

# **Efectos de la influencia antrópica sobre la morfología y comportamiento de lagartos (*Gallotia galloti*)**

## **Effects of anthropic influence on morphology and behavior of lizards (*Gallotia galloti*)**



*Ilustración 1: Ejemplar macho de Gallotia galloti sobre una roca en Tigaiga*

Trabajo de Fin de Grado

**Mónica Suárez González**

Tutorizado por:

Ana Bolaños Martín y Miguel Molina Borja

Grado en Biología. Julio 2020

# ÍNDICE

---

Resumen .....	1
Abstract .....	1
Introducción.....	3
Aspectos generales.....	3
Especie de estudio.....	4
Objetivos .....	5
Material y métodos .....	6
Captura de ejemplares.....	6
Mantenimiento de los individuos .....	6
Toma de medidas.....	7
Análisis estadísticos.....	7
Resultados .....	9
Rasgos morfológicos .....	9
Rasgos de comportamiento.....	11
Discusión .....	13
Rasgos morfológicos .....	13
Diferencias de comportamiento.....	13
Antecedentes y revisión bibliográfica .....	14
Variaciones morfológicas .....	14
Contaminación .....	14
Temperatura y humedad.....	15
Área.....	15
Dieta.....	16
Variaciones de comportamiento .....	16
Presión de depredación .....	17
Comportamiento y morfología.....	17
Reproducción .....	18
Alimento .....	18
Conclusiones .....	19
Conclusions .....	19
Agradecimientos.....	21
Bibliografía.....	22

## *Resumen*

La expansión de las zonas urbanas y la acción antrópica han provocado que muchas especies cambien su morfología y su comportamiento en comparación con individuos de la misma especie que viven en zonas rurales. Estos cambios se producen en varias especies, considerándose el resultado de la plasticidad conductual o los cambios microevolutivos. El objetivo inicial de este trabajo fue analizar si existían diferencias en la morfología y el comportamiento de *Gallotia galloti*, que se encontraban en zonas urbanas y rurales de Tenerife. Las características mencionadas solo se pudieron tomar de un pequeño grupo de individuos de una población rural (3 machos y 6 hembras). Los análisis cuantitativos de los datos obtenidos mostraron que existen diferencias significativas en longitud hocico-cloaca (LHC), ancho de píleo (AP), altura de la cabeza (ALC), y largo de las dos extremidades anteriores (LMAI y LMAD). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en los rasgos de comportamiento. Para poder comprender de manera más amplia este tema, se hizo una revisión bibliográfica en lagartos de diversas especies. Esta revisión reveló que se han demostrado cambios específicos en los parámetros morfológicos y de comportamiento de ejemplares que viven en zonas urbanizadas frente a los del medio natural, así como algunas posibles explicaciones para ellos.

*Palabras clave:* Acción antrópica, *Gallotia galloti*, zonas urbanas, zonas rurales.

## *Abstract*

The expansion of urban areas and the corresponding anthropic actions have caused species to change their morphology and behavior compared with the individuals of the same species that live in rural areas. These changes have been shown to occur in several species and are considered to be the result of behavioral plasticity or micro-evolutionary changes. The initial objective of this study was to analyze if there were differences in morphology and behavior between two different populations of *Gallotia galloti*, living respectively in urban and rural areas of Tenerife. Morphological and behavioral characteristics could only be taken from individuals of a rural population (3 males and 6 females). The statistical analysis of data obtained showed significant differences between sexes in: Snout-vent length, (SVL), pileus width (PW), head height (HH), and length of the two forelimbs. However, there were non-significant differences between sexes in the selected behavioral parameters. In order to obtain a wider understanding of

this subject, I also performed a bibliographic review in lizards of several species. This revision revealed specific changes in morphological and behavioral parameters between individuals living in urbanized areas in comparison with those of natural habitats, as well as some potential explanation for them.

*Key-Words:* Anthropic effect, *Gallotia galloti*, urban áreas, rural areas.

# Introducción

## *Aspectos generales*

El medio natural ha sido transformado como consecuencia de la urbanización, el cambio climático o la introducción de especies invasoras. El aumento de la población humana ha hecho que las ciudades se expandan y, como consecuencia, exista una reducción del área donde pueden ubicarse organismos animales y vegetales. En el caso específico de los animales, el aumento de la urbanización ha provocado que muchos hayan tenido que adaptarse para sobrevivir en las zonas afectadas por actividad antrópica (McKinney, 2008). Como resultado de dicho proceso, se han producido cambios tanto en el comportamiento como en la morfología de los individuos.

El comportamiento de los animales puede verse afectado cuando se encuentran fuera de su hábitat natural. Por ejemplo, en el caso de algunas especies de aves, el aumento de zonas urbanas ha traído consigo una disminución en la densidad de población (Fernández-Juricic & Tellería, 2000). Una de las causas por la que los animales que se encuentran en lugares urbanizados tienden a quedarse en ellos es la abundancia de alimento, pues invierten menos tiempo en buscarlo que los animales que viven en zonas menos urbanizadas (Furst *et al.*, 2018). Además, se ha demostrado que los animales de las zonas urbanas tienen menos miedo a probar nuevos alimentos, y asumen más riesgos que animales de la misma especie que se encuentran en zonas más rurales (Martín & López, 2003; Bókony *et al.*, 2012; Sparkman *et al.*, 2018).

En el caso de lagartos, se ha estudiado el comportamiento de algunas especies, comparando los individuos que viven en zonas urbanas con aquellos de poblaciones de zonas adyacentes, más rurales; por ejemplo, en *Sceloporus occidentalis* (Fam. Phrynosomatidae), se mostró una diferencia consistente en una disminución en el comportamiento antidepredador en las poblaciones de zonas urbanas, y una disminución de la velocidad de escape (Sparkman *et al.*, 2018). En algunos casos, estos cambios en el comportamiento de los animales que viven en zonas urbanas se explicaron porque en ellas era más sencillo obtener alimento (Contesse *et al.*, 2004), o existía un menor riesgo de depredación (Gering & Blair, 1999).

Respecto a la morfología, algunos estudios ponen de manifiesto que las alteraciones en el ambiente producen perturbación en la simetría de ciertos rasgos corporales de los animales (Sciulli *et al.*, 1979). En lo que se refiere a lagartos, se ha

observado que en zonas más urbanas presentan un mayor grado de asimetría en los caracteres estudiados (poros femorales, laminillas subdigitales en el cuarto dedo del miembro posterior, y gránulos supraciliares) que los que se encuentran en zonas rurales (Lazić. *et al.*, 2013). Otros estudios sacaron a la luz que, debido a la acción antrópica, los lagartos desarrollaron cambios en otros rasgos de su morfología; por ejemplo, en algunas hembras de *Sceloporus occidentalis*, sus extremidades se ven reducidas en comparación con las de las hembras que se encuentran en medios rurales (Sparkman *et al.*, 2018).

### *Especie de estudio*

La especie a estudiar en este trabajo es el lagarto tizón (*Gallotia galloti*), una especie endémica de las islas de Tenerife y La Palma, perteneciente a la familia Lacertidae. *G. galloti* se encuentra en muchos ecosistemas debido a su gran adaptación, siendo habitual la presencia en ellos de roquedos, muros y matorrales bajos. (MolinaBorja, 1981).

Se ha mostrado que esta especie presenta un claro dimorfismo sexual en varios rasgos (Molina-Borja *et al.*, 1997); por ejemplo, los machos tienen una cabeza y cuerpo más grande que las hembras, además de diferente coloración con ocelos laterales azulultravioleta (Bohórquez-Alonso & Molina-Borja, 2014). Las hembras presentan una coloración más clara, con bandas oscuras dorsales, dispuestas de manera longitudinal (Molina-Borja *et al.*, 1997; Salvador, 2015). La talla corporal varía dentro de Tenerife, observándose mayor longitud de cabeza y cuerpo en las poblaciones de la banda norte de la isla y talla menor en las poblaciones del Sur (Molina-Borja *et al.*, 1997) o en el Teide (Thorpe & Brown, 1991).

## Objetivos

El objetivo inicial de este trabajo fue estudiar si existían diferencias de morfología y comportamiento entre dos poblaciones de *G. galloti* que habitaran respectivamente en una zona urbana y en otra rural de Tenerife. Para ello, en una zona rural del Norte de Tenerife se realizó inicialmente la captura de ejemplares y, posteriormente en laboratorio, la toma de datos, tanto morfológicos como de comportamiento.

Con este trabajo se esperaba detectar si existían: 1) diferencias en la morfología entre los individuos de *G. galloti* que se encuentran expuestos a ambientes antrópicos y los que se encuentran en zonas más rurales, teniendo estos últimos una mayor simetría debido a que se encuentran en un ambiente carente de factores ambientales adversos; 2) con respecto al comportamiento, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente para otras especies de lagartos, esperábamos que los individuos procedentes de zonas antrópicas fueran más abiertos a la exploración del lugar, más osados, que los individuos que procedían de zonas más rurales, de los que se esperaba que tuvieran actitudes de escape o de precaución en mayor medida.

Debido a que se declaró el estado de alarma nacional en el mes de marzo, después de iniciada la captura de ejemplares y toma de datos en una población rural, este trabajo de fin de grado (TFG) se dividió en dos partes: en la primera se presentan los materiales y métodos, resultados y discusión de los datos de que se pudo disponer antes de la mencionada situación. En la segunda parte se realiza una revisión bibliográfica del tema, concentrando la atención en los trabajos científicos relacionados con diversas especies de lagartos.

## *Material y métodos*

### *Captura de ejemplares*

Para la captura de los individuos, se colocaron trampas en una zona poco modificada. La zona en donde se realizaron las capturas fue El Riego, situado a unos 300 m sobre el nivel del mar. Este camino se sitúa cerca del barranco del Terrero, en el barrio de Icod el Alto, perteneciente al municipio de Los Realejos. En esta zona hay una gran cantidad de terrenos abandonados que presentan muros de piedra, en los que se realizó la captura de los individuos a estudiar. En total se capturaron 10 individuos, 4 y 6 hembras, provenientes de esta zona.

### *Mantenimiento de los individuos*

Los individuos capturados se mantuvieron en terrarios ubicados en habitaciones de la UDI de Fisiología Animal de la Universidad de La Laguna, en condiciones de ciclo de luz y de temperatura controlados. Los terrarios se pusieron bajo lámparas fluorescentes (Sylvania Reptistar F18W, con espectro que incluía una pequeña proporción de luz ultravioleta), las cuales se controlaban de manera automática, encendiéndose a las 8:00 am, y apagándose a las 19:30 pm. Así mismo, las habitaciones disponían de termostatos y ventiladores para el mantenimiento de la temperatura. En el interior de la cámara, la temperatura media fue de 24,6 °C, obteniéndose este valor a partir de la media de las medidas de temperatura que se tomaron antes y después de que se realizaran las grabaciones.

Alrededor de la zona baja de los terrarios se colocó cinta adhesiva ancha de color blanco para que los individuos pudieran detectar el borde y no se hicieran daño en caso de que corrieran sin control hacia el cristal transparente. En el interior se puso una alfombrilla de césped artificial, y sobre esta, una teja que hacía de refugio para los individuos; además, se colocó una piedra y dos cuencos: uno con alimento (consistente en manzana o tomate) y otro con agua.

Los terrarios, y todo su contenido, fueron limpiados con agua, jabón y alcohol cada vez que se terminaba una grabación para que, cuando se introdujese siguiente individuo, su comportamiento no se viese afectado por olores del individuo anterior.

### *Toma de medidas*

Las primeras medidas que se tomaron fueron las de comportamiento; para ello, se colocó a los individuos, de manera individual, en los respectivos terrarios. Se usaron tres terrarios de manera simultánea. Sobre cada uno se ubicó una cámara de video (dos cámaras fueron webcam Logitech conectadas a portátiles, y una Canon Vixia). Cada lagarto se colocaba en el terrario y acto seguido se activaba la grabación, la cual duró 3h. Las grabaciones se hicieron atendiendo a los periodos de mayor actividad de los lagartos, cuyos mayores valores ocurren durante la mañana y por la tarde (Díaz, 1994); en nuestro caso, algunos individuos fueron grabados por la mañana, y otros por la tarde.

A partir de las grabaciones obtenidas se cuantificaron los siguientes parámetros: 1) tiempo (en segundos) que tardaba cada ejemplar en asomar la cabeza del refugio; 2) tiempo que tardaba cada ejemplar en salir por primera vez del refugio; 3) el tiempo que estaba fuera del refugio; 4) tiempo que estaban sobre la piedra; 5) número de veces que realizaron la pauta sacar la lengua (exploración olfativa).

Una vez realizadas las grabaciones, se extrajeron los individuos de los terrarios y se procedió al estudio morfológico. Para ello, se midieron los siguientes rasgos: longitud hocico-cloaca (LHC), anchura del píleo (AP), altura de la cabeza (ALC), y largo de las dos extremidades anteriores, izquierda (LMAI) y derecha (LMAD). Todas estas medidas se tomaron en milímetros. Adicionalmente, se tomó la masa del individuo (en gramos) con una balanza digital (Philips Essence HR2395/00).

Una vez tomados todos los datos anteriores, los individuos fueron liberados en la zona donde fueron capturados. Para evitar volver a medir a los mismos individuos, estos se marcaron haciendo un corte de pocos milímetros en una de las falanges; este procedimiento se ha demostrado que no afecta a la velocidad de carrera en otros reptiles (Borges-Landáez & Shine, 2003) y lagartos marcados de esta forma han sobrevivido varios años (Bohórquez-Alonso & Molina-Borja, 2014).

### *Análisis estadísticos*

Se calculó, para los datos morfológicos, el grado de dimorfismo en los diferentes rasgos medidos, y para los datos de comportamiento, la posible diferencia entre machos y hembras en los rasgos analizados. Teniendo en cuenta el tamaño muestral, forzosamente pequeño por las circunstancias expresadas, el análisis de datos se realizó mediante el test no-paramétrico ‘‘U-Mann-Whitney’’. Esta prueba es usada normalmente cuando el

número de datos que se poseen es limitado y no se cumplen con los requerimientos de normalidad y homocedasticidad; además, esta prueba permite la comparación de tamaños muestrales diferentes para los sexos a comparar. En nuestra muestra, pudimos disponer de un total de 10 individuos: un grupo de 4 machos y otro grupo de 6 hembras. Uno de los ejemplares fue un macho joven y sus datos no se incluyeron en el análisis estadístico dado que dispersaban mucho el rango de los tres machos adultos. Todas las pruebas estadísticas se hicieron con Excel (mediante la extensión XLSTAT).

Para analizar si las medidas morfológicas difieren de manera significativa entre los dos sexos, primero definimos cuáles son las variables independientes, cuáles las dependientes, y cuál será la hipótesis nula ( $H_0$ ) y alternativa ( $H_1$ ). En este caso, la variable independiente (el factor en nuestro caso) fue el sexo de los individuos (macho/hembra), y las variables dependientes los datos obtenidos de las medidas morfológicas (masa, LHC, AP, ALC y LMA). Como  $H_0$  propusimos que no existen diferencias de morfología entre machos y hembras, mientras que como  $H_1$  consideramos que hay una diferencia significativa entre sexos para estas medidas.

Respecto a las medidas de comportamiento, el factor sigue siendo el sexo del individuo, mientras que las variables dependientes fueron los rasgos de comportamiento previamente especificados. Al igual que en el caso de los análisis de la morfología, para  $H_0$  proponemos que no hay diferencias de comportamiento entre machos y hembras, mientras que para  $H_1$  diremos que se observa tal diferencia de manera significativa.

Para ambos casos (morfología y comportamiento), usamos una  $p \leq 0,05$  para rechazar la hipótesis nula.

## Resultados

### Rasgos morfológicos

Las medidas obtenidas de los rasgos morfológicos seleccionados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1: Medidas morfológicas de cada uno de los machos y hembras usados.

Sexo	Masa corporal	LHC (mm)	AP (mm)	ALC (mm)	LMAI (mm)	LMAD (mm)
Macho	47	120	18,57	22	32,69	31,63
Macho	62	113	22,53	21,39	30,44	37,09
Macho	50	103	19,29	17,25	34,37	36,45
Hembra	17	83	15,16	13,24	23,15	27,75
Hembra	26	91	14,66	12,05	23,63	25,65
Hembra	25	95	13,86	15,015	25,44	27,41
Hembra	20	86	12,56	11,5	27,15	26,05
Hembra	28	95	14,34	12,51	29,38	31,6
Hembra	24	86	15,15	12,84	27,98	31,17

El número de casos, los valores mínimos y máximos, así como la media y desviación típica de los datos previamente presentados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Datos estadísticos básicos de las diferentes variables respecto al sexo del individuo.

VARIABLE	OBS.	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV. TÍPICA
MASA CORPORAL   HEMBRA	6	17,000	28,000	23,333	4,082
MASA CORPORAL   MACHO	3	47,000	62,000	53,000	7,937
LHC (MM)   HEMBRA	6	83,000	95,000	89,333	5,086
LHC (MM)   MACHO	3	103,000	120,000	112,000	8,544
AP   HEMBRA	6	12,560	15,160	14,288	0,981
AP   MACHO	3	18,570	22,530	20,130	2,109
ALC (MM)   HEMBRA	6	11,500	15,015	12,859	1,218
ALC (MM)   MACHO	3	17,250	22,000	20,213	2,584
LMA (IZQU.)   HEMBRA	6	23,150	29,380	26,122	2,475
LMA (IZQU.)   MACHO	3	30,440	34,370	32,500	1,972
LMA (DERECH.)   HEMBRA	6	25,650	31,600	28,272	2,542
LMA (DERECH.)   MACHO	3	31,630	37,090	35,057	2,985

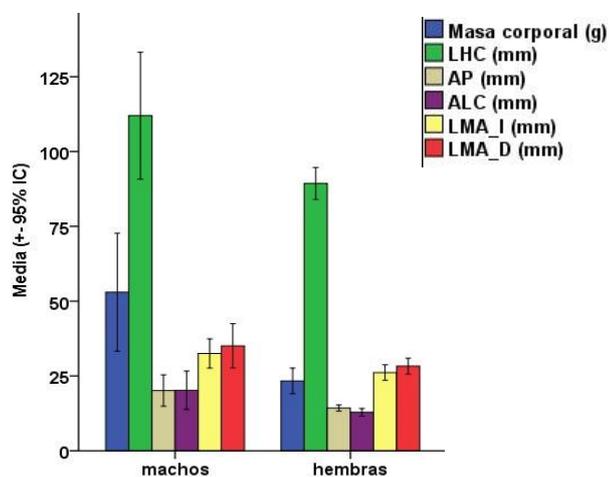
Una vez aplicada la prueba no paramétrica, se obtuvo que para todas las variables dependientes (Tabla 3), la significación de la diferencia entre machos (n = 3) y hembras (n = 6) fue siempre  $\leq 0.05$ .

Tabla 3: Resultados de la prueba Mann-Whitney para todas las medidas morfológicas.

	Masa	LHC	AP	ALC	LMAI	LMAD
<b>U</b>	0	0	0	0	0	0
<b>U (estandarizada)</b>	0	-2,213	0	0	0	0
<b>Valores esperados</b>	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
<b>Varianza (U)</b>	15,000	14,750	15,000	15,000	15,000	15,000
<b>Valor-p (bilateral)</b>	0,024	0,027	0,024	0,24	0,024	0,024
<b>ALFA</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Dados estos resultados, podemos decir que existen diferencias significativas para todas las variables morfológicas consideradas, siendo los valores de los machos mayores que los de las hembras (Figura 1).

Figura 1: Media ( $\pm$  95% Intervalo de confianza) de las variables morfológicas de todos los machos y hembras muestreados.



### *Rasgos de comportamiento*

Los tiempos y frecuencia de las variables de comportamiento que se obtuvieron tras la cuantificación a partir del visionado de los vídeos fueron:

*Tabla 4: Datos individuales de las pautas de comportamiento registradas para cada macho y hembra.*

<b>SEXO</b>	<b>SACA LA CABEZA (SEGUNDOS)</b>	<b>SALIR DEL REFUGIO (SEGUNDOS)</b>	<b>TIEMPO FUERA (segundos)</b>	<b>TIEMPO SOBRE PIEDRA (segundos)</b>	<b>OLFATEO LINGUAL (nº veces)</b>
<b>Hembra</b>	445	1776	938	186	109
<b>Hembra</b>	111	2438	1543	37	147
<b>Macho</b>	388	2	988	134	169
<b>Hembra</b>	297	334	8363	4880	86
<b>Macho</b>	563	0	231	41	41
<b>Hembra</b>	58	261	1002	211	173
<b>Hembra</b>	218	1	72	0	23
<b>Hembra</b>	2201	2268	176	43	6
<b>Macho</b>	3430	0	2845	409	64

Para estos rasgos, los datos estadísticos básicos obtenidos son los que se muestran en la Tabla 5.

*Tabla 5: Datos estadísticos de las diferentes variables de comportamiento respecto al sexo.*

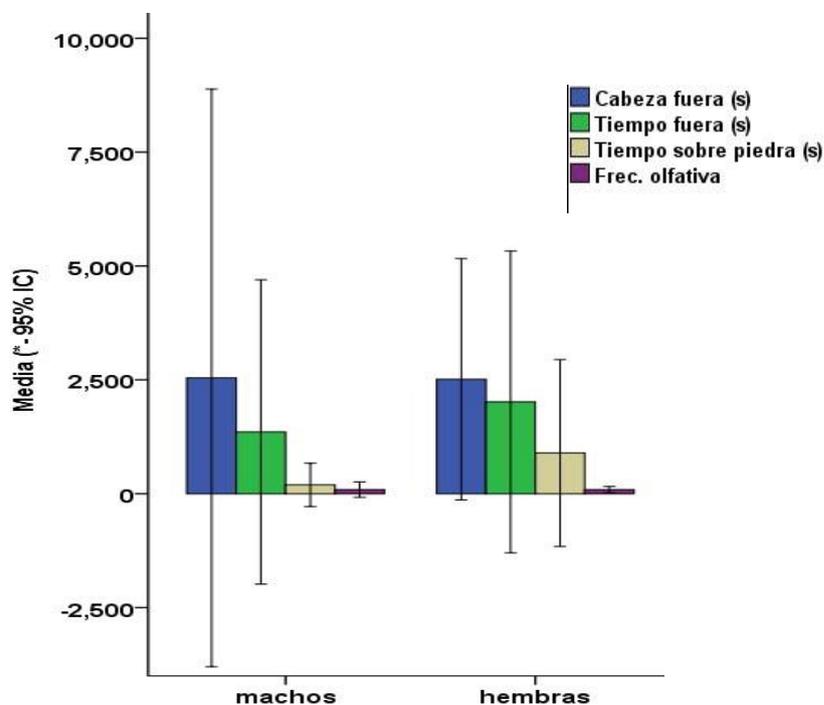
<b>VARIABLE</b>	<b>OBS.</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. TÍPICA</b>
<b>SACA LA CABEZA   HEMBRA</b>	6	58	2201	555	818,009046
<b>SACA LA CABEZA   MACHO</b>	3	388	3430	1460,333	1708,0241
<b>TIEMPO EN SALIR DEL REFUGIO (SEGUNDOS)   HEMBRA</b>	6	1	2438	1179,666	1101,98379
<b>TIEMPO EN SALIR DEL REFUGIO (SEGUNDOS)   MACHO</b>	3	1	2	1,333	0,577
<b>TIEMPO FUERA (SEGUNDOS)   HEMBRA</b>	6	72	8363	2015,666	3157,947
<b>TIEMPO FUERA (SEGUNDOS)   MACHO</b>	3	231	2845	1354,666	1345,021
<b>TIEMPO SOBRE PIEDRA (SEGUNDOS)   HEMBRA</b>	6	0	4880	892,833	1955,189
<b>TIEMPO SOBRE PIEDRA (SEGUNDOS)   MACHO</b>	3	41	409	194,666	191,353
<b>LENGUA   HEMBRA</b>	6	6	173	90,666	66,418
<b>LENGUA   MACHO</b>	3	41	169	91,333	68,237

Una vez aplicada la prueba no paramétrica de U-Mann-Whitney, los datos obtenidos son los mostrados en la Tabla 6. En este caso, no se detectó que exista una diferencia significativa entre ambos sexos para ninguno de los rasgos seleccionados.

Tabla 6: Resultados de la prueba Mann-Whitney aplicada a los rasgos de comportamiento.

	<b>Cabeza fuera</b>	<b>Cuerpo fuera</b>	<b>Tiempo fuera</b>	<b>Tiempo sobre piedra</b>	<b>Olfateo lingual</b>
<b>U</b>	3	16	8	8	9
<b>U (estandarizado)</b>	-1,420	1,707	-0,129	-0,129	0
<b>Valores esperados</b>	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
<b>Varianza (U)</b>	15	14,500	15,000	15,000	15,000
<b>Valor-p (bilateral)</b>	0,156	0,088	0,897	0,897	1,000
<b>ALFA</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Figura 2: Media ( $\pm$  95% Intervalo de confianza) de las variables de comportamiento de los machos y hembras muestreados.



## *Discusión*

### *Rasgos morfológicos*

Los resultados obtenidos a partir del análisis de nuestra muestra concuerdan con otros estudios en los que se ha comparado la morfología entre machos y hembras. Los machos adultos de *G. galloti* poseen un tamaño corporal, tamaño de la cabeza y de las extremidades significativamente mayor que el de las hembras y machos jóvenes, (Molina-Borja *et al.*, 1997; Herrel *et al.*, 1999; Bohórquez-Alonso & Molina-Borja, 2014). Por lo tanto, nuestros resultados para los rasgos morfológicos concuerdan con los estudios previos de dichas publicaciones. Tales diferencias significativas permiten afirmar que en esta especie existe dimorfismo sexual para varios rasgos corporales.

### *Diferencias de comportamiento*

Aunque no podemos afirmarlo debido a que los resultados obtenidos no son significativos, se observa cierta tendencia de las hembras de nuestra muestra a tener conductas más osadas que las de los machos. Algunos autores dan explicación a este comportamiento debido a que los individuos de pequeño tamaño tienden a perder más rápido el calor de sus cuerpos, con lo que necesitan salir más de los refugios (Martín, 2001). Esta explicación podría ser válida para este caso, pues las hembras tienen un menor tamaño corporal que los machos. También es posible que, debido a ello, las hembras sean más rápidas que los machos, con lo que, en caso de presencia de depredadores, son más rápidas a la hora de huir (Martín, 2002) y por ello son más osadas a la hora de explorar el terreno (el terrario en el que se encuentran en nuestro caso).

La no significación de la diferencia en este caso pudiera deberse al tamaño de la muestra. No obstante, también otra opción podría ser que, ya que los machos y las hembras procedieron de la misma zona, su comportamiento similar reflejara un ajuste a las características del medio en que habitan. Sin embargo, aunque la diferencia no haya resultado significativa, si nos fijamos en la tabla 5, vemos que el tiempo medio que pasan los machos fuera del refugio (1060,500 segundos) es menor que el tiempo que pasan las hembras (2015,667 segundos). Lo mismo ocurre con el tiempo que pasan con la cabeza fuera, donde las hembras tienen un mayor tiempo de exposición (2513,66 segundos) que los machos (2145,500 segundos). Sin embargo, el número de olfateos linguales es mayor en machos que en hembras, teniendo estos una media de 95,000, mientras que las hembras tienen una media de 90,667.

## *Antecedentes y revisión bibliográfica*

Como se ha mencionado en la Introducción, en los últimos años se han producido muchas alteraciones en el medio provocadas por el hombre, como la destrucción de los hábitats, el cambio climático o la introducción de especies invasoras; todo ello influye en los individuos que habitan el entorno, produciéndose en ellos cambios conductuales y morfológicos que pueden contribuir a una mejor adaptación (Mckinney, 2008).

Los animales usan las señales ambientales como una forma de obtener información sobre características del ambiente en el que viven; cuando, de manera antrópica, se producen cambios en el ambiente, también se producen cambios, por ejemplo, en: su actividad general (Iglesias-Carrasco, 2017), actividad anti-depredadora, la forma de reproducción, la manera de encontrar alimento, etc. (Ditchkoff *et al.*, 2006). En los ambientes antropizados, los organismos explotan recursos de menor calidad, procedentes de zonas más contaminadas, pero con recompensas más accesibles, con lo que se produce un mal ajuste (Robertson *et al.*, 2013) y, por lo tanto, provoca los cambios morfológicos y conductuales mencionados. En los párrafos siguientes, se resumen algunos de los cambios principales que se producen en animales que viven en ambientes humanizados y/o contaminados.

### *Variaciones morfológicas*

En estudios anteriores se ha demostrado que existen diferencias morfológicas entre lagartos que habitan en zonas urbanas, en comparación con aquellos que viven en zonas rurales (Lazic *et al.*, 2013; Lazíc *et al.*, 2015). Detallo a continuación algunos de los factores que pueden afectar a la morfología.

### *Contaminación*

Es un hecho que en las zonas antropizadas existen altos niveles de contaminación. En algunos artículos se refleja que la contaminación en los suelos, debida al uso excesivo de fertilizantes y otros productos químicos, además de la contaminación emitida por los coches, puede transmitirse a los huevos puestos por las hembras, provocando cambios en el embrión que afectan al individuo cuando se produce su crecimiento (Marco *et al.*, 2004). Específicamente, un estudio hecho en dos especies de lagartos (*Podarcis carbonelli* y *Podarcis hispánica*, Fam. Lacertidae) puso de manifiesto que los fertilizantes causaron reducción en la masa y el tamaño corporal de las crías que emergen de los huevos (Marco *et al.*, 2004).

Con las condiciones ambientales que se dan en zonas antropizadas, la estabilidad del desarrollo de los embriones, tanto si se desarrollan en el interior de las madres como dentro de huevos, podría verse afectada al destinarse más energía en procesos fisiológicos que ayuden a combatir la contaminación que la energía destinada para mantener un buen desarrollo embrionario, lo que podría explicar por qué aparece una variación en la simetría bilateral de los individuos (Lazric *et al.*, 2013).

### *Temperatura y humedad*

Los lagartos son organismos ectotermos, con lo que la temperatura y la disposición de agua son factores que influyen en su desarrollo. En zonas urbanas se ha observado que existe un incremento de temperatura con respecto a zonas rurales (Bastin *et al.*, 2019). En estudios hechos en la especie *Calotes versicolor* (Fam. Agamidae), se ha comprobado que el aumento de la temperatura afecta al desarrollo de los embriones; los incubados a 33°C, en comparación con otro grupo incubado a 24°C, tuvieron menor éxito de eclosión, mostraron deformidades, y eclosionaron como crías con un tamaño corporal menor, al igual que de cabeza y extremidades (Ji *et al.*, 2002). Además, con el aumento de la temperatura de incubación, existe una disminución del rendimiento locomotor (Booth, 2006).

La humedad podría ser también un factor determinante en la morfología del individuo, siendo una fuente importante de variación para los rasgos de eclosión de los huevos (Ji & Du, 2001), pudiendo incluso ser un factor crítico para el desarrollo normal de los huevos en los reptiles (Packard *et al.*, 1977). En un estudio realizado a una población de la especie *Chrysemys picta* (Fam. Emydidae) se comprobó que existe una interacción entre la humedad del suelo y el desarrollo del individuo, pues los huevos de los nidos más húmedos fueron más grandes y la eclosión se produjo más rápido que la de los nidos control (más secos); esto tuvo como consecuencia que los individuos de los nidos con más humedad fueran más grandes que los nidos control (Bodensteiner *et al.*, 2015).

### *Área*

Adicionalmente, en las zonas antrópicas se produce la fragmentación del área, lo que produce el aislamiento de las poblaciones, viéndose que afecta a la morfología, presentándose un mayor nivel de fluctuación de asimetría de estas poblaciones con respecto a las que se encuentran en zonas rurales (Sarre, 1996). Además, en estudios

hechos en la especie *Podarcis muralis* (Fam. Lacertidae), los individuos que se encontraban en áreas urbanas tuvieron una mayor variación en el tamaño de la cabeza con respecto a los que vivían en zonas naturales, presentándose tamaños mucho menores; esto se produce porque cuando las condiciones ambientales no son las adecuadas, los mecanismos durante el desarrollo resultan en una mayor variabilidad fenotípica (Lazíc *et al.*, 2015). Esta variabilidad viene determinada por genes que regulan la expresión del fenotipo; cuando los individuos se encuentran expuestos a ambientes que no son los óptimos, sufren estrés. Este estrés induce la expresión de genes que podrían ser los responsables de esta variabilidad de fenotipos (Lazíc *et al.*, 2015).

### *Dieta*

La dieta también afecta a la morfología de los reptiles. Se ha comprobado que los lagartos de la especie *Psammophilus dorsalis* presentan una mejor condición física en zonas urbanas en comparación con las rurales debido a que, como su dieta se basa en hormigas, y en las zonas urbanas es un insecto que abunda, tienen una mayor disponibilidad de alimento (Balakrishna *et al.*, 2016). En el otro extremo tenemos el caso de *Pseudonaja affinis* (Fam. Elapidae), una especie de serpiente que se encuentra tanto en zonas rurales como urbanas de Australia; los especímenes de zonas urbanas a los que se les estudió el contenido estomacal tuvieron menos probabilidades de contener una comida en su estómago y, además, eran más pequeños en masa que los rurales (Wolfe *et al.*, 2017).

En resumen, en las zonas en donde existe actividad humana se producen cambios en el fenotipo de los ejemplares que han ocupado esas áreas; pero estos cambios no tienen una base genética, sino que se dan porque los organismos tienen plasticidad la hora de ajustarse a los nuevos ambientes (Hendry *et al.* 2008).

### *Variaciones de comportamiento*

El comportamiento animal es plástico, es decir, un organismo puede cambiar algunas características de su comportamiento en función del hábitat, lo que le permite un mejor ajuste al entorno (Van Buskirk, 2012). El incremento de las zonas modificadas por el hombre provoca una reducción de las zonas rurales; debido a esto, muchos organismos se han ajustado al entorno urbano. Así, en estas zonas urbanas, al ser ambientes alterados, se ha mostrado que los organismos sufren algunos cambios específicos en su comportamiento; por ejemplo, en un estudio hecho en la especie de escíncido

*Lampropholis delicata*, los ejemplares de una de las zonas urbanas fueron más activos y buscaron más el alimento (Moule *et al.*, 2015). Los cambios en el comportamiento también se pueden dar en los organismos de manera que estos asuman más riesgos de los que asumirían en un hábitat más rural (McKenney, 2006). Los organismos que son más tímidos tienen menos posibilidades de sobrevivir en este nuevo ambiente, con lo que les será más difícil colonizar el área (Lowry *et al.*, 2013).

### *Presión de depredación*

Este fenómeno se ha mostrado que influye también en los cambios en el comportamiento, cuando, por ejemplo, se da una baja presión de depredación (Gering & Blair, 1999). En las zonas rurales existen depredadores naturales que no se encuentran en entornos urbanos, con lo que los individuos se vuelven más osados a la hora de explorar el entorno debido a la ausencia de estos (Lapiedra *et al.*, 2018). No obstante, si bien en los entornos urbanos puede no haber presencia de depredadores naturales, se ha demostrado la existencia de depredación por parte de los animales de compañía (Koenig *et al.*, 2009). Además, los individuos de la especie *Lampropholis guichenoti* (Fam. Scincidae) que se encontraban en zonas urbanas presentaron un mayor tiempo de exposición al sol, y una distancia mayor a los refugios que los individuos que procedían de zonas naturales (Prosser *et al.*, 2006).

### *Comportamiento y morfología*

Adicionalmente, el comportamiento de los individuos está relacionado con su morfología. Los lagartos de pequeño tamaño de la especie *Lacerta monticola* (Fam. Lacertidae) asumieron más riesgos que los individuos que presentan un tamaño corporal más elevado (López *et al.*, 2005); su respuesta de huida es mucho más rápida porque, al tener un cuerpo pequeño, la inversión energética que tienen que hacer es mucho menor que en individuos de tamaños más grandes (Martín, 2002; Martín & López, 2003). Debido a esto, cabría suponer que para *G. galloti* también los individuos de pequeño tamaño sean más osados que los individuos de mayor tamaño.

Un estudio realizado a dos poblaciones, una de una zona rural y otra urbana, de la especie *Psammophilus dorsalis*, reveló que los machos de la zona rural eran de menor tamaño, pero presentaban una mayor actividad. Esto se relaciona con la morfología porque los lagartos de las zonas rurales patrullan territorios más grandes, con lo que, en vez de invertir energía en el crecimiento, se invierte en energía para moverse (Balakrishna

*et al.*, 2016). Los lagartos de las zonas urbanas, por el contrario, no patrullaban extensiones de terreno tan grandes como en zonas rurales, con lo que la energía se destinaría a su crecimiento y mejoraría su condición física (Balakrishna *et al.*, 2016).

También se mostraron evidencias de que las hembras de *Sceloporus occidentalis*, estudiadas en dos campus universitarios, que tenían extremidades más cortas eran menos propensas a responder a la simulación ante depredadores, y a mostrar más inmovilidad tónica que aquellas hembras estudiadas en zonas rurales (Sparkman *et al.*, 2018). Esto nos hace suponer que el comportamiento y la morfología del individuo son características ligadas, que vienen influidas por el ambiente en el que se encuentra el individuo.

### *Reproducción*

En las zonas urbanas los individuos están sometidos a diferentes condiciones de estrés (calor, ruido, contaminación, etc.); estos estímulos pueden influir en las características reproductivas, como la adquisición de la pareja o el momento de reproducción (Ditchkoff *et al.*, 2006). Así, en la especie *Anolis cristatellus* (Fam. Polychrotidae) se observó que las hembras que procedían de zonas urbanas tenían al principio de la temporada de reproducción una condición corporal mayor que las hembras procedentes de zonas rurales, además de que tuvieron antes la puesta de huevos (Hall & Warner, 2017). Las crías procedentes de las hembras urbanas tuvieron tasas de crecimiento más altas que las crías de las hembras que procedían de zonas rurales, con lo que se concluyó que los entornos urbanos pueden mejorar la reproducción y el crecimiento en algunos vertebrados ectotermos (Hall & Warner, 2017).

### *Alimento*

Otro de los factores por los que puede haber un cambio en el comportamiento es por la facilidad para encontrar alimento. La urbanización puede afectar la dieta de los reptiles, y alterar la frecuencia con la que disponen de los alimentos (French *et al.*, 2018).

En lagartos de la especie *G. galloti*, las observaciones personales hechas por diversas personas muestran que los lagartos de ciertas zonas en la base del Teide, y otras zonas frecuentadas por turistas, se acostumbran a comer de la mano de estos; ello revela que la facilidad de encontrar comida ha hecho que el comportamiento de los lagartos de esta especie endémica se vea modificado para obtener alimento.

## *Conclusiones*

1) Respecto a la morfología, existen cambios en los individuos (por ejemplo, disminución de tamaño y masa corporal, y aumento de la asimetría) que viven en zonas urbanas con respecto a los que viven en zonas rurales, confirmándose que la actividad antrópica afecta a estas especies, las cuales tienden a cambiar como forma de ajustarse al medio.

2) En cuanto al comportamiento, si bien en este trabajo no se ha contado con las muestras necesarias para realizar una comparación del comportamiento en zonas urbanizadas y rurales, la revisión bibliográfica hecha pone de manifiesto que existen cambios en el comportamiento de los individuos en varios aspectos (asunción de riesgos, cambios conductuales asociados a la alimentación, tipos de alimento, etc.)

3) En *G. galloti* no existen trabajos científicos en los que se describan diferencias en el comportamiento entre poblaciones de zonas naturales y urbanizadas, por lo que en la actualidad no sabemos cómo puede estar afectando la urbanización a lagartos de esas áreas.

## *Conclusions*

1) In relation to morphology, there are certain changes (reduction in body size, mass, increase in asymmetry) which occur in individuals who live in urban areas with respect to those living in rural areas. This proves that human activity affects these species, which tend to change in order to adjust to their environment.

2) Regarding behavior, although this study did not have the necessary samples to make a comparison between the two kind of areas, the bibliographic review showed that there are changes in the behavior of individual lizards in various traits (risk taking, behavioral changes associated with diet, food, etc.).

3) There is no scientific study describing differences in *G. galloti* behavior between urban and rural populations; therefore, we do not currently know how urbanization is this affecting lizards from that areas.

## *Agradecimientos*

A mi familia: gracias a mis padres por haberme dado apoyo incondicional durante todos estos años de aprendizaje, y por haberme ayudado a llegar hasta donde he llegado. A mi hermana por siempre sacarme una sonrisa y apoyarme en todo lo que he hecho.

A mis amigos, Naiara, Jose Ángel, Paula, Lorelay y Omayra, por haber formado una parte vital de mi vida estos años; sin duda siempre los llevaré en mi corazón. A Juan Jesús, por muchos años más de amistad. Y, en general, a todos esos amigos que la Universidad me ha dado, porque ellos también tienen un sitio especial en mi corazón.

A toda esa gente que pasó por mi vida y se fue, porque sin ellos no sería la persona que soy hoy en día. Gracias por haber aparecido en mi vida, aunque ya no estén.

## Bibliografía

- Balakrishna, S., Batabyal, A., & Thaker, M. 2016. Dining in the City: Dietary Shifts in Indian Rock Agamas across an Urban–Rural Landscape. *Journal of Herpetology*, 50(3), 423-428.
- Bastin, J.-F., Clark, E., Elliott, T., Hart, S., van den Hoogen, J., Hordijk, I., Crowther, T. W. 2019. Understanding climate change from a global analysis of city analogues. *PLOS ONE*, 14(7), e0217592.
- Bodensteiner, B. L., Mitchell, T. S., Strickland, J. T., & Janzen, F. J. 2014. Hydric conditions during incubation influence phenotypes of neonatal reptiles in the field. *Functional Ecology*, 29(5), 710-717.
- Bohórquez-Alonso, M. L., & Molina-Borja, M. 2014. Reflectance of sexually dichromatic UV-blue patches varies during the breeding season and between two subspecies of *Gallotia galloti* (Squamata: Lacertidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 113(2), 556-569.
- Bókony, V., Kulcsár, A., Tóth, Z., & Liker, A. 2012. Personality traits and behavioral syndromes in differently urbanized populations of house sparrows (*Passer domesticus*). *PloS one*, 7(5), e36639.
- Booth, D. 2006. Influence of Incubation Temperature on Hatchling Phenotype in Reptiles. *Physiological and Biochemical Zoology: Ecological and Evolutionary Approaches*, 79(2), 274-281.
- Borges-Landáez, P.A., Shine R. 2003. Influence of toe-clipping on running speed in *Eulamprus quoyii*, an Australian scindid lizard. *Journal Herpetology* 37: 592-595.
- Contesse, P., Hegglin, D., Gloor, S., Bontadina, F., & Deplazes, P. 2004. The diet of urban foxes (*Vulpes vulpes*) and the availability of anthropogenic food in the city of Zurich, Switzerland. *Mammalian Biology*, 69(2), 81-95.
- Díaz, J. (1994). Field Thermoregulatory Behavior in the Western Canarian Lizard *Gallotia galloti*. *Journal of Herpetology*, 28(3), 325-333.
- Ditchkoff, S. S., Saalfeld, S. T., & Gibson, C. J. 2006). Animal behavior in urban ecosystems: Modifications due to human-induced stress. *Urban Ecosystems*, 9(1), 5-12.
- Fernández-Juricic, E., & Tellería, J. L. 2000. Effects of human disturbance on spatial and temporal feeding patterns of Black bird *Turdus merula* in urban parks in Madrid, Spain. *Bird Study*, 47(1), 1321.
- French, S. S., Webb, A. C., Hudson, S. B., & Virgin, E. E. 2018. Town and Country Reptiles: A Review of Reptilian Responses to Urbanization. *Integrative and Comparative Biology*, 948-966.
- Fuirst, M., Veit, R. R., Hahn, M., Dheilly, N., & Thorne, L. H. 2018. Effects of urbanization on the foraging ecology and microbiota of the generalist seabird *Larus argentatus*. *PLOS ONE*, 13(12), e0209200.
- Gering, J. C., & Blair, R. B. 1999. Predation on artificial bird nests along an urban gradient: predatory risk or relaxation in urban environments? *Ecography*, 22(5), 532-541.
- Hall, J. M., & Warner, D. A. 2017. Body size and reproduction of a non-native lizard are enhanced in an urban environment. *Biological Journal of the Linnean Society*, 122(4), 860-871.
- Hendry, A. P., Farrugia, T. J., Kinnison, M. T. 2008. Human influences on rates of phenotypic change in wild animal populations. *Molecular Ecology*, 17(1), 20-29.
- Herrel, A., Spithoven, L., Van Damme, R., & DE Vree, F. 1999. Sexual dimorphism of head size in *Gallotia galloti*: testing the niche divergence hypothesis by functional analyses. *Functional Ecology*, 13(3), 289-297.
- Iglesias-Carrasco, M. 2017. Anthropic habitats as novel environments: consequences for evolution and conservation. University of the Basque Country, Faculty of Science and Technology, Spain.
- Iglesias-Carrasco, M., Martín, J., & Cabido, C. 2017. Urban habitats can affect body size and body condition but not immune response in amphibians. *Urban Ecosystems*, 20(6), 1331-1338.
- Ji, X., & Du, W.-G. 2001. Effects of Thermal and Hydric Environments on Incubating Eggs and Hatchling Traits in the Cobra, *Naja naja atra*. *Journal of Herpetology*, 35(2), 186.
- Ji, X., Qiu, Q.-B., & Diong, C.-H. 2002. Influence of incubation temperature on hatching success, energy expenditure for embryonic development, and size and morphology of hatchlings in the oriental garden lizard, *Calotes versicolor* (Agamidae). *Journal of Experimental Zoology*, 292(7), 649-659.

- Koenig, J., Shine, R., & Shea, G.** 2002. The Dangers of Life in the City: Patterns of Activity, Injury and Mortality in Suburban Lizards (*Tiliqua scincoides*). *Journal of Herpetology*, 36(1), 62-68.
- Lapiedra, O., Schoener, T. W., Leal, M., Losos, J. B., & Kolbe, J. J.** 2018. Predator-driven natural selection on risk-taking behavior in anole lizards. *Science*, 360(6392), 1017-1020.
- Lazić, M. M., Kaliontzopoulou, A., Carretero, M. A., & Crnobrnja-Isailović, J.** 2013. Lizards from Urban Areas Are More Asymmetric: Using Fluctuating Asymmetry to Evaluate Environmental Disturbance. *PLoS ONE*, 8(12), e84190.
- Lazić, M. M., Carretero, M. A., Crnobrnja-Isailović, J., & Kaliontzopoulou, A.** 2015. Effects of Environmental Disturbance on Phenotypic Variation: An Integrated Assessment of Canalization, Developmental Stability, Modularity, and Allometry in Lizard Head Shape. *The American Naturalist*, 185(1), 44-58.
- López, P., Hawlena, D., Polo, V., Amo, L., & Martín, J.** 2005. Sources of individual shy–bold variations in antipredator behaviour of male Iberian rock lizards. *Animal Behaviour*, 69(1), 1-9.
- Lowry, H., Lill, A., & Wong, B. B. M.** 2013. Behavioural responses of wildlife to urban environments. *Biological Reviews*, 88(3), 537 - 549.
- Marco, A., Hidalgo-Vila, J., & Díaz-Paniagua, C.** 2004. Toxic Effects of Ammonium Nitrate Fertilizer on Flexible-Shelled Lizard Eggs. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 73(1), 125-131.
- Martín, J.** 2002. Comportamiento bajo riesgo de depredación: Optimización de las decisiones de escape en lacértidos. *Rev. Esp. Herpetol.* 2002. 71-78.
- Martín, J.** 2001. Repeated predatory attacks and multiple decisions to come out from a refuge in an alpine lizard. *Behavioral Ecology*, 12(4), 386-389.
- Martín, J., & López, P.** 2003. Changes in the Escape Responses of the Lizard *Acanthodactylus erythrurus* under Persistent Predatory Attacks. *Copeia*, 2003(2), 408-413. Retrieved June 9, 2020, from [www.jstor.org/stable/1448685](http://www.jstor.org/stable/1448685)
- McKinney, M. L.** 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3), 247-260.
- McKinney, M.L.** 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems*, 11, 161-176.
- Molina-Borja, M.** 1981. Etograma del lagarto de Tenerife, *Gallotia galloti galloti* (Sauria-Lacertidae). *Doñana Acta Vertebrata*, 8, 43-78.
- Molina-Borja, M., Padrón-Fumero, M., & Alfonso-Martín, M.** 1997. Intrapopulation Variability in Morphology, Coloration, and Body Size in Two Races of the Lacertid Lizard, *Gallotia galloti*. *Journal of Herpetology*, 31(4), 499-507.
- Moule, H., Michelangeli, M., Thompson, M. B., & Chapple, D. G.** 2015. The influence of urbanization on the behaviour of an Australian lizard and the presence of an activity-exploratory behavioural syndrome. *Journal of Zoology*, 298(2), 103-111.
- Packard, G. C., Tracy, C. R., & Roth, J. J.** 1977. The physiological ecology of reptilian eggs and embryos. and the evolution of viviparity within the class reptilia. *Biological reviews*, 52(1), 71-105.
- Prosser, C., Hudson, S., & Thompson, M. B.** 2006. Effects of Urbanization on Behavior, Performance, and Morphology of the Garden Skink, *Lampropholis guichenoti*. *Journal of Herpetology*, 40(2), 151-159.
- Robertson, B. A., Rehage, J. S., & Sih, A.** 2013. Ecological novelty and the emergence of evolutionary traps. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(9), 552-560.
- Salvador, A.** 2015. Lagarto Tizón – *Gallotia galloti*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/org/>
- Sarre, S.** 1996. Habitat fragmentation promotes fluctuating asymmetry but not morphological divergence in two geckos. *Researches on Population Ecology*, 38(1), 57-64.

- Sciulli, P. W., Doyle, W. J., Kelley, C., Siegel, P., & Siegel, M. I.** 1979. The interaction of stressors in the induction of increased levels of fluctuating asymmetry in the laboratory rat. *American journal of physical anthropology*, 50(2), 279–284.
- Sparkman, A., Howe, S., Hynes, S., Hobbs, B., & Handal, K.** 2018. Parallel behavioral and morphological divergence in fence lizards on two college campuses. *PloS one*, 13(2), e0191800.
- Thorpe, R., & Brown, R.** 1991. Microgeographic Clines in the Size of Mature Male *Gallotia Galloti* (Squamata: Lacertidae) on Tenerife: Causal Hypotheses. *Herpetologica*, 47(1), 28-37. Retrieved June 23, 2020.
- Van Buskirk, J.** 2012. Behavioural plasticity and environmental change. In: Candolin, U; Wong, BBM. *Behavioural responses to a changing world: mechanisms and consequences*. Oxford University Press, Oxford, pp 145–158
- Wolfe, A. K., Bateman, P. W., & Fleming, P. A.** 2017. Does urbanization influence the diet of a large snake? *Current Zoology*, 64(3), 311-318.