

- Bosques y la Biodiversidad de España frente al cambio climático*. MAGRAMA. Madrid.
- Raxworthy, C.J., Pearson, R.G., Rabibisoa, N., Rakotondrazafy, A.M., Ramanamanjato, J.B., Raselimanana, A.P., Wu S., Nussbaum, R.A. & Stone, D.A. 2008. Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. *Global Change Biology*, 14: 1703–1720.
- Santos, X., Roca, J., Pleguezuelos, J.M., Donaire, D., & Carranza, S. 2008. Biogeography and evolution of the Smooth snake *Coronella austriaca* (Serpentes: Colubridae) in the Iberian Peninsula: evidence for Messinian refuges and Pleistocenian range expansions. *Amphibia-Reptilia*, 29: 35–47.
- Santos, X., Brito, J.C., Caro, J., Abril, A.J., Lorenzo, M., Sillero, N. & Pleguezuelos, J.M. 2009. Habitat suitability, threats and conservation of isolated populations of the smooth snake (*Coronella austriaca*) in the southern Iberian Peninsula. *Biological Conservation*, 142: 344–352.
- Schröter, D., Cramer, W., Leemans, R., Prentice, I.C., Araújo, M.B., Arnell, N.W., Bondeau, A., Bugmann, H., Carter, T.R., Gracia, C.A., de la Vega-Leinert, A.C., Erhard, M., Ewert, F., Glendining, M., House, J.I., Kankaanpää, S., Klein, R.J.T., Lavorel, S., Lindner, M., Metzger, M.J., Meyer, J., Mitchell, T.D., Reginster, I., Rounsevell, M., Sabate, S., Sitch, S., Smith, B., Smith, J., Smith, P., Sykes, M.T., Thonicke, K., Thuiller, W., Tuck, G., Zaehle, S. & Zierl, B. 2005. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310: 1333–1337.
- Segura, C., Feriche, M., Pleguezuelos, J.M., & Santos, X. 2007. Specialist and generalist species for habitat use: implications for conservation assessment in snakes. *Journal of Natural History*, 41: 2765–2774.
- Sillero, N., Argaña, E., Matos, C., Correia, E., Carneiro, C. & Gomes, V. 2012. Unexpected low population levels of *Podarcis carbonelli* in southern Salamanca (Spain). *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 23: 69–73.
- Sinervo, B., Méndez-de-la-Cruz, F., Miles, D.B., Heulin, B., Bastiaans, E., Villagrán-Santa Cruz, M., Lara-Resendiz, R., Martínez-Méndez, N., Calderón-Espinosa, M.L., Meza-Lázaro, R.B., Gadsden, H., Ávila, L.J., Morando, M., De la Riva, I.J., Sepúlveda, P.V., Duarte, C.F., Ibarquigoytia, N., C Puntriano, C.A., Massot, M., Lepetz, V., Oksanen, T.A., Chapple, D.G., Bauer, A.M., Branch, W.R., Clobert, J. & Sites, Jr. J.W. 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science*, 328: 894–899.
- Taberlet, P., Fumagalli, L., Wust-Saucy, A.G., & Cosson, J.F. 1998. Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. *Molecular Ecology*, 7: 453–464.
- Zamora-Camacho, F.J., Reguera, S., Moreno-Rueda, G., & Pleguezuelos, J.M. 2013. Patterns of seasonal activity in a Mediterranean lizard along a two thousand and two hundred meters altitudinal gradient. *Journal of Thermal Biology*, 38: 64–69.

Seguimiento de anfibios y reptiles en Doñana

Ana C. Andreu

Equipo de Seguimiento de Procesos Naturales de la ICTS-RBD de la Estación Biológica de Doñana, CSIC. C.e.: acandreu@ebd.csic.es

Fecha de aceptación: 4 de marzo de 2015.

Key words: monitoring, amphibians, reptiles, Doñana.

El seguimiento de anfibios y reptiles se inicia en Doñana en 2003 como parte de un amplio programa de seguimiento que incluye especies emblemáticas como el lince ibérico o el águila imperial; especies clave en las cadenas tróficas como el conejo; comunidades como la de las aves acuáticas o procesos como la inundación de la marisma.

El Programa de Seguimiento de Procesos y Recursos Naturales de Doñana (PSD) se diseñó como respuesta a la necesidad de los gestores del espacio protegido de tomar decisiones de conservación informadas. Es por lo

tanto un instrumento eminentemente práctico y dinámico que proporciona información sobre la biodiversidad y el estado de conservación de Doñana, mediante la generación de series continuas de datos sobre temas como la distribución y abundancia de especies y comunidades determinadas y su variación tanto en el tiempo como en el espacio.

Antes de continuar, es necesario aclarar que, cuando hablamos de Doñana, nos referimos al Espacio Natural Doñana (END), situado en el estuario del Guadalquivir, a caballo de tres provincias: Huelva, Sevilla y

Cádiz. El END está formado por la unión del Parque Nacional (542,51 km²) y el Parque Natural (538,35 km²), ambos gestionados por la Junta de Andalucía. Se diferencian en el nivel de protección, que es muy alto en el caso del primero ya que sólo se permiten algunos usos tradicionales, muy reglamentados, mientras que en el Parque Natural las restricciones son menores.

Doñana cuenta con cuatro grandes ecosistemas: la marisma, la zona de arenas estabilizadas cubierta de matorral mediterráneo y pinares, las dunas móviles y la zona de playa con su litoral adyacente. El área es un mosaico de hábitats, entre los que sobresalen por su diversidad y abundancia los acuáticos.

¿Qué es y para qué sirve un plan de seguimiento?

Se ha definido el seguimiento ambiental como un proceso de recogida protocolizada de información con objetivos claramente definidos, científicamente válidos y que den respuesta a necesidades reales de gestión (Lindenmayer & Likens, 2010). Debe centrarse en indicadores, utilizar técnicas de muestreo adecuadas que generen resultados no sesgados y robustos (Reynolds *et al.*, 2011). Debe asimismo ser económicamente sostenible a largo plazo ya que uno de los mayores valores de un seguimiento es la generación de series temporales de datos de larga duración (Yoccoz *et al.*, 2001).

En Doñana, para cada seguimiento elegido se diseñó un protocolo con el asesoramiento de científicos expertos. Cada protocolo define unos objetivos, las variables concretas a seguir, las localidades de muestreo, la metodología a usar, el calendario y periodicidad de los censos o muestreos y los resultados a obtener. La toma de datos se hace, en la mayor parte de los pro-

tolos, a través de tabletas informáticas dotadas de GPS, en las que se han implementado secuencias específicas para cada tipo de muestreo, con el programa Cybertracker. Tanto los protocolos como los resultados de los seguimientos pueden consultarse “on line” en: <http://www-rbd.ebd.csic.es/Seguimiento/seguimiento.htm>.

¿Por qué el seguimiento de anfibios y reptiles?

En Doñana viven y se reproducen 11 especies de anfibios y 24 de reptiles, una invasora incluida, entre los que se cuentan nueve endemismos ibéricos (Tabla 1). Además, cinco especies de tortugas marinas visitan las costas de Doñana: *Caretta caretta* y *Dermochelys coriacea*, ambas comunes en este litoral; *Chelonia mydas*, más escasa, y *Lepidochelys kempii* y *Eretmochelys imbricata*, con muy pocas citas en el área. Por todo ello, Doñana está considerada una de las áreas más ricas en herpetos de la Península Ibérica (Mateo, 2002).

A nivel global, las comunidades de anfibios y reptiles han sufrido importantes declives durante las últimas décadas (Gibbons *et al.*, 2000; Collins & Storfer, 2003), y, de hecho, un 48,6% de las especies de herpetos españolas están catalogadas bajo algún tipo de amenaza (Márquez & Linaza, 2002). Los seguimientos de herpetos que se realizan en Doñana se centran en anfibios, lagartijas y salamanquesas, tortugas terrestres y galápagos.

Seguimiento de la distribución y abundancia relativa de anfibios

La comunidad de anfibios está compuesta en Doñana por 11 especies, cinco de ellas endemismos ibéricos (Tabla 1). Esta comu-

Tabla 1. Anfibios y reptiles con poblaciones reproductoras en Doñana. No se incluyen las tortugas marinas que visitan el litoral. Se incluye la especie invasora *T. s. elegans*. Entre paréntesis se dan las referencias utilizadas: 1. Díaz-Paniagua *et al.*, 2005; 2. Keller, 1997; 3. Andreu *et al.*, 2000; 4. Datos de Seguimiento; 5. Valverde, 1967; 6. Díaz-Paniagua & Rivas, 1987; 7. Román *et al.*, 2006; 8. Colección de la Estación Biológica de Doñana. End. ibérico = Endemismo ibérico.

Especie	Nombre común	End. ibérico	Hábitat en Doñana	Situación en Doñana
Anfibios				
<i>Triturus pygmaeus</i>	Tritón pigmeo	si	Lagunas temporales	Común (1, 4)
<i>Lissotriton boscai</i>	Tritón ibérico	si	Lagunas temporales	Común (1,4)
<i>Pleurodeles waltl</i>	Gallipato		Lagunas permanentes, temporales y marisma	Abundante (1,4)
<i>Alytes cisternasii</i>	Sapo partero ibérico	si	Arroyos. Distribución restringida	Escaso (1,4)
<i>Discoglossus galganoi</i>	Sapillo pintojo ibérico	si	Lagunas temporales	Común (1,4)
<i>Pelobates cultripes</i>	Sapo de espuelas		Lagunas permanentes, temporales y marisma; matorral mediterráneo	Abundante (1,4)
<i>Pelodytes ibericus</i>	Sapillo moteado meridional	si	Marisma	Común (1,4)
<i>Bufo spinosus</i>	Sapo común		Lagunas permanentes, matorral mediterráneo	Escaso (1,4)
<i>Bufo calamita</i>	Sapo corredor		Lagunas temporales, matorral mediterráneo	Común (1,4)
<i>Hyla meridionalis</i>	Ranita meridional		Lagunas permanentes, temporales y marisma	Abundante (1,4)
<i>Pelophylax perezi</i>	Rana verde común		Lagunas permanentes, temporales y marisma	Abundante (1,4)
Reptiles				
<i>Emys orbicularis</i>	Galápago europeo		Lagunas permanentes y temporales	Común (2,4)
<i>Mauremys l. leprosa</i>	Galápago leproso		Lagunas permanentes y temporales	Abundante (2,4)
<i>Testudo g. graeca</i>	Tortuga mora		Matorral mediterráneo, praderas y valles interduñares húmedos	Común (3,4)
<i>Trachemys scripta elegans</i>	Galápago de Florida		Lagunas permanentes y arroyos	Invasora. Escasa (4) Plan de extracción activo
<i>Hemidactylus turcicus</i>	Salamanquesa rosada		Restringida a núcleos urbanos	No hay datos
<i>Tarentola mauritanica</i>	Salamanquesa común		Construcciones, matorral con arbolado disperso	Común (4)
<i>Chalcides b. bedriagai</i>	Eslizón ibérico	si	Matorral mediterráneo y pinares	Común (5)
<i>Chalcides striatus</i>	Eslizón tridáctilo		Matorral mediterráneo	Raro (5)
<i>Blanus mariae</i>	Culebrilla de María	si	Matorral mediterráneo y pinares cercanos a zonas húmedas	Común (6)
<i>Acanthodactylus erythrurus</i>	Lagartija colirroja		Dunas y matorral mediterráneo abierto	Común (4,5)
<i>Psammodromus algirus</i>	Lagartija colilarga		Matorral mediterráneo, pinares y dunas	Común (4,5)
<i>Psammodromus occidentalis</i>	Lagartija occidental ibérica	si	Matorral mediterráneo abierto	Rara (4)
<i>Podarcis carbonelli</i>	Lagartija de Carbonell	si	Matorral mediterráneo cercano a zonas húmedas	Común (4, 6, 7)
<i>Podarcis vaucheri</i>	Lagartija andaluza		Restringida a construcciones	No hay datos
<i>Timon lepidus</i>	Lagarto ocelado		Matorral mediterráneo	Común hace unos años (5,8) Escaso ahora (4)
<i>Chamaeleo chamaeleon</i>	Camaleón común		Pinares y matorral mediterráneo cercano a zonas húmedas	Escaso. Distribución restringida (4)
<i>Coronella girondica</i>	Culebra lisa meridional		Matorral mediterráneo	Común (5,8)
<i>Hemorrhois hippocrepis</i>	Culebra de herradura		Matorral mediterráneo	Escasa (8)
<i>Macroprotodon brevis</i>	Culera de cogulla occidental		Matorral mediterráneo	Raro (8)
<i>Rhinechis scalaris</i>	Culebra de escalera		Matorral mediterráneo y pinares	Común (5,8)
<i>Natrix maura</i>	Culebra viperina		Lagunas permanentes, temporales, arroyos, caños marismenos y pastizales y matorral perimarismenos	Común (5,8)
<i>Natrix natrix</i>	Culebra de collar		Matorral mediterráneo y praderas	Raro (4,8)
<i>Malpolon monspesulanus</i>	Culebra bastarda occidental		Matorral mediterráneo, pinares, vetas de la marisma	Común (5,8)
<i>Vipera latastei</i>	Víbora hocicuda		Matorral mediterráneo y dunas	Común (5,8)

nidad ha sido bien estudiada en Doñana desde hace décadas (véase una revisión en Díaz-Paniagua *et al.*, 2005).

Los anfibios dependen, al menos durante el período reproductivo, de la existencia de un medio acuático adecuado. Doñana alberga una importante y diversa red de charcas y lagunas temporales de carácter mediterráneo y una extensa marisma estacional de aguas dulces y salobres. Estos hábitats han sufrido un grave declive en Europa, por lo que están considerados como hábitats prioritarios en la Unión Europea (Bartolome *et al.*, 2005; Díaz-Paniagua *et al.*, 2010). El seguimiento de la comunidad de anfibios forma parte del seguimiento integral de estos hábitats prioritarios, en el que también se genera información sobre la cantidad y calidad del agua, la vegetación acuática, los invertebrados y los peces.

Este protocolo, que acumula 12 años de datos en la actualidad, tiene como objetivos concretos: comparar a lo largo del tiempo la riqueza de especies y su abundancia relativa en cada punto de muestreo. Para ello se precisa detectar la presencia de cada una de las especies de anfibios presentes. Un segundo objetivo, importante dado la gran variabilidad hidrológica interanual que se da en Doñana, es registrar anualmente qué especies han completado con éxito el desarrollo larvario, es decir, en cuáles se detectan metamórficos o jóvenes adultos. Los muestreos se llevan a cabo en 39 puntos de agua, en los que están representados los diferentes tipos presentes en Doñana: lagunas permanentes y temporales, charcas efímeras, arroyos y marisma.

Cada año se realizan dos muestreos, uno invernal, entre octubre y febrero, que se inicia 15 días después de que se hayan inundado la marisma y las lagunas temporales; y un muestreo primaveral, en abril y mayo. La rea-

lización de dos campañas permite detectar todas las especies de anfibios de Doñana, aunque su reproducción comience con las primeras lluvias o se retrase hasta el final de la primavera y sea cual sea la duración de su período larvario. Los muestreos se realizan de día ya que un muestreo nocturno, habitual en anfibios, supondría un coste laboral inasumible. El objetivo principal del muestreo se centra en la detección de las larvas, que están presentes en el medio acuático, como mínimo durante un mes en las especies con período larvario más corto (Díaz-Paniagua *et al.*, 2005).

Para la detección de los anfibios se han combinado cuatro técnicas: prospección visual, escuchas, mangueros y nasas. Se consideró necesario utilizar este abanico de métodos para poder hacer frente a las diferentes estrategias reproductoras de las especies de anfibios presentes en Doñana, así como a la alta diversidad temporal de los medios acuáticos, muy dependientes de las precipitaciones y por lo tanto muy variables entre sí y entre años.

El muestreo comienza registrando, una vez en el punto de muestreo, si hay o no agua. La prospección visual de las orillas, zonas poco profundas y charcas periféricas, si las hay, se realiza durante un período de cinco minutos, siempre que el agua esté clara, y permite detectar la presencia de adultos, puestas y larvas. Con la escucha, que dura todo el tiempo que se está en el punto de muestreo, se detectan al menos tres especies que cantan durante el día: *Pelophylax perezi*, *Hyla meridionalis* y *Bufo spinosus*.

En las zonas encharcadas de los alrededores de la cubeta principal y en ésta, siempre que no sea posible la colocación de nasas, se realizan un máximo de 10 mangueros, con una separación de unos 5 m entre unos y otros y preferentemente en zonas con vegetación acuática.

Cada manguero consiste en hacer tres pasadas consecutivas (ida -vuelta-ida) por el fondo y columna de agua del humedal con una manga (véase Figura 1a). Con los mangueros se capturan principalmente larvas.

En las lagunas y arroyos se instalan hasta un máximo de cinco nasas y hasta nueve en el caso de la marisma, aunque el número va a depender de la extensión del humedal en cada momento. Las nasas, destinadas inicialmente a la captura de invertebrados acuáticos y peces, capturan también muchos anfibios, tanto adultos como larvas y, especialmente en áreas con grandes extensiones de agua y cierta profundidad, como la marisma o las grandes lagunas, son más efectivas que los mangueros. Se trata de un arte de pesca tradicional compuesto de una red montada sobre cuatro aros de tamaño decreciente que, en su interior, presenta tres compartimentos o muertes, cada uno de ellos con una entrada pequeña en forma de embudo. En la parte delantera lleva un lienzo de red que sirve para redireccionar hacia la trampa a los animales que se topan con ella (Figura 1b). Las nasas se instalan en lugares donde el agua tenga una profundidad de entre 20 y 60 cm, en zonas con vegetación acuática preferentemente y a una distancia, unas de otras, de unos 10 m. Las nasas han de colocarse de tal modo que, al menos la última muerte, quede con la parte superior fuera del agua para evi-

tar el ahogamiento de los animales aerobios que se puedan capturar. Se dejan actuar durante 24 horas.

Se contabilizan todos los ejemplares capturados o vistos por especie, diferenciando por clases de edad: larva, metamórfico, juvenil y adulto, y estos últimos por sexo. Todos los animales capturados se devuelven al agua en el menor tiempo posible.

Para llevar a cabo este seguimiento se necesita un mínimo de dos personas, siendo mejor tres. La duración media de las dos campañas es de unos 60 días.

Los datos recogidos permiten construir tablas de presencia/ausencia por especie, localidad y año y conocer en qué especies se han detectado metamórficos o juveniles por punto de muestreo. Con estos datos se puede calcular la abundancia relativa de cada especie como número de localidades en que aparece y estimar la riqueza relativa de especies de cada localidad. Adicionalmente las capturas de las nasas permiten estimar la abundancia relativa de cada especie en cada localidad como el número medio de larvas capturadas por nasa. Como ejemplo de los resultados que se obtienen, en la Figura 2 se muestra la abundancia relativa de cada especie en Doñana, estimada como el número de localidades en las que ha aparecido cada especie en el último año frente a la media de años anteriores. Como era de esperar, las especies más abundantes en Doñana son aquellas que ocupan un número mayor de hábitats. Es el caso de *P. perezii*, *Pleurodeles waltl*, *Pelobates cultripes* y *H. meridionales*, especies que se encuentran tanto en la marisma, como en las lagunas temporales o permanentes. Por otra parte el menor número de localidades dónde se han detectado anfibios este año tiene que ver con una precipitación anual, en 2013-2014, por debajo de la



Figura 1. a: Manguero de anfibios en la Vera de la marisma. b: Nasa camaronera para la captura de anfibios, calada en una laguna temporal de Doñana.

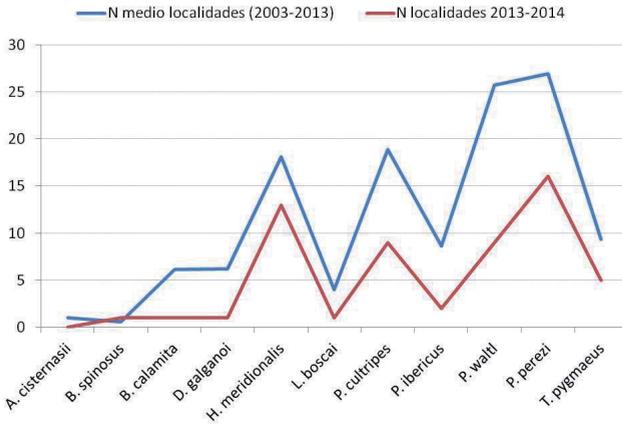


Figura 2. Número de localidades en las que se ha detectado este año cada una de las especies de anfibios de Doñana y número medio de localidades en las que se ha encontrado cada especie en los 11 años anteriores de seguimiento en Doñana.

media en Doñana, lo que se traduce en un menor número de localidades inundadas, en las cuales la detección de anfibios es cero.

Como complemento al seguimiento de anfibios se sigue la evolución de la inundación de los medios acuáticos temporales de Doñana. Para ello se visitan mensualmente 18 charcas y lagunas, registrándose en cada visita si hay o no hay agua, y en caso positivo, la extensión y profundidad en un punto fijo. En el caso de la marisma, un área muy extensa y dónde es difícil moverse cuando está inundada, el seguimiento de la inundación se hace a partir de un protocolo especial de tele-detección que usa imágenes de satélite tomadas con una periodicidad mensual (véase <http://www.ebd.csic.es/Website1/Zesp/Sede%20Central/LabSIG.aspx>).

Seguimiento de la distribución y abundancia relativa de escamosos en Doñana

El seguimiento de escamosos se centra en ocho especies que incluyen cinco especies de lagartijas: *Acanthodactylus erythrurus*, *Podarcis carbonelli*, *Podarcis vaucheri*, *Psammodromus algirus* y *Psammodromus occidentalis*; un lagarto: *Timon lepidus* y dos salamanguetas: *Tarentola mauritanica* y *Hemidactylus turcicus*. Quedan

fuera de este seguimiento las especies de hábitos fosoriales como la culebrilla ciega o los eslizones, y el camaleón, que precisan de metodologías distintas de muestreo. Dos especies son de particular interés, *P. carbonelli*, un endemismo del oeste de la Península Ibérica que tiene en Doñana una población aislada (Carretero, 2008) y, *T. lepidus*, que ha sufrido un fuerte declive en Doñana en las últimas décadas (Mateo, 2011).

El protocolo de muestreo consiste en censar los individuos avistados mientras se hacen recorridos a pie por transectos que discurren por caminos o bien campo a través. Al ser el sustrato arenoso se registran también las huellas de *T. lepidus*, fácilmente distinguibles de las de las lagartijas. Dado que los avistamientos no son abundantes en general, se decidió aprovechar la existencia de pasarelas de madera, destinadas a uso público en Doñana, que son muy utilizadas por estos reptiles, probablemente por el refugio que brindan. En total se llevan a cabo siete transectos que totalizan más de 15 km y varían entre 1 y 4,5 km de longitud. Tres de los transectos discurren en dunas, tres en zonas de matorral mediterráneo y uno en bosque de ribera. Un transecto dunar y otro de matorral se realizan en pasarelas de uso público. Los censos se llevan a cabo, anualmente, entre abril y junio y en

septiembre-octubre, meses de máxima actividad de estos reptiles en Doñana y se realizan tres réplicas de cada transecto por año. Los censos los realiza una sola persona que invierte unos 11 días al año de media.

Se censa únicamente en días soleados y sin viento, comenzando el recorrido una hora después de la salida del sol y terminando antes de mediodía, para cubrir el período de calentamiento matinal de estos reptiles. Durante el censo se registran todos los individuos vistos en una franja de 6 m al frente y de 3 m a cada lado de la línea por la que avanza el censador. Se utilizan prismáticos de foco corto y cámara fotográfica para facilitar la identificación. De cada animal avistado se registra, la especie, el sexo, si es juvenil o adulto, y otros datos como la actividad que realiza, si está mudando, o si tienen o no la cola cortada o regenerada. En caso de encontrar personas o vehículos durante los transectos, se suspende el muestreo durante cinco minutos para que se disipe el efecto de los mismos sobre los animales.

Los resultados de nueve años de seguimiento son consistentes para cuatro especies, ampliamente distribuidas y abundantes en Doñana. Se trata de *A. erythrurus*, *P. algirus*, *P. carbonelli* y *T. mauritanica*. El resto de especies apenas ha sido encontrado. Los escasos avistamientos confirman la escasez de *T. lepidus* en Doñana ya que sólo hemos registrado su presencia en cuatro ocasiones, a pesar de ser bastante común en el pasado (Valverde, 1967). La escasez de *T. lepidus* en Doñana se ha asociado al declive del conejo, en la década de 1950 con la llegada de la mixomatosis y ya en la década de 1980 con la aparición de la neumonía vírica. Al derrumbarse las poblaciones del conejo, presa fundamental de los numerosos carnívoros y rapaces de Doñana, se habría pro-

ducido una deriva de éstos hacia presas sustitutorias entre las que estaría *T. lepidus*, provocando un declive en cadena (Román *et al.*, 1999; Mateo, 2011).

En cuanto a *P. occidentalis*, ha sido visto sólo en dos ocasiones durante los censos, lo que también apunta a su escasez en Doñana. A este respecto hay que recordar que Valverde (1967) la considera como ausente de Doñana. Por otra parte, *P. vaucheri*, una especie saxícola, está restringida en Doñana a las zonas habitadas, donde las construcciones juegan el papel de las rocas, y no aparece en los seguimientos al no hacerse ningún recorrido por zonas urbanas. Una situación similar se da con *H. turcicus* que, al igual que la especie anterior, solo se ha citado en pueblos de la comarca de Doñana.

Seguimiento de la distribución y estructura poblacional de los galápagos de Doñana

Doñana cuenta con poblaciones importantes de las dos especies de galápagos ibéricos, *Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis* (Keller, 1997). Estos reptiles dependen para vivir de la existencia de puntos de aguas permanentes o que al menos perduren hasta bien entrado el verano. Las lagunas y cauces permanentes son escasos en Doñana y, en la actualidad, se están transformando en temporales debido a la sobreexplotación de los acuíferos en el entorno del espacio protegido (Díaz-Paniagua, 2014). Adicionalmente, las previsiones de cambio climático para Doñana indican un futuro con disminución de las precipitaciones (Fernández & Barrera, 2006), lo que incidiría de nuevo en la desaparición de las lagunas permanentes de Doñana y, por tanto, en la viabilidad de las poblaciones de galápagos. La existencia de información pre-

via, tanto sobre la distribución como sobre la estructura poblacional de ambas especies en Doñana (Keller *et al.*, 1995, 1998; Keller, 1997), incidió en la elección de estos reptiles como objetivo de seguimiento.

Tanto para el seguimiento de la distribución como para el de la estructura poblacional se hacen trampeos con nasas galapagueras (más grandes que las empleadas para anfibios). De cada galápagos capturado se anota la especie, el sexo, el peso, la longitud del espaldar y la del peto, y el número con el que se le marca si no lo estuviera ya. A este respecto hay que señalar que, en Doñana, se usa desde hace décadas un sistema de marcado permanente e inocuo para galápagos y tortugas. Consiste en la realización de muescas en las placas marginales del espaldar, siguiendo una clave numérica que dota a cada animal con un número propio (Figura 3). Todos los animales capturados se devuelven al medio una vez medidos y marcados. Los muestreos se llevan a cabo entre mayo y julio, en la época de máxima actividad de estos reptiles.

El seguimiento de la distribución se lleva a cabo en 23 lagunas y arroyos repartidos por toda la comarca de Doñana, que se visitan

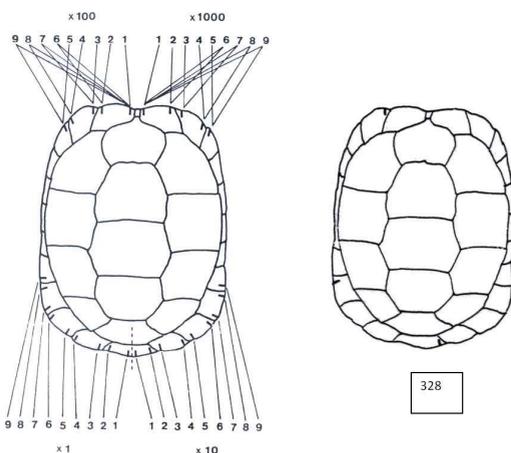


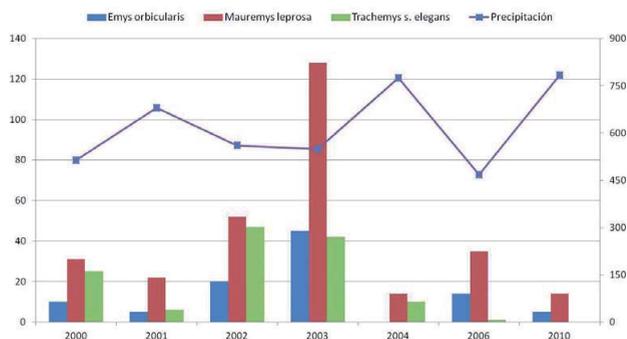
Figura 3. Clave de marcado usada en tortugas y galápagos de Doñana. A la derecha, ejemplo de cómo se marcaría el número 328 en una tortuga.

cada dos años y en los que se coloca un máximo de cinco nasas por localidad durante 24 h. El objetivo en este seguimiento es controlar la presencia de ambas especies a lo largo del tiempo en cada punto muestreado. Para este seguimiento se necesitan dos personas que invierten 10 días al año en su realización.

Para el seguimiento poblacional se muestrean intensivamente cuatro lagunas, en las que se colocan hasta un máximo de 30 nasas simultáneamente, un máximo de tres días consecutivos. Las nasas se revisan diariamente, liberando en cada visita los galápagos capturados. Cada laguna se visita cada cuatro años. El objetivo es conocer en cada localidad y a lo largo del tiempo qué especies están presentes y en qué proporción; obtener una abundancia relativa en base a la unidad de esfuerzo: n° de individuos de cada especie/nasa y día; y caracterizar la estructura poblacional de cada especie en cuanto a razón de sexos, proporción de jóvenes y adultos y estructura de tamaños. Para realizar este muestreo se necesitan cinco personas que invierten de media tres días en cada laguna por año.

La asignación de cada individuo como joven o adulto se hace siguiendo a Keller (1997). En la Figura 4 se muestra la evolución de las tres especies de galápagos presentes en la laguna del Acebuche desde el año 2000 hasta el 2010, como respuesta a la campaña de extracción de *T. scripta* llevada a cabo desde hace más de una década. Los datos anteriores a 2006 se generaron en el marco de proyectos de investigación. Todas las capturas se realizaron con nasas, si bien el esfuerzo de muestreo ha sido muy diferente entre años lo que se refleja en el número absoluto de capturas por año. Es importante señalar también que las capturas bajan en los años lluviosos debido al mayor volumen y extensión de la laguna. Los muestreos de los últi-

Figura 4. Evolución del número de capturas de las tres especies de galápagos presentes en la laguna de El Acebuche. Datos de 2000 a 2002=datos propios; datos de 2003 y 2004 extraídos de Pérez-Santigosa, 2007; datos posteriores de Seguimiento. Todos los ejemplares capturados de *T. scripta* se extrajeron de la laguna.



mos años ponen de manifiesto el éxito de las extracciones de *T. scripta*, que han desaparecido prácticamente de la laguna. En 2014 se debería haber vuelto a muestrear pero las restricciones presupuestarias han supuesto la ampliación del período entre muestreos como medida de ahorro. El programa de extracción mediante trampas asoleadero continuará durante los próximos años hasta que se considere la especie erradicada.

Seguimiento de la distribución y la estructura poblacional de *Testudo graeca*

T. graeca en España está considerada “en peligro” debido a la reducción de efectivos poblacionales, así como a la pérdida de sus hábitats en los últimos años (Andreu, 2002). Por este motivo se decidió diseñar un seguimiento específico para la población de Doñana, una de las dos existentes en la Península Ibérica.

El seguimiento de la distribución tiene como objetivo verificar las variaciones que puedan darse en su distribución conocida (Andreu *et al.*, 2000) y, en especial, verificar la posible expansión de la especie por zonas en las que, en los últimos años, se ha llevado a cabo la tala de eucaliptos con la consiguiente recuperación de la vegetación natural. El protocolo consiste en hacer conteos de huellas en transectos por caminos con sustrato arenoso.

Se realizan 10 transectos, ocho por zonas con presencia de tortugas y dos por áreas sin tortugas, en los que se está regenerando el matorral mediterráneo. La longitud total de los transectos es de 55 km.

Los transectos se realizan por caminos, desde un coche todoterreno que circula a baja velocidad, y en los transectos campo a través, a pie. En el primer caso intervienen dos personas, el conductor del vehículo y el censador. En los transectos a pie sólo el censador. Los censos se llevan a cabo durante días sin lluvia o viento y que hayan sido precedidos por al menos dos días con iguales condiciones meteorológicas, para asegurar que los animales estén activos. Cada transecto se repite tres veces, con un intervalo mínimo de 10 días, durante la época de máxima actividad de las tortugas, desde febrero hasta finales de abril y en octubre. Este seguimiento supone 12 días de muestreo al año. La periodicidad de estos censos es bienal.

Con estos datos se obtiene un mapa de localizaciones y una estima de la abundancia relativa expresada en nº de huellas/km. El resultado más relevante hasta el momento es la estabilidad de la distribución de la especie en Doñana.

El seguimiento de la estructura poblacional de *T. graeca*, por otra parte, tiene como objetivo conocer la evolución temporal de la razón de sexos y la estructura de edades de estas tortugas en un área concreta de 0,45 km² de superficie,

que tiene una de las mayores densidades de estos quelonios en el Parque Nacional. Se cuenta como dato de partida con los parámetros poblacionales para esta misma población correspondientes a las décadas de 1980 y 1990 (Andreu *et al.*, 2000).

El área se censa intensivamente cada 10 años, durante tres primaveras consecutivas, con el objetivo de capturar un mínimo de 75 individuos distintos por año, lo que supone entre seis y 10 días de censos por año. En cada censo participan un mínimo de ocho personas. Los censos se realizan en días despejados, con temperaturas moderadamente cálidas y sin viento, durante los cuales los censadores recorren a pie la zona buscando tortugas, procurando cubrir todo el área. De cada tortuga capturada se registra el número con el que está marcado (Figura 3), el sexo, la longitud de espaldar y peto, el peso y el número de anillos de crecimiento contados en la placa ventral derecha. Se anota también cualquier observación sobre enfermedades, lesiones, etc. Una vez medido el animal se suelta en el mismo lugar donde se encontró.

Al final de cada campaña de tres años se construye una tabla de edades con todas las tortugas distintas capturadas que estaban vivas en el primer año de censo, esto es, todas las capturadas en ese año, más todas las nuevas capturadas en los dos años siguientes, a las que se incluye en la tabla con uno o dos años menos de edad respectivamente. La comparación de estas estructuras de edades de años distintos permite detectar episodios de bajo o alto reclutamiento, mortalidad, etc. En cualquier caso, con animales tan longevos y de tan baja reposición generacional como las

tortugas, un seguimiento de este tipo solo es esperable que permita detectar tendencias poblacionales con varias décadas de seguimiento.

Futuro del Seguimiento en Doñana

Al cumplirse 10 años del inicio del Seguimiento en Doñana se inició la evaluación de los resultados del PSD, con la participación de científicos y gestores. Estos trabajos se paralizaron en 2012 como consecuencia de la reducción de la financiación en un 75%, lo que obligó a replantear a la baja todos los seguimientos, abandonando algunos y reduciendo en el resto los puntos de muestreo, la periodicidad de los mismos, etc. Desde 2014 sólo hay financiación para el seguimiento de aves acuáticas. En estas circunstancias, en 2014, la Estación Biológica de Doñana asumió la realización del PSD. En 2015 se ha suspendido el Seguimiento en espera de que la presión de los conservacionistas, de la comunidad científica, así como de los gestores del END, consiga revertir la situación y pronto se puedan reanudar los trabajos de Seguimiento en este espacio emblemático para la conservación en España.

AGRADECIMIENTOS: A I. Román, D. Paz, D. López, y M. Máñez, del Equipo de Seguimiento de la Estación Biológica de Doñana, que han hecho posible el seguimiento de anfibios y reptiles. El Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España financió el Seguimiento de 2003 a 2007 y la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía de 2007 a 2013.

REFERENCIAS

Andreu, A.C. 2002. *Testudo graeca*. 147-150. In: Pleguezuelos, J.M., Márquez, R. & Lizana, M. (eds.), *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza - Asociación Herpetológica Española (2ª impresión). Madrid.

Andreu, A.C., Díaz-Paniagua, C. & Keller, C. 2000. *La tortuga mora (Testudo graeca L.) en Doñana*. Monografías de Herpetología, nº 5. Asociación Herpetológica Española. Barcelona.

Bartolomé, C., Álvarez, J., Vaquero, J., Costa, M., Casermeiro,

- M.A., Giraldo, J. & Zamora, J. 2005. *Los tipos de hábitat de interés comunitario de España. Guía básica*. Ed. Dir. Gral de Biodiversidad. Mº de Medio Ambiente.
- Carretero, M.A. 2008. An integrated assessment of a group with complex systematics: the Iberomaghrebian lizard genus *Podarcis* (Squamata, Lacertidae). *Integrative Zoology*, 4: 247–266.
- Collins, J.P. & Storfer, A. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions*, 9: 89–98.
- Díaz-Paniagua C., Gómez-Rodríguez, C., Porthault, A. & de Vries, W. 2005. *Los anfibios de Doñana*. Naturaleza y Parques Nacionales. Serie Técnica. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente.
- Díaz-Paniagua C., Fernández-Zamudio, R., Florencio, M., García-Murillo, P., Gómez-Rodríguez, C., Porthault, A., Serrano, L. & Siljeström, P. 2010. Temporary ponds from Doñana National Park: a system of natural habitats for the preservation of aquatic flora and fauna. *Limnetica*, 29: 41–58.
- Díaz-Paniagua, C. & Rivas, R. 1987. Datos sobre actividad de anfibios y pequeños reptiles de Doñana (Huelva, España). *Mediterranea*, 9:15–27.
- Díaz-Paniagua, C., Florencio, M., Gómez-Rodríguez, C., Fernández Zamudio, R., Sousa, A., García Murillo, P., Siljeström, P. & Serrano, L. 2014. Las lagunas Doñana siguen estando en peligro. *Quercus*, 340: 37–44.
- Gibbons, J.W., Scott, D.E., Ryan, T.J., Buhlmann, K.A., Tuberville, T.D., Metts, B.S., Greene, J.L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S. & Winner, C.T. 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *BioScience*, 50: 653–661.
- Fernández, M. & Barrera, F.B. 2006. *Doñana y cambio climático: Propuestas para la mitigación de los efectos*. World Wildlife Fund, Madrid. España.
- Keller, C. 1997. *Ecología de poblaciones de Mauremys leprosa y Emys orbicularis en el Parque Nacional de Doñana*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Keller, C., Díaz-Paniagua, C., Andreu, A.C. & Bravo, M.A. 1995. Distribution pattern of freshwater turtles in the Doñana National Park (SW Spain). 192–197. *In: Proceedings of the International Congress on Chelonian Conservation*. Soptom Ed. Gonfaron. France.
- Keller, C., Andreu, A.C. & Ramo, C. 1998. Aspects of the population structure of *Emys orbicularis hispanica* from southwestern Spain. *Mertensiella*, 10:147–158.
- Lindenmayer, D.B. & Likens, G.E. 2010. *Effective ecological monitoring*. CSIRO publishing. London.
- Márquez, R. & Lizana, M. 2002. Conservación de los anfibios y reptiles de España. 419–456. *In: Pleguezuelos, J.M., Márquez, R. & Lizana, M. (eds.), Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza - Asociación Herpetológica Española (2ª impresión). Madrid.
- Mateo, J.A. 2002. Áreas importantes para la herpetofauna española. 482–502. *In: Pleguezuelos, J.M., Márquez, R. & Lizana, M. (eds.), Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza - Asociación Herpetológica Española (2ª impresión). Madrid.
- Mateo, J.A. 2011. Lagarto ocelado – *Timon lepidus*. *In: Salvador, A. & Marco, A. (eds.), Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <<http://www.vertebradosibericos.org/>> [Consulta: 2 noviembre 2014].
- Pérez-Santigosa, N. 2007. *Ecología del galápagos exótico, Trachemys scripta elegans, en la Península Ibérica. Efectos sobre las poblaciones autóctonas de Mauremys leprosa y Emys orbicularis*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Reynolds, J.H., Thompson, W.L. & Russell, B. 2011. Planning for success: Identifying effective and efficient survey designs for monitoring. *Biological Conservation*, 144: 1278–1284.
- Román, J., Ruiz Jiménez, G. & Delibes, M. 1999. *Estatus, distribución y problemas de conservación de los mamíferos carnívoros y otros vertebrados terrestres en los sectores norte y oeste del Parque Natural de Doñana*. Informe inédito.
- Román, J., Ruiz, G., Delibes, M. & Revilla, E. 2006. Factores ambientales condicionantes de la presencia de la lagartija de Carbonell *Podarcis carbonelli* (Pérez–Mellado, 1981) en la comarca de Doñana. *Animal Biodiversity and Conservation*, 29: 73–82.
- Valverde, J.A. 1967. *Estructura de una comunidad mediterránea de vertebrados terrestres*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas Vol. 1. Madrid.
- Yoccoz, N.G., Nichols, J.D. & Boulinier, T. 2001. Monitoring of biological diversity in space and time. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 16: 446–453.