

Contribución de los lacértidos a la distribución de las garrapatas en la península ibérica

Candela Hernández-Rojas^{1,*} , Ángeles Sonia Olmeda^{1,2} , Félix Valcárcel^{2,3} , María Sánchez² , Patrick S. Fitze⁴ , Senda Reguera⁵ , Gregorio Moreno-Rueda⁶ , Raquel Martín-Hernández⁷ , Rodrigo Megía-Palma⁸ 

- (1) Departamento de Sanidad Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid (UCM), Madrid, España.
- (2) Grupo de Trabajo ESGARIBER, Sociedad Española de Parasitología, Madrid, España.
- (3) Grupo de Parasitología, Departamento de Reproducción Animal, INIA-CSIC, Madrid, España.
- (4) Departamento de Ecología Evolutiva, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Madrid, España.
- (5) Instituto de Educación Secundaria Don Pelayo, Los Hueros, Madrid, España.
- (6) Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, España.
- (7) Laboratorio de Patología Apícola, Centro de Investigación Apícola y Agroambiental (CIAPA), IRIAF- Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal, Marchamalo, 19180, España.
- (8) Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid (UCM), Madrid, España.

* Autora para correspondencia / Corresponding author: Candela Hernández-Rojas [candeh01@ucm.es]

> Recibido / Received: 28/11/2024 – Aceptado / Accepted: 25/03/2025

Cómo citar / How to cite: Hernández Rojas, C., Olmeda, Ángeles S., Valcárcel, F., Sánchez, M., Fitze, P.S., Reguera, S., Moreno-Rueda, G., Martín-Hernández, R., Megía Palma, R. 2025. Contribución de los lacértidos a la distribución de las garrapatas en la península ibérica. *Ecosistemas* 34(2): 2922. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2922>

Contribución de los lacértidos a la distribución de las garrapatas en la península ibérica

Resumen: Las garrapatas en reptiles aparecen de manera puntual en localizaciones geográficas que presentan condiciones de humedad y vegetación determinadas y presencia de ungulados. En este trabajo se han analizado 401 garrapatas recolectadas entre 2013 y 2021 sobre 83 lagartos y lagartijas pertenecientes a 9 especies de la familia Lacertidae. Fueron capturados en diversas regiones de la Sierra de Guadarrama, Pirineos, submeseta sur, Sierra Nevada, y Tenerife. El 95.50% fueron identificados como estadios inmaduros de garrapatas del género *Ixodes*, aunque también se observaron parasitaciones ocasionales por adultos de los géneros *Hyalomma* y ninfas de *Haemaphysalis*. Morfológicamente, el 8.98% de los ejemplares fueron compatibles con *Ixodes inopinatus*, una especie sobre la que se debate su presencia en la península ibérica; sin embargo, el análisis de los marcadores mitocondriales 16S y cox1 no pudo discriminarlos de *Ixodes ricinus*, la especie más abundante encontrada en lacértidos. Encontramos efectos significativos del mes de colecta, el sexo y especie del hospedador, así como de variables microclimáticas de humedad y temperatura sobre la prevalencia y abundancia de garrapatas sobre los lacértidos. Las lagartijas y lagartos macho tuvieron significativamente más garrapatas que las hembras. Las localidades donde encontramos garrapatas sobre estos reptiles fueron más húmedas y frías, pero dentro de estas localidades hubo más garrapatas sobre los reptiles en aquellos lugares menos húmedos y más cálidos. Los resultados también indicaron una susceptibilidad diferencial a la infestación por *Ixodes* para las distintas especies de lacértidos analizadas.

Palabras clave: garrapatas; *Haemaphysalis punctata*; *Hyalomma lusitanicum*; *Ixodes ricinus*; microclima; reptiles (Lacertidae)

Contribution of lizards (Lacertidae) to the distribution of ticks in the Iberian Peninsula

Abstract: Ticks on reptiles appear occasionally in geographic locations with specific conditions of humidity, vegetation and presence of ungulates. In this work, 401 ticks collected between 2013 and 2021 on 83 lizards belonging to 9 species of the family Lacertidae were analyzed. They were captured in different regions of the Sierra de Guadarrama, Pyrenees, southern sub-plateau, Sierra Nevada, and Tenerife. The 95.50% were identified as immature stages of ticks of the genus *Ixodes*, although occasional parasitization by adults of the genera *Hyalomma* and nymphs of *Haemaphysalis* was also observed. Morphologically, 8.98% of the specimens were compatible with *Ixodes inopinatus*, a species whose presence in the Iberian Peninsula is debated; however, the analysis of mitochondrial 16S and cox1 markers could not discriminate them from *Ixodes ricinus*, the most abundant species found in lizards. We found significant effects of month of collection, sex and host species, as well as microclimatic variables of humidity and temperature on the prevalence and abundance of ticks on lizards. Male lizards had significantly more ticks than females. The localities where we found ticks on these reptiles were more humid and colder, but within these localities there were more ticks on reptiles in those places that were less humid and warmer. The results also indicated differential susceptibility to *Ixodes* infestation for the different species of lizards tested.

Keywords: ticks; *Haemaphysalis punctata*; *Hyalomma lusitanicum*; *Ixodes ricinus*; microclimate; reptiles (Lacertidae)

Introducción

Las garrapatas son ectoparásitos hematófagos que afectan a gran variedad de hospedadores, incluidos mamíferos, aves, reptiles y anfibios (e.g., Dudek et al. 2016; Duque-Amado y Megía-Palma 2024). Su importancia se debe a su capacidad para transmitir una gran variedad de patógenos productores de enfermedades tanto al ser humano como a una gran variedad de vertebrados, por lo que suponen un problema en la salud pública y en las explotaciones ganaderas (Hurtado y Giraldo Rios 2019). En general, tanto la distribución geográfica como la incidencia de las enfermedades transmitidas por garrapatas ha aumentado como consecuencia de múltiples factores, entre los que se incluye el cambio climático, así como factores ecológicos y sociales (de la Fuente et al. 2023). En la actualidad se dispone de escasa información sobre la presencia de garrapatas en ciertos grupos de hospedadores, así como de su papel en la distribución de las garrapatas a escala geográfica en la península ibérica. Este es el caso de los reptiles, que pueden ser hospedadores ocasionales de distintas especies de garrapatas en la cuenca mediterránea (Megía-Palma et al. 2018; Mendoza-Roldan et al. 2019). Concretamente, en España se desconoce en gran medida las especies que los parasitan. Aportar información en esta dirección es fundamental para la potencial aplicación de medidas de control de enfermedades zoonóticas.

Las garrapatas son artrópodos que pertenecen a la Clase Arachnida, Superorden Parasitiformes y Superfamilia Ixodoidea. Existen 3 familias: Ixodidae, que incluye 752 especies, Argasidae con 190 especies, y Nuttalliellidae, compuesta por una sola especie (Tomassone et al. 2017; Nava y Guglielmone 2023). La familia Ixodidae (garrapatas duras) es la de mayor relevancia al representar el 80% de las especies de garrapatas y por la diversidad de importantes agentes patógenos que pueden transmitir. Su ciclo biológico está compuesto por tres estadios tras la eclosión del huevo: larva, ninfa y adulto, pero cada especie presenta particularidades en su ciclo de vida. En el caso de la familia Ixodidae, los individuos solo se alimentan tres veces, una vez por estadio, pudiendo permanecer prendidas desde uno o dos días hasta semanas durante las alimentaciones dependiendo del estadio y de la especie. Las etapas inmaduras (larvas y ninfas) normalmente se alimentan de sangre de pequeños hospedadores, como roedores, aves y/o reptiles, mientras que los adultos se suelen alimentar de la sangre de hospedadores grandes, incluyendo carnívoros y ungulados. Sin embargo, algunas especies son altamente específicas para un tipo particular de hospedador. Después de cada ingesta de sangre, los estadios inmaduros mudan en el suelo o sobre el propio hospedador (según la especie). Las hembras adultas ingieren gran cantidad de sangre y, tras la cópula, se desprenden, caen al suelo y hacen la puesta de hasta miles de huevos, que quedan entre la vegetación en descomposición en sitios protegidos con alta humedad relativa, lo que asegura su supervivencia (Estrada-Peña 2016). Las especies de garrapatas que hay en un área determinada y la densidad de sus poblaciones varían dependiendo de muchos factores: vegetación, presencia de hospedadores adecuados, climatología, desarrollo de actividades humanas, y transporte de ganado (Estrada-Peña et al. 2017). La península ibérica es un área de transición geográfica y climática en la que se han identificado hasta 40 especies de garrapatas, algunas comunes a diferentes regiones de Europa, otras endémicas de la cuenca mediterránea, y algunas especies habituales en África.

Los géneros de la familia Ixodidae presentes en España son: *Ixodes*, *Dermacentor*, *Haemaphysalis*, *Rhipicephalus* e *Hyalomma*. *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) es, desde el punto de vista sanitario, la especie más importante en Europa. Su presencia se relaciona con una humedad relativa en el suelo superior al 70%, por lo que su distribución está limitada a ciertas áreas que cumplen estas condiciones, siendo más prevalente en las regiones frescas y húmedas del norte peninsular (Estrada-Peña 2015), pero también presente en otras zonas de la Península (Mapa GARES, Ministerio de Sanidad). Esta especie de garrapata tiene como especial característica la preferencia de alimentarse de la sangre de reptiles durante sus estadios inmaduros. No obstante, recientemente se ha especulado sobre la coexistencia de esta especie con otra morfológicamente muy similar, *Ixodes inopinatus* (Estrada-Peña et al. 2014), en el sur de Europa y norte de África (Kahl y Gray 2023). Es importante aportar datos fiables que permitan conocer con mayor claridad el área de distribución y los requisitos climáticos de ambas especies.

Otra garrapata de creciente interés sanitario es *Hyalomma lusitanicum* (Koch, 1844), una especie mediterránea capaz de soportar las altas temperaturas y baja humedad del verano (Estrada-Peña 2015). También son de interés *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806), la garrapata marrón del perro, distribuida por toda la península, *Dermacentor marginatus* (Sulzer, 1776) y *Dermacentor reticulatus* (Fabricius, 1794), en el centro sur y norte, respectivamente, y *Haemaphysalis punctata* (Canestrini y Fanzago, 1878), una especie de garrapata que tolera diferentes ambientes climáticos. Cada especie tiene su rango de hospedadores, necesidades climáticas y capacidad vectorial. De hecho, las garrapatas pueden transmitir una gran variedad de agentes: protozoos, rickettsias, espiroquetas, virus e incluso nematodos, aunque el rango de patógenos transmitidos es muy variable según la especie. Esto, unido a que están distribuidas por todo el mundo, incluyendo la Antártida, y a que su abundancia y la incidencia de las enfermedades que vectorizan se están incrementando en algunas regiones, les ha convertido en uno de los problemas de salud pública y veterinaria de creciente interés (Vucelja et al. 2023).

Las lagartijas y lagartos (familia Lacertidae) son hospedadores ocasionales de garrapatas, pero existen pocos estudios sobre las garrapatas que parasitan a los reptiles. Sin embargo, al igual que otros pequeños vertebrados, los lacértidos son hospedadores idóneos para los estadios inmaduros de diferentes especies de garrapata (Tomassone et al. 2017). Por ejemplo, en una investigación sobre el papel de los lacértidos en el ciclo epidemiológico de los ixódidos en el Cáucaso y territorios adyacentes, se encontraron 14 especies de garrapatas pertenecientes a 5 géneros (Orlova et al. 2023), la mayoría de ellas presentes en la península ibérica. Particularmente, *I. ricinus* y *H. punctata* destacaron en dicho estudio por su amplia distribución y capacidad para parasitar múltiples hospedadores. Los lacértidos se exponen a la infestación por garrapatas al solaparse la preferencia de microambientes húmedos de ambos taxones en aquellos hábitats con garrapatas. En los lacértidos parasitados, la mayoría de las garrapatas se fijan en las bolsas nucales (en las especies que las poseen), tímpano y axilas, localizaciones donde se ha especulado con que pueden encontrar protección contra posibles daños cuando el reptil se roza con la vegetación (Salvador et al. 1999).

Los reptiles parecen tener un papel en el ciclo epidemiológico de las bacterias del género *Borrelia* (particularmente *Borrelia burgdorferi sensu lato*), que a su vez son transmitidas por garrapatas y causan la borreliosis de Lyme, una enfermedad cuya incidencia ha ido aumentando en Europa en los últimos años (Vucelja et al. 2023). *Borrelia burgdorferi* s.l. es un complejo bacteriano transmitido por garrapatas de la familia Ixodidae que contiene 21 genoespecies identificadas, 8 de ellas presentes en Europa: *B. burgdorferi sensu stricto* (s.s.), *B. afzelii*, *B. garinii*, *B. bissetiae*, *B. bavariensis*, *B. spielmanii*, *B. lusitaniae* y *B. valaisiana*, de las cuales las seis primeras causan enfermedades en humanos (Vucelja et al. 2023; Dsouli et al. 2006). Las garrapatas del género *Ixodes* son los principales vectores para la transmisión de diversas especies patógenas de *B. burgdorferi* s.l., siendo *I. ricinus* el principal vector en Europa. El genotipo *B. lusitaniae* se ha encontrado en *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768) en el centro de Italia (Amore et al. 2007), en *Psammodromus algirus* (Linnaeus, 1758) en el norte de África (Dsouli et al. 2006) y en *Lacerta viridis* (Garsault, 1764) en Eslovaquia (Soualah-Alila et al. 2015). Sus reservorios más frecuentes son los roedores (especialmente el ratón de campo *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758)) y aves migratorias (Poupon et al. 2006). Esto ha llevado a plantear que las aves podrían ser las responsables de la dispersión geográfica de las garrapatas, y los lacértidos y roedores los responsables de su perpetuación en ciclos endozóicos (De Sousa et al. 2012). *Borrelia lusitaniae* no está incluida entre las genoespecies de *Borrelia* que típicamente producen la borreliosis en humanos, pero se ha aislado de un paciente con lesiones cutáneas inespecíficas y duraderas (Collares-Pereira et al. 2004). Además, los lacértidos pueden ser un reservorio de especies patógenas de rickettsias (*Rickettsia monacensis* y *R. helvetica*) (De Sousa et al. 2012; Tomassone et al. 2017), que se transmiten a los humanos a través de las garrapatas. Finalmente, los lacértidos también pueden actuar de reservorio para otros patógenos transmitidos por garrapatas, como las bacterias de la familia Anaplasmataceae, que aparecen en el lagarto *Lacerta agilis* (Linnaeus, 1758) en coinfección con *B. burgdorferi* s.l. (Ekner et al. 2011).

A pesar de la reconocida importancia de las garrapatas como vectores de enfermedades, existe poca información sobre el papel de los reptiles tanto en el mantenimiento del ciclo de la garrapata, su potencial como reservorios de agentes patógenos para el humano, y los mecanismos de transmisión a los humanos. La principal dificultad estriba en que las garrapatas que suelen parasitar a estos reptiles se encuentran en estadios inmaduros que, a diferencia de los adultos, son más complicados de detectar, recolectarlos íntegramente e identificar. Este estudio tiene como objetivo abordar algunos de los distintos problemas descritos, específicamente: (1) La identificación de las especies/estadios de garrapatas que infestan los lacértidos de España. Para ello se han utilizado técnicas de identificación morfológica y moleculares, haciendo especial énfasis en la detección de *I. inopinatus* (Kahl y Gray 2023); (2) La identificación de factores como el sexo de los hospedadores o variables microclimáticas que puedan explicar la presencia e intensidad de infestación de garrapatas en lacértidos ibéricos.

Material y métodos

Recogida y análisis de muestras

Las garrapatas fueron recolectadas en 83 de 442 lacértidos analizados, pertenecientes a 9 especies de la familia Lacertidae durante los meses de máxima actividad de estos reptiles (desde marzo a agosto, ambos incluidos) desde 2013 a 2021. Los individuos fueron capturados mediante el uso de un nudo corredizo hecho con seda que se coloca en el extremo de una vara de 1.5 m. Este método de captura es inocuo para los reptiles, que fueron liberados inmediatamente tras la toma de muestras de garrapatas (e.g., Megía-Palma et al. 2024). En los individuos capturados, se les midió la longitud hocico-cloaca con una regla (precisión: 1 mm). Las especies de hospedador, así como las regiones geográficas donde se colectaron las garrapatas, fueron la Sierra de Guadarrama: *Lacerta schreiberi* (Bedriaga, 1878), *Podarcis guadarramae* (Boscá, 1916), *Timon lepidus* (Daudin, 1802), *Podarcis muralis*, *Psammodromus algirus*, *Iberolacerta cyreni* (Müller y Hellmich, 1937); la submeseta sur: *P. algirus*, *Acanthodactylus erythrurus* (Schinz, 1834); Pirineos: *Zootoca vivipara* (Lichtenstein, 1823), *P. muralis*; Sierra Nevada: *P. algirus*; Noroeste de Portugal: *T. lepidus* (Fig. 1). También se añadieron datos de una población de *Gallotia galloti* (Oudart, 1839) de la isla de Tenerife (Islas Canarias) (Fig. 1). Las garrapatas fueron colectadas directamente del cuerpo del hospedador y se conservaron en etanol al 70% y a 4 °C.

Identificación morfológica

La identificación de las garrapatas se llevó a cabo en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC) en Madrid. Para la visualización de las garrapatas colectadas se utilizó un microscopio estereoscópico de campo claro (Nikon SMZ25) y se identificaron a nivel de especie siguiendo Estrada-Peña et al. (2014, 2017). Para ello, se depositaron los ejemplares en una placa de Petri, sujetas con material amoldable que permitía la colocación adecuada de los ejemplares (Fig. 2).

Las especies *I. ricinus* e *I. inopinatus* se distinguen por la longitud de las setas escutales y aloscutales de sus ninfas. Por este motivo se midieron las setas de 199 ninfas del género *Ixodes* con el programa NIS Elements D adaptado al microscopio. Si las setas aloscutales (setas marginales dorsales (MD) 1-3) eran sólo 2 a 3 veces más largas que las setas escutales, se identificaba como *I. ricinus* (Estrada-Peña et al. 2014). Sin embargo, si las setas aloscutales eran al menos 5 a 6 veces más largas que las setas escutales se identificaba como *I. inopinatus* (Estrada-Peña et al. 2014; Fig. 2a). La visualización de las setas escutales dependía de la dirección de la luz y de la posición de la garrapata. Debido a este problema era necesario posicionarlas varias veces en plastilina y trabajar con diferentes planos de luz hasta que se logró visualizar las setas perfectamente (de manera estandarizada) para poder medirlas.

La identificación de las larvas de los ejemplares del género *Ixodes* es más complicada. Por un lado, las estructuras están sin queratinizar y son más sensibles a las alteraciones. Además, algunas de las piezas bucales, como el hipostoma y los palpos, estaban dañadas. La mayoría de las claves de identificación no aportan datos sobre ese estadio, pero Estrada-Peña et al. (2017) utiliza los dientes del hipostoma para diferenciar la especie, por lo que sólo se identificaron a nivel de género.

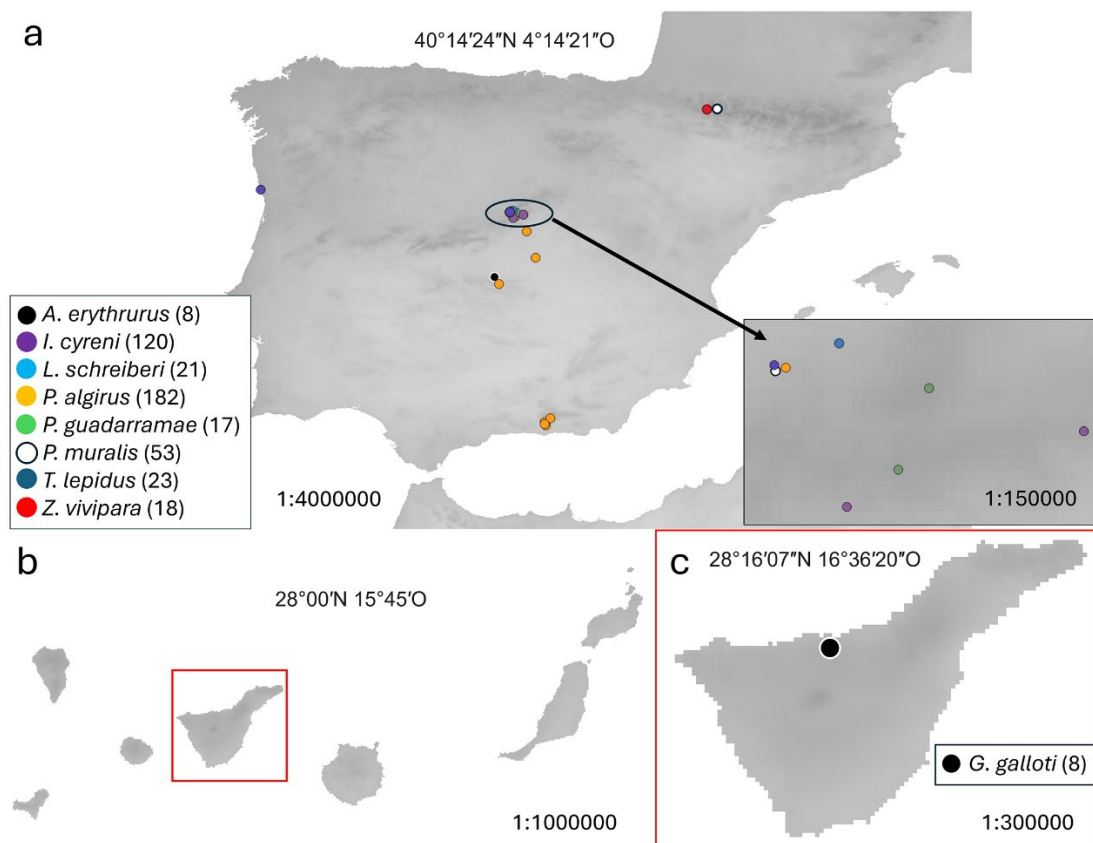


Figura 1. Puntos geográficos donde se investigó la presencia de garrapatas sobre 9 especies de lacértido de los géneros *Acanthodactylus*, *Gallotia*, *Iberolacerta*, *Lacerta*, *Podarcis*, *Psammodromus*, *Timon*, y *Zootoca*. En paréntesis junto al género se muestra el tamaño muestral. (a) Puntos muestreados en la península ibérica. En todas las especies se encontró *I. ricinus*, salvo en *A. erythrurus* donde se encontró *H. lusitanicum*. (b) En rojo se indica la localización de Tenerife dentro del archipiélago de las Islas Canarias. (c) Punto geográfico donde se encontraron garrapatas de la especie *H. punctata* sobre la especie endémica de lacértido de Tenerife (*G. galloti*). En la parte de arriba de cada mapa se muestra las coordenadas geográficas y en la parte baja la escala a la que se representan.

Figure 1. Geographical points where the presence of ticks was investigated on 9 species of lizards of the genera *Acanthodactylus*, *Gallotia*, *Iberolacerta*, *Lacerta*, *Podarcis*, *Psammodromus*, *Timon*, and *Zootoca*. The sample size is shown in parentheses next to the genus. (a) Points sampled in the Iberian Peninsula. In all species *I. ricinus* was found, except in *A. erythrurus* where *H. lusitanicum* was found. (b) In red the location of Tenerife within the Canary Islands archipelago is indicated. (c) Geographic point where ticks of the species *H. punctata* were found on the endemic species of Tenerife lizard (*G. galloti*). At the top of each map are shown the geographic coordinates and at the bottom the scale at which they are represented.

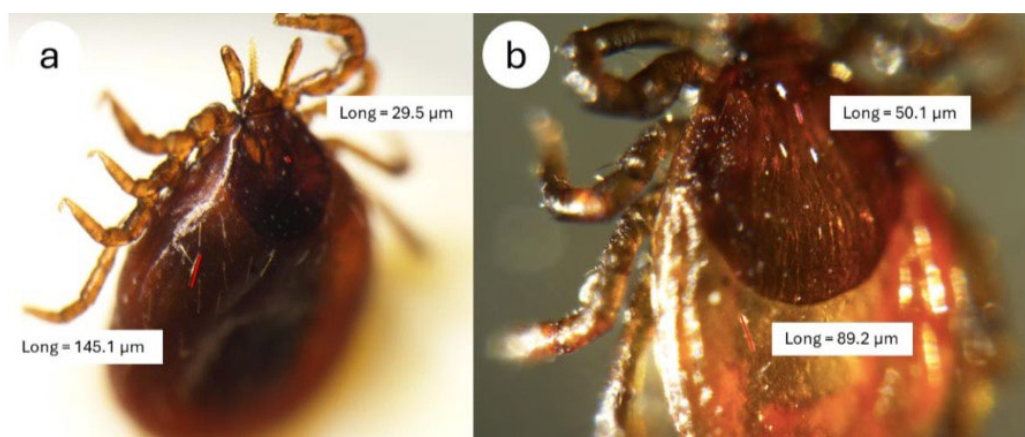


Figura 2. (a) Vista dorsal sobre plastilina de una posible ninfa de *Ixodes inopinatus*, con medición de setas escutales aproximadamente 5 veces más largas que las setas aloscutales. (b) Vista dorsal de una ninfa de *Ixodes ricinus* con medición de setas escutales 2-3 veces más largas que las setas aloscutales.

Figure 2. (a) Dorsal view on plasticine of a possible *Ixodes inopinatus* nymph, with scutal setae measuring approximately 5 times longer than the alloscutal setae. (b) Dorsal view of an *Ixodes ricinus* nymph with scutal setae measuring 2-3 times longer than the alloscutal setae.

Identificación molecular (PCR)

Por la dificultad para identificar las muestras al microscopio, se realizó identificación molecular por reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Se extrajo ADN de 90 garrapatas del género *Ixodes* (40 larvas y 50 ninfas). Para la ruptura y homogeneización de los tejidos, se colocó una garrapata por cada pocillo en una placa de 96 pocillos (Qiagen) que contenía 180 µl de agua de calidad PCR y 4-5 bolas de acero de 1.5 mm de diámetro. Para descartar contaminación por ADN ambiental se utilizaron seis controles de extracción consistentes en pocillos rellenos solo con reactivos que se procesaron en paralelo con las muestras a analizar. Esta placa se introdujo 24 minutos en tandas de 6 minutos a 30 Hz para lisar los tejidos (TyssueLyser II, Qiagen). Del homogeneizado se tomaron 120 µl de cada pocillo y se incubaron con proteinasa K durante 12 horas a 56 °C. Finalmente, el ADN se extrajo en un sistema automático de extracción Biosprint (Qiagen) con el kit DNeasy BS96 utilizando el protocolo de tejidos.

Se realizó una PCR utilizando el método previamente descrito por Hornok et al. (2017). Se usaron los cebadores HCO2198 (5'-TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3') y LCO1490 (5'-GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3'), que amplifican un fragmento de aproximadamente 710 pb del gen citocromo c oxidasa 1 (*cox 1*). Complementariamente, se amplificó un fragmento de 460 pb del gen mitocondrial 16S rRNA de la familia Ixodidae, con los cebadores 16S+1 (5'-CTG CTC AAT GAT TTT TTA AAT TGC TGT GG-3') y 16S-1 (5'-CCG GTC TGA ACT CAG ATC AAG T-3') (Hornok et al. 2017). Los productos amplificados se enviaron a secuenciar por ambos lados y las secuencias generadas se analizaron con Bioedit Sequence Alignment Editor v.7.2.6.1 (Hall 1999) y posteriormente se compararon mediante la herramienta BLAST de GenBank (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&BLAST_SPEC=GeoBlast&PAGE_TYPE=BlastSearch).

Variables microclimáticas

Para caracterizar el microclima de las localidades donde se capturaron los lacértidos, se usó el paquete 'NicheMapR' en R (Kearney y Porter 2017). Se extrajeron datos de temperatura del aire (°C) y humedad (%) relativa a un centímetro y un metro con respecto al suelo, así como del contenido de agua de este (%). Estos datos fueron extraídos con una resolución espacial de 10 minutos de arco y una resolución temporal del mes y año en el que fueron colectadas las garrapatas. Un estudio reciente validó el uso de esta resolución espacial y temporal en dichas variables microclimáticas en lacértidos (Megía-Palma et al. 2024). Se promediaron los datos de cada variable y se realizó un análisis de componentes principales que redujo las cinco variables climáticas a un único factor (PC1 microclima) que explicó el 73.42% de la varianza (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de componentes principales de los datos microclimáticos de las localidades muestreadas en el presente estudio. Un único componente principal (PC1) estuvo altamente correlacionado con todas las variables climáticas y explicó más del 73% de la varianza observada originalmente.

Table 1. Principal component analysis of the microclimatic data from the localities sampled in the present study. A single principal component (PC1) was highly correlated with all climatic variables and explained more than 73% of the variance originally observed.

Variable	PC1
Temperatura 1 cm (°C)	0.87
Temperatura 1 m (°C)	0.81
Humedad relativa 1 cm (%)	-0.89
Humedad relativa 1 m (%)	-0.89
Contenido agua suelo (%)	-0.82
Autovalor	3.67
% Varianza explicada	73.42

Análisis estadísticos

Se comparó el PC1 microclima de las localidades donde los lacértidos presentaron garrapatas del género *Ixodes* con aquellas donde no mediante un análisis de la varianza en Statistica 12.0 (Statsoft Inc., Tulsa, Oklahoma, EE.UU.). Además, el número de garrapatas (transformado mediante el logaritmo decimal del número de garrapatas + 1) de todos los individuos con o sin garrapatas se incluyó como respuesta en un modelo general lineal en R 4.4.1 (R Core Team 2024). En este modelo, se comprobaron simultáneamente los efectos del sexo y especie de hospedador, así como del mes de captura, el PC1 microclima y el tamaño corporal promedio de los lacértidos de cada población hospedadora muestreada. Se comprobó que la distribución residual del modelo se ajustase a una distribución gaussiana mediante una prueba de Shapiro-Wilks del paquete 'car' de R (Fox y Weisberg 2019) y también se comprobaron la kurtosis y sesgo residual mediante pruebas de Anscombe-Glynn y D'Agostino del paquete 'moments' (Komsta y Novomestky 2022). Cualquier otro modelo que consideró incluir interacciones (por ejemplo, especie × sexo) tuvieron un coeficiente de Akaike corregido para tamaños de muestra pequeños (AICc; Bedrick y Tsai 1994) mayor de dos unidades con respecto al modelo sin interacciones, por lo que se descartaron. En el caso de otras interacciones, como entre especie y mes, no fue factible por tratarse de un muestreo por conveniencia, lo que imposibilitó que hubiese datos para todos los meses en todas las especies. Además, se comprobó la colinearidad del modelo mediante la valoración del factor de inflación de la varianza (VIF) en el paquete 'car' (Fox y Weisberg 2019) resultando valores altos cuando en el modelo se incluía especie y el promedio de la longitud corporal por población. Por este motivo, se compararon dos modelos independientes

que incluyeron alternativamente la especie y la longitud corporal promedio, no resultando significativa la segunda y sí la especie. Se decidió incluir ambos predictores en el modelo final presentado porque el efecto de la especie no se vio anulado por el efecto redundante de la longitud corporal y porque trabajos anteriores indican que la longitud corporal puede ser un predictor importante de la intensidad parasitaria en lacértidos (e.g., Drechsler et al. 2021). Se realizó una prueba de razón de verosimilitud sobre el modelo para comprobar que difería significativamente de un modelo nulo. Por último, se aplicó pruebas a posteriori sobre aquellos factores con varios niveles (especie y mes) cuyos efectos principales habían resultado significativos.

Resultados

Identificación morfológica de las garrapatas

Se recolectaron 401 garrapatas (172 larvas, 227 ninfas y 2 adultos: un macho y una hembra) de 3 géneros diferentes. El 95.51% correspondieron al género *Ixodes* (211 ninfas y 172 larvas), el 3.99% (16 ninfas) a *Haemaphysalis punctata*, y el 0.50% (2 adultos) a *Hyalomma lusitanicum*. Se encontraron garrapatas del género *Ixodes* en todas las especies muestreadas, exceptuando *A. erythrurus* (en submeseta sur), donde las garrapatas encontradas correspondieron con *Hyalomma lusitanicum*, y *G. galloti* (en Tenerife) donde la especie encontrada correspondió con *Haemaphysalis punctata* (Tabla 2).

Un total de 179 ninfas cumplieron las medidas de las setas descritas para *I. ricinus* (Fig. 2b), pero en los 20 ejemplares restantes las medidas presentaban valores intermedios a los descritos: las setas aloscutales fueron más de 3, pero menos de 6 veces más largas que las escutales, por lo que eran compatibles con la morfología descrita para *I. inopinatus* (Estrada-Peña et al. 2014). Del total de ninfas examinadas, 12 no se pudieron identificar por su deteriorado estado de conservación.

Tabla 2. Número y porcentaje respecto al total de garrapatas identificadas por especie y estadio.

Table 2. Number and percentage with respect to the total number of ticks identified by species and stage.

	Total	<i>Ixodes</i> spp.		<i>I. ricinus</i>		<i>H. punctata</i>		<i>H. lusitanicum</i>	
Total	401	-	-	383	95.51%	16	3.99%	2	0.50%
Larvas	172	172	42.90%	-	-	-	-	-	-
Ninfas	227	-	-	211	52.61%	16	3.99%	-	-
Adultos	2	-	-	-	-	-	-	2	0.50 %
Género hospedador		<i>Iberolacerta</i> , <i>Lacerta</i> , <i>Podarcis</i> , <i>Psammodromus</i> , <i>Timon</i> <i>Zootoca</i>		<i>Iberolacerta</i> , <i>Lacerta</i> , <i>Podarcis</i> , <i>Psammodromus</i> , <i>Timon</i> <i>Zootoca</i>		<i>Gallotia</i>		<i>Acanthodactylus</i>	

Identificación molecular de las garrapatas

De las 90 muestras de garrapatas seleccionadas para su análisis molecular, 10 produjeron un amplicón para el gen *cox1* y 8 muestras para el gen *16S*. El análisis de las secuencias parciales mostró una similitud con *Ixodes ricinus* entre el 98.6% y el 100% para el gen *cox1* y entre el 98.56% y el 100% para el gen *16S*. En el resto de las muestras no se obtuvo ninguna amplificación probablemente debido a que habían sufrido la degradación del ADN ya que las muestras llevaban tiempo en alcohol desde su recogida hasta el momento de análisis.

Prevalencia de *I. ricinus* por zona y especie

El 54% (n = 21) de los individuos de lagarto verdinegro, *L. schreiberi*, estaban parasitados por garrapatas del género *Ixodes* en un robledal de la Sierra de Guadarrama en la provincia de Segovia a 1400 m de altitud, siendo el hospedador analizado que mayor prevalencia de garrapatas presentó. También en la Sierra de Guadarrama, aunque a varios kilómetros de distancia y en un hábitat diferente, por encima de los 2000 m de altitud en la vertiente madrileña, solo el 1% de los individuos de lagartija carpetana, *I. cyreni*, presentaron garrapatas (n = 100). Otras dos localidades cercanas donde se muestreó *I. cyreni* (Bola del Mundo y La Najarra, n = 20) presentaron 0% de prevalencia. Por otro lado, la lagartija de Guadarrama, *P. guadarramae*, y la lagartija roquera, *P. muralis*, fueron capturadas compartiendo los mismos tocones y rocas en un pinar de la provincia de Segovia y presentaron prevalencias dispares, de 26% (n = 7) y 3% (n = 25), respectivamente. A dos kilómetros de distancia, se encontró un 40% de prevalencia en el lagarto ocelado, *T. lepidus* (n = 13) y, sin embargo, otra población de *T. lepidus* muestreada a nivel del mar en un hábitat rocoso en la costa noroccidental de Portugal no presentó garrapatas (n = 10). Del mismo modo, otra población de *P. guadarramae* muestreada a 1400 m de altitud en Madrid (n = 10), en un hábitat similar al muestreado en la vertiente segoviana, tampoco presentó garrapatas. Otro caso notorio es el de *Z. vivipara* y *P. muralis* que fueron capturadas a unos 1800 m de altitud y una a escasos metros de separación en el Pirineo Oscense; la primera especie tuvo una prevalencia de *Ixodes* del 29% (n = 18), mientras que *P. muralis* del 3.5% (n = 28). En este sentido, la prevalencia en *P. muralis* fue muy similar en Pirineos y en la Sierra de Guadarrama donde fue del 3% (n = 25). Sin embargo, la prevalencia de garrapatas sobre *P.*

algirus en un robledal a 1100 m de altitud en submeseta sur fue el doble (31%) que la prevalencia observada (15%) para esta misma especie en una colina a 1430 m de altitud y parcialmente cubierta por robles en la provincia de Segovia en la Sierra de Guadarrama. La prevalencia para *P. algirus* en Sierra Nevada, en la provincia de Granada, varió no linealmente con la altitud en las 6 altitudes muestreadas: a 300 m ($n = 31$) y 2200 m ($n = 6$) la prevalencia fue del 0%, mientras que, a 700 m, 1200 m, 1700 m, y 2400 m las prevalencias fueron del 3.45% ($n = 29$), 4.76% ($n = 21$), 11.43% ($n = 35$) y 3.85% ($n = 26$), respectivamente.

Efectos del microclima, sexo, fenología y especie de lacértido sobre la intensidad de garrapatas

El componente principal de microclima generado (PC1 microclima) estuvo asociado significativa y positivamente con las dos variables de temperatura, y significativa y negativamente con el contenido de agua del suelo, y las dos variables de humedad relativa (Tabla 1). El análisis de la varianza que comparó el PC1 microclima de las localidades donde se encontraron garrapatas sobre los lacértidos con el de aquellas donde no tuvieron garrapatas indicó que las localidades con valores positivos de prevalencia fueron significativamente más frías y húmedas ($F_{1, 181} = 17.72$, $P < 0.001$) (Fig. 3a). La intensidad de parasitación por garrapatas del género *Ixodes* fue parcialmente explicada por el PC1 microclima: donde más garrapatas tenían los lacértidos fue en aquellas localidades donde el microclima fue más cálido y seco (Tabla 3; Fig. 3b). Además, los machos tuvieron significativamente más garrapatas que las hembras (Tabla 4; Fig. 4a) y también hubo un efecto significativo del mes y la especie hospedadora (Tabla 3). Particularmente, junio y julio destacaron por ser los meses donde generalmente encontramos un mayor número de garrapatas sobre los hospedadores (Tabla A1 del Anexo), mientras que *L. schreiberi* y *P. muralis* tuvieron un mayor número de garrapatas que el resto de especies y *Z. vivipara* la que menos (Figs. 4b y 4c; Tabla A2 del Anexo).

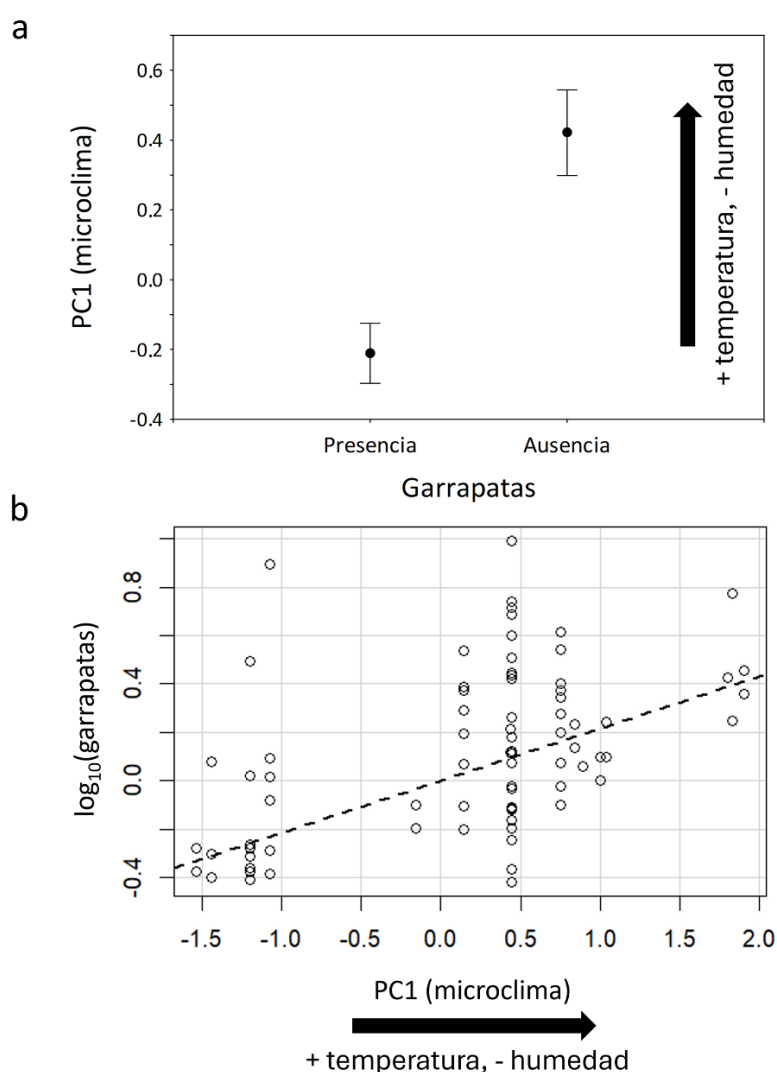


Figura 3. (a) Los puntos de muestreo donde los lagartos y lagartijas presentaron garrapatas del género *Ixodes* fueron más fríos y húmedos que aquellos otros donde no estuvieron infestados. (b) Sin embargo, el número de garrapatas por hospedador fue mayor en aquellos lugares que fueron más calientes y secos, de acuerdo con un modelo general lineal presentado en la Tabla 3. En (b) se representan los valores residuales del número de garrapatas corregido por los efectos del mes, sexo y especie del hospedador, y la longitud corporal promedio para cada población muestreada.

Figure 3. (a) Sampling points where lizards presented ticks of the genus *Ixodes* were colder and wetter than those where they were not infested. (b) However, the number of ticks per host was higher in those places that were warmer and drier, according to a general linear model presented in Table 3. In (b) the residual values of tick number corrected for the effects of month, sex and host species, and mean body length for each sampled population are plotted.

Tabla 3. Resultados del modelo general lineal para explicar la variación observada en la intensidad de garrapatas del género *Ixodes* sobre lagartos y lagartijas en la muestra. SC = suma de cuadrados, g.l. = grados de libertad, F = estadístico de Fisher. Los efectos significativos con $P < 0.05$ se marcan en negrita.

Table 3. Results of the general linear model to explain the variation observed in the intensity of ticks of the genus *Ixodes* on lizards in the sample. SC = sum of squares, d.f. = degrees of freedom, F = Fisher's statistic. Significant effects with $P < 0.05$ are marked in bold.

	SC	d.f.	F	P
Intercepto	0.112	1	1.92	0.167
Especie hospedadora	7.014	6	20.13	< 0.001
Sexo del hospedador	0.380	1	6.55	0.011
Mes	5.240	5	18.04	< 0.001
PC1 microclima	0.815	1	14.04	< 0.001
Longitud hocico-cloaca	0.067	1	1.15	0.286

Tabla 4. Número de garrapatas del género *Ixodes* (N = 413) según el sexo y especie de hospedador. Para la realización de esta tabla solo se han utilizado datos de abundancia (= individuos infestados) para calcular la media y desviación estándar.

Table 4. Number of ticks of the genus *Ixodes* (N = 413) according to sex and host species. For the preparation of this table, only data of abundance (= infested individuals) were used to calculate the mean and standard deviation.

Especie	Sexo	N	Media	Mínimo	Máximo	Desv. Est.
<i>I. cyreni</i>	Macho	-	-	-	-	-
	Hembra	1	5.00	5	5	-
<i>L. schreiberi</i>	Macho	17	7.88	1	20	6.95
	Hembra	4	3.75	3	4	0.50
<i>P. algirus</i>	Macho	14	5.71	1	18	4.87
	Hembra	7	2.14	1	5	1.46
<i>P. guadarramae</i>	Macho	6	6.83	1	22	7.88
	Hembra	1	1.00	1	1	-
<i>P. muralis</i>	Macho	5	12.60	2	29	10.04
	Hembra	2	1.00	1	1	0.00
<i>T. lepidus</i>	Macho	2	6.00	4	8	2.83
	Hembra	1	3.00	3	3	-
<i>Z. vivipara</i>	Macho	4	3.25	1	10	4.50
	Hembra	14	2.07	1	5	1.38

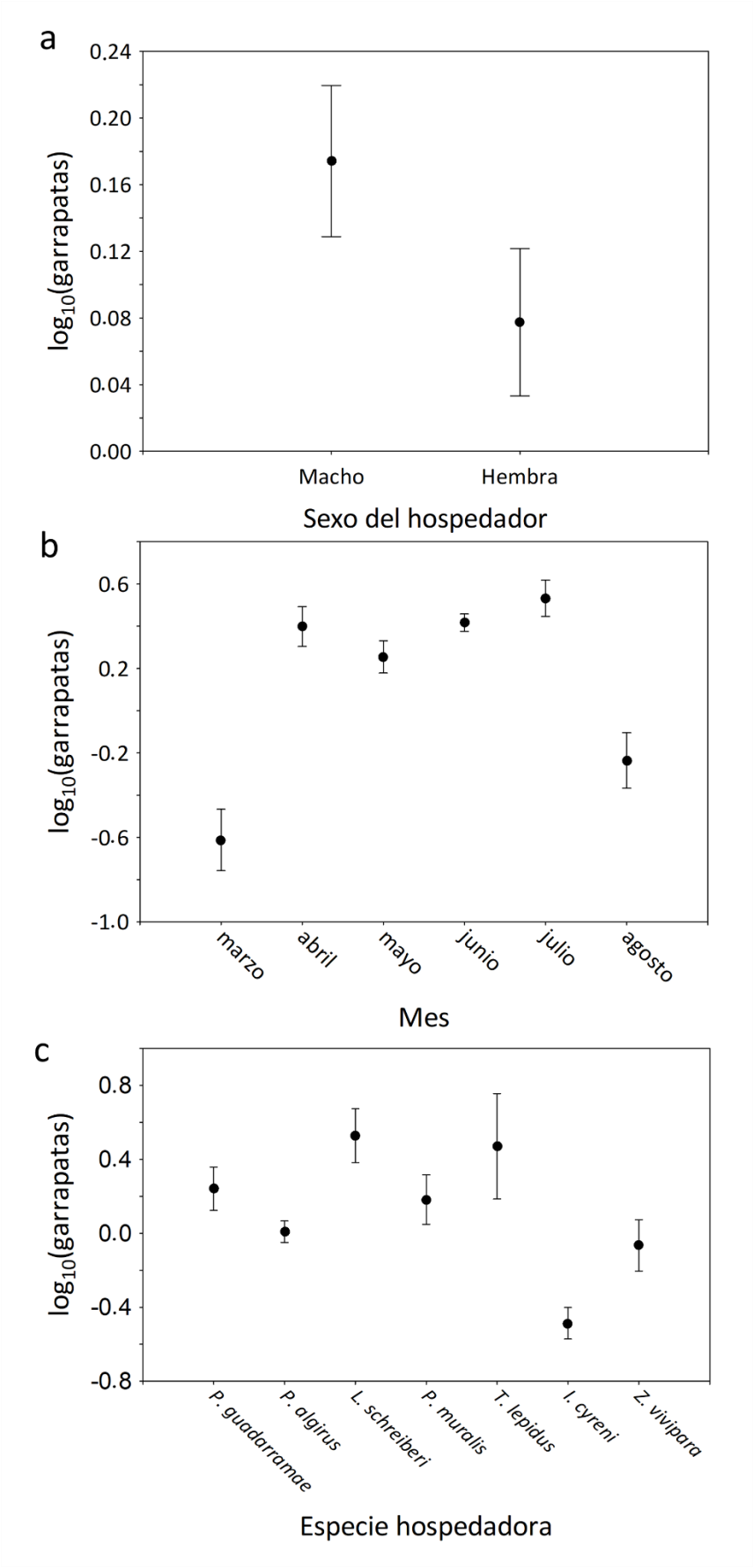


Figura 4. (a) Los machos tuvieron un número significativamente mayor de garrapatas del género *Ixodes*. (b) Efecto del mes de muestreo. (c) Efecto de la especie hospedadora.

Figure 4. (a) Males had significantly higher numbers of ticks of the genus *Ixodes*. (b) Effect of month of sampling. (c) Effect of host species.

Discusión

El 95.5% de las garrapatas encontradas en lacértidos ibéricos y analizadas en el presente estudio pertenecieron al género *Ixodes*. De ese 95.5%, el 83.8% fueron compatibles morfológicamente con *I. ricinus*, el 6.8% no pudieron identificarse por especie, y el 9.4% restante se consideraron compatibles morfológicamente con *I. inopinatus*. Sin embargo, según los marcadores moleculares utilizados, nuestros resultados no apoyaron la presencia de *I. inopinatus* en lacértidos ibéricos. Además, desde su descripción en España en base a caracteres morfológicos y secuenciación parcial del ADN ribosómico (Estrada-Peña et al. 2014), la validez de esta especie ha sido puesta en duda (Velez et al. 2023; Daněk et al. 2024). Por ejemplo, Hrazdilova et al. (2023) utilizaron genomas mitocondriales completos de garrapatas colectadas en Alemania e identificadas morfológicamente como *I. inopinatus*; concluyeron que estas son genéticamente indistinguibles de *I. ricinus*. Asimismo, indicaron que ni la identificación morfológica ni los genes mitocondriales permiten diferenciar de manera efectiva estas dos presuntas especies. Además, otros estudios también han analizado marcadores nucleares y mitocondriales de garrapatas identificadas como *I. ricinus* e *I. inopinatus* evidenciándose una posible hibridación entre ambas morfoespecies (Daněk et al. 2024).

Los resultados del presente estudio complementan lo descrito por Estrada-Peña (2015), quien afirmó que en España existen poblaciones importantes de *I. ricinus*, particularmente en la cornisa Cantábrica, en partes del Pirineo, y en algunas sierras del centro del país, como las de La Rioja y norte de Extremadura. Nuestro estudio aporta datos sobre la presencia del género *Ixodes* en el sureste peninsular, en Sierra Nevada. *Ixodes ricinus* es altamente predominante en lacértidos, aunque también destacamos que su presencia en lacértidos no es siempre frecuente y depende de las condiciones ambientales (Dsouli et al. 2006; Soualah-Alila et al. 2015). Las regiones geográficas en las que se encontraron *I. ricinus* sobre los reptiles representan hábitats favorables para esta especie porque son lugares donde el suelo puede permanecer húmedo durante el día (Kahl y Gray 2023; Vucelja et al. 2023). En este sentido, las garrapatas encontradas, en particular, sobre la lagartija colirroja, no fueron de este género, quizás porque *A. erythrurus* tiene preferencias por medios secos, arenosos y altamente expuestos donde pueden alcanzar temperaturas corporales relativamente elevadas (Carretero y Llorente 1995; Drechsler et al. 2021), lo que dificultaría la presencia de garrapatas del género *Ixodes*. La identificación de dos adultos de *H. lusitanicum* en *A. erythrurus* es destacable, ya que normalmente parasitan a ungulados domésticos y silvestres (Valcárcel et al. 2023). Además, las lagartijas y lagartos normalmente son parasitados por estadíos inmaduros (Tomassone et al. 2017). En este mismo sentido, las garrapatas *H. punctata* encontradas sobre *G. galloti* en Tenerife típicamente infestan ganado, ratones y conejos (Melendreras-Fernández 2019) y no sería un parásito habitual de reptiles. De hecho, datos no mostrados revelan la ausencia de garrapatas sobre *G. galloti* en 45 puntos en La Palma y Tenerife, donde este lagarto es endémico (Megía-Palma, obs. pers.), solo habiéndose encontrado lagartos infestados en la localidad que aquí se comunica. En un reciente estudio (Garrido-Bautista et al. 2025, en este monográfico) también se observaron varios *P. algirus* con ninfas y larvas de *Hyalomma*, en localidades en el norte de África. Lo cual sugiere que en otros contextos geográficos diferentes a la península ibérica algunas especies de lacértidos puedan ser hospedadores más frecuentes de *Hyalomma*.

En el presente estudio se analizaron factores que determinan la prevalencia e intensidad de infestación de *Ixodes*, porque el resto de las especies identificadas se encontraron solo de forma puntual. Conocer la dinámica de las relaciones entre el hospedador y el parásito es complejo porque influyen muchos factores (Peralbo-Moreno et al. 2022). De hecho, las diferencias observadas en la intensidad de infestación por garrapatas del género *Ixodes* sobre las especies hospedadoras investigadas pudieron explicarse por (i) la especie de hospedador, (ii) el mes de toma de muestras, (iii) el sexo del hospedador, y (iv) el clima. La especie de lacértido que, presentando garrapatas del género *Ixodes*, tuvo un número menor de ellas por individuo fue *Z. vivipara*, mientras que *L. schreiberi* y *P. muralis* destacaron por ser las que más. Esto apunta a la mayor susceptibilidad de algunas especies de lacértidos a la infestación por garrapatas del género *Ixodes*, interpretación que está apoyada por el hecho de que algunas especies de lagartija fueron capturadas a escasos metros unas de otras y, tanto la prevalencia como el número de garrapatas, fueron diferentes. Aun así, incluso dentro de una misma especie de lacértido, la prevalencia e intensidad de garrapatas puede variar geográficamente, presumiblemente como consecuencia del efecto del clima sobre la presencia y abundancia de garrapatas en el medio.

También es un factor influyente la época del año, habiéndose descrito las parasitaciones más elevadas por estadíos inmaduros de *I. ricinus* en lacértidos al final de la temporada de reproducción, típicamente en el mes de julio (Huyghe et al. 2010), lo que corroboran nuestros datos por ser junio y julio los meses con mayores intensidades de infestación después de corregir por el factor hospedador. Esto podría estar relacionado con el ciclo biológico de *I. ricinus* y la variación fenológica de su abundancia en el ambiente (Bauwens et al. 1983), aunque dicha fenología puede variar localmente (Peralbo-Moreno et al. 2024). Además, la mayor actividad de los lacértidos ocurre de abril a septiembre y geográficamente concurre con la de *Ixodes*, en las que la humedad y temperatura tienen un papel determinante en la distribución y abundancia de las ninfas en el ambiente (Ruiz-Fons et al. 2012).

El hecho de que los machos de lacértido tuvieran mayores intensidades de infestación concuerdan con trabajos anteriores (Václav et al. 2007; pero ver también Tomassone et al. 2017) y podría deberse a que su mayor actividad reproductora a partir de finales de abril (Salvador et al. 1996) implica una mayor demanda de energía de los machos durante este periodo y también que los machos tienen generalmente un mayor área de campeo (Perry y Garland 2002), lo que los expone a más encuentros con las garrapatas. En este sentido, la mayor actividad de desplazamiento de los machos se ha relacionado con una mayor exposición a las garrapatas en lacértidos (Olsson et al. 2000; Wieczorek et al. 2020). Además, el mantenimiento de elevadas cargas de garrapatas durante los meses posteriores a la temporada de emparejamiento podría relacionarse con un aumento de los desplazamientos asociados a una mayor actividad termorreguladora para compensar el estrés térmico (Megía-Palma et al. 2022) y/o a un mantenimiento de niveles altos hormonales relacionados con la reproducción (e.g., testosterona) (Olsson et al. 2000). Nuestros datos indican sin embargo que en agosto el número de garrapatas descendería, lo que podría relacionarse con una menor abundancia de *Ixodes* en el ambiente durante este mes (Bauwens et al. 1983).

En cuanto al componente climático, los puntos geográficos donde encontramos garrapatas del género *Ixodes* sobre los lacértidos fueron más húmedos y fríos que aquellos donde no tuvieron estas garrapatas. Sin embargo, al analizar la intensidad de garrapatas en todos los puntos muestreados, encontramos una relación positiva con la temperatura y negativa con la humedad y contenido de agua del suelo. Así, dentro de los lugares donde los lacértidos presentaron infestaciones por *Ixodes*, aquellos que fueron más calientes y secos favorecieron la presencia de un mayor número de garrapatas sobre los lacértidos. Las posibles causas de esta relación son inciertas. Estudios anteriores encontraron que las diferencias en la carga de garrapatas en poblaciones diferentes de la misma especie están explicadas por rasgos de los propios hospedadores individuales, como el tamaño y condición corporal, y el grado de agregación y de conectividad de los distintos grupos de hospedadores en la población (Bauwens et al. 1983; Václav et al. 2007; Godfrey et al. 2009; Dudek et al. 2016; Ferreira et al. 2023). Sin embargo, nuestros datos también dan relevancia a factores ambientales y climáticos en consonancia con resultados anteriores que indican que la distribución de *I. ricinus* está influida por factores ambientales (Estrada-Peña et al. 2014). Por ejemplo, trabajos anteriores muestran que los hospedadores de *I. ricinus* pueden variar según la región geográfica y el tipo de hábitat (Wu et al. 2019; Kahl y Gray 2023) y que la abundancia en el ambiente de estos ectoparásitos es mayor en zonas con presencia de ganado y ungulados silvestres y una mayor cobertura vegetal (que a su vez correlaciona con las condiciones microclimáticas).

En conclusión, los lagartos y lagartijas en la península ibérica son hospedadores válidos para las garrapatas. Los estadíos inmaduros de *I. ricinus* son claramente los más frecuentes, si bien se han observado puntualmente parasitaciones por adultos de *H. lusitanicum* en *A. erythrurus* y ninfas de *H. punctata* en *G. galloti*. Aunque morfológicamente algunos ejemplares fueron compatibles con *I. inopinatus*, el análisis molecular de genes mitocondriales confirmó su mayor similitud con *I. ricinus*. Estos resultados concuerdan con los últimos estudios que confirman la dificultad de diferenciación entre ambas especies. Nuestros resultados indicaron que el sexo y especie del hospedador, así como el mes de captura, y variables microclimáticas, pueden explicar la variación observada en la intensidad de infestación por *Ixodes ricinus* en lacértidos ibéricos.

Contribución de los autores

Conceptualización, concepción y diseño de los análisis: Candela Hernández, Rodrigo Megía-Palma, Ángeles Sonia Olmeda; Recopilación de datos: Rodrigo Megía-Palma, Patrick S. Fitze, Senda Reguera; Obtención de financiación y administración del proyecto: Félix Valcárcel, Gregorio Moreno-Rueda; Análisis de los datos: Candela Hernández, Rodrigo Megía-Palma; Redacción del manuscrito: Candela Hernández, Rodrigo Megía-Palma; Metodología: Rodrigo Megía-Palma, Ángeles Sonia Olmeda, Candela Hernández Rojas, María Sánchez, Raquel Martín Hernández; Revisión crítica, edición y aprobación final del manuscrito para su publicación: Candela Hernández, Rodrigo Megía-Palma, Senda Reguera, Patrick S. Fitze, Gregorio Moreno-Rueda, Ángeles Sonia Olmeda, Félix Valcárcel.

Disponibilidad de los datos

Los datos empleados para este estudio se encuentran disponibles en: <https://data.mendeley.com/datasets/62r6yjtwc/1>

Financiación, permisos requeridos, potenciales conflictos de interés y agradecimientos

Los autores/as declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Esta investigación ha sido cofinanciada con: proyecto GARES (fondos EU Next Generation), Villamagna SA, y grupo ESGARIBER (SOCEPA). El Ministerio de Economía y Competitividad y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (MINECO/FEDER) aportaron fondos con los proyectos: CGL2012-32459 (PSF), y CGL-2014-55969-P a GM-R. Igualmente el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte financiación la beca predoctoral (2010- 2014) de RM-P (BES-2010-038427). Los datos de garrapatas se colectaron bajo los permisos de captura de lagartijas con los siguientes códigos: 10/033298.9/13, 10/373043.9/12, 10/380311.9/12, 10/315072.9/11, 10/040449.9/13, 2012/272, 372/2013-VS (FAU13_038), DGMEN/SEN/avp_13_025_aut, Biod/MLCE-68564, EP/CYL/101/2013, EP/SG/625/2011, EP/SG/213/2013, SGYB/EF/FJRH Re-9H/13, INAGA/5000201/24/2013/04434, CSVZ5-4ZBJN-02QA1-DYREG, EHVI/24/2010/105-106, LCE/mp24/2012/426, 500201/24/2013/5692(1098), 2013/025426(74/CS/13). Esto incluyó administraciones como la Dirección General de Gestión del Medio Natural (Junta de Andalucía), y al Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas de Portugal (ICNF; 733/2020/CAPT), entre otras correspondientes a los códigos que se indican.

Referencias

- Amore, G., Tomassone, L., Grego, E., Ragagli, C., Bertolotti, L., Nebbia, P., Rosati, S., et al. 2007. *Borrelia lusitaniae* in immature *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) feeding on common wall lizards in Tuscany, central Italy. *Journal of Medical Entomology* 44(2), 303–307. <https://doi.org/10.1093/jmedent/44.2.303>
- Bauwens, D., Srijbosch, H., Stumpel, A.H.P. 1983. The lizards *Lacerta agilis* and *L. vivipara* as hosts to larvae and nymphs of the tick *Ixodes ricinus*. *Ecography* 6(1), 32–40. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1983.tb01062.x>
- Bedrick, E.J., Tsai, C.L. 1994. Model selection for multivariate regression in small samples. *Biometrics* 50:226-231. <https://doi.org/10.2307/2533213>
- Carretero, M.A., Llorente, G.A. 1995. Thermal and temporal patterns of two Mediterranean Lacertidae. *Scientia herpetologica* 1995, 213-223.
- Collares-Pereira, M., Couceiro, S., Franca, I., Kurtenbach, K., Schäfer, S.M., Vitorino, L., Gonçalves, L., et al. 2004. First isolation of *Borrelia lusitaniae* from a human patient. *Journal of Clinical Microbiology* 42(3), 1316–1318. <https://doi.org/10.1128/JCM.42.3.1316-1318.2004>

- Daněk, O., Hrbatová, A., Volfová, K., Ševčíková, S., Lesiczka, P., Nováková, M., Ghodrati, S., et al. 2024. Italian peninsula as a hybridization zone of *Ixodes inopinatus* and *I. ricinus* and the prevalence of tick-borne pathogens in *I. inopinatus*, *I. ricinus*, and their hybrids. *Parasites and Vectors* 17(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13071-024-06271-z>
- de la Fuente, J., Estrada-Peña, A., Rafael, M., Almazán, C., Bermúdez, S., Abdelbaset, A.E., Kasaija, P.D., et al. 2023. Perception of ticks and tick-borne diseases worldwide. *Pathogens* 12(10), 1258. <https://doi.org/10.3390/pathogens12101258>
- De Sousa, R., de Carvalho, I.L., Santos, A.S., Bernardes, C., Milhano, N., Jesus, J., Menezes, D., et al. 2012. Role of the lizard *Teira dugesii* as a potential host for *Ixodes ricinus* tick-borne pathogens. *Applied and Environmental Microbiology* 78(10), 3767–3769. <https://doi.org/10.1128/AEM.07945-11>
- Drechsler, R.M., Belliure, J., Megía-Palma, R. 2021. Phenological and intrinsic predictors of mite and haemacoccidian infection dynamics in a Mediterranean community of lizards. *Parasitology* 148(11), 1328–1338. <https://doi.org/10.1017/S0031182021000858>
- Dsouli, N., Younsi-Kabachii, H., Postic, D., Nouira, S., Gern, L., Bouattour, A. 2006. Reservoir role of lizard *Psammotromus algirus* in transmission cycle of *Borrelia burgdorferi sensu lato* (Spirochaetaceae) in Tunisia. *Journal of Medical Entomology* 43(4), 737–742. [https://doi.org/10.1603/0022-2585\(2006\)43\[737:RROLPAJ2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-2585(2006)43[737:RROLPAJ2.0.CO;2)
- Dudek, K., Skórka, P., Sajkowska, Z.A., Ekner-Grzyb, A., Dudek, M., Tryjanowski, P. 2016. Distribution pattern and number of ticks on lizards. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 7(1), 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2015.10.014>
- Duque Amado, C., Megía-Palma, R. 2024. The Mesoamerican giant toad *Rhinella horribilis* as bioindicator of vegetation degradation in a tropical forest. *Basic & Applied Herpetology* 38, 77–89. <https://doi.org/10.11160/bah.273>
- Ekner, A., Dudek, K., Sajkowska, Z., Majláthová, V., Majláth, I., Tryjanowski, P. 2011. Anaplasmataceae and *Borrelia burgdorferi sensu lato* in the sand lizard *Lacerta agilis* and co-infection of these bacteria in hosted *Ixodes ricinus* ticks. *Parasites and Vectors* 4(1), 182. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-182>
- Estrada-Peña, A. 2015. Orden Ixodida: Las garrapatas. *Revista IDE@-SEA*, 13, 30–36.
- Estrada-Peña, A. 2016. Ticks as Vectors. *Encyclopedia of Parasitology*, 34(1), 2729–2729. https://doi.org/10.1007/978-3-662-43978-4_3182
- Estrada-Peña, A., Nava, S., Petney, T. 2014. Description of all the stages of *Ixodes inopinatus* n. sp. (Acari: Ixodidae). *Ticks and Tick-Borne Diseases* 5(6), 734–743. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2014.05.003>
- Estrada-Peña, A., Mihalca, A.D., Petney, T.N. 2017. *Ticks of Europe and North Africa: A guide to species identification*. Springer International Publishing AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-63760-0>
- Ferreira, A.I., Damas-Moreira, I., Marshall, K.L.A., Perera, A., Harris, D.J. 2023. What influences the prevalence and intensity of haemoparasites and ectoparasites in an insular lizard? *Animals* 13(4), 723. <https://doi.org/10.3390/ani13040723>
- Fox, J., Weisberg, S. 2019. *An R Companion to Applied Regression, Third edition*. Sage, Thousand Oaks CA, USA. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
- Garrido-Bautista, J., Moreno-Rueda, G., Zamora-Camacho, F.J., Comas, M., Laghzaoui, E.M., Carretero, M.A., Rocha A.D., et al. 2025. Geographic variation in tick parasitism and impact on immune physiology of the lizard *Psammotromus algirus* across its distribution range. *Ecosistemas* 34(2) 2931, <https://doi.org/10.7818/ECOS.2931>
- Godfrey, S.S., Bull, C.M., James, R., Murray, K. 2009. Network structure and parasite transmission in a group living lizard, the gidgee skink, *Egernia stokesii*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 63, 1045–1056. <https://doi.org/10.1007/s00265-009-0730-9>
- Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series* 41:95-98
- Hornok, S., Sándor, A.D., Beck, R., Farkas, R., Beati, L., Kontschán, J., Takács, N., et al. 2017. Contributions to the phylogeny of *Ixodes* (*Pholeoixodes*) *canisuga*, *I. (Ph.) kaiseri*, *I. (Ph.) hexagonus* and a simple pictorial key for the identification of their females. *Parasites and Vectors* 10(1), 545. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2424-x>
- Hrazdilova, K., Danek, O., Hrbatova, A., Cervena, B., Noskova, E., Adamik, P., Votypka, J., et al. 2023. Genetic analysis challenges the presence of *Ixodes inopinatus* in Central Europe: development of a multiplex PCR to distinguish *I. inopinatus* from *I. ricinus*. *Parasites and Vectors* 16(1), 354. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05971-2>
- Hurtado, O.J.B., Giraldo-Ríos, C. 2019. Economic and health impact of the ticks in production animals. In: Abubakar, M., Perera, P.K., (eds.), *Ticks and Tick-Borne Pathogens*, pp. 1–19. IntechOpen, London, UK.
- Huyghe, K., Van Oystaeyen, A., Pasmans, F., Tadić, Z., Vanhooydonck, B., Van Damme, R. 2010. Seasonal changes in parasite load and a cellular immune response in a colour polymorphic lizard. *Oecologia* 163, 867–874. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1646-9>
- Kahl, O., Gray, J.S. 2023. The biology of *Ixodes ricinus* with emphasis on its ecology. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 14(2), 102114. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2022.102114>
- Kearney, M.R., Porter, W.P. 2017. NicheMapR—an R package for biophysical modelling: the microclimate model. *Ecography* 40, 664–674. <https://doi.org/10.1111/ecog.02360>
- Komsta, L., Novomestky, F. 2022. moments: Moments, Cumulants, Skewness, Kurtosis and Related Tests. *R package version 0.14.1*. <https://CRAN.R-project.org/package=moments>
- Ministerio de Sanidad. *Mapa Gares*. Plan Nacional de prevención, Vigilancia y control de Enfermedades Transmitidas por Vectores. Gobierno de España. Madrid, España. [Fecha de consulta: 03/2025] https://www.sanidad.gob.es/areas/alertasEmergenciasSanitarias/preparacionRespuesta/Plan_Vectores.htm
- Megía-Palma, R., Martínez, J., Merino, S. 2018. Manipulation of parasite load induces significant changes in the structural-based throat color of male Iberian green lizards. *Current Zoology* 64(3), 293–302. <https://doi.org/10.1093/cz/zox036>
- Megía-Palma, R., Barja, I., Barrientos, R. 2022. Fecal glucocorticoid metabolites and ectoparasites as biomarkers of heat stress close to roads in a Mediterranean lizard. *Science of the Total Environment* 802, 149919. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149919>
- Megía-Palma, R., Cuervo, J.J., Fitze, P.S., Martínez, J., Jiménez-Robles, O., De la Riva, I., Reguera, S., et al. 2024. Do sexual differences in life strategies make male lizards more susceptible to parasite infection? *Journal of Animal Ecology* 93(9), 1338–1350. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.14154>
- Melendreras-Fernández, B. 2019. Enfermedades víricas transmitidas por garrapatas en Canarias: ¿sería posible la transmisión en Canarias del Crimea-Congo? *Trabajo de fin de máster en Diagnostico e Investigación de Enfermedades tropicales*. Universidad de La Laguna. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/14811>
- Mendoza-Roldan, J.A., Colella, V., Lia, R.P., Nguyen, V.L., Barros-Battesti, D.M., Iatta, R., Dantas-Torres, F., et al. 2019. *Borrelia burgdorferi* (*sensu lato*) in ectoparasites and reptiles in southern Italy. *Parasites & Vectors* 12, 35. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3286-1>

- Nava, S., Guglielmo, A.A. 2023. Ixodidae. En: Claps, L.E., Roig-Juñent, S., Morrone, J.J. (eds.), *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*, Vol. 5, pp. 296-306. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. <http://hdl.handle.net/11336/252130>
- Olsson, M., Wapstra, E., Madsen, T., Silverin, B. 2000. Testosterone, ticks and travels: a test of the immunocompetence-handicap hypothesis in free-ranging male sand lizards. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 267(1459), 2339-2343. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1289>
- Orlova, M.V., Doronin, I.V., Doronina, M.A., Anisimov, N.V. 2023. A review of ixodid ticks (Acari: Ixodidae) associated with *Lacerta* spp. (Reptilia: Lacertidae) from the Caucasus and adjacent territory. *Diversity* 15(10), 1026. <https://doi.org/10.3390/d15091026>
- Peralbo-Moreno, A., Baz-Flores, S., Cuadrado-Matías, R., Barroso, P., Triguero-Ocaña, R., Jiménez-Ruiz, S., et al. 2022. Environmental factors driving fine-scale ixodid tick abundance patterns. *Science of the Total Environment* 853, 158633. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158633>
- Peralbo-Moreno, A., Espí, A., Barandika, J.F., García-Pérez, A.L., Acevedo, P., Ruiz-Fons, F. 2024. Spatiotemporal dynamics of *Ixodes ricinus* abundance in northern Spain. *Ticks and Tick-borne Diseases* 15(6), 102373. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2024.102373>
- Perry, G., Garland Jr, T. 2002. Lizard home ranges revisited: effects of sex, body size, diet, habitat, and phylogeny. *Ecology* 83(7), 1870-1885. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[1870:LHRREO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[1870:LHRREO]2.0.CO;2)
- Poupon, M., Lommano, E., Humair, P., Douet, V., Rais, O., Schaad, M., Jenni, L., et al. 2006. Prevalence of *Borrelia burgdorferi sensu lato* in ticks collected from migratory birds in Switzerland. *Applied and Environmental Microbiology* 72. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.1.976-979.2006>
- R Core Team 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ruiz-Fons, F., Fernández-de-Mera, I.G., Acevedo, P., Gortázar, C., de la Fuente, J. 2012. Factors driving the abundance of *Ixodes ricinus* ticks and the prevalence of zoonotic *I. ricinus*-borne pathogens in natural foci. *Applied and Environmental Microbiology* 78(8), 2669-2676. <https://doi.org/10.1128/AEM.06564-11>
- Salvador, A., Veiga, J.P., Martín, J., López, P., Abelenda, M., Puerta, M. 1996. The cost of producing a sexual signal: testosterone increases the susceptibility of male lizards to ectoparasitic infestation. *Behavioral Ecology* 7(2), 145-150. <https://doi.org/10.1093/beheco/7.2.145>
- Salvador, A., Veiga, J.P., Civantos, E. 1999. Do skin pockets of lizards reduce the deleterious effects of ectoparasites? An experimental study with *Psammmodromus algirus*. *Herpetologica* 55(1), 1-7. <http://www.jstor.org/stable/3893063>
- Soualah-Alila, H., Bouslama, Z., Amr, Z., Bani Hani, R. 2015. Tick infestations (Acari: Ixodidae) on three lizard species from Seraidi (Annaba District), northeastern Algeria. *Experimental and Applied Acarology* 67(1), 159-163. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-9932-1>
- Tomassone, L., Ceballos, L.A., Ragagli, C., Martello, E., De Sousa, R., Stella, M.C., Mannelli, A. 2017. Importance of common wall lizards in the transmission dynamics of tick-borne pathogens in the Northern Apennine Mountains, Italy. *Microbial Ecology* 74(4), 961-968. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-0994-y>
- Václav, R., Prokop, P., Fekiač, V. 2007. Expression of breeding coloration in European green lizards (*Lacerta viridis*): variation with morphology and tick infestation. *Canadian Journal of Zoology* 85(12), 1199-1206. <https://doi.org/10.1139/Z07-102>
- Valcárcel, F., Elhachimi, L., Vilá, M., Tomassone, L., Sánchez, M., Selles, S.M., Kouidri, M., et al. 2023. Emerging *Hyalomma lusitanicum*: From identification to vectorial role and integrated control. *Medical and Veterinary Entomology* 37(3), 425-459. <https://doi.org/10.1111/mve.12660>
- Velez, R., Meeûs, T.D., Beati, L., Younsi, H., Zhioua, E., Antunes, S., Domingos, A., et al. 2023. Development and testing of microsatellite loci for the study of population genetics of *Ixodes ricinus* Linnaeus, 1758 and *Ixodes inopinatus* Estrada-Peña, Nava & Petney, 2014 (Acari: Ixodidae) in the western Mediterranean region. *Acarologia* 63(2): 356-372. <https://doi.org/10.24349/bvem-4h49>
- Vucelja, M., Krčmar, S., Habuš, J., Perko, V.M., Boljefetić, M., Bjedov, L., Margaletić, J. 2023. Altitudinal distribution, seasonal dynamics and *Borrelia burgdorferi Sensu lato* infections in hard ticks (Acari: Ixodidae) in different forest communities in inland Croatia. *Sustainability (Switzerland)*, 15(6): 4862. <https://doi.org/10.3390/su15064862>
- Wieczorek, M., Rektor, R., Najbar, B., Morelli, F. 2020. Tick parasitism is associated with home range area in the sand lizard, *Lacerta agilis*. *Amphibia Reptilia* 41(4), 479-488. <https://doi.org/10.1163/15685381-bja10018>
- Wu, Q., Richard, M., Rutschmann, A., Miles, D.B., Clobert, J. 2019. Environmental variation mediates the prevalence and co-occurrence of parasites in the common lizard, *Zootoca vivipara*. *BMC ecology* 19, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12898-019-0259-3>

Anexo / Appendix

Table A1. Resultado del análisis a posteriori de Bonferroni resultante de los efectos principales del mes que explican la variación en la intensidad de parasitación por garrapatas en lacértidos ibéricos.

Table A1. Results of a Bonferroni’s post-hoc analysis resulting from the main effects of the month that explain the variation in the intensity of tick parasitism in Iberian lacertids.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Marzo	1.000	0.073	0.009	< 0.001	1.000
Abril	1.000	0.073	0.009	< 0.001	1.000
Mayo	0.073	0.073	1.000	0.050	0.057
Junio	0.009	0.009	1.000	< 0.001	0.005
Julio	< 0.001	< 0.001	0.050	< 0.001	< 0.001
Agosto	1.000	1.000	0.057	0.005	< 0.001

Tabla A2. Resultado del análisis a posteriori de Bonferroni resultante de los efectos principales de la especie de hospedador que explican la variación en la intensidad de parasitación por garrapatas en lacértidos ibéricos.

Table A2. Results of a Bonferroni’s post-hoc analysis resulting from the main effects of the host species that explain the variation in the intensity of tick parasitism in Iberian lacertids.

<i>P. guadarramae</i>	<i>P. algirus</i>	<i>L. schreiberi</i>	<i>P. muralis</i>	<i>T. lepidus</i>	<i>I. cyreni</i>	<i>Z. vivipara</i>
<i>P. guadarramae</i>	1.000	< 0.001	< 0.001	1.000	0.057	0.552
<i>P. algirus</i>	1.000	< 0.001	< 0.001	1.000	0.800	< 0.001
<i>L. schreiberi</i>	< 0.001	< 0.001	1.000	< 0.001	< 0.001	< 0.001
<i>P. muralis</i>	< 0.001	< 0.001	1.000	< 0.001	< 0.001	0.020
<i>T. lepidus</i>	1.000	1.000	< 0.001	< 0.001	1.000	0.007
<i>I. cyreni</i>	0.057	0.800	< 0.001	< 0.001	1.000	< 0.001
<i>Z. vivipara</i>	0.552	< 0.001	< 0.001	0.020	0.007	< 0.001