) al desarrollo. Moreno nos muestra como la Evo-Devo está poniendo en su lugar estas argumentaciones, y cómo precisamente el estudio del desarrollo está demostrando la capacidad de la selección natural para generar la diversidad de la vida con unas reglas muy sencillas.

El “Neolamarckismo” es el tema del noveno capítulo, es decir, la idea de que ciertas vías evolutivas están favorecidas por el propio ambiente, y que se han utilizado para argumentar en contra de la validez de los principios darwinistas. Moreno nos muestra que la plasticidad fenotípica, recientemente revisada por West-Eberhard (12) es precisamente el mecanismo que permite la “facilitación” de la acción de la selección natural, sin que sea necesario recurrir a los argumentos lamarckistas.

La generación de la complejidad, que a menudo se ha argumentado no puede ser debida a mecanismos “ciegos” como la selección natural, es analizada en el capítulo 10, mientras que el capítulo 11 realiza una profunda y concienzuda crítica de la simbiogénesis como mecanismo evolutivo,

demostrando que no sólo no es incompatible con la selección natural, como han pretendido algunos de sus defensores, sino que es una prueba de la potencia de dicho mecanismo.

Algunos críticos coetáneos con Darwin indicaron que precisamente el darwinismo no ofrecía una explicación para el origen de las especies, a pesar del título de su libro más famoso. En el capítulo 12, Moreno nos muestra cómo dichas críticas han resurgido, y cómo rebatirlas, y además dedica el capítulo a revisar las teorías sobre especiación, que tanta influencia han tenido en el desarrollo de la teoría evolutiva.

Los capítulos 13 y 14 se dedican de nuevo al neolamarckismo, pero desde la perspectiva de la importancia de la historia en determinar el curso de la evolución. El Lamarckismo ha sido siempre muy atractivo para los filósofos, al contrario que la selección natural, que aparentemente va en contra de la intuición. Seguramente esto explica que incluso los estudiantes de Biología razonen en términos lamarckistas en una proporción sorprendentemente elevada (3). Los neolamarckistas postulan la existencia de mecanismos epigenéticos, de tal manera que cierta información adquirida sería heredable, algo que es ciertamente posible para algunos caracteres (como la cultura), pero que no deja de ser una “rareza”. Pero la epigenética, que los neolamarckistas utilizan para sus argumentos, es en realidad variación fenotípica, y está sometida a las mismas leyes que el resto de los caracteres, como se discutió en el noveno capítulo al presentar el concepto de plasticidad fenotípica.

Algunos autores han propuesto que la contingencia histórica es de tal importancia que sobrepasa a la capacidad de la selección natural para determinar el curso de la evolución. Es decir, que si volviésemos hacia atrás, la evolución subsiguiente no sería en absoluto parecida a lo que ha ocurrido. Sin embargo Moreno nos muestra en el capítulo 14 cómo la evolución convergente echa por tierra esas teorías, y detalla los descubrimientos de la genómica que demuestran que la convergencia adaptativa se debe a cambios convergentes en genes de organismos separados filogenéticamente, una prueba inequívoca de la potencia del mecanismo selectivo frente al azar.

Al final del libro Moreno revisa varios debates recientes, como el origen del altruismo, la “hipótesis Gaia” (6) y el denominado “Darwinismo universal”, es decir, la idea de que la selección natural es universal y por lo tanto se aplicará a cualquier sistema vivo, incluso en otros lugares del

universo. Probablemente el debate sobre la hipótesis Gaia es el más interesante desde el punto de vista intelectual, así como la evidencia que dicha hipótesis está basada en argumentos de selección de grupo incompatibles con la teoría darwinista (5). De hecho, la hipótesis Gaia se puede plantear en términos completamente convencionales desde el punto de vista de la ecología (13).

En resumen, para los que trabajamos en alguno de los campos más directamente relacionados con la teoría darwinista, la lectura del libro de Juan Moreno nos aportará perspectivas nuevas y una valiosísima visión de conjunto; para quienes no se hayan acercado anteriormente a la teoría darwinista será todo un revulsivo; y para los fanáticos del “diseño inteligente” y otras pseudociencias será un escollo difícil de superar. Sólo espero que el libro sea un éxito editorial, y que en nuevas ediciones pueda ser actualizado, y, liberado de las erratas, esos animales que según Jardiel Poncela viven en el techo de las imprentas, esperado para colarse en una página, y que seguramente ahora viven en los ordenadores y en los correctores automáticos.

## Referencias

1. DeSalle, R., Egan, M.G. & Siddall, M. 2005. The unholy trinity: taxonomy, species delimitation and DNA barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360: 1905-1916.
2. Gould, S.J. & Lewontin, R.C. 1979. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: A Critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 205: 581-598.
3. Jiménez Alexandre, M.P. 1991. Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 9: 248-256.
4. Krebs, C.J. 2000. Hypothesis testing in ecology. En: *Research techniques in animal ecology. Controversies and consequences*:1-14 (L. Boitani y T.K. Fuller, Eds.). New York: Columbia University Press.
5. Lenton, T.M. 1998. Gaia and natural selection. *Nature*, 394: 439-447.
6. Lovelock, J. 1983. Gaia. *Una visión de la vida sobre la Tierra*. Madrid: Blume.
7. Murray, B.G., Jr. 2000. Universal laws and predictive theory in ecology and evolution. *Oikos*, 89: 403-408.
8. Peters, R.H. 1991. *A critique for Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
9. Reznick, D. & Travis, J. 2001. Adaptation. En: *Evolutionary ecology. Concepts and case studies*: 44-57 (C.W. Fox, D.A. Roff & D.J. Fairbairn, Eds.). Oxford:

## Nuevos libros

---

- Oxford University Press.
10. Rose, M.R. 2001. Adaptation. En: *Encyclopedia of Biodiversity*: 17-23 (S.A.Levin, Ed.). San Diego: Academic Press.
  11. Segerstråle, U. 2000. *Defenders of the truth. The sociobiology debate*. Oxford: Oxford University Press.
  12. West-Eberhard, M.J. 2003. *Developmental plasticity and evolution*. Oxford: Oxford University Press.
  13. Wilkinson, D.M. 1999. Is Gaia really conventional ecology? *Oikos*, 84: 533-536.

Reseñado por:

Adolfo Cordero Rivera

Grupo ECOEVO, Universidade de Vigo

EUET Forestal

Campus Universitario

36005 Pontevedra

adolfo.cordero@uvigo.es

## **Adaptación del comportamiento: comprendiendo al animal humano**

*Autor:* Soler, Manuel

*Edita:* Síntesis, Madrid–SESBE, 478 pp. 2009.



Este es un libro no sólo para aprender, sino también para pensar. A pensar en las clásicas preguntas sobre de donde venimos y a donde vamos, pero desde una perspectiva fundamentada en la ciencia y contrastada por la comunidad científica. Una perspectiva basada en la teoría de la evolución, que se preocupa de indagar no sólo en el cómo sino también en el porqué de las cosas.

Soler tiene una formación basada en la ecología evolutiva, y por tanto, ha sabido dar un enfoque muy adecuado, a los distintos capítulos, basado en la evolución. Sin embargo, Soler esta vez ha ido más allá, y ha sido capaz de zambullirse en la literatura de la psicología y la antropología evolutiva, y no naufragar, presentándonos multitud de teorías, hipótesis y ejemplos que contextualizan en el ser humano, los conceptos anteriormente presentados en un ámbito más general. Para un ecólogo evolutivo como yo, ha sido altamente gratificante aprender de esa “otra” literatura que tantas veces pasamos por alto, como si de otros mundos se tratara, cuando en realidad todos intentamos resolver problemas similares aunque desde distintas perspectivas. En este sentido, aplaudo el hecho de que a lo largo del texto se vaya citando la bibliografía relevante y que ésta aparezca detallada al final del texto, práctica habitual en la literatura científica pero no tanto en la de divulgación. Esto facilita que el lector pueda aprender más y pueda cotejar los datos presentados con la fuente original.

Los tres primeros capítulos del libro introducen al lector a conceptos básicos sobre el método científico, la selección natural, o el enfoque etológico, justificando que tiene mucho sentido estudiar el comportamiento humano desde una perspectiva evolutiva. Esta parte puede parecer obvia, pero es altamente relevante para un público más general, en el que, por mucho que nos sorprenda, el porcentaje de población que no cree en la evolución sigue en aumento.

Los dos siguientes capítulos se centran en el tema sexual, analizando el proceso de selección de pareja, conflicto sexual, competencia espermática,

significado y función de los orgasmos, etc. En un momento en que están apareciendo multitud de libros de divulgación en los que se analizan si los hombres vienen de Marte y las mujeres de Venus, es gratificante ver estos temas bajo la pátina y la perspectiva de la evolución. Soler presenta los distintos temas no sólo con el objetivo de informarnos, sino que provoca al lector para que intente sacar conclusiones. Por ejemplo, una vez comprendidos los distintos conceptos y porqués de la selección sexual, se nos plantea la pregunta de qué le pasará en el futuro a la especie humana si modificamos los procesos naturales de selección por el uso de los anticonceptivos. Un trabajo muy reciente corrobora este posible efecto (1).

En el capítulo 6, una extensión natural a los dos capítulos anteriores, se exploran las relaciones paterno-filiales y los sistemas de apareamiento. Este capítulo es menos rico en resultados, contrastando la gran cantidad de trabajos que existen sobre el tema en animales no humanos con lo poco que se ha trabajado en nuestra especie.

En el siguiente capítulo se analiza el comportamiento social. Este capítulo sorprende un poco en su planteamiento, ya que se centra mucho, quizás demasiado, en el tipo de problemas que más parecen llamar la atención de Soler. Por ejemplo, se dedican casi tres páginas a la transmisión de enfermedades y parásitos como uno de los costes más importantes a la vida en grupo, mientras que todos los otros tipos de costes se resumen en una simple tabla. Por ejemplo, un coste altamente relevante, también para la especie humana, es el estrés social (3), y hubiera sido interesante profundizar sobre él. En este mismo sentido, en este capítulo se encuentran a faltar algunos conceptos, como por ejemplo el de la herencia (de territorios u otros recursos), como factor clave que ha conducido a que bastantes especies, incluido el hombre, vivan en grupos sociales. Soler es aquí especialmente "romántico" al enfatizar mucho a las sociedades igualitarias, cuando la mayoría de especies no lo son. Aquí también hubiera sido interesante profundizar sobre la visión de dominantes y subordinados como dos estrategias alternativas (2), más que una simple "lucha de clases", lo que permitiría entender porqué el sistema jerárquico puede estar tan extendido. No obstante, también es verdad que la organización social es uno de mis temas favoritos, con lo que no soy totalmente imparcial y siempre encontraría a faltar algo. Mi avidez por entender mejor el comportamiento social se vio no obstante recompensada en la última parte del capítulo en el que se analiza el funcionamiento de las sociedades humanas. La historia sobre la carrera de armamentos entre armaduras, arcos y flechas como mecanismo para la reducción del despotismo en humanos es divertida

y la discusión sobre la hipótesis de la inteligencia social es estimulante. Y rompiendo una lanza a favor de la visión romántica de las sociedades igualitarias, simplemente quiero citar el apasionante relato de Sapolski y Share (4) que acaeció a uno de los grupos de babuinos que venían estudiando desde los años '70. A mitad de los '80, el grupo sufrió una epidemia de tuberculosis que mató a la fracción dominante y despótica del grupo; en consecuencia, la manada empezó a desarrollar una cultura igualitaria basada en el grooming, la afiliación entre individuos y el respeto mutuo. Lo más interesante es que muchos años después, cuando los individuos originales ya habían muerto, esta cultura se mantenía y a los inmigrantes se les obligaba socialmente a mantener la misma actitud más igualitaria; en consecuencia, el estrés de los individuos disminuyó, y el grado de salud de todo el grupo fue superior al de los grupos vecinos (4).

El capítulo 8 se centra en el comportamiento altruista, definido como aquel comportamiento que se ejecuta en beneficio de otros individuos pero que en consecuencia supone un coste para el que lo ejecuta. Es un capítulo conceptualmente muy interesante, que ultrapasa el interés puramente biológico para entrar en otros terrenos ya casi filosóficos... El desarrollo que hace Soler de temas como el de la reciprocidad, la selección de parentesco, la selección de grupo, o el castigo social, nos obligan reiteradamente a parar nuestra lectura para meditar, interpretar, interiorizar y relacionar. Un ejemplo muy ilustrativo es el análisis proporcionado sobre un comportamiento humano aparentemente altruista: la donación de sangre. El ejemplo, como ocurre en otros a lo largo del libro, sirve para ilustrar el concepto analizado pero también para guiarnos sobre el proceso científico y sobre cómo los investigadores van avanzando en la solución de problemas y en la creación de conceptos. Este recurso discursivo es otro de los valores del libro.

El capítulo 9 se dedica al estudio de las relaciones entre especies. Aquí Soler se encuentra en su terreno, y hace una muy buena descripción de los trabajos sobre parasitismo y la carrera de armamentos coevolutiva.

El capítulo 10 se centra en otro interesante aspecto del comportamiento humano: la comunicación y el lenguaje. De nuevo entramos en conceptos de gran importancia, como el coste de las señales o los mecanismos para el mantenimiento de su honestidad. Son también interesantes los ejemplos proporcionados sobre animales que mienten o engañan, como el caso de los peces del género *Lepomis*, en que algunos individuos se hacen pasar por hembras y por tanto no son atacados por los otros machos. Cuando los machos cortejan a su hembra y fertilizan sus huevos, los machos "tramposos" que merodean a su

alrededor sueltan también su esperma y fertilizan una parte de los huevos. Otro es el caso de los macacos rhesus, en los que, aunque generalmente cuando un individuo encuentra alimento anuncia el descubrimiento con gritos a sus compañeros de grupo, otros individuos “mentirosos” se callan y se lo quedan para ellos. Lo más interesante es que cuando los otros individuos del grupo descubren a un tramposo, lo castigan con agresiones por parte del resto del grupo. En la parte dedicada al lenguaje, es interesante ver cómo han ido evolucionando las teorías originalmente propuestas por Chomsky sobre la capacidad innata o no del lenguaje humano, y más interesante aún la discusión sobre si la riqueza del lenguaje puede haber estado favorecida por la selección sexual.

El último capítulo está dedicado a la mente animal. Se analizan las capacidades para resolver problemas nuevos, para planear el futuro, para preparar herramientas, y se introduce los fascinantes mundos de la cultura, de las emociones, el sentido de la justicia, o la moral, todos ellos tratados desde el filtro de la evolución.

En resumen, un libro altamente recomendable, tanto para el que quiere aprender, como para el profesional de la etología que quiera expandir sus conocimientos y verse a sí mismo en un espejo, que como en la película de Terry Gilliam, “El imaginario del Doctor Parnassus” nos permite entrar en nuevos mundos conceptuales donde todo se entiende mejor.

## Referencias

1. Alvergne, A. & Lummaa, V. 2010. Does the contraceptive pill alter mate choice in humans? *Trends in Ecology & Evolution*, 25: 171-179.
2. Rohwer, S.A. & Ewald, P.W. 1981. The cost of dominance and advantage of subordination in a badge signaling system. *Evolution*, 35: 441-454.
3. Sapolsky, R.M. 2005. The influence of social hierarchy on primate health. *Science*, 308: 648-652.
4. Sapolsky, R.M. & Share, L.J. 2004. A pacific culture among wild baboons: Its emergence and transmission. *PLOS Biology*, 2: 534-541.

Reseñado por: Juan Carlos Senar  
Museo de Ciencias Naturales  
P. Picasso s/n., Parc de la Ciutadella  
08003 Barcelona, España  
jcsenar@bcn.cat

---

## Normas de Publicación de *EtoLoGuía*

La revista *EtoLoGuía* es la publicación en idioma Español de la Sociedad Española de Etología. La mayoría de artículos se publican por invitación. Preferencialmente son artículos metodológicos, dentro del ámbito de la Etología, o artículos de alta divulgación relacionados con investigaciones recientes ya publicadas en revistas científicas. Entendemos la Etología en su sentido más amplio, incluyendo disciplinas como la Ecoetología, la Ecología Evolutiva, la Dinámica de Poblaciones, y otros temas relacionados. Estos artículos van principalmente destinados a estudiantes universitarios que precisen conocer nuevas técnicas o nuevas aproximaciones para aplicarlas a sus estudios etológicos, pero también a profesionales de la Etología que quieran ampliar sus conocimientos en otras áreas fuera de su especialización.

Los artículos metodológicos deben incluir: (1) un resumen, (2) una introducción explicando la problemática que la metodología pretende resolver, (3) una explicación lo más detallada posible de la técnica o metodología, (4) una discusión de sus ventajas, inconvenientes o limitaciones, (5) una presentación de uno o varios ejemplos en detalle, preferencialmente que procedan del trabajo del propio autor y (6) una valoración final a modo de resumen crítico. El formato, sin embargo, puede variar según convenga. Los artículos de alta divulgación tienen un formato libre adaptado a cada trabajo en concreto.

Deben incluirse todas las referencias bibliográficas posibles para que si los lectores están interesados en profundizar en el tema, puedan remitirse a las fuentes originales. Las referencias bibliográficas se citan en el texto con un pequeño número superíndice, y al final del texto éstas deben aparecer en orden alfabético y numeradas ascendentemente. El formato de las referencias debe seguir el modelo:

1. Arroyo, M.L. 2000. Understanding ethology. *Nature* 345: 25-28.
2. Darwin, C. 1859. *On the origin of species by means of natural selection*. J. Murray: London.

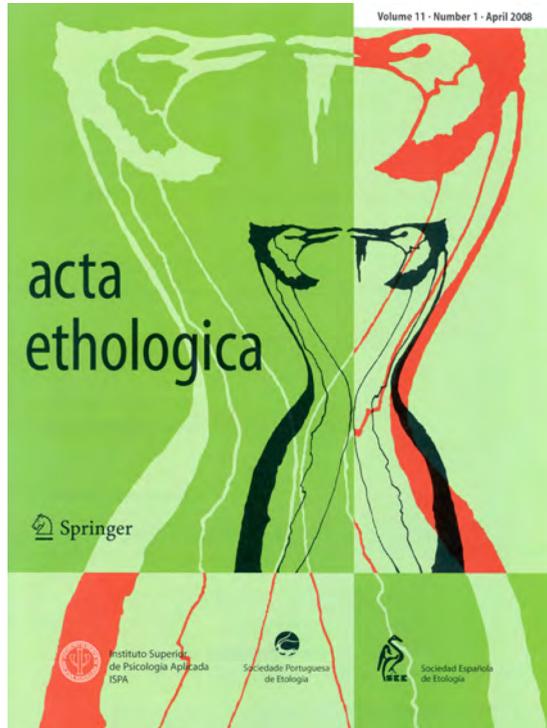
---

No existe ninguna limitación en la extensión de los artículos. Es deseable que incluyan tablas, figuras y fotos, éstas incluso en color, así como los nombres y direcciones de proveedores concretos del material necesario. Al principio debe indicarse la dirección profesional completa del autor y su correo electrónico.

A cada autor se le proporcionan los ejemplares completos de la revista que solicite, además de una copia en formato PDF.

Los artículos deben remitirse preferencialmente por correo electrónico al Editor de *Etologuía*, en Word. Las fotos en color deberían remitirse en formato JPG de alta calidad.

# ***Acta Ethologica***



La actual revista de la Sociedad Española de Etología, se publica conjuntamente con la Sociedad Portuguesa de Etología y tiene, desde 2007, un **Índice de Impacto de 1,00**. Esperamos que esto os anime a todos a enviar vuestros artículos a nuestra revista.

Los socios que deseéis acceder al contenido electrónico de la revista por internet, debéis enviar a la sede (larroyo@bcn.cat) vuestra dirección de correo electrónico actualizada



# Sociedad Española de Etología

## BOLETÍN DE SUSCRIPCIÓN A LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ETOLOGÍA

APELLIDOS Y NOMBRE \_\_\_\_\_

D.N.I. \_\_\_\_\_ FECHA DE NACIMIENTO \_\_\_\_\_

DOMICILIO \_\_\_\_\_

LOCALIDAD \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_

TELEF. \_\_\_\_\_ E-MAIL \_\_\_\_\_

MODALIDAD  Numerario 45 €  
 Estudiante\* 22 € \*imprescindible justificante

PROFESIÓN \_\_\_\_\_ CARGO \_\_\_\_\_

DOMICILIO DE TRABAJO \_\_\_\_\_

LOCALIDAD \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_

TELEF. \_\_\_\_\_

ESPECIES Y TEMAS DE INVESTIGACIÓN

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### FORMA DE PAGO

**DOMICILIACIÓN BANCARIA**

Nombre del Banco / Caja \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Población \_\_\_\_\_

Código Postal \_\_\_\_\_ Provincia \_\_\_\_\_

Código de la entidad  Oficina  D.C.

Número de cuenta / libreta

Nombre del titular de la cuenta \_\_\_\_\_

Nombre del socio (si no es el titular) \_\_\_\_\_

**TARJETA VISA**

Número tarjeta

Fecha caducidad  /  Firma: \_\_\_\_\_

**Otras formas de pago** (Transferencia o ingreso, Talón bancario)

---

### Sede:

Museu de Ciències Naturals, Parc de la Ciutadella, Psg. Picasso s/n., 08003 Barcelona  
Tel: 34-93-2562217