

Factores ambientales condicionantes de la presencia de la lagartija de Carbonell *Podarcis carbonelli* (Pérez-Mellado, 1981) en la comarca de Doñana

J. Román, G. Ruiz, M. Delibes & E. Revilla

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*, 29.1: 73–82.

Abstract

Environmental factors determining the presence of the Carbonell lizard Podarcis carbonelli (Pérez-Mellado, 1981) in the Doñana area.— The Carbonell lizard (*Podarcis carbonelli*) is an Iberian endemism. The region of Doñana is its southernmost and more isolated stronghold. We used logistic regressions to investigate the factors conditioning the presence of this lizard in Doñana. All selected models retained the distance to the coast as the main variable. This variable is related with less humidity and more continental climatic conditions, including more extreme temperatures, when further from the coast. This climatic factor was observed both spatially and temporarily, with adult lizards drastically reducing their activity both in winter and in summer. We observed juveniles from June to January, with a maximum in September. Scrubland management was another important environmental factor affecting the presence of lizards. The probability of finding this species was higher where the scrubland was partially cleared, and lower in areas with a high plant cover (hygrophytic scrubland) or in areas with sparse vegetation (dune scrubland), probably due to a lower amount of incident light and less protection when moving between refuges, respectively.

Key words: *Podarcis carbonelli*, Doñana, Isolated populations, Habitat management, Scrubland.

Resumen

Factores ambientales condicionantes de la presencia de la lagartija de Carbonell Podarcis carbonelli (Pérez-Mellado, 1981) en la comarca de Doñana.— La lagartija de Carbonell es un endemismo ibérico que encuentra en la comarca de Doñana el reducto más meridional y aislado de su área de distribución. Mediante el uso de regresiones logísticas se ha intentado conocer qué factores condicionan la presencia de la lagartija de Carbonell en Doñana. La variable principal de los distintos modelos fue la distancia a la costa. Ésta se relaciona con un menor grado de humedad y una mayor continentalidad del clima, con temperaturas más extremas, a medida que nos alejamos del mar. Este condicionante climático se ha observado tanto espacial como temporalmente, reduciéndose drásticamente la actividad de los animales adultos en verano e invierno. Los juveniles se observan desde junio a enero con un máximo en septiembre. Otro de los factores importantes ha resultado ser la gestión del matorral. Se ha observado una mayor probabilidad de encontrar la lagartija de Carbonell en zonas en las que el matorral ha sido parcialmente clareado, ya que evita los lugares con elevadas densidades de plantas (matorral hidrofílico), que reducirían el paso de la luz, o con una densidad muy baja (matorral de las dunas), que no permitiría el tránsito seguro entre refugios.

Palabras clave: *Podarcis carbonelli*, Doñana, Poblaciones aisladas, Gestión del hábitat, Matorral.

(Received: 13 VI 05; Conditional acceptance: 29 IX 05; Final acceptance: 7 XII 05)

Jacinto Román, Miguel Delibes & Eloy Revilla, Dpto. de Biología Aplicada, Estación Biológica de Doñana, Av. María Luisa s/n, 41013-Sevilla, España (Spain).— Gema Ruiz, c/ Giralda 19, 41110 Bollullos de la Mitación, Sevilla, España (Spain).

Corresponding author: J. Román. E-mail: jroman@ebd.csic.es

Introducción

La presencia de lagartijas del género *Podarcis* en la comarca de Doñana es conocida de antiguo, planteándose desde un principio dudas sobre su asignación taxonómica precisa (Valverde 1960, 1967). Magraner (1986) es el primer autor que consideró la presencia de dos especies de *Podarcis*, asignando a *Podarcis bocagei carbonelli* las lagartijas que ocupan los arenales, y a *Podarcis hispanica* las restringidas a los pueblos. Aunque Pérez-Mellado (1997a) rechazó estas observaciones, indicando que *Podarcis b. carbonelli* se encontraría exclusivamente en el sector occidental del Sistema Central (centro de la península ibérica), estudios recientes confirman la presencia de esta lagartija en la comarca de Doñana (Sá-Sousa, 2000, 2001; Sá-Sousa et al., 2001). Por otro lado, la aplicación de técnicas de filogenia y taxonomía molecular ha permitido reconocer que se trata de una especie independiente, que debe denominarse *Podarcis carbonelli* (Harris & Sá-Sousa, 2001; Sá-Sousa, 2001; Sá-Sousa & Harris, 2002).

Podarcis carbonelli es una lagartija de pequeño tamaño con la zona central del dorso pardo uniforme y líneas dorsolaterales verde brillante, irregulares en los machos y más definidas en las hembras, vientre blanquecino, píleo corto y cabeza alta (Pérez-Mellado, 1981; Pérez-Mellado & Galindo, 1986; Sá-Sousa et al. 2001; Sá-Sousa & Harris, 2002).

Se trata de una especie con una distribución regresiva, que encuentra su núcleo principal de distribución en áreas montañosas forestales del sector occidental del Sistema Central y centro de Portugal (Pérez-Mellado, 1981; Pérez-Mellado, 1997a; Sá-Sousa, 2002). Actualmente no se observa una continuidad en la distribución, estando las poblaciones más meridionales aisladas entre sí. El núcleo de Doñana es el más alejado que se conoce del área principal de presencia de la especie (Sá-Sousa, 2000; Sá-Sousa, 2002). Al ser Doñana la más meridional de estas poblaciones, es razonable suponer que haya sido una de las primeras en segregarse del núcleo principal. Las particulares condiciones fisiográficas, zona arenosa con escaso relieve, claramente diferentes a las zonas montañosas habitualmente habitadas por la especie, nos inducen a pensar que la subsistencia de esta población es debida a una adaptación a las condiciones ecológicas locales o a una existencia en el límite de las condiciones ecológicas necesarias para su presencia.

Los objetivos del presente trabajo son: (a) conocer los factores limitantes de la presencia de *Podarcis carbonelli* en la comarca de Doñana, tanto desde el punto de vista climático como desde el del macro y microhábitat; (b) evaluar la influencia de las diferentes prácticas locales de gestión del monte mediterráneo sobre la presencia de *Podarcis carbonelli*; y (c) analizar el ritmo circanual de actividad de la especie.

Conocer estos parámetros resulta básico para la conservación de estas poblaciones—isla de gran importancia en el mantenimiento de la diversidad biológica, pues éstas se convierten con el tiempo

en lugares de diversificación genética y, a más largo plazo, en centros de especiación (Rojas, 1992; Meffe & Carrol, 1997; Orians, 1997).

Material y métodos

Área de estudio

La comarca de Doñana ha sido detalladamente descrita (Valverde, 1958; García–Novo et al., 1978). Se encuentra enclavada en la provincia de Huelva, SO de la península ibérica (fig. 1). Básicamente consiste en una gran marisma limitada al oeste y al sur por un manto eólico arenoso que constituye las zonas de monte, conocidas localmente como “cotos”. Nuestro estudio se centra en estos últimos, puesto que en las zonas de marisma no se localizan especies del género *Podarcis* (Díaz–Paniagua & Rivas, 1987). Las formaciones vegetales de los cotos están dominadas por el matorral, siendo el único arbolado autóctono unos pocos cientos de alcornoques centenarios (*Quercus suber*) y zonas de sabinar (*Juniperus phoenicea turbinata*). Grandes extensiones fueron repobladas a mediados del siglo pasado con pinos (*Pinus pinea*) y eucaliptos (*Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis*, principalmente), pero en la actualidad estas últimas están siendo desmontadas.

Dentro de la comarca se encuadran dos áreas de reserva, los Parques Nacional y Natural de Doñana, con diferente gestión y grado de protección, constituyendo la suma de ambos una de las mayores reservas biológicas de Europa Occidental.

El presente estudio se centra en cinco sectores: los Pinares de Coto del Rey y Abalarío, incluidos en el Parque Natural de Doñana, la Reserva Biológica de Doñana y la finca de Matasgordas, en el Parque Nacional de Doñana y los cotos de Cabezudos en áreas no protegidas.

Doñana se encuentra dentro de la Región Bioclimática Mediterránea, caracterizada por presentar sequía estival, y dentro de ésta en el piso Termomediterráneo. La temperatura media anual es de 17–19°C, estando la media de las mínimas del mes más frío entre 4 y 10°C y la media de las máximas del mes más cálido entre 14 y 18°C. Ombroclimáticamente se incluye dentro del tipo subhúmedo, con precipitaciones entre 600–1000 mm, anuales (Rivas–Martínez, 1987).

Muestreo de animales

El estudio se ha basado en el trampeo pasivo de ejemplares en puntos fijos, siendo el esfuerzo de muestreo igual para todos los puntos. En cada uno de ellos se situó una estación de trampeo, consistente en cinco trampas de caída unidas por una valla conductora, diseñadas para la captura de pequeños vertebrados terrestres (anfibios, reptiles y micromamíferos). Cada estación de trampeo constaba de cuatro tubos de PVC de 16 cm de diámetro y uno de 25,5 cm, todos ellos de 50 cm de longitud,

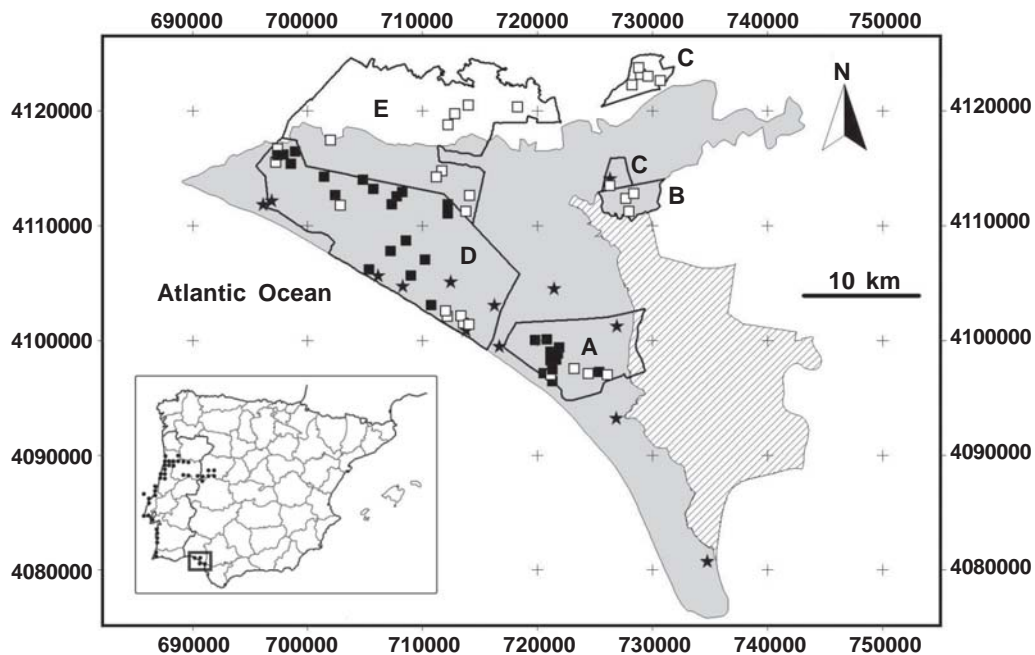


Fig. 1. Mapa del área de estudio. Las zonas estudiadas se enmarcan con trazo grueso. A. Reserva Biológica de Doñana; B. Matasgordas; C. Pinares de Coto del Rey; D. Abalarío; E. Cotos de Cabezudos. El área ocupada por las zonas arenosas de los Sistemas Eólicos está sombreada. La zona rayada indica la marisma: ■ Lugares donde se ha localizado la especie en el presente estudio; □ Lugares trampeados en los que no se ha localizado la especie; ★ Otras observaciones de la especie, incluidas anteriores citas publicadas.

Fig. 1. Map of the study area. The thick lines mark the prospected areas. A. Doñana Biological Reserve; B. Matasgordas; C. Pine woods of Coto del Rey; D. Abalarío; E. Cotos de Cabezudos. Sandy areas of Aeolian origin are shaded, while the marshland is striped: ■ Sampling point with Carbonell lizard present; □ Sampling point with Carbonell lizard absent; ★ Other observations of the species, including those reported in other studies.

enterrados en el suelo; hacia estos tubos conducían veintidós metros de valla de poliéster, de 20 cm de altura, sujeta con gavillas y pinzas. Los tubos se situaban formando una cruz griega, con el tubo de mayor tamaño situado en el centro, y los otros cuatro en los extremos de los brazos, a 5,5 m de distancia. Cuando la estación se encontraba desactivada, los tubos estaban tapados con una tabla, para evitar la captura de animales. Cuando se activaba, se retiraban las tapas y se colocaba la valla de poliéster uniendo los tubos pequeños con el grande.

Elección de los puntos de muestreo

Las distintas estructuras y tipos de vegetación que encontramos en la comarca de Doñana tienen una representación superficial muy diferente según las zonas. Con el objeto de abarcar en los muestreos la mayoría de los tipos de vegetación y uso del suelo, independientemente de su extensión, hemos definido una serie de macrohábitats. Éstos surgen de la combinación de tres factores variables, que

son los principales condicionantes de la estructura de la vegetación en la comarca de Doñana: unidades de vegetación (entendidas como grupos de comunidades de plantas leñosas autóctonas reconocibles desde el punto de vista paisajístico; Sousa & García, 1998), grado de protección y la edad de los pinares.

En la tabla 1 se detallan todas las combinaciones encontradas de estos tres factores. En cada una de éstas se eligieron tres puntos de muestreo al azar, separados un mínimo de 500 m. En total se muestrearon 60 puntos, entre septiembre de 1998 y agosto de 1999. Cada punto era muestreado durante cinco días seguidos al mes. Las trampas eran revisadas a diario para evitar la muerte de los animales, que eran retirados y soltados a distancias superiores a 500 m de la trampa más cercana y siempre dentro del mismo macrohábitat. Debido al pequeño tamaño de las trampas, el número de capturas ha sido bajo y no creemos que haya existido un impacto a nivel poblacional sobre la especie, debido a la translocación de los animales.

Tabla 1. Estratos utilizados durante el estudio, en función del sector, las unidades de vegetación, grado de protección y tipo de gestión forestal.

Table 1. Stratified sampling design as a function of the sector, vegetation, protection and type of forest management.

Sector	Protección	Unidad de vegetación	Repoblaciones forestales
Reserva Biológica	Parque Nacional	matorral xerofítico	sin repoblación
Reserva Biológica	Parque Nacional	matorral hidrófilo	sin repoblación
Reserva Biológica	Parque Nacional	matorral xerofítico	árboles > 3 m de altura clareados
Reserva Biológica	Parque Nacional	sabinar	sin repoblación
Reserva Biológica	Parque Nacional	médano	árboles de 1–3 m de altura
Matasgordas	Parque Nacional	matorral noble	sin repoblación
Coto Rey	Parque Natural	matorral xerofítico	árboles > 3 m de altura sin clarear
Coto Rey	Parque Natural	matorral noble	árboles > 3 m de altura sin clarear
Abalarío	Parque Natural	médano	árboles de 1–3 m de altura
Abalarío	Parque Natural	sabinar	sin repoblación
Abalarío	Parque Natural	matorral xerofítico	árboles > 3 m de altura clareados
Abalarío	Parque Natural	matorral noble	árboles > 3 m de altura sin clarear
Abalarío	Parque Natural	matorral noble	árboles > 3 m de altura clareados
Abalarío	Parque Natural	matorral xerofítico	árboles de 1–3 m de altura
Abalarío	Parque Natural	matorral xerofítico	árboles < 1 m de altura
Abalarío	Parque Natural	matorral noble	árboles < 1 m de altura
Abalarío	Parque Natural	matorral hidrófilo	sin repoblación
Cabezudos	no parques	matorral xerofítico	árboles > 3 m de altura sin clarear
Cabezudos	no parques	matorral xerofítico	árboles < 1 m de altura
Cabezudos	no parques	matorral xerofítico	árboles > 3 m de altura clareados

Estimación de la variación climática

Hemos usado la distancia a la costa de cada una de las estaciones de trampeo como una medida indirecta de la variación climática a nivel comarcal. En Doñana la precipitación primaveral aumenta a medida que nos acercamos a la costa hasta un 28%, mientras que la otoñal disminuye hasta un 27% (Castroviejo, 1993). Por otro lado, el grado de humedad cercano al mar resulta superior al del interior, existiendo un efecto de "precipitaciones ocultas", no cuantificado. Existe también una gradación térmica que favorece una mayor continentalización y amplitud térmica hacia el interior (Rodríguez, 1998; Ojeda, 1987) (fig. 2).

Como estimación del carácter extremo de las temperaturas mensuales se ha utilizado el valor absoluto de la diferencia entre la temperatura media de cada mes y la temperatura media anual. Los datos climáticos mensuales se han tomado de la estación meteorológica del Palacio de Doñana.

Muestreo de la vegetación a escala de microhábitat

Las características de la vegetación se midieron en el entorno inmediato de cada uno de los 60 puntos de muestreo. Para ello se situó una cinta métrica de 10 m en cada una de las bisectrices de los brazos de la trampa, midiéndose en total 40 m por estación. Se tomaron medidas de arbolado, matorral, herbáceas y suelo. Las variables que se tomaron fueron: (1) cobertura de cada estrato: centímetros ocupados por la proyección de cada estrato a lo largo de la cinta métrica; (2) altura media de cada estrato, estimada en un círculo de 20 m de diámetro en torno a la trampa; (3) porcentaje de suelo que aparecía cubierto, a lo largo de la cinta métrica; (4) discontinuidad del matorral, entendida como el número de veces que se pasaba de zona cubierta por matorral a zona descubierta a lo largo de la cinta métrica; (5) número de árboles en un círculo de 20 m de diámetro en torno a la trampa.

Tabla 2. Variables independientes consideradas en las regresiones logísticas. El primer grupo incluye, las variables de escala de macrohábitat (unidades de vegetación, grado de protección y tipo de gestión forestal) y el segundo a escala de microhábitat.

Table 2. Independent variables studied with the logistic models. The first group includes macrohabitat variables (vegetation units, level of protection and type of forest management) and the second group microhabitat variables.

Variable	Descripción	Rango / valores
Variables a escala de macrohábitat		
distcosta	distancia a la costa en km	0.6–27.9
protec	presencia de reservas naturales	0: sin protección; 1: parque natural; 2: parque nacional
pinar	edad de los pinares	0: sin pinar; 1: pinares <5 años; 2: pinares de 5–20 años; 3: pinares > 20 años clareados; 4: pinares > 20 años sin clarear
gestión	tratamientos de gestión de matorral	0: sin gestión; 1: eliminación en calles; 2: eliminación en superficie
veg_pot	vegetación potencial de la zona	1: matorral xerofítico; 2: matorral hidrófilo; 3: sabinar; 4: matorral de dunas; 5: matorral noble
Variables a escala de microhábitat		
t_arb	cobertura total del arbolado	0–4000
h_arb	altura media del arbolado	0–2000
n_arb	número de árboles en el entorno de la trampa	0–240
per_arb	perímetro medio de los árboles	0–272
t_mat c	obertura del matorral	0–4000
h_mat	altura media del matorral	0–241
het_mat	heterogeneidad del matorral	11–100
herbáceas	cantidad de hierba en suelo	0–4000
cob_sue	cantidad de suelo cubierto por hojas	0–4000

Análisis de los datos

Se ha considerado que la especie estaba presente en una trampa cuando al menos existía una captura a lo largo de todo el estudio. Los datos de presencia/ausencia se analizaron mediante regresiones logísticas con el objeto de estudiar la influencia del macrohábitat, el clima y otros factores en la presencia de la lagartija de Carbonell. Para ello se usaron como variables independientes las unidades de vegetación, el grado de protección y el tipo de gestión forestal (tabla 2), así como la distancia a la costa. Este mismo análisis permitirá evaluar la influencia de las distintas prácticas de gestión del hábitat en la conservación de esta especie.

A nivel de microhábitat, las regresiones logísticas han incluido como variables independientes los valores de desarrollo de la vegetación (cobertura, altura y discontinuidad) en tres estratos –arbolado, matorral y herbáceas– y la cobertura del suelo. Se

ha incluido asimismo la distancia a la costa por entender que puede ser un factor limitante de la presencia también a esta escala (tabla 2).

Para las correlaciones se han usado las de Pearson, y la comparación entre medianas se ha realizado con la prueba de la *U* de Mann–Withney.

Todos los tests estadísticos se han realizado usando el paquete de programas SAS (SAS Institute Inc, 1990).

Resultados

Entre octubre de 1998 y septiembre de 1999 se capturaron 197 lagartijas de Carbonell, en 30 de las 60 estaciones de captura dispuestas en la comarca de Doñana. Todas las capturas se realizaron en las zonas arenosas del Manto Eólico Litoral al sur del arroyo de la Rocina, lo que supone que se concentraron en los sectores de

Abalarío y Reserva Biológica. No se capturó ni un solo ejemplar de *Podarcis hispanica*, y todos los correspondientes a esta especie observados en la comarca, al margen de este estudio, se encontraron ligados a núcleos urbanos (El Rocío y Matalascañas).

El modelo logístico final en el análisis de macrohábitat (Wald $\chi^2_5 = 10.9$; $P = 0.01$; $r_{\max}^2 = 0.47$) retuvo las variables *distcosta* y *gestión del matorral* (tabla 3). La probabilidad de encontrar lagartijas de Carbonell disminuyó con la distancia a la costa, habiéndose capturado la especie hasta 9 km tierra adentro. Para los tres niveles de gestión del matorral la probabilidad de presencia fue mayor en las zonas con el matorral eliminado parcialmente, intermedia en las que el matorral fue eliminado en su totalidad y menor en las zonas no tratadas (fig. 2).

La vegetación potencial, la edad de los pinares y el nivel de protección, no estuvieron relacionados con la presencia de la especie.

El modelo final a escala de microhábitat (Wald $\chi^2_5 = 10.4$; $P = 0.034$; $r_{\max}^2 = 0.66$) incluyó de nuevo como variables más influyentes la distancia a la costa *distcosta* y la cobertura de *herbáceas*. Además se incluyeron la cobertura total del matorral, con una menor probabilidad de presencia cuanto mayor es su valor, así como la discontinuidad del matorral con un efecto positivo (tabla 3).

Tabla 3. Resultados de las regresiones logísticas descritas en el texto, tanto a escala de macrohábitat, como de microhábitat.

Table 3. Final logistic models both on macrohabitat and microhabitat variables.

Variable	Parámetro	g.l.	χ^2	P
Escala regional				
intercepto	2.8±0.97	1	8.38	0.004
distcosta	-0.27±0.08	1	10.82	0.001
manejo				
nivel1	-1.44±0.74	1	3.78	0.05
nivel2	2.17±1.16	1	3.51	0.06
Escala microhábitat				
intercepto	-0.01±1.21	1	0.0001	0.99
distcosta	-0.47±0.19	1	6.55	0.01
het_mat	0.06±0.02	1	6.17	0.01
hierba	0.001±0.0005	1	8.75	0.003
t_mat	-0.001±0.0005	1	3.43	0.06

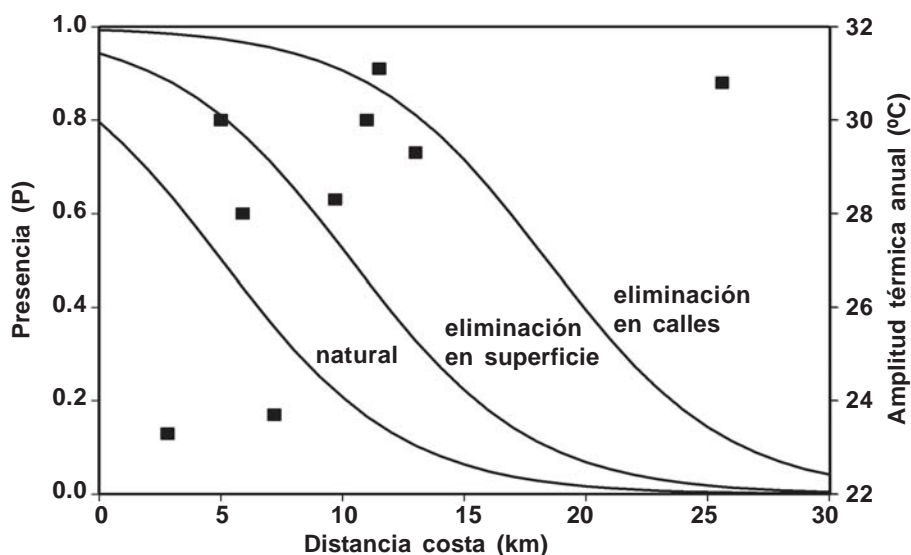


Fig. 2. Evolución de la probabilidad de presencia de la lagartija de Carbonell, en función de la distancia a la costa y la gestión del matorral. Los puntos indican los distintos valores de amplitud térmica (media de las máximas del mes más cálido–media de las mínimas del mes más frío) para distintas estaciones meteorológicas de la comarca.

Fig. 2. Probability of presence of Carbonell lizards as a function of the distance to the coast and the management of scrubland. Dots show the thermal amplitude (difference between the mean of the highs of the warmest month and the mean of the lows of the coldest month) for the meteorological stations found in Doñana.

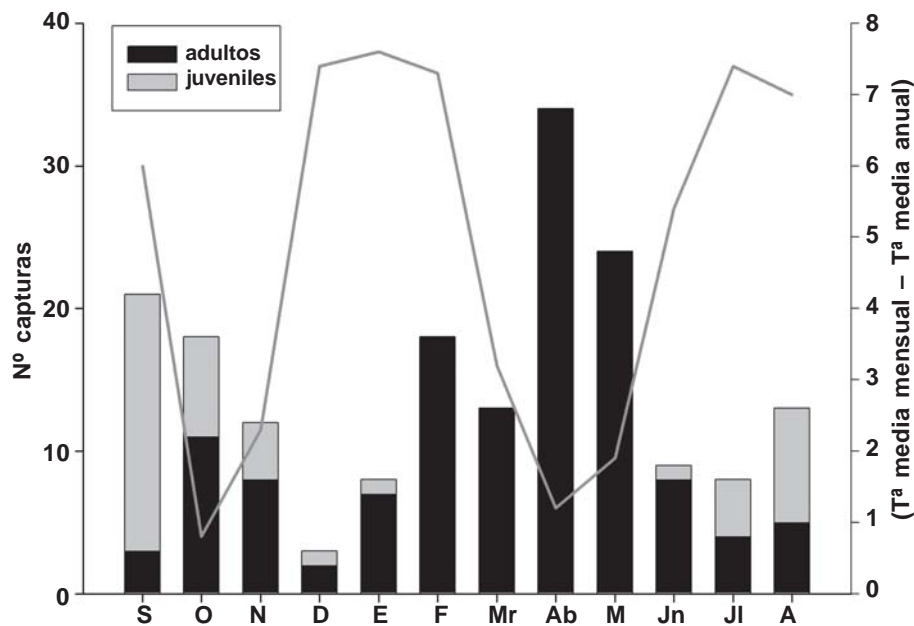


Fig. 3. Evolución anual de las capturas de la lagartija de Carbonell, desde septiembre de 1998 hasta agosto de 1999. Debido a que las capturas son menores en los meses con temperaturas extremas, se ha dibujado la evolución del valor absoluto de la diferencia entre la Tª media mensual y la Tª media anual.

Fig. 3. Evolution of captures of Carbonell lizards from September 1998 to August 1999. To highlight the months with more extreme temperatures we plotted the difference between the mean monthly temperature and the mean annual temperature.

En cuanto a la actividad circanual, se capturó la especie en todos los meses del año, aunque existió un menor número de capturas en los meses con temperaturas extremas ($r = -0.610$; $P = 0.025$; $n = 12$). En adultos se observa el pico mayor de capturas en los meses primaverales y un segundo pico de menor tamaño en los otoñales, con dos valles en invierno y en verano. Los jóvenes empiezan a aparecer en el mes de junio y se detectan hasta enero, con un máximo de capturas en los meses estivales (fig. 3).

Discusión

De las dos especies del género *Podarcis* que se pueden encontrar en la comarca de Doñana, *P. hispanica* no ha sido capturada en ninguna ocasión en los macrohábitats estudiados. Ello confirma las menciones previas de que en Doñana está restringida a los núcleos urbanos (Magraner, 1986; Sá-Sousa, 2001). Tratándose de una especie habitualmente ligada a zonas rupícolas (Pérez-Mellado, 1997b), probablemente usa las edificaciones como sustitutivo de las rocas en esta zona completamente arenosa. Ello sugiere que ha debido colonizar la comarca recientemente, siguiendo los poblados y las urbanizaciones de nueva construcción.

Como los estudios realizados hasta la fecha sobre las especies del género *Podarcis* en Doñana (Mellado, 1980; Díaz-Paniagua & Rivas, 1987) se han desarrollado en las zonas de matorral, sus resultados deben aplicarse a la especie *P. carbonelli*. La lagartija de Carbonell se ha localizado siempre en zonas de matorral y, salvo una observación al este de El Rocío (Magraner, 1986), todas las citas se localizan en las zonas cercanas a la costa.

El clima como factor limitante en la comarca de Doñana

El hecho de que la población de Doñana esté situada en el borde de la distribución de la especie y sea la más meridional hace pensar que existen factores climáticos que condicionan su presencia. Nuestros resultados así lo confirman.

A nivel comarcal, el balance hídrico se caracteriza por la elevada temperatura y la irregularidad de las precipitaciones (Suso & Llamas, 1990), existiendo largos periodos secos. La cercanía al mar atenúa la incidencia de ambos factores, por el efecto tampón que sobre las temperaturas ejerce el mar y por la existencia de una humedad relativa más alta cuanto más cerca de la costa. Pensamos por tanto que el gradiente de aridez, entendido como una relación entre temperatura y humedad,

que se observa desde la costa hacia el interior, es el principal factor limitante de la presencia de la lagartija de Carbonell.

El clima de la comarca se puede considerar cálido, siendo excepcionales los días con temperaturas bajas, registrándose habitualmente sólo unos 5 días con heladas al año (Castroviejo, 1993). El fuerte calor estival es el único elemento predecible en el clima de Doñana, siendo el resto altamente variables (Ojeda, 1987). Por otro lado, la especie está presente en zonas montañosas del Sistema Central Occidental, donde las temperaturas invernales son claramente inferiores (Pérez-Mellado, 1997a). Por todo ello, el calor parecería ser el principal candidato a factor térmico limitante. No obstante, es poco probable que sólo el calor sea un factor limitante para la lagartija en zonas en las que puede refugiarse poniéndose a la sombra. La inclusión en el modelo de las herbáceas sugiere de nuevo el papel relevante de la humedad. La hierba es un recurso escaso en los cotos de Doñana, creciendo básicamente en zonas bajas en las que el nivel de la capa freática se encuentra relativamente cerca de la superficie (García–Novo et al., 1978), lo que indica una mayor humedad a nivel microclimático.

El efecto del clima sobre la presencia de la lagartija de Carbonell, se ve reflejado también en la dinámica temporal de la especie. Los adultos están claramente más activos en los meses con temperaturas suaves (fig. 3). Por otro lado, la mediana de la distancia a la costa en los 6 meses de mayor número de capturas, resultó ser significativamente mayor que la de los 6 meses con menor número de capturas ($U = 1521.5$; $p = 0.02$); esto reflejaría una mayor duración de los periodos de inactividad en las zonas separadas de la costa, con la consiguiente reducción en la eficacia biológica de la especie.

Importancia de la estructura del matorral

Las áreas con un gran desarrollo del matorral son evitadas por la lagartija de Carbonell. En Doñana estas áreas se localizan básicamente en zonas con el nivel de la capa freática cercano y donde el matorral hidrófilo se encuentra muy desarrollado (García–Novo et al., 1978). Ello indica que la mera presencia de humedad no es una garantía para la presencia de la especie, sino que son necesarios otros factores probablemente ligados a la termorregulación. El matorral hidrófilo denso, en efecto, crea una densa cúpula que impide la entrada del sol. La termorregulación, que en ausencia de rocas debe ser principalmente heliotérmica, se verá fuertemente mermada en esas condiciones. Las zonas de contacto entre matorrales densos y matorrales clareados sí parecen ser usadas por la especie (Díaz–Paniagua & Rivas, 1987).

En relación con ello, hay que destacar la importancia de la variable "discontinuidad del matorral" a la hora de determinar la presencia de la lagartija de Carbonell. En las zonas de matorrales abiertos, en

los que el matorral es abundante pero permite el tránsito entre plantas, la lagartija de Carbonell encontraría facilidades para solearse y refugios en los que protegerse de los depredadores. Esta especie es la más pequeña de las lagartijas de Doñana (peso medio de las hembras adultas = 1.7 g, $n = 29$; peso medio de los machos adultos = 2.3 g, $n = 76$) y es por tanto susceptible de ser capturada por un gran número de depredadores de las comunidades mediterráneas (Valverde, 1967). La importancia de la discontinuidad del matorral para la presencia de la lagartija de Carbonell se ve reflejada en la ausencia de capturas en las zonas de dunas con vegetación más abierta, donde las matas están separadas por distancias superiores a 5 m y en las que la discontinuidad es por tanto escasa, a pesar de ser los lugares situados más cerca de la costa.

Otros condicionantes

La existencia de troncos de alcornoque ha sido mencionada como un factor clave en la presencia de *Podarcis carbonelli* (Valverde, 1960, 1967; Mellado, 1980). Los alcornoques son árboles relativamente escasos en la comarca y ligados a la cercanía de la marisma (Granados et al., 1987). Debido a la ausencia de alcornoques en la mayor parte del área de estudio, hemos intentado comprobar el papel de la abundancia de troncos de pino en la presencia de la especie, no detectándose ningún efecto. No parece, por tanto, ser un factor necesario para la presencia de la lagartija de Carbonell, pero podría tratarse de un elemento facilitador, creando puntualmente lugares de asentamiento en los que encontrar un refugio seguro. Esta necesidad de refugio se ha observado en el uso de pequeñas estructuras artificiales por parte de la especie, como chapas metálicas y tablas de madera tiradas en el campo (obs. pers.) o losetas de cerámica dispuestas a modo de trampas para anfibios y reptiles (Díaz–Paniagua & Rivas, 1987). De hecho, el lugar donde más fácil resulta observar a la lagartija de Carbonell es soleándose en las pasarelas de tablas dispuestas para facilitar el tránsito de los turistas por la arena en los lugares de uso público de los espacios protegidos (obs. pers.).

Importancia de la gestión del hábitat

Las labores forestales desarrolladas principalmente en el Parque Natural y zonas no protegidas parecen influir en la presencia de la especie, aunque conviene diferenciar el efecto de las distintas técnicas utilizadas.

El desbroce del matorral supone su eliminación cortándolo por el cuello de la raíz o arrancándolo. Esta eliminación se realiza de dos maneras, o bien abarcando toda la superficie de matorral de un área dada y dejando exclusivamente los pinos con los restos de las plantas arrancadas sobre el suelo, o bien eliminando el matorral por calles. Éstas suelen tener unos 3 m de ancho entre los pinos, de forma que la reducción es de un 50% de la superficie, dejando zonas alternas con matorral

desarrollado y sin él. Estas actuaciones de eliminación del matorral aumentan la producción y riqueza de las herbáceas (López et al., 2003a, 2003b) y han sido usadas históricamente en la comarca con objetivos cinegéticos y ganaderos (Granados et al., 1986; Ojeda, 1987; Moreno & Villafuerte, 1995). El incremento de insolación directa, unido a la reducción de la masa total de matorral y al aumento en la discontinuidad de éste, hacen que la eliminación del matorral por calles sea un método de gestión muy adecuado para la lagartija de Carbonell. La eliminación total del matorral aparece como el segundo tratamiento en importancia, ya que en estas zonas la discontinuidad del matorral es escasa, pero la especie encuentra refugio en las matas arrancadas caídas en la superficie del suelo.

Debido a la importancia del clima para la población de la lagartija de Carbonell en la comarca de Doñana, y al carácter altamente variable de áquel, con periodos de varios años de sequía y varios de abundancia de lluvias (Suso & Llamas, 1990), no es descartable que puedan existir periodos de expansión y contracción en el área de distribución local.

Resulta muy difícil que se habiliten presupuestos y se realicen medidas de gestión tendentes a conservar la lagartija de Carbonell, por varias razones. Por un lado no resulta ser una especie amenazada (Sá-Sousa, 2002) y por otro, es poco atractiva, viéndose eclipsada en Doñana por la presencia de especies emblemáticas amenazadas a nivel mundial, caso en el caso del lince ibérico, *Lynx pardinus*, y el águila imperial *Aquila adalberti* (UICN, 2004). Ambos depredadores son fuertemente dependientes de la abundancia de conejos (Delibes & Hiraldo, 1981), lo que ha propiciado que se desarrollen ambiciosos planes de gestión, tendentes a recuperar las poblaciones de esta especie, fuertemente mermadas después de la irrupción de la enfermedad hemorrágica (Villafuerte et al., 1994). Entre estos planes se incluyen tratamientos de reducción de la densidad del matorral, concordantes con los realizados para la gestión forestal y que mejoran las condiciones de hábitat para las poblaciones de conejo (Moreno & Villafuerte, 1995). Ya se ha dicho que, aún cuando se hagan con otra intención, estos tratamientos favorecen asimismo a la lagartija de Carbonell. Resulta por tanto interesante observar cómo actuaciones destinadas a la mejora del hábitat de unas especies repercuten positivamente en otras notablemente diferentes.

Referencias

- Castroviejo, J., 1993. *Mapa del Parque Nacional de Doñana*. CSIC-AMA, Madrid.
- Delibes, M. & Hiraldo, F., 1981. The rabbit as a prey in the Iberian Mediterranean ecosystem. In: *Proceedings of the First World Lagomorph Conference*: 614–622 (K. Myers & C. D. MacInnes, Eds.). Univ. of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Díaz-Paniagua, C. & Rivas, R., 1987. Datos sobre actividad de anfibios y pequeños reptiles de Doñana (Huelva, España). *Mediterránea Ser. Biol.*, 9: 15–27.
- García-Novo, F., Merino, J., Ramírez, L., Ródenas, M., Sancho, F., Torres, A., González, F., Díaz, F., Allier, C., Bresset, V. & Lacoste, A., 1978. *Doñana. Prospección e inventario de ecosistemas*. Ministerio de Agricultura, ICONA, Mongrafía 18, Madrid.
- Granados, M., Martín, A. & García, F., 1986. El papel del fuego en los ecosistemas de Doñana. *Boletín de la Estación Central de Ecología*, 15(19): 17–28.
- 1987. Evolución conjunta del paisaje y su gestión. El caso del Parque Nacional de Doñana. *Estudios Territoriales*, 24: 183–197.
- Harris, D. J. & Sá-Sousa, P., 2001. Species distinction and relationships of the western Iberian *Podarcis* lizards (Reptilia, Lacertidae) based on morphology and mitochondrial DNA sequences. *Herpetological Journal*, 11: 129–136.
- IUCN, 2004. *2004 IUCN Red List of Threatened Species*. Downloaded on 06 April 2006: www.iucnredlist.org.
- López, I., del Río, I., Galindo, P., Muñoz, J. C., Retamosa, E. C., Jordano, D., Fernández, J. & Villar, R., 2003a. Producción de herbáceas en parcelas de matorral tratadas con desbroce y gradeo en Doñana. En: *Pastos. Desarrollo y Conservación*: 695–699 (A. Robles, M. E. Ramos, M. E. Morales, E. Simón, J. L. González & J. Boza, Eds.). Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.
- López, I., del Río, I., Galindo, P., Retamosa, E. C., Jordano, D., Haeger, J. F., Muñoz, J.C. & Villar, R. 2003b. *Producción de herbáceas tras desbroces de matorral en el Parque Nacional de Doñana. Estudio sincrónico*. VII Congreso Nacional de la Asociación Española de Ecología Terrestre, Barcelona.
- Magraner, J., 1986. Nouvelle donnée sur la répartition de *Podarcis bocagei carbonelli* (V. Pérez Mellado, 1981), (Sauria, Lacertidae), dans la Péninsule ibérique et observations sur son écologie à Doñana (Andalousie, Espagne). *Bull. Soc. Herp. Fr.*, 38: 6–12.
- Meffe, G. K. & Carroll, C. R., 1997. Genetics: Conservation of Diversity within Species. In: *Principles of Conservation Biology*: 161–201 (G. K. Meffe & C. R. Carroll, Eds.). Sinauer Associates, Sunderland.
- Mellado, J., 1980. Utilización del espacio en una comunidad de lacértidos del matorral mediterráneo de la Reserva Biológica de Doñana. *Doñana, Acta Vertebrata*, 7(1): 41–59.
- Moreno, S. & Villafuerte, R., 1995. Traditional management of scrubland for the conservation of rabbits *Oryctolagus cuniculus* and their predators in Doñana National Park, Spain. *Biological Conservation*, 73: 81–85.
- Ojeda, J. F., 1987. *Organización del territorio en*

- Doñana y su entorno próximo (Almonte). Siglos XVIII–XX. Monografías 49. Ministerio de Agricultura, Pesca de Alimentación.
- Orians, G. H., 1997. Global Biodiversity I: Patterns and Processes. In: *Principles of Conservation Biology*: 161–201 (G. K. Meffe & C. R. Carroll, Eds.). Sinauer Associates, Sunderland.
- Pérez–Mellado, V., 1981. Nuevos datos sobre la sistemática y distribución de *Podarcis bocagei* (Seoane, 1884) (Sauria, Lacertidae) en la Península Ibérica. *Amphibia–Reptilia*, 2: 259–265.
- 1997a. *Podarcis bocagei* (Seoane, 1884). En: *Reptiles* (A. Salvador, Coord.). *Fauna Ibérica*, vol. 10: 243–257 (M. A. Ramos et al., Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid.
- 1997b. *Podarcis hispanica* (Steindachner, 1870). En: *Reptiles* (A. Salvador, Coord.). *Fauna Ibérica*, vol. 10: 258–272 (M. A. Ramos et al., Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid.
- Pérez–Mellado, V. & Galindo, M. P., 1986. *Sistemática de Podarcis (Sauria, Lacertidae) ibéricas y norteafricanas mediante técnicas multidimensionales*. Serie Manuales Universitarios, Univ. de Salamanca, Salamanca.
- Rivas–Martínez, S., 1987. *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España. 1: 400000*. ICONA. Madrid.
- Rodríguez, A., 1998. *Geomorfología del Parque Nacional de Doñana y su entorno*. Colección Técnica, Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- Rojas, M., 1992. The Species Problem and Conservation: What are We Protecting? *Conservation Biology*, 6(2): 170–178.
- SAS Institute Inc., 1990. *SAS/STAT user's guide. Versión 6*, Fourth Edition, Volume 1. SAS Institute Inc. Cary, NC., USA.
- Sá–Sousa, P., 2000. Distribución de la lagartija *Podarcis carbonelli* (Pérez–Mellado, 1981) en Portugal. *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.*, 11(1): 12–16.
- 2001. Comparative chorology between *Podarcis bocagei* and *P. carbonellae* (Sauria: Lacertidae) in Portugal. *Rev. Esp. Herp.*, 15: 85–97.
- 2002. *Podarcis carbonelli*. En: *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*: 22–243 (J. M. Pleguezuelos, R. Márquez & M. Lizana, Eds.). Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- Sá–Sousa, P. & Harris, D. J., 2002. *Podarcis carbonelli* Pérez–Mellado, 1981 is a distinct species. *Amphibia–Reptilia*, 23: 459–468.
- Sá–Sousa, P., González de la Vega, J. P. & Barnestein, J. A. M., 2001. Presencia de la lagartija *Podarcis carbonelli* en Andalucía. *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.*, 12(2): 77–79
- Sousa, A. & García, P., 1998. Cambios históricos en el avenamiento superficial y la vegetación del Parque Natural de Doñana (Sector Abalarío), Huelva. *Ería*, 46: 165–182.
- Suso, J. M. & Llamas, M., 1990. El impacto de la extracción de aguas subterráneas en el Parque Nacional de Doñana. *Estudios geol.*, 46: 317–345.
- Valverde, J. A., 1958. An ecological sketch of the Coto Doñana. *British Birds*, 51(1): 1–23.
- 1960. *Vertebrados de las Marismas del Guadalquivir*. Archivos del Instituto de Aclimatación, Vol. IX, CSIC, Almería.
- 1967. *Estructura de una comunidad de vertebrados terrestres*. Monografías de la Estación Biológica de Doñana, 1.
- Villafuerte, R., Calvete, C., Gortázar, C. & Moreno, S., 1994. First epizootic of rabbit hemorrhagic disease in free living populations of *Oryctolagus cuniculus* at Doñana National Park, Spain. *Journal of Wildlife Diseases*, 30(2): 176–179.