

Grao en Bioloxía

Memoria do Traballo de Fin de Grao

Estrutura e estima do tamaño dunha poboación relictiva de baixa altitude do lacértido ameazado *Iberolacerta monticola*.

Estructura y estima del tamaño de una población relictiva de baja altitud del lacértido amenazado *Iberolacerta monticola*.

Structure and estimation of the size of a low-altitude relict population of the threatened lacertid lizard *Iberolacerta monticola*.



Elena Beade Toubes

Junio, 2019

D. Pedro Manuel Galán Regalado, Doctor en Biología y Profesor Titular del Área de Zoología del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias, y D. Horacio Naveira Fachal, Doctor en Biología y Catedrático del Área de Genética del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias,

INFORMAN:

Que el presente Trabajo de Fin de Grado, titulado “Estructura y estima del tamaño de una población relictica de baja altitud del lacértido amenazado *iberolacerta monticola*”, presentado por D^a Elena Beade Toubes, alumna del Grado en Biología, ha sido realizado bajo nuestra dirección y autorizamos su presentación y defensa en público.

A Coruña, 20 de Junio de 2019

Fdo. Pedro Manuel Galán Regalado

Fdo. Horacio Naveira Fachal

AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo de Fin de Grado forma parte de las tareas contempladas en el proyecto “Desarrollo de modelos predictivos de la conectividad funcional de poblaciones amenazadas en Zonas de Especial Conservación”, que cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica (convocatoria de ayudas para la realización de proyectos en materia de adaptación al cambio climático 2017).

Quiero dar las gracias al Dr. Horacio Naveira Fachal por haberme propuesto participar en este proyecto y darme la oportunidad de sumergirme en el mundo de los estudios de poblaciones, y al Dr. Pedro Manuel Galán Regalado por haberme dejado acompañarle en las salidas de campo y haber compartido su conocimiento y entusiasmo por estos animales conmigo, además de prestarme sus fotografías para este trabajo. También quiero dedicar un especial agradecimiento a David Dopereiro Domínguez, quien nos acompañó a todas las visitas a Chelo, participó en las capturas y toma de datos y me cedió todas sus excelentes fotografías para que pudiera usarlas en el trabajo, entre ellas la que acompaña la portada, de un precioso macho de *Iberolacerta monticola*.

RESUMEN

Las poblaciones de baja altitud del lacértido amenazado *Iberolacerta monticola* en la provincia de A Coruña han sufrido declives poblacionales en las últimas décadas. El presente estudio se ha realizado sobre la principal población de esta especie en la cuenca del río Mandeo, la del coto fluvial de Chelo. Se han hecho estimas del tamaño y la densidad poblacional, así como de otros parámetros poblacionales empleando el programa MARK, que permite usar distintas variantes del método Jolly-Seber de captura-marcaje-recaptura. Además, se hizo un análisis de la estructura de la población utilizando clases de tallas y de la proporción de sexos. Los resultados obtenidos indicaron una alta densidad de población, pero limitada a un área reducida con hábitat favorable, rodeada de medios inadecuados para su presencia (zonas de bosque con densa cobertura arbórea), una elevada mortalidad de los individuos inmaduros y una desigual proporción de inmaduros frente a adultos, lo que parece apuntar a que esta población muestra características de insularidad. También se obtuvieron otros datos relevantes sobre la supervivencia de esta población, como la aparente escasez de depredadores, basándonos en el bajo porcentaje de individuos que habían perdido la cola, o la reducida presencia de individuos afectados por ectoparásitos del género *Ixodes*. Los escasos desplazamientos observados apuntan a que los individuos son esencialmente sedentarios. Se establecen algunas consecuencias de estos resultados para la supervivencia de esta población y se proponen algunas medidas para su conservación.

PALABRAS CLAVE

Captura-marcaje-recaptura, conservación, densidad de población, tamaño poblacional, estructura de edades, *Iberolacerta monticola*, lagartos, MARK, reptiles, parámetros poblacionales, poblaciones aisladas, POPAN.

RESUMO

As poboacións de baixa altitude do lacértido ameazado *Iberolacerta monticola* na provincia da Coruña teñen sufrido declives poboacionais nas últimas décadas. O presente estudo realizouse sobre a principal poboación desta especie na conca do río Mandeo, a do coto fluvial de Chelo. Fixéronse estimas do tamaño e a densidade poboacional, así como doutros parámetros poboacionais empregando o programa MARK, que permite usar distintas variantes do método Jolly-Seber de captura-marcaje-recaptura. Ademais, fíxose unha análise da estrutura da poboación utilizando clases de tallas e da proporción por sexos. Os resultados obtidos indicaron unha alta densidade de poboación, pero limitada a unha área reducida con hábitat favorable, rodeada de medios inadecuados para a súa presenza (zonas de bosque con densa cobertura arbórea), unha elevada mortalidade de inmaduros e unha desigual proporción de inmaduros fronte ós adultos, o que parece apuntar a que esta

poboación mostra características de insularidade. Tamén se obtiveron outros datos relevantes sobre a supervivencia desta poboación, como a aparente escaseza de depredadores, baseándonos na baixa porcentaxe de individuos que perderan a cola, ou a presenza de individuos afectados por ectoparásitos do xénero *Ixodes*. Os escasos desprazamentos observados apuntan a que os individuos son esencialmente sedentarios. Establécense algunhas consecuencias destes resultados para a supervivencia desta poboación e se propón algunhas medidas para a súa conservación.

PALABRAS CHAVE

Captura-marcaxe-recaptura, conservación, densidade de poboación, tamaño poboacional, estrutura de idades, *Iberolacerta monticola*, lagartos, MARK, réptiles, parámetros poboacionais, poboacións illadas, POPAN.

SUMMARY

The low-altitude populations of the threatened lacertid lizard *Iberolacerta monticola* in A Coruña province have suffered population declines in the last decades. The present study has been done on the main population of this species in the Mandeo river basin, located in the river reserve of Chelo. Population size and density have been estimated, as well as other population parameters. We used the MARK program, which allows to use different variants of the Jolly-Seber method. In addition, we did an analysis of the sex-ratio and the structure of the population using size classes. The results indicated a high density, but limited to a reduced area with favourable habitat, surrounded by inadequate zones (forests with dense tree coverage), as well as a high mortality of immature individuals and an unequal proportion between immatures and adults. It seems to point out that this population shows insular characteristics. Other relevant data for the survival of this population were obtained, as the apparent lack of predators, based on the low percentage of individuals with tail loss, or the reduced presence of individuals affected by ectoparasites of the genus *Ixodes*. The low number of observed movements points out that the individuals of this population are essentially sedentary. Some consequences for the survival of this population are set and some measures are proposed for its conservation.

KEY WORDS

Age structure, capture-mark-recapture, conservation, *Iberolacerta monticola*, isolated populations, lacertid lizards, MARK, POPAN, population density, population size, population parameters, reptiles.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Objetivos.....	2
Material y métodos.....	2
Resultados.....	10
Discusión.....	13
Conclusiones.....	18
Conclusións.....	19
Conclusions.....	20
Bibliografía.....	21

Introducción

La lagartija cantábrica (*Iberolacerta monticola* Boulenger, 1905) es un endemismo del noroeste ibérico, presente en la Cordillera Cantábrica, Galicia y Serra da Estrela en Portugal (Pérez-Mellado, 2002; Arribas, 2014).

Es una especie ligada a roquedos en zonas de montaña (Pérez-Mellado, 2002), aunque en Galicia existen poblaciones de bajas altitudes y a nivel del mar (Galán, 1982, 1999a). En la Cordillera Cantábrica se encuentran poblaciones numerosas y con bajo grado de aislamiento (Pérez-Mellado, 2002). Sin embargo, otras poblaciones están aisladas, como lo son las de la provincia de A Coruña y norte de Lugo, donde habitan en zonas con características ambientales muy concretas, especialmente en lo que se refiere a la temperatura de los meses estivales (por debajo de 17,5 °C), la cobertura vegetal, el tipo de sustrato y la elevada humedad (Galán, 2012). Está catalogada por la IUCN como Vulnerable (IUCN, 2019), y es en estas poblaciones aisladas donde se ha visto un declive poblacional en las últimas décadas (Galán, 1999a, 1999b). Es por esto que también ha sido incluida en el *Catálogo Galego de Especies Ameazadas*, con la categoría de Vulnerable (Xunta de Galicia, 2007).

Las poblaciones de baja altitud de la provincia de A Coruña, consideradas las más amenazadas, se distribuyen en pequeños núcleos poblacionales, restringidos a zonas geográficas muy concretas (Monte Pindo y monasterio de Sobrado dos Monxes) o al fondo de gargantas fluviales con bosques atlánticos, como Fragas do Eume o Fragas do Mandeo (Galán *et al.*, 2007; Galán, 2012).

Estas poblaciones, a pesar de encontrarse amenazadas y estar incluidas en el *Catálogo Galego de Especies Ameazadas*, no cuentan con un plan de conservación y existe muy poca información sobre el tamaño y la evolución de sus poblaciones. Se sabe que la del Mandeo ha sufrido declives importantes (Galán, 1999b, 2012), aunque no hay estimas cuantitativas sobre ello.

El tamaño poblacional es uno de los parámetros fundamentales para evaluar las prioridades de conservación de las especies (IUCN, 2019). Por lo tanto, el objeto principal de este trabajo es cuantificar la subpoblación más importante de la cuenca del río Mandeo, como es la que habita en la zona de Chelo, además de estudiar otros

parámetros poblacionales como la probabilidad de supervivencia, de captura o la incidencia de depredadores.

Objetivos

1. Estimar el tamaño y la densidad de la población de *Iberolacerta monticola* del coto fluvial de Chelo mediante la formulación POPAN, que emplea una modificación del método Jolly-Seber de captura-marcaje-recaptura.
2. Estimar por edad y sexo la probabilidad de captura y supervivencia en esta población por el método Cormarck-Jolly-Seber.
3. Establecer la estructura en relación a la distribución por tallas y edades y el *sex-ratio* de esta población.
4. Obtener otros datos representativos de esta población, que puedan influir en su supervivencia, relacionados con la incidencia de depredadores, estimada por la pérdida de colas, la presencia de ectoparásitos y la longitud de los desplazamientos de sus individuos.
5. Extraer algunas consecuencias para la conservación de estas poblaciones aisladas y amenazadas de *I. monticola*.

Mateial y métodos

Especie estudiada

La lagartija serrana (*Iberolacerta monticola*) es un reptil de la familia Lacertidae (lagartos y lagartijas típicos del Viejo Mundo), del orden Squamata, endémico del noroeste ibérico. Su distribución es muy reducida, encontrándose típicamente en zonas montañosas, pero también en poblaciones aisladas a nivel de mar (Galán, 1982; Pérez-Mellado, 2002; Galán *et al.*, 2007; Sociedade Galega de Historia Natural, 2018). Se trata de una lagartija diurna de talla mediana, con cabeza grande y la cola casi dos veces la

longitud del cuerpo, con un dimorfismo sexual tanto en el tamaño corporal (mayor en los machos) como en la coloración dorsal en los adultos (pardo en hembras y verde en machos) (Arribas, 2014) [Figura 1].



Figura 1. Macho (arriba) y hembra (abajo) de lagartija cantábrica (*Iberolacerta monticola*) de la zona de estudio (Chelo, río Mandeo, A Coruña).

Zona de estudio

Nuestra población de estudio corresponde a la de la Cuenca del río Mandeo, donde a su vez podemos distinguir varias subpoblaciones, relativamente aisladas por hábitats

inadecuados entre ellas. La que nos ocupa se encuentra en el coto fluvial de Chelo, en el tramo bajo del río Mandeo (orilla izquierda: parroquia de Colantres, Concello de Coirós, A Coruña; orilla derecha: parroquia de Vilamourel, Concello de Paderne, A Coruña. UTM: 29T NH 69; 43° 15' 50''N 8° 9' 54'' W). La altitud media es de 9 m sobre el nivel del mar. Esta área está incluida dentro del clima Oceánico Húmedo, característico de las zonas costeras del noroeste ibérico. La temperatura media del mes más frío, febrero, es de 7 °C y las temperaturas medias del mes más cálido, agosto, oscilan entre 16,6 °C y 17,6 °C (Martínez-Cortizas *et al.*, 1999) [Figura 2].



Figura 2. Localización geográfica del coto fluvial de Chelo. Imágenes aéreas a escala 1:216672 (arriba) y 1:3385 (abajo) (IGN, 2019).

La zona de estudio se encuentra en la ZEC Betanzos-Mandeo (ES1110007) de la Red Natura 2000. Esta área está formada por el estuario y curso bajo y medio del río Mandeo, así como zonas colindantes. La vegetación en este entorno está dominada por bosques

de ribera de *Alnus glutinosa*, *Salix atrocinera* y *Fraxinus excelsior* (de la asociación Senecio bayonensis- Alnetun glutinosae), sobre los que encontramos laderas de robles (*Quercus robur*) (de la asociación Rusco aculeati- Quercetum roboris) con laureles (*Laurus nobilis*) y avellanos (*Corylus avellana*) entremezclados. Especialmente en las partes altas se encuentran repoblaciones de *Eucalyptus globulus* y de *Pinus pinaster* bastante extensas (Galán, 2012).

El coto fluvial de Chelo es una zona llana encajada en una ladera con bastante pendiente y densa cobertura arbórea. En ella encontramos un centro de interpretación de la naturaleza y un área recreativa en la orilla izquierda, un puente que une ambas orillas, y en la orilla derecha, una casa abandonada y una zona rocosa con piedras que corresponde a una vieja construcción derruida. Es precisamente en estos lugares construidos por el hombre donde se encontraron en mayor medida individuos de *I. monticola* [Figura 3].



Figura 3. Zona de estudio: lugar de Chelo, río Mandeo, Paderne (orilla derecha) y Coirós (orilla izquierda), A Coruña. Se trata de un espacio natural con una serie de estructuras (puente, muros y construcciones) rodeada de densa cobertura arbórea que cubre las riberas y laderas. La población de *Iberolacerta monticola* depende de las estructuras y zonas despejadas que reciben radiación solar para sobrevivir.

Metodología de estudio

La zona de estudio fue visitada 3 veces a lo largo del mes de Abril de 2019 (01/04/19, 11/04/19, 29/04/19). El área visitada fue de 1800 m², estimada sobre ortofoto con el visor IGN (IGN, 2019). En cada visita se capturaron todos los individuos observados posibles utilizando una varilla telescópica con un lazo corredizo en su extremo. Esta forma de captura no supone el menor daño para los animales. Tras esto, se registraron la edad, el sexo y el lugar en que se capturó cada individuo y se tomaron las medidas de LCC (longitud de la cabeza y el cuerpo, medida desde la punta del hocico hasta la cloaca) y LC (longitud de la cola) de todos ellos. En esta última medida se diferenció la parte intacta del segmento regenerado, si lo había. De cada individuo se tomaron fotografías de la cabeza y del cuerpo (dorsal y ventralmente) para su marcaje individual y el posterior reconocimiento en recapturas.

El marcaje a través de fotografía es un método no invasivo que se basa en la observación y notación de la disposición de las escamas de la cabeza (concretamente las uniones de los pares de escamas parietales, prefrontales y supranasales, que muestran un patrón variable entre los individuos), el número de escamas perianales y cicatrices u otras marcas significativas en el cuerpo del animal. Estos datos, junto con el sexo y la edad confieren un código único para cada individuo que permite reconocerlo si se vuelve a capturar [Figuras 4 y 5]. Además, también anotamos si había presencia de ectoparásitos. Los ejemplares fueron liberados in situ, tras serles tomados los datos. Los datos de la primera captura corresponden a una muestra tomada en el mes de Junio de 2018 por miembros del equipo de investigación del proyecto de la Fundación Biodiversidad al que se hace referencia en el apartado de Agradecimientos.

Para las capturas de los animales se contaron con los oportunos permisos administrativos de la Xunta de Galicia, Consellería de Medio Ambiente Territorio e Infraestructuras, Dirección Xeral de Conservación da Natureza (código del permiso: EB-041/2017).



Figura 4. Detalle de las zonas cloacales de un individuo hembra (izquierda) y un macho (derecha). Podemos ver el distinto número de escamas perianales de cada individuo.



Figura 5. Detalle de las cabezas de un macho (izquierda) y una hembra (derecha). Podemos observar los distintos patrones en las escamas que permiten identificar a cada individuo.

Estimación de parámetros poblacionales

Los datos de las capturas y recapturas de las 4 ocasiones fueron recogidos en una matriz para su análisis con el programa MARK 8.x (White & Burnham, 1999; descargado desde <http://www.phidot.org/software/mark/downloads/>) [Figura 6]. Estos datos se analizaron mediante el método de Jolly-Seber (Schwarz, 2001) que permite estimar la abundancia y otros parámetros poblacionales relacionados. Para ello, se deben hacer determinadas asunciones acerca del proceso de capturas y recapturas: que los animales retienen sus marcas tras el muestreo, que estas son leídas correctamente, que el muestreo es instantáneo, que la supervivencia no varía entre los individuos marcados y los no marcados, que el área de muestreo es constante y la más importante, que la probabilidad de ser capturado es homogénea en cada ocasión de muestreo y que no varía entre los individuos marcados y los no marcados (Schwarz & Arnason, 2014).

Además, dividimos nuestros datos en tres subgrupos, inmaduros, hembras adultas y machos adultos, para así estimar su abundancia separadamente y que las diferencias en cuanto a comportamiento o grado de exposición sean tenidas en cuenta a la hora de hacer la estima y no supongan una fuente de error.

Previamente a llevar a cabo las estimas, se realizó un test de bondad de ajuste para probar la homogeneidad de nuestros datos y comprobar que no hubo diferencias significativas entre las ocasiones de muestreo.

También se tuvo en cuenta, tal y como nos pide el programa MARK, el tiempo entre cada intervalo. Se consideró como 1 unidad de tiempo el período entre la primera ocasión y la segunda (5 meses de actividad), y los intervalos entre las otras dos ocasiones (10 y 18 días) se tomaron como fracción 1/10.

Para estimar el tamaño poblacional (N) utilizamos la formulación POPAN del programa MARK, basada en el método Jolly-Seber. Esta aproximación estima el tamaño poblacional, interpretado como el número total de individuos expuestos al muestreo en algún momento del experimento, lo que denomina súper-población. Proporciona para t ocasiones de captura y g número de grupos $g^{*(t-1)}$ estimas de ϕ (probabilidad de supervivencia o probabilidad de supervivencia aparente, entendida como la probabilidad de permanecer en el lugar de muestreo durante el período de estudio), g^{*t} estimas de p (probabilidad de captura), $g^{*(t-1)}$ estimas de p_{ent} (probabilidad de entrada, entendida como la probabilidad de que un animal de la súper-población se exponga al muestreo) y g estimas de N . Permite fijar alguna de esas variables para cada parámetro y así obtener distintos modelos de estimación con los mismos datos.

Para escoger el modelo más adecuado nos basamos, por una parte, tanto en el Criterio de Información de Akaike corregido (AICc; Burnham & Anderson, 1998), como en el de verosimilitud ($-2\log(L)$). Por otro lado, se les aplicó una chi-cuadrada basada en la razón de sus verosimilitudes (LRT: *likelihood ratio test*), para probar la bondad de ajuste y ver si un modelo era significativamente mejor que los otros.

Para las estimas de probabilidad de supervivencia aparente (ϕ) y de captura (p) empleamos la opción Cormarck-Jolly-Seber (CJS). En este caso fijamos la variable t para los dos parámetros para obtener una única estima para cada grupo (inmaduros,

hembras adultas y machos adultos). Se llevaron a cabo diversas pruebas de homogeneidad entre los datos basadas en la distribución chi-cuadrado para determinar si la variación en las frecuencias de los atributos de los individuos entre los distintos grupos podía ser resultado simplemente del tamaño muestral.

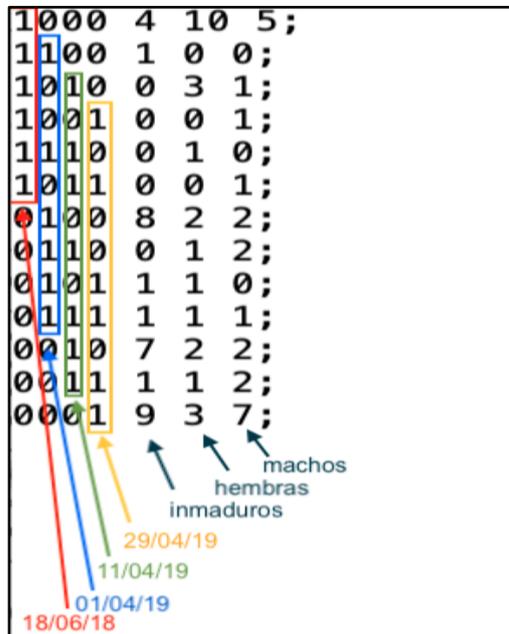


Figura 6. Matriz con los datos de las capturas y recapturas. Cada columna de 1 y 0 representa una ocasión de muestreo, los 1 significan que ese individuo o individuos se capturaron en esa ocasión y los 0 que no fueron capturados. Las columnas de la derecha representan el número de inmaduros, hembras adultas y machos adultos capturados en esa ocasión u ocasiones.

Estructura de la población

Para poder hacer una clasificación de los individuos por clases de tamaños (lo que representa una aproximación a su distribución por clases de edad), elaboramos dos histogramas, uno para machos y otro para hembras, que recogen las frecuencias de las tallas de todos los individuos observados en el año 2019.

Para obtener un *sex-ratio* de los individuos adultos, todos los animales fueron sexados y se determinó su clase de edad (adultos o inmaduros) según la talla corporal. Para conocer el tamaño con que se adquiere la madurez sexual en esta población, se utilizaron los datos de Rúa & Galán (2003), obtenidos también en la población del Mandeo.

Depredación según la pérdida de la cola

Se contabilizó el número de individuos que tenían la cola entera frente aquellos que en alguna de las ocasiones de captura no tenían cola o estaba regenerada. Este dato puede usarse como un indicador de la intensidad de depredación (Galán, 1999c).

Desplazamientos

Se anotó para cada captura su localización en la zona de estudio, y en los individuos recapturados se compararon las localizaciones de cada ocasión. Para ello se establecieron 5 zonas de captura en cada orilla, de unos 30 m² cada una, que fueron los sitios donde se encontraron todos los individuos.

Tratamiento estadístico

Además de los métodos de estima poblacional mencionados anteriormente, se utilizaron test chi-cuadrado para pruebas de heterogeneidad entre sexos y clases de edad para las frecuencias de individuos con pérdida de la cola, infectados por ectoparásitos y para la proporción de sexos, usando un intervalo de confianza (IC) del 95%.

Resultados

Parámetros poblacionales

Se capturaron un total de 81 individuos distintos de *Iberolacerta monticola* durante las 4 sesiones de muestreo. De estos, 32 eran inmaduros, 25 hembras adultas y 24 machos adultos. Un 24,7% fueron recapturados en al menos una ocasión. Esta frecuencia no varió significativamente para los tres grupos estimados (test chi cuadrado, $p > 0,05\%$).

El modelo que usamos para la opción POPAN fue aquel con menor valor de AIC y que además mediante las pruebas LRT resultó el mejor en comparación a otros con un AIC similar, siendo también el que menor número de parámetros de estimación tenía [Tablas 1 y 2]. Este modelo estimó el tamaño poblacional para cada grupo con la probabilidad de supervivencia dependiente del tiempo, la probabilidad de captura dependiente de cada grupo y la probabilidad de entrada dependiente de ambas variables ($\phi(t) p(g) p_{ent}(t, g) N(g)$). Según este modelo se obtuvo una súper-población de 186 individuos (IC 95%: 114-366): 97 inmaduros (IC 95%: 55-219), 42 hembras adultas

(IC 95%: 31-79) y 37 machos adultos (IC 95%: 38-68). Estos datos nos dan una densidad poblacional de 1033 ind./ha en la zona muestreada.

Las estimas de probabilidad de supervivencia por grupos dadas por el CJS fueron de 0,47 para los inmaduros, 0,71 para las hembras y 0,81 para los machos. Las diferencias entre grupos de edad no fueron estadísticamente significativas para un intervalo de confianza del 95%. Por su parte, para la probabilidad de captura, las estimas por grupos fueron de 0,35 para los inmaduros, 0,33 para las hembras y 0,38 para los machos. Para estas estimas tampoco se encontraron diferencias significativas entre grupos (IC 95%).

Model	AICc	Delta AICc	AICc	Model	No.	Deviance	-2Log(L)
{phi(t) p(g) pent(t,g) N(g)}	196.0601	0.0000	0.99031	1.0000	15	-144.2088	160.7267
{phi(g) p(g) pent(t,g) N(g)}	205.6275	9.5674	0.00828	0.0084	17	-140.2627	164.6729
{phi(t,g) p(t,g) pent(t,g) N(g)}	209.4087	13.3486	0.00125	0.0013	23	-154.9903	149.9453
{phi(t,g) p(g) pent(t,g) N(g)}	213.6312	17.5711	0.00015	0.0002	22	-147.4971	157.4385

Tabla 1. Bondad de ajuste de cada modelo a los datos, medida mediante el criterio de información de Akaike corregido (AICc) y su verosimilitud (expresada como *log-likelihood*, $-2\log(L)$). Se indica también el número de parámetros de cada modelo (No. Par.). En azul, el modelo utilizado.

Reduced Model	General Model	Chi-sq.	df	Prob.
{phi(t) p(g) pent(t,g) N(g)}	{phi(g) p(g) pent(t,g) N(g)}	-3.946	2	*****
{phi(t) p(g) pent(t,g) N(g)}	{phi(t,g) p(t,g) pent(t,g) N(g)}	10.781	8	0.2144
{phi(t) p(g) pent(t,g) N(g)}	{phi(t,g) p(g) pent(t,g) N(g)}	3.288	7	0.8571
{phi(g) p(g) pent(t,g) N(g)}	{phi(t,g) p(t,g) pent(t,g) N(g)}	14.728	6	0.0225
{phi(g) p(g) pent(t,g) N(g)}	{phi(t,g) p(g) pent(t,g) N(g)}	7.234	5	0.2038
{phi(t,g) p(g) pent(t,g) N(g)}	{phi(t,g) p(t,g) pent(t,g) N(g)}	7.493	1	0.0062

Tabla 2. Aproximación chi-cuadrada para probar la bondad de ajuste en comparaciones entre modelos tomados dos a dos, basada en la razón de sus verosimilitudes (expresada como diferencia entre sus *log-likelihoods*, $-2(\log L_0 - \log L_1)$). El número de grados de libertad de cada prueba chi-cuadrada es igual a la diferencia en el número de parámetros de los dos modelos comparados. En recuadro azul, el modelo utilizado.

Estructura de la población

Distribución por tallas

La distribución de los tamaños corporales por sexo se muestra en la figura 7. Vemos que, salvo un individuo de 36 mm, los tamaños en machos se distribuyen en un rango de entre 57 y 74 mm, mientras que en hembras (salvo un individuo de 35 mm) el rango es más amplio, entre 48 y 75 mm. Por tanto, se observa que en ambos sexos faltan individuos de las tallas más bajas. En los machos encontramos que las tallas se agrupan

en torno a tres valores con mayores frecuencias, correspondientes a 57-59 mm, 65-66 mm y 68-70 mm; mientras que en las hembras hay una talla más frecuente en los 56 mm y otra entre 66 y 70 mm. La media de talla en machos es de 63,0 mm, mientras que en hembras es de 59,9 mm.

Sex-ratio

En función de los caracteres sexuales externos observados (dilatación de la base de la cola por la presencia de hemipenes maduros, pigmentación ventral, marcas de cópula en las hembras), consideramos que los machos son adultos a partir de los 62 mm de LCC, y las hembras lo son a partir de 60 mm. Según las estimas de Jolly-Seber, el sex ratio no es significativamente diferente del 1:1 (test chi-cuadrado, $p > 0,05$).

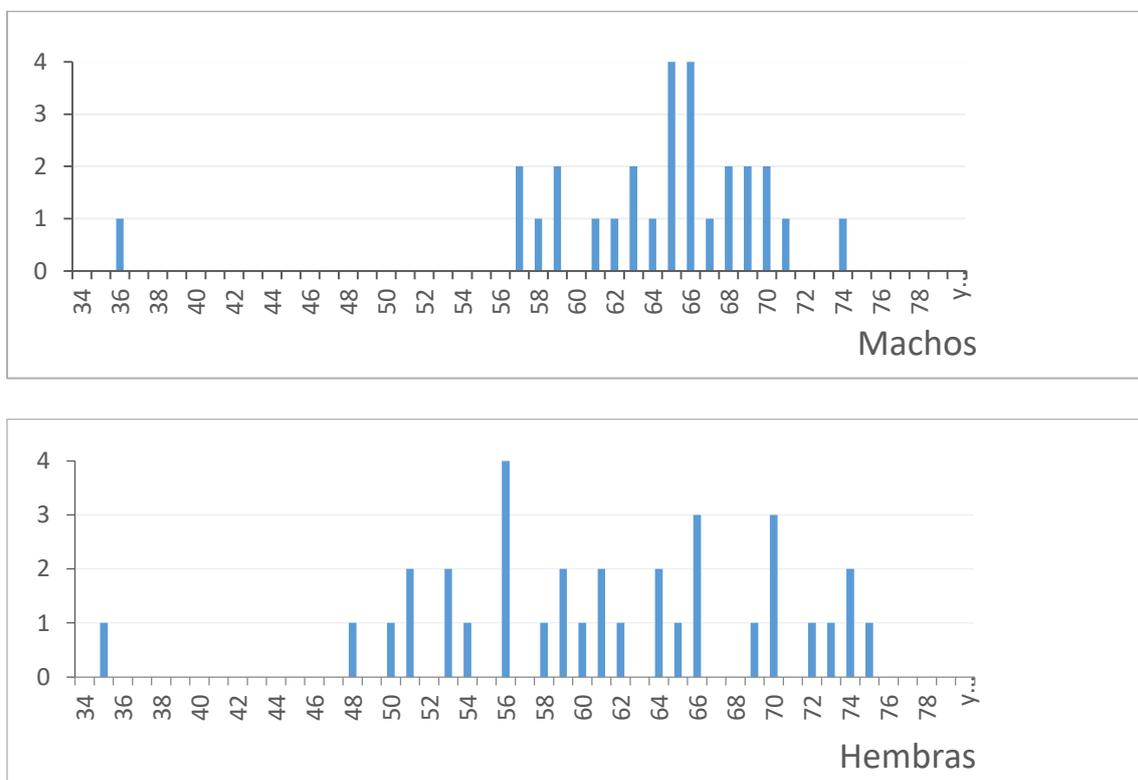


Figura 7. Histogramas de la distribución de las tallas de los machos (arriba) y hembras (abajo) capturados en el año 2019.

Depredación según pérdida de la cola

La proporción total de individuos que perdieron la cola en algún momento fue de un 51,9%. Las frecuencias de los individuos con la cola entera no fueron inferidas ni por el sexo ni por la edad (test chi-cuadrado, $p > 0,05$)

Ectoparásitos

Se observó que el 13,6% de los individuos capturados estaban infectados por ectoparásitos del género *Ixodes* en al menos una de sus capturas. No se encontraron diferencias significativas en cuanto a la frecuencia en sexos y edad (test chi-cuadrado, $p > 0,05$). En todos los casos el número de parásitos fue de uno o dos individuos.

Desplazamientos

De los 20 individuos recapturados, 8 se encontraron en distinta zona en alguna de sus recapturas. La distancia media de estos desplazamientos fue de 29,25 metros, variando entre un rango de 15 a 48 m. En total se produjeron 4 recorridos distintos y en ningún caso los individuos de una orilla del río fueron encontrados en la orilla contraria.

La media de las distancias recorridas en aquellos desplazamientos ocurridos entre 2018 y 2019 fue de 9,5 m (incluyendo los desplazamientos de 0m). Esta media para las distancias en los desplazamiento ocurridos entre las ocasiones de muestreo del año 2019 (10-28 días) fue de 13 m.

Discusión

La densidad poblacional estimada para esta población fue superior a 1000 ind./ha. Esta densidad es muy elevada comparada con aquellas calculadas en estudios de población previos de *I. monticola* (Arribas, 2014). La densidad media estimada para las poblaciones no aisladas, como la de la Cordillera Cantábrica, es de 52 ind./ha (Delibes y Salvador, 1986) y de 52-150 ind./ha en la Serra dos Ancares (Lugo); las estimas para las poblaciones aisladas del monte Pindo (A Coruña) y de Sobrado dos Monxes (A Coruña) son de 10-103 ind./ha y de 90-120 ind./ha, respectivamente (Galán *et al.*, 2007). Es incluso mucho mayor que una estima realizada para toda la cuenca del río Mandeo que fija la población en un tamaño de 3-86 ind./ha. Sí se acerca mucho más a las estimas para las zonas altas de Serra da Estrela (Portugal), que calculan una población de 1200 ind./ha (Moreira *et al.*, 1998), que es incluso superior.

Esto se debe a que el área muestreada es muy reducida, limitándose a la zona donde se concentra la población más elevada remanente de toda la cuenca del río Mandeo (Galán, 2012), por ser un claro donde la radiación solar alcanza el suelo, rodeada de áreas extensas cubiertas de bosque. Si incluimos en nuestro cálculo el área que corresponde hasta la siguiente población de *I. monticola* en la cuenca del Mandeo, la población de Zarzo (Galán, 2012), situada a 2,8 km río arriba, el área ascendería hasta 20 ha, dándonos una densidad de 21 ind./ha, más cercano a estas estimas.

Las densidades de población tan elevadas son propias de islas en los lagartos (Turner, 1977; Galán, 2003). Las condiciones favorables de nuestra zona de estudio, rodeada además de zonas inapropiadas para la supervivencia de esta especie, le confiere la condición de isla, lo que lleva a estas altas densidades (Galán, 1999c). Por tanto, esta estima no es representativa de toda la población de la cuenca del Mandeo, para lo que habría que muestrear un área mucho mayor.

En cuanto a las estimas de la probabilidad de supervivencia (0,47 para inmaduros, 0,71 para hembras adultas y 0,81 para machos adultos), aunque sus diferencias no fueron estadísticamente significativas para un IC del 95%, sí parecen apuntar lo esperado para poblaciones con una elevada densidad poblacional. En estas poblaciones, la mortalidad en inmaduros es muy elevada debido a la presión que los adultos ejercen sobre ellos por la competencia por los recursos y el espacio (Massot *et al.*, 1992). Puesto que las estimas de supervivencia se refieren a la probabilidad de permanecer en la zona de estudio, la “mortalidad” no distingue entre las posibles causas de que estos individuos salgan de la población, que podrían ser por muerte o emigración. Dada la distancia que hay hasta la siguiente población de *I. monticola*, la de Zarzo, y que estos individuos no realizan grandes desplazamientos (ver Resultados, apartado de Desplazamientos), podemos pensar que la emigración no es común en esta población. Además, las estimas obtenidas para los adultos son comparables a las dadas en Serra da Estrela para individuos de la misma especie de más de un año de edad, entre los 0,60 y 0,71 (Moreira *et al.*, 1998). También en este trabajo se establece que la probabilidad de supervivencia aumenta con la edad.

La probabilidad de captura no resultó significativamente diferente entre los tres grupos estimados, al contrario de lo que podríamos esperar, ya que los machos se exponen más

que las hembras, al desarrollar conductas territoriales, y su coloración es más llamativa, por lo que suelen ser más fácilmente detectables (Galán, 1999c).

La utilización de la talla como indicadora de la edad es común en estudios de lacértidos (Galán, 2004). En nuestro estudio, basándonos en los valores de tallas más frecuentes, podemos distinguir en machos un grupo de edad que está en torno a 57-59 mm, que correspondería a los individuos de dos años, otro grupo en torno a los 65-66 mm, que correspondería a los individuos de tres años, y otro grupo de >70 mm, que serían los individuos de cuatro años o más. Para las hembras, podemos distinguir un grupo de edad en torno a los 56 mm, que consideraríamos los individuos de dos años, un grupo de edad en torno a los 66 mm, que serían los individuos de tres años, y otro grupo en torno a los 74 mm, que serían las hembras de cuatro o más años (Rúa & Galán, 2003). Vemos que en ambos sexos falta la clase de edad de un año o menos (salvo un individuo en cada caso), esto puede deberse a la elevada persecución ejercida por parte de los adultos sobre individuos jóvenes, debido a su agresividad (Arribas, 2014). Esta persecución desplaza a los individuos jóvenes de las zonas más adecuadas, lo que incrementa su mortalidad. En ese aspecto, este claro en el bosque, que es el coto de Chelo, se asemeja a una isla, donde existen pocos lugares adecuados para esta especie, con una alta densidad en ellos, rodeados de hábitats no adecuados (el propio bosque). Alternativamente, la falta de observaciones de individuos jóvenes podría deberse a cuestiones comportamentales, estando los jóvenes activos en períodos diferentes a los adultos, por lo que serían menos detectables. Todo esto es causa de la baja probabilidad de supervivencia obtenida para los inmaduros.

Los individuos de *I. monticola* alcanzan la madurez sexual dependiendo de la talla, al igual que el resto de los reptiles y esta se produce en la mayoría de los casos (en torno al 60%) a los tres años de edad (Rúa & Galán, 2003). Por tanto, en nuestro muestreo, consideramos como inmaduros a aquellos de uno y dos años. A pesar de no haber casi representantes de la clase de un año, la proporción en las estimas entre inmaduros y adultos es muy elevada, siendo similar a poblaciones de lagartos de vida corta, sin embargo, la especie estudiada tiene una longevidad alta, al menos 4 años, y alcanzando los 12 años (Galán *et al.*, 2007).

Utilizando la pérdida de la cola como indicador de la depredación, podemos establecer que esta no es la causa de mortalidad más común. La frecuencia de individuos sin cola, o con esta regenerada (51,9%) es inferior a otras mostradas en estudios sobre lacértidos. En un estudio de *Podarcis bocagei* esta frecuencia fue de un 76,8% (Galán, 1999c). Esto lleva a pensar que no hay una excesiva abundancia de depredadores de *I. monticola* en nuestra área de estudio. La causa podría ser que en Chelo hay sobre todo hábitats artificiales (puente de hormigón, muros de construcciones, etc), donde la abundancia de depredadores de lacértidos sería menor.

No existe bibliografía acerca de la presencia de parásitos del género *Ixodes* en poblaciones de nuestra especie, aunque sí se han hecho estudios de la presencia de ácaros de la familia de los Trombicúlidos (Arribas, 2014). Sí se han descrito en otras poblaciones de lagartos tanto en Europa (Scali, 2001) como en América (Schall, 2000) y en porcentajes más elevados que los encontrados en esta población, por lo que la encontrada es una frecuencia relativamente baja. Además, trabajos recientes han señalado la importancia de los lacértidos como hospedadores de parásitos como *Borrelia sp.*, transmitidos por individuos del género *Ixodes* (Szekeres *et al.*, 2016).

Todos los individuos fueron encontrados en solo 10 zonas de unos 30 m² cada una, además de que en todos los eventos de recaptura, solo se observaron 4 recorridos distintos y los individuos que se movieron fueron un porcentaje menor que los que no. Esto nos da una idea de lo dependiente que es esta población de los sustratos habitables, aquellos con zonas de exposición solar, refugio y alimento, zonas en su mayoría constituidas por construcciones humanas. Los datos de las distancias indican que *I. monticola* es una especie esencialmente sedentaria. Además, las distancias recorridas no varían sustancialmente según el tiempo transcurrido (de hecho, la media es más baja para individuos recapturados tras un periodo largo de tiempo), lo que reafirma que es una población cuyos individuos ocupan las mismas zonas a lo largo del tiempo. El hecho de que los individuos de una orilla del río en ningún caso se hayan encontrado en la otra, parece indicar que la población de Chelo está a su vez formada por dos subpoblaciones. Para llevar a cabo un análisis más preciso de esta población, debería ampliarse la muestra y analizar separadamente las subpoblaciones de las dos orillas.

Esta especie ha sufrido declives poblacionales en las últimas décadas en las zonas costeras de Galicia (Galán, 1999a, 2012) y está considerada como Vulnerable en el *Catálogo Galego de Especies Ameazadas* (Xunta de Galicia, 2007). La población de la cuenca del río Mandeo está aislada y cuenta con un reducido número de efectivos (Galán *et al.*, 2007; Galán, 2012), siendo la de Chelo la subpoblación más importante en esta cuenca, al contar con el mayor número de individuos. Por lo tanto, merece especial atención a la hora de llevarse a cabo medidas para la conservación de la población de esta cuenca. A la vista de los resultados obtenidos, la alta densidad poblacional, pero limitada a una zona muy reducida, puede incrementar su vulnerabilidad, pues obliga a que los individuos más jóvenes, que son los que garantizarían la persistencia de esta población, se vean desplazados por los adultos a zonas de hábitat inadecuado, aumentando su mortalidad. Esto se vio reforzado por la baja probabilidad de supervivencia estimada en los jóvenes, además de por el bajo número de individuos de un año de edad o menos encontrados, lo que parece indicar que el reclutamiento es bajo. Por otro lado, esta población es muy dependiente de estructuras artificiales para su supervivencia, por lo que cualquier cambio en estas construcciones podría tener graves consecuencias para su conservación.

Se proponen como medidas para disminuir el riesgo de extinción de esta población el mantenimiento de las estructuras artificiales existentes, evitando actuaciones que perjudiquen a estos reptiles (no taponar las grietas que usan de refugio, evitar que se cubran de vegetación, etc.), limitar el crecimiento de vegetación arbustiva colonizadora con podas y desbroces puntuales que mantengan despejadas especialmente las orillas del río con zonas rocosas, y ampliar las áreas habitables para esta especie, añadiendo zonas con rocas y piedras con poca vegetación, que permitan un área soleada y con refugio para estos animales.

Conclusiones

1. El tamaño de la súper-población estimado fue de 186 individuos (IC 95%: 114-366), y la densidad fue superior a 1000 ind./ha. Esta densidad es muy elevada comparada con otros estudios poblacionales de la misma especie, sin embargo, solo ocupa un área muy reducida, rodeada de hábitat inadecuado.
2. Las probabilidades de supervivencia fueron de 0,47 para inmaduros, 0,71 para hembras adultas y 0,81 para machos adultos. No resultaron estadísticamente significativas las diferencias entre ellas, pero sí parecen apuntar hacia un aumento de la supervivencia en la clase adulta. Las probabilidades de captura no resultaron diferentes en los tres grupos.
3. Según la distribución por tallas corporales, pudimos identificar cuatro grupos de edad para machos y para hembras (un año o menos, dos años, tres años y cuatro años o más). En ambos casos solo hubo un representante de la clase de un año o menos. La proporción entre machos y hembras adultos no fue significativamente diferente de 1:1.
4. Basándonos en la frecuencia de individuos que habían perdido la cola (51,9%), parece que la incidencia de depredadores en esta población es relativamente baja, comparada con las elevadas frecuencias que presentan poblaciones de otras especies de lagartos.
5. Se observó la presencia de ectoparásitos del género *Ixodes* en un 13,5% de los individuos, frecuencia que puede considerarse relativamente baja.
6. Con los datos obtenidos de los desplazamientos, se puede concluir que se trata de una población de individuos esencialmente sedentaria.
7. La reducida área habitable para esta población hace que la elevada densidad y la elevada mortalidad en inmaduros puedan incrementar su vulnerabilidad. Se proponen medidas que aumenten y mejoren los espacios habitables para esta especie en esta zona.

Conclusións

1. O tamaño da súper-poboación estimado foi de 186 individuos (IC 95%: 114-366), e a densidade foi superior a 1000 ind./ha. Esta densidade é moi elevada comparada con outros estudos poboacionais da mesma especie, porén, só ocupa unha área moi reducida, rodeada de hábitat inadecuado.
2. As probabilidades de supervivencia foron de 0,47 para inmaduros, 0,71 para femias adultas e 0,81 para machos adultos. Non resultaron estatisticamente significativas as diferenzas entre elas, pero si parecen apuntar cara a un aumento da supervivencia na clase adulta. As probabilidades de captura non resultaron diferentes nos tres grupos.
3. Segundo a distribución por tallas corporais, poidemos identificar catro grupos de idade para machos e para femias (un ano ou menos, dous anos, tres anos e catro anos ou máis), en ambos os casos só houbo un representante da clase de un ano ou menos. A proporción entre machos e femias adultos non foi significativamente diferente de 1:1.
4. Baseándonos na frecuencia de individuos que tiñan perdido a cola (51,9%), parece que a incidencia de depredadores nesta poboación é relativamente baixa, comparada coas elevadas frecuencias que presentan poboacións de outras especies de lagartos.
5. Observouse a presenza de ectoparásitos do xénero *Ixodes* nun 13,5% dos individuos, frecuencia que pode considerarse relativamente baixa.
6. Cos datos obtidos dos desprazamentos, pódese concluír que se trata dunha poboación de individuos esencialmente sedentaria.
7. A reducida área habitable para esta poboación, fai que a elevada densidade e a elevada mortalidade en inmaduros poidan incrementar a súa vulnerabilidade. Propóñse medidas que aumenten e melloren os espazos habitables para esta especie nesta zona.

Conclusions

1. The estimated size of the super-population was 186 ind./ha (CI 95%: 114-366), and the density was upper than 1000 ind./ha. This density is very high compared to other population studies about the same species, but it only occupies a very reduced area, surrounded by inadequate habitat.
2. The survival probabilities were 0.47 for immatures, 0.71 for adult females and 0.81 for adult males. Their differences were not statistically significant, but they seem to point out that the survival increases in the adult class. The capture probabilities were not different between the three groups.
3. According to the body size distribution, we could identify four age groups for males and for females (one year or less, two years, three years and four years or more). In both cases, there was only one representative of the one year or less class. The sex-ratio was not significantly different from 1:1.
4. Based on the frequency of the individuals with tail loss (51.9%), it seems that the incidence of predators in this population is relatively low, compared to the high frequencies in populations of other species of lizards.
5. The presence of ectoparasites of the genus *Ixodes* was observed in 13.5% of individuals, frequency that can be considered relatively low.
6. From the results of the movements, we can conclude that it is essentially a sedentary population.
7. The small habitable area for this population means that the high density and mortality can lead to increase its vulnerability. Measures that enhance and improve the habitable areas for this species in this zone are proposed.

Bibliografía

- Arribas, O. J. (2014). *Iberolacerta (Iberolacerta) monticola* (Boulanger, 1905). En: Salvador, A. (Coordinador) y Ramos, M. A. et al. (Eds.). *Reptiles, 2ª edición revisada y aumentada. Fauna Ibérica*, Vol. 10. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. Pp.: 419- 432.
- Burnham, K. P., Anderson, D.R. (1998). *Model Selection and Inference. A Practical Information-Theoretic Approach*. Springer. Nueva York.
- Delibes, A., Salvador, A. (1986). Censos de lacértidos en la Cordillera Cantábrica. *Revista Española de Herpetología*, 1: 335-336.
- Galán, P. (1982). Nota sobre las *Lacerta monticola* Boulenger, 1905 de las zonas costeras del Norte de Galicia. *Doñana, Acta Vertebrata*, 9: 380-384.
- Galán, P. (1999a). Declive y extinciones puntuales en poblaciones de baja altitud de *Lacerta monticola* cantabrica. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 10: 47-51.
- Galán, P. (1999b). *Conservación de la herpetofauna gallega. Situación actual de los anfibios y reptiles de Galicia*. Universidade da Coruña. Monografía Nº 72. A Coruña.
- Galán, P. (1999c). Demography and population dynamics of the lacertid lizard *Podarcis bocagei* in north-west Spain. *Journal of Zoology*, 249: 203-218.
- Galán, P. (2003). *Anfibios y reptiles del Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia. Faunística, biología y conservación*. Serie Técnica. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Galán, P. (2004): Structure of a population of the lizard *Podarcis bocagei* in Northwest Spain: variations in age distribution, size distribution and sex ratio. *Animal Biology*, 54 (1): 57-75.
- Galán, P. (2012). Distribución de *Iberolacerta monticola* en la provincia de A Coruña (Galicia, Noroeste de España). Supervivencia de un relicto climático. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 23: 81-87.

- Galán, P., Vila, M., Remón, N., Naveira, H. F. (2007). Caracterización de las poblaciones de *Iberolacerta monticola* en el Noroeste ibérico mediante la combinación de datos morfológicos, ecológicos y genéticos. *Munibe* (Suplemento), 25: 34-43.
- IGN (2019). Visor IBERPIX del Instituto Geográfico Nacional. <https://www.ign.es/iberpix2/visor/> [Consultado 30-05-2019]
- IUCN (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2019-1. <https://www.iucnredlist.org> [Consultado 30-05-2019].
- Martínez-Cortizas, A., Castilla-Rodríguez, F., Pérez-Alberti, A., Díaz-Valcarcel M., Blanco-Chao, R. (1999). *Atlas Climático de Galicia*. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- Massot, M., Clobert, J., Pilorge, T., Lecomte, J., Barbault, R. (1992). Density dependence in the common lizard: demographic consequences of a density manipulation. *Ecology*, 73: 1742-1756.
- Moreira, P. L., Almeida, A. P., Delgado, H., Salgueiro, O., Crespo, E. G. (1998). *Bases para a Conservação da Lagartixa-da-montanha (Lacerta monticola)*. Estudos de Biologia e Conservação da Natureza. Nº 25. Instituto da Conservação da Natureza, Ministerio do Ambiente, Lisboa.
- Pérez-Mellado, V. (2002). *Lacerta monticola* Boulenger, 1905. Lagartija serrana. En: Pleguezuelos, J. M., Márquez, R., Lizana, M. (Eds.). *Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España*. Dirección General Conservación de la Naturaleza-A.H.E. Madrid. Pp: 227-229.
- Rúa, M., Galán, P. (2003). Reproductive characteristics of a lowland population of an alpine lizard: *Lacerta monticola* (Squamata, Lacertidae) in north-west Spain. *Animal Biology*, 53 (4): 347-366.
- Scali, S., Manfredi, M. T., Guidali, E., (2001). *Lacerta bilineata* (Reptilia, Lacertidae) as a host of *Ixodes ricinus* (Acari, Ixodidae) in a protected area of Northern Italy. *Parassitologia*, 43: 165-168.

- Schall, J. J., Prendeville, H. R., Hanley, K. A. (2000). Prevalence of the tick, *Ixodes pacificus*, on western fence lizards, *Sceloporus occidentalis*: Trends by gender, size, season, site, and mite infestation. *Journal of Herpetology*, 1: 160.
- Schwarz, C. J. (2001). The Jolly-Seber model: more than just abundance. *Journal of agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 6: 195-205.
- Schwarz, C. J., Arnason, A. N. (2014). Jolly-Seber models in MARK. En: Cooch, E. G., White, G. C. (Eds.). *Program MARK: a gentle introduction. 13th edition*. Pp.: 12.1-12.51.
- Sociedade Galega de Historia Natural (2018). *Iberolacerta monticola. 8^a actualización dos anfibios e réptiles de Galicia. Período 2005-20018*. https://sghn.org/wp-content/uploads/2019/04/Atlas_herpetos_actualizacion_2018.pdf [Consultado 30-05-2019].
- Szekeres, S., Majláthova, V., Majláth, I., Földvári, G., (2016). Neglected hosts: the role of lacertid lizards and medium.sized mammals in the ecoepidemiology of Lyme borreliosis. En: Braks, A. H., van Wieren, S.E., Takken, W., Sprong, H. (Eds.). *Ecology and prevention of Lyme borreliosis*, Vol. 4. Wageningen Academic Publishers. Wageningen. Pp.: 216-218.
- Turner, F. B. (1977). The dynamics of populations of squamates, crocodiles and rynchocephalians. En: Gans, C., tinkle, D. W. (Eds.). *Biology of the Reptilia*, Vol. 7. Academis Press. Londres. Pp.: 157-264.
- White, G. C., Burnham, K. P. (1999). Program MARK: survival stimation from populations of marked animals. *Bird Study*, 46: 120-139.
- Xunta de Galicia (2007). Decreto 88/2007 do 19 de abril, polo que se regula o Catálogo galego de especies ameazadas. Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible. *Diario Oficial de Galicia*, 89: 7409-7423.