

A photograph of a sunset or sunrise over a body of water. The sky is filled with horizontal bands of orange and yellow light, with a darker blue-grey sky above. The water is dark and calm. On the right side, the silhouette of a tree is visible against the bright light of the sun.

UN T- - NS-T- DE L- MU- L- CALA L- -NTE- NAC- NAL

# Líneas de investigación abiertas en la **E**stación



Atardecer en el Parque Nacional  
de Doñana (foto: Miguel Jácome).

Cincuenta años después de su creación, - qué se investiga  
actualmente en la Estación Biológica de Doñana: Ahora hay técnicas  
de estudio muy avanzadas, el ámbito de actuación abarca el mundo  
entero y, por supuesto, se han incorporado nuevos científicos. Pero el  
interés por escudriñar la biodiversidad sigue vigente.

por - os - octor - - - os - e - - - -

# Biológica de Doñana



**K**inabalu, Borneo. 10 de abril de 2014. El último sorbo a una taza de té con azúcar dispara la rutina de un estudiante obstinado, centrado en documentar la evolución de las especies en la placa de Sunda. Un paquete de arroz, una docena de trampas y un cuaderno mojado apenas dejan sitio en la mochila para las muestras genéticas de ratas *Sundamys* recogidas a lo largo del día. 13.000 kilómetros más lejos y, exactamente, 50 años atrás, un grupo de estudiantes algo más que obstinados abordaban una ruidosa colonia de garzas, cargados de anillas y libretas mojadas, sin ser conscientes aún de que sus breves estancias de verano en las marismas del Guadalquivir asegurarían la supervivencia de la recién nacida Estación Biológica de Doñana (EBD).

La Estación que fundara José Antonio Valverde, con más ilusión que medios, ha crecido y cumple este año medio siglo. Los pioneros trabajos científicos salidos de aquel chalé del barrio sevillano de Heliópolis pronto trascendieron las fronteras de Doñana, hasta hacer de su actual sede en la Isla de la Cartuja un centro de excelencia científica a escala mundial. Y es que el ámbito geográfico sobre el que hoy se extiende la EBD ha crecido en la misma medida que el número y visibilidad internacional de sus investigaciones. La ecología de las comunidades, impulsada por Valverde y sus discípulos, ha dado paso a estudios sobre complejas redes de interacción entre especies o sobre los efectos del cambio global en la biodiversidad. Asimismo, los avances tecnológicos y nuevas herramientas para la investigación, como la teledetección, los aviones no tripulados o la secuenciación del material genético, permiten a los actuales estudiantes de este centro dar respuesta a las viejas preguntas que formularan medio siglo atrás aquellos obstinados estudiantes de verano.



Sede actual de la Estación Biológica de Doñana en Sevilla, situada en la Isla de la Cartuja (foto: Néstor Pérez-Méndez).

Ejemplar adulto de nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*) marcado con una anilla metálica (foto: David Pastor).



Cuadro 1

## EL NÓCTULO GRANDE, UN MURCIÉLAGO EUROPEO QUE COME PÁJAROS

**El nóctulo grande** (*Nyctalus lasiopterus*), con 45 centímetros de envergadura alar y 47-76 gramos de peso, es el murciélago más grande y raro de Europa. Al ser una especie forestal, se refugia en nidos abandonados de picidos, grietas y oquedades del tronco y también en los límites dejados por el descorche de los alcornoques. Se distribuye por bosques maduros desde Portugal hasta Kazajistán y desde Holanda hasta Marruecos. Curiosamente, sus principales poblaciones se encuentran en España, donde tiene una distribución muy fragmentada. Mediante el uso de radio-emisores, estamos averiguando cómo es su organización social, qué árboles utiliza como refugio y cuáles de ellos son más importantes para cada colonia. Este conocimiento nos ayuda a diseñar la gestión forestal más adecuada para la conservación de la especie.

La alimentación de este nóctulo se basa en insectos de talla mediana y grande, tales como escarabajos y polillas. Pero la presencia de plumas en sus excrementos reveló que su dieta puede ser mucho más amplia. Sabemos que determinadas especies de aves passeriformes son cazadas en vuelo mientras migran durante la noche. Sin embargo, los pequeños fragmentos de plumas que aparecen en los excrementos del nóctulo impiden identificar las presas mediante métodos convencionales. No obstante, podemos extraer el ADN presente en los excrementos y amplificar fragmentos pertenecientes a las aves consumidas. Gracias a esta metodología, en breve tendremos un detallado listado de los pájaros que incluye en su dieta este sorprendente murciélago europeo.





### Más vale ciento volando

Conocer para conservar. Este es el espíritu que guió los primeros pasos de los jóvenes investigadores de la EBD y que aún hoy motiva gran parte de nuestra labor. Las fascinantes comunidades de aves y camívoros de Doñana continúan despertando la curiosidad de naturalistas y científicos experimentados. La vida de milanos, lince y, sobre todo, de aquellas especies menos conocidas, aún oculta secretos a nuestra mirada. Es indiscutible que el medio en el que viven se está transformando vertiginosamente: la fragmentación del hábitat, los nuevos usos del suelo, el calentamiento de la atmósfera y la introducción de especies exóticas son algunas de las grandes amenazas a considerar dentro del actual escenario de cambio global.

La preocupación por el efecto de la actividad humana ha sobrepasado los límites de Doñana, ampliando el alcance y diversificando los objetivos de nuestras investigaciones. Desde la campiña andaluza hasta la selva maya, pasando por los bosques del norte de la península Ibérica, estudiamos los movimientos de caza del cernícalo primilla, la organización social del nódulo grande (Cuadro 1) o el uso que hacen del espacio los grandes felinos americanos. Intentamos conocer también qué actividades humanas anticipan de forma fiable el riesgo de extinción de especies de vertebrados a escala mundial. Por ejemplo, algunos de nuestros estudios más recientes muestran que la forma de consumo de Europa puede

Una de las interacciones planta-animal estudiadas en la Estación Biológica de Doñana tiene lugar en las islas Canarias. Allí, un ave de dieta oportunista, como el mosquitero canario (*Phylloscopus canariensis*), poliniza dos plantas endémicas: el bicácaro (*Canarina canariensis*), arriba, y la cresta de gallo (*Isoplexis canariensis*), a la derecha (fotos: José Juan Hernández).



llegar a afectar negativamente a las poblaciones de mamíferos del sudeste asiático. Además, los temas de investigación se han diversificado en respuesta a estas preocupaciones conservacionistas, como es el caso de la ecología de carreteras. En la EBD, abordamos este tema tanto desde una aproximación clásica, viendo cómo las redes viarias fragmentan el hábitat, como desde al-





causan? ¿Cómo se expanden? La respuesta a estas y otras cuestiones podría ayudar a reducir su incidencia negativa en las poblaciones humanas y a predecir escenarios de invasión futuros.

### La tranquilidad del campo

En la naturaleza, los individuos han de enfrentarse de forma continua a situaciones adversas que comprometen su día a día. De la capacidad de adaptarse a los nuevos cambios dependerá su supervivencia y, a largo plazo, también la de su especie. La llamada "hormona del estrés", cuyos niveles aumentan cuando un organismo se enfrenta a situaciones hostiles, representa la huella en sangre de un episodio estresante. Esta hormona nos permite abordar cuestiones como en qué medida los re-

gunos enfoques más novedosos, analizando su influencia sobre el comportamiento animal.

Entre las principales amenazas actuales para la biodiversidad destaca la introducción de especies invasoras como consecuencia de los intercambios comerciales, que además puede repercutir de manera directa en la salud humana. Para abordar este problema, estudiamos cómo la pérdida de biodiversidad facilita la transmisión y la llegada de nuevos vectores de enfermedades, como los mosquitos que transmiten el virus del Nilo occidental. ¿Cuál es su origen? ¿Qué daños

Trasiego de muestras de ADN con ayuda de una pipeta (foto: Irene Águila).

Hembra de cernícalo primilla (*Falco naumanni*) equipada con un GPS que permite registrar sus movimientos durante el vuelo (foto: Jesús Hernández-Pliego).

nacuajos ajustan su morfología a la presencia de nuevos depredadores o cómo responden a cambios en la salinidad de sus charcas. Pero evaluar los efectos del estrés a largo plazo es una cuestión bien distinta. En los telómeros, regiones terminales de los cromosomas que aseguran su correcta duplicación, buscamos respuestas a preguntas hasta ahora inabordables. ¿Cuánto podrá llegar a vivir un individuo? Telómeros más largos auguran una larga existencia, pero actividades energéticamente costosas, como la reproducción, acortan su longitud y reducen la esperanza de vida. Por el momento, nuestros primeros resultados sugieren que en la naturaleza el tamaño importa y el sexo mata.

### Porque dos no es igual que uno más uno

Las especies no viven aisladas, sino que interaccionan unas con otras de innumerables formas. Las relaciones entre especies son un motor de diversificación que impulsa y mantiene la biodiversidad del planeta, haciendo que los ecosistemas funcionen. Es la Red de la Vida. Por eso no es de extrañar que, desde los inicios de la EBD, las relaciones entre especies hayan acaparado nuestra atención: ¿por qué unas especies interaccionan mucho y otras no tanto? ¿Qué determina la intensidad de estas relaciones y qué las amenaza?







Cuadro 2

## EXTINCIÓN DE LAGARTOS GIGANTES EN CANARIAS Y DISPERSIÓN DE SEMILLAS

**La pérdida de biodiversidad** (no sólo de especies, sino también de las interacciones entre ellas), es uno de los problemas ambientales más preocupantes. La causa es, en gran medida, el creciente desarrollo humano. Bajo esta perspectiva, no todas las especies tienen la misma importancia en el mantenimiento y en la dinámica de los ecosistemas, sino que existen especies "clave" cuya desaparición puede provocar efectos en cascada que afecten a muchas otras.

Un caso es el de los animales frugívoros grandes, que dispersan más semillas, de mayor tamaño y las llevan más lejos que los animales pequeños. Para muchas plantas que producen semillas grandes, la única vía efectiva de dispersarlas es a través de frugívoros que tengan un tamaño suficiente para poder ingerirlas. Si se extinguen estas especies y se produce una reducción progresiva del tamaño de los dispersores en las comunidades, cabría esperar que la calidad de los servicios de dispersión empeorasen, afectando negativamente a las plantas con las que interactúan.

En Canarias se da un patrón diferencial en la talla de los lagartos endémicos que habitan en cada isla, como consecuencia de procesos de extinción históricos. Esto genera un escenario ecológico ideal para analizar la dispersión de las semillas según la talla del agente dispersor. Uno de los proyectos que hemos acometido en la EBD (financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad) consiste en conocer el impacto de la reducción del tamaño corporal de los lagartos en la dispersión de semillas de la orijama (*Neochamaelea pulverulenta*), una planta endémica de Canarias cuyas semillas son únicamente dispersadas por lagartos grandes y medianos del género *Gallotia*. Concretamente, queremos evaluar las consecuencias que genera la pérdida gradual de la calidad de los servicios de dispersión prestados por los lagartos en la demografía y la genética de las poblaciones de esta planta.

El lagarto tizón (*Gallotia galloti*) dispersa las semillas de múltiples plantas con frutos carnosos, como la orijama (*Neochamaelea pulverulenta*). El que aparece en la foto está comiendo frutos de tasaigo (*Rubia fruticosus*) en la isla de Tenerife (foto: Benharo Rodríguez).

Para que dos especies interactúen han de coincidir en el tiempo y en el espacio aunque, a menudo, tan amistosa receta precisa de algunos ingredientes adicionales. Por ejemplo, algunas plantas tienen una distribución singular que puede afectar a las relaciones de polinización y dispersión, porque los animales que interactúan con ellas no responden de igual forma a la ubicación de los recursos de los que se alimentan. Así, estudiamos las consecuencias reproductivas y demográficas de estos procesos espaciales en situaciones contrastadas, como las agregaciones de palmito en Doñana y las distribuciones lineales de avellanillos en los canutos (cerrados bosques riparios) de Cádiz, con una marcada distribución lineal. Además, las especies no interactúan siempre por pares. Las relaciones beneficiosas entre plantas y animales pueden verse alteradas por terceras especies que sacan partido de estos mutualismos. Un ejemplo son los estudios que realizamos con los herbívoros florales, que reducen el atractivo de las plantas para los polinizadores, mermando así su éxito reproductivo. A veces, tres son multitud...

Es evidente que las relaciones entre especies son algo mucho más complejo y frágil que el simple encuentro entre dos individuos. Por ello, los cambios derivados de la actividad humana, como la fragmentación del hábitat o la introducción de especies exóticas, pueden amenazar gravemente la integridad de las interacciones. Hemos observado que la introducción de una planta exótica roba literalmente las visitas de las abejas melíferas a las especies nativas, de modo que éstas pasan a ser polinizadas por otros insectos. También hemos podido comprobar que la extinción de ciertos frugívoros, como los lagartos gigantes de Canarias, provoca un colapso en las poblaciones de plantas con frutos grandes, que dependen de ellos para su dispersión (Cuadro 2). Al igual que las especies, las interacciones también pue-



den extinguirse, aunque sea de una forma mucho más discreta.

### Unos tanto y otros tan poco

La evolución ha dado lugar a un mundo natural lleno de desigualdades. La ensordecedora llamada de miles de especies en una hectárea de selva amazónica contrasta con el silencio casi absoluto de los bosques europeos. Con los anfibios tropicales americanos como modelo de estudio, intentamos comprender por qué ciertas regiones del planeta llegan a albergar una extraordinaria biodiversidad y cómo se distribuyen sus especies. Así, hemos aprendido que las altas temperaturas aceleran las tasas de mutación en las ranitas de cristal, lo que promueve a su vez una mayor diversificación. Sin embargo, la velocidad a la que se producen los cambios evolutivos más rápidos sólo es equiparable a la rapidez con la que evolucionan las herramientas que empleamos para evaluarlos.

Ranita de San Antonio (*Hyla arborea*) sobre la rejilla de un tanque experimental en la Reserva Biológica de Doñana (foto: Pablo Burraco).



Cuadro 3

### NUEVAS TECNOLOGÍAS AL SERVICIO DE LA CONSERVACIÓN: PROYECTO HORUS

“Gracias a nuestras cámaras, hemos descubierto que B[D.N] y B[7.T] han pasado la noche juntos.” Una frase como esta, quizá evoque la sintonía o el logo de algún programa de televisión de alta audiencia. Pero nada más lejos de la realidad. B[D.N] y B[7.T] son los códigos de las anillas de una pareja de cernicalos primilla (*Falco naumanni*) que hemos seguido a través de las cámaras instaladas en el interior de las cajas-nido que utilizan para criar, como si de un *reality show* se tratase (imágenes accesibles en <http://horus.ebd.csic.es>).

Estos niales inteligentes, además de las cámaras que nos informan de lo que ocurre en su interior a cada momento, están dotados de un lector que reconoce el chip que cada individuo lleva en su anilla, lo que nos permite saber quién utiliza las cajas-nido. También disponen de una balanza de precisión, con la que obtenemos el peso de cada ave; sensores de temperatura y humedad, que registran las condiciones ambientales; y una trampa que podemos accionar desde el teléfono móvil para capturar a ese cernicalo que llevamos semanas vigilando y colocarle un dispositivo GPS que nos informará de sus actividades cuando se encuentre fuera del nido.

Un claro ejemplo de las nuevas tecnologías que utiliza la EBD en sus proyectos de investigación, aunque no el único. Las cámaras ubicadas en el Parque Nacional de Doñana nos permiten acceder en tiempo real a un nido de águila imperial o al cubículo de cría en cautividad de un lince ibérico. Al mismo tiempo, las cámaras ubicadas en plena selva maya nos permiten saber por dónde se mueven los jaguares.

Pollos de cernicalo primilla (*Falco naumanni*) en una caja nido controlada por una cámara instalada en su interior (foto: Jesús Hernández-Pliego).



### Tienes un e-mail

A través de un correo electrónico, el collar GPS de un jaguar nos informa de sus movimientos más recientes a través de la densa selva de Belice. Tras recibirlo, recorreremos su camino, recogiendo excrementos del felino. Pero, ¿qué podemos aprender de unos simples excrementos? En el laboratorio, las técnicas moleculares más novedosas pueden indicarnos no sólo a qué especie pertenecen, sino también a qué individuo,

quiénes son sus familiares, qué ha comido o si tiene parásitos. En el caso de animales frugívoros, el análisis molecular de sus excrementos puede decirnos de qué semillas se alimentan, de qué plantas proceden y a qué distancia se encuentran de ellas. Además de la valiosa información contenida en los genes, nos servimos de diversas moléculas para estudiar





La visión naturalista y descriptiva de nuestros primeros investigadores ha dado paso a un nuevo escenario donde biólogos, matemáticos, veterinarios, químicos y economistas están obligados a entenderse.

Aunque las nuevas tecnologías han revolucionado el trabajo de campo, los cuadernos de anotaciones siempre resultarán útiles (foto: Marta Pérez-López).

aspectos muy diferentes de la biología de los organismos. En este sentido, estudiamos las enzimas antioxidantes que protegen a los renacuajos de las sustancias tóxicas que se generan en sus células durante episodios de estrés, así como los pigmentos que confieren coloración críptica a los huevos de algunas aves limícolas.

Las nuevas tecnologías han revolucionado la toma de datos sobre el terreno y hoy al tradicional cuaderno de campo se unen modernos dispositivos móviles, como GPS y tabletas (Cuadro 3). Todo esto genera, a su vez, una ingente cantidad de información que dificulta su análisis mediante métodos tradicionales. Sin ir más lejos, el proyecto Genoma del Lince Ibérico generó alrededor de 4 terabytes de datos en bruto, que equivalen al contenido de unos 900 DVD. Para







gestionar tal cantidad de datos, usamos centros de supercomputación donde los almacenamos y analizamos de forma precisa. Asimismo, se han desarrollado nuevos métodos y herramientas que nos permiten explorar escenarios futuros y actuar de manera preventiva. Por ejemplo, en el caso de las especies invasoras, el estudio de su distribución actual nos ayuda a predecir su expansión futura y, por tanto, facilita notablemente su manejo.

### El horizonte de Doñana

Medio siglo más tarde, estamos abordando de forma innovadora buena parte de las viejas cuestiones que plantearon los trabajos pioneros

Hembra de lince ibérico, con un cachorro de cuatro semanas de vida, en el centro de cría en cautividad de El Acebuche (Parque Nacional de Doñana). Una de las líneas de investigación de la EBD está dedicada a descifrar el genoma de esta especie (foto: Programa de Conservación *ex situ* del Lince Ibérico).

desarrollados en la EBD. Pero, por cada respuesta, surge un abanico de nuevas preguntas. Los complejos retos impuestos por el rápido avance del conocimiento científico exigen aproximaciones multidisciplinarias que permitan encarar cada problema desde perspectivas muy distintas. Por ello, la visión naturalista y descriptiva que adoptaron nuestros primeros investigadores ha dado paso a un nuevo escenario más integrador, donde biólogos, matemáticos, veterinarios, químicos, economistas y empresarios están abocados a entenderse y colaborar. Muchos de estos nuevos retos pasan necesariamente por conseguir una mayor transferencia

de la ciencia a la sociedad a través de la divulgación y una participación directa de la ciudadanía. Sin embargo, la actual situación de incertidumbre que la EBD comparte con tantos otros centros de investigación científica, y que los jóvenes investigadores sufrimos especialmente, dificulta en grado sumo esta tarea. Pese a todo, al cumplir su primer medio siglo, la Estación mantiene la puerta entreabierta, quizás por si a algún estudiante aún le sobrara verano o, tal vez, por si alguno de los que se marcharon quisiera regresar a casa. Nosotros, tus estudiantes, anónimos granos de arena de cualquier duna en Doñana, soplaremos las velas. ¡Feliz cumpleaños! ☼



### Autores

Los firmantes de este artículo realizan su tesis doctoral en la Estación Biológica de Doñana (EBD). En la foto de grupo, ante la sede de la EBD en el Parque Nacional de Doñana, aparecen los siguientes. Fila superior, de izquierda a derecha: Ester Polaina, Rocío Rodríguez, Pablo González-Moreno, David Pastor-Beviá, Jesús Hernández-Pliego, Jesús Gómez, Néstor Pérez-Méndez y Carlos Camacho (los dos últimos han actuado como coordinadores). Fila inferior, también de izquierda a derecha: Noa González-Borrajó, Martina Ferraguti, Álvaro Dugo-Cota, Elena Marmesat, Miguel Jácome, Ana Montero-Castaño, Marcello D'Amico, María Candelaria Rodríguez-Rodríguez y Pablo Burraco. No aparecen en la foto otros dos autores: Luis José Gilarranz y Carolina Soto-Navarro.

**Dirección de contacto:** Néstor Pérez Méndez · Estación Biológica de Doñana (CSIC) · Avenida Américo Vespucio, s/n · Isla de la Cartuja · 41092 Sevilla · Correo electrónico: nestorperezmenendez@gmail.com