



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO,
FACULTAD DE CIENCIAS

**Efecto de la urbanización en
Aspidoscelis costata costata
(Squamata: Teiidae)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

PRESENTA:

Aldo Gómez Benitez



Asesor: Dr. Oswaldo Hernández Gallegos
Coasesora: M. en C. Ana Esthela López Moreno

Toluca, México, mayo de 2017

ÍNDICE GENERAL

-Dedicatoria	iii
-Agradecimientos	iv
-Resumen	1
-Introducción	2
-Antecedentes	4
-Efecto de la urbanización sobre la variación genética de las poblaciones herpetofaunísticas	4
-Urbanización como promotora de la asimetría fluctuante en la herpetofauna	4
-Cambios en la morfología de los reptiles a causa de la urbanización	5
-Efecto de la urbanización sobre la ecología de los reptiles	6
-Justificación	7
-Objetivos	8
-Método	9
-Área de estudio	9
-Colecta y registro de variables de los individuos	10
-Evaluación de la variación morfológica	10
-Evaluación de la asimetría fluctuante	11
-Evaluación de la morfología (características morfométricas, merísticas y grado de desarrollo)	11
-Evaluación de aspectos ecológicos (atributos de la nidada, perfil térmico de anidación y depredación)	11
-Resultados	13
-Área de estudio	13
-Variación morfológica	14
-Asimetría fluctuante	15
-Morfología (características morfométricas, merísticas y grado de desarrollo)	16
-Ecología (atributos de la nidada, perfil térmico de anidación y depredación)	18
-Discusión	22
-Variación morfológica y asimetría fluctuante	22

-Morfología (características morfométricas, merísticas y grado de desarrollo)	25
-Ecología (atributos de la nidada, perfil térmico de anidación y depredación)	26
-Conclusiones	28
-Literatura citada	29

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Clasificación y parámetros de importancia para identificar los distintos niveles del gradiente de urbanización.
- Cuadro 2. Prueba F de la comparación de la desviación estándar de las medidas morfométricas de *Aspidoscelis costata costata* entre dos tipos de hábitat.
- Cuadro 3. ANCOVA para comparar las medias de los datos morfométricos (Excepto para la comparación del LHC que se llevó a cabo con una “t” de Student) de *Aspidoscelis costata costata* entre dos tipos de hábitat.
- Cuadro 4. Prueba W de Mann-Whitney para la comparación de las medianas de los datos merísticos de *Aspidoscelis costata costata* entre dos tipos de hábitat.
- Cuadro 5. ANOVA para comparar las medias de los atributos de nidada (Excepto para la comparación del peso que se llevó a cabo con una “t” de Student) de *Aspidoscelis costata costata* entre una población urbana y dos silvestres.
- Cuadro 6. Comparación entre la temperatura registrada cada hora en un nido de *Aspidoscelis costata costata* de la población urbana de Ixtapan de la Sal y un nido de la población silvestre de Tonatico.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Antebrazo de un macho (LHC = 110 mm) con escamas postantebraquiales agrandadas (A), y antebrazo de un macho (LHC = 96 mm) con escamas postantebraquiales ligeramente agrandadas (B) de *Aspidoscelis costata costata*.
- Figura 2. Características morfométricas y merísticas evaluadas en poblaciones urbanas y silvestres de *Aspidoscelis costata costata*.
- Figura 3. Mapa de uso de suelo de Ixtapan de la Sal generado por medio de la clasificación supervisada del territorio de la localidad.
- Figura 4. Mapa que muestra la cantidad de construcciones totales y viviendas, aledañas al sitio de muestreo urbano en el que se colectaron los individuos de *Aspidoscelis costata costata*.
- Figura 5. Temperaturas registradas cada hora durante el mes de julio en dos nidos de *Aspidoscelis costata costata*, uno urbano en Ixtapan de la Sal y otro silvestre en Tonicato.
- Figura 6. Porcentaje de individuos de *Aspidoscelis costata costata* con autotomía caudal en la población urbana de Ixtapan de la sal y la población silvestre de Tonicato
- Figura 7. Población desde 1970 hasta 2010 del municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México.
- Figura 8. Mapas de uso de suelo del municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México en 5 tiempos.

RESUMEN

La urbanización es el proceso por el cual los asentamientos humanos transforman gradualmente las tierras silvestres en territorios con algún grado de permanencia humana, donde las poblaciones animales pueden verse afectadas por esta conversión del terreno. La lagartija *Aspidoscelis costata costata* es endémica de México y pertenece a la familia Teiidae; su distribución abarca la parte alta de la cuenca del río Balsas en los estados de Guerrero, Morelos, Puebla y México. Observaciones preliminares indican que la lagartija *A. costata costata* puede verse afectada por la urbanización. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la urbanización en *A. costata costata*. Se colectaron un total de 84 individuos de una población urbanizada en Ixtapan de la Sal, Estado de México que se compararon con 77 individuos colectados previamente en poblaciones silvestres del Estado de México: Ixtapan de la Sal (n = 48) y Tonicaco (n = 29). Se evaluó, entre tipos de hábitats (urbano y silvestre), la variación morfológica, la asimetría fluctuante, la morfología y algunos aspectos ecológicos. Aparentemente, la urbanización tiene un efecto en la morfología, su variación y la ecología de *A. costata costata*, pero no en la asimetría fluctuante.

INTRODUCCIÓN

La población humana sigue creciendo y dominando los ecosistemas alrededor del mundo (Horiuchi, 1992; Vitousek et al., 1997), como efecto de lo anterior, las porciones silvestres de la tierra son urbanizadas para aumentar el territorio habitable por humanos. La urbanización es el proceso por el que asentamientos humanos transforman gradualmente las tierras silvestres en territorios con algún grado de permanencia humana (Marzluff et al., 2001). Casi dos tercios del área terrestre del mundo sirve ahora como vivienda para las poblaciones humanas y los cambios en el uso del suelo han resultado en la creación de nuevos hábitats compuestos de estructuras humanas, superficies impermeables, vegetación no nativa, microclimas inestables y hábitats fragmentados (Bradley, 1995; Koenig et al., 2002; McKinney, 2002). La abundancia de la mayoría de las especies se reduce o estas ni siquiera pueden existir en ambientes urbanos, sin embargo, algunos animales pueden cambiar su comportamiento o modificar sus historias de vida en áreas urbanas y prosperar (Ditchkoff, 2006; Sol et al., 2013), por ello es importante documentar la capacidad de los animales para adaptarse a estos nuevos ambientes lo que determinará su persistencia a largo plazo (French et al., 2008).

Aspidoscelis costata (anteriormente *Cnemidophorus costatus*), comprende un clado diverso de lagartijas que no ha sido adecuadamente sometido a análisis genéticos para la división confiable de especies (Duellman y Zweifel, 1962; Maslin y Secoy, 1986; Reeder et al., 2002). No obstante, Duellman y Zweifel (1962) indicaron que todas las poblaciones tentativamente asignadas al complejo de *A. costata* poseen escamas postantebraquiales agrandadas en la parte posterior de cada antebrazo (Figura 1A). Esta conclusión y que este es un carácter típicamente invariable, se basó en el análisis de varios cientos de ejemplares, así como en observaciones colectivas. *Aspidoscelis costata costata* es una lagartija endémica de México; su distribución abarca la parte alta de la cuenca del río Balsas en los estados de Guerrero, Morelos, Puebla y México (Rodríguez-Romero et al., 2003).

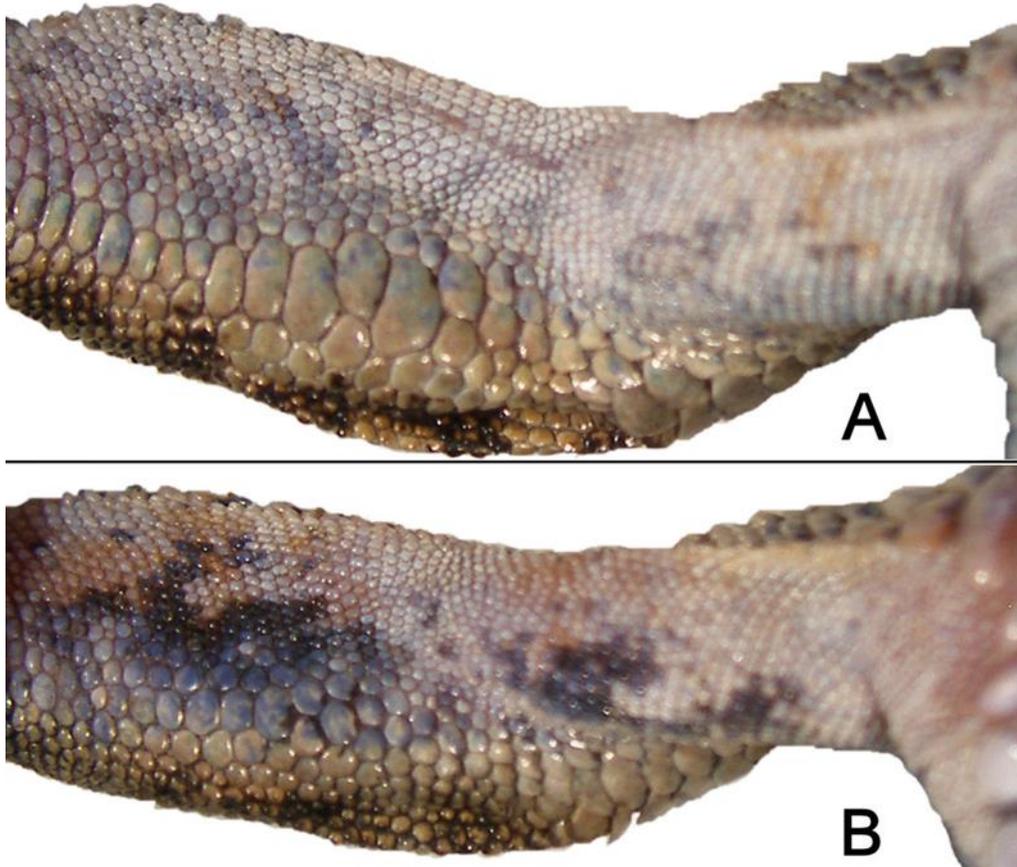


Figura 1. Antebrazo de un macho (LHC = 110 mm) con escamas postantebraquiales agrandadas (A), y antebrazo de un macho (LHC = 96 mm) con escamas postantebraquiales ligeramente agrandadas (B) de *Aspidoscelis costata costata* de Ixtapan de la Sal, Estado de México, México. LHC = longitud hocico-cloaca (modificado de Gómez-Benitez et al., 2016).

ANTECEDENTES

Efecto de la urbanización sobre la variación genética de las poblaciones herpetofaunísticas

Existen pocos estudios en los que se ha documentado el comportamiento de la variación genética en las poblaciones urbanas y los resultados al respecto difieren unos de otros. Hoffmann y Parson (1997) y Hoffmann y Hercus (2000) establecieron que, al llegar una población animal a un ambiente desconocido, lo más usual sería que la diversidad fenotípica aumentara, particularmente, en características morfológicas que permanecen constantes en la población. Concordando con lo anterior, se han realizado estudios en los que se registra un aumento en la variación genética de las poblaciones urbanas de lagartijas (Delaney et al., 2010; Lazic' et al., 2015).

A pesar de esto, se han registrado casos en los que la urbanización no genera consecuencia alguna sobre la variación genética o produce el efecto contrario al expuesto anteriormente. Rubin y colaboradores (2001) estudiaron el efecto de la urbanización en la estructura genética de la tortuga *Emydoidea blandingii*. Los resultados indicaron que la variación genética era similar en la mayoría de las poblaciones estudiadas. El efecto contrario, una reducción en la variación genética de las poblaciones urbanas, también ha sido descrito por Noël y colaboradores (2007) quienes estudiaron el efecto que produce la fragmentación a causa de la urbanización, en la variación genética de la salamandra *Plethodon cinereus*; ellos registraron que la riqueza alélica y la heterocigosidad fueron menores en las poblaciones urbanas.

Urbanización como promotora de la asimetría fluctuante en la herpetofauna

La asimetría fluctuante (AF) se define como una ligera desviación de la simetría perfecta bilateral y ha sido ampliamente aceptada como una manera de medir la inestabilidad en el desarrollo (Palmer y Strobeck, 1986). En un trabajo realizado con el fin de valorar el uso de la asimetría fluctuante para evaluar el efecto de la presión ambiental en sistemas urbanos sobre la lagartija *Podarcis muralis*, Lazic' y colaboradores (2013) obtuvieron que el grado de asimetría fluctuante era mayor en las

poblaciones urbanas que en las rurales. Los autores concluyeron que la asimetría fluctuante puede ser utilizada como un método eficaz para evaluar el estrés ambiental en las especies. En la misma especie, Urošević y colaboradores (2015) también registraron que el grado de asimetría es más alto en animales urbanos. Tull y Brussard (2007) quienes utilizaron la asimetría fluctuante para evaluar el efecto de los caminos para vehículos todoterreno sobre *Sceloporus occidentalis*, demostraron que había una elevada AF por parte de los individuos que habitaban en zonas cercanas a estos caminos respecto a los que se encontraban en zonas sin perturbación. Siguiendo este patrón, Wright y Zamudio (2002) registraron que la AF de *Ambystoma maculatum* aumentó cuando comenzó la intervención humana en el hábitat de esta salamandra. Delgado-Acevedo y Restrepo (2008) registraron el caso contrario en dos especies de ranas del género *Eleutherodactylus*, en cuyas poblaciones, a pesar de la pérdida del hábitat a la que se enfrentaban, no se detectó una asimetría fluctuante significativa.

Con las investigaciones anteriormente expuestas queda claro que las actividades antropogénicas, al modificar abruptamente las condiciones del hábitat, promueven inestabilidad en el desarrollo de los organismos que se traduce como asimetría fluctuante.

Cambios en la morfología de los reptiles a causa de la urbanización

Existe evidencia de que el estrés ambiental, ocasionado por condiciones ambientales adversas, puede producir cambios rápidos en las características morfológicas de los reptiles (Hoffmann y Hercus, 2000). Iglesias y colaboradores (2012) estudiaron la diferencia en el tamaño y forma de cuerpo de la lagartija *Lophognathus temporalis* en diferentes hábitats. Los autores pudieron determinar que el hábitat era un factor determinante de la máxima masa corporal y de la talla. Las lagartijas urbanas eran más pesadas, más grandes y tenían las extremidades más largas que las rurales. Con resultados similares Winchell et al. (2016) documentaron los cambios morfológicos que *Anolis cristatellus* presentaba al habitar en zonas urbanas; obtuvieron que las lagartijas urbanas tienen extremidades más alargadas en relación con el tamaño de su cuerpo y

que estas tienen un mayor número de lamelas en comparación con sus vecinos silvestres.

Efecto de la urbanización sobre la ecología de los reptiles

Se denominan sinantrópicas a aquellas especies que logran habitar en sitios urbanizados y cuyos requerimientos ecológicos tienden a estar asociados con los hábitats modificados por los humanos (McKinney, 2002). Analizando la depredación en sistemas urbanos, Anderson y Burgin (2008) documentaron los patrones de depredación por parte de las aves a las lagartijas. Los resultados mostraron que existe una relación negativa entre el número de lagartijas y el de aves depredadoras lo que significa que hay una fuerte presión de depredación sobre las lagartijas. Tyler y colaboradores (2016) evaluaron la autotomía caudal de *Anolis cristatellus* en varios ambientes urbanizados y los compararon con los datos de poblaciones silvestres, encontraron que la frecuencia de autotomía y regeneración caudal es significativamente más alta en áreas urbanas que en áreas silvestres.

En cuanto a la reproducción Huang y Pike (2011) registraron que el tamaño de nidada en *Eutropis longicaudata* no variaba cuando habitaba sistemas artificiales en comparación de las poblaciones naturales. Sin embargo, Endriss et al. (2007) observaron que el tamaño de nidada de *Phrynosoma cornutum* era menor en una población urbana que en poblaciones silvestres.

JUSTIFICACIÓN

La urbanización produce una gran cantidad de cambios en los hábitats silvestres que, a su vez, conllevan diversas modificaciones fenotípicas en las poblaciones animales. Esta investigación permitirá conocer el efecto de la urbanización en *A. costata costata*. Cabe señalar que las especies de la familia Teiidae presentan una morfología altamente conservadora, es decir, modifican la LHC pero no su forma corporal (Vitt y Pianka, 2004). Al sur del Estado de México se han estudiado ampliamente diferentes poblaciones silvestres de *A. costata costata*, sin embargo, existen poblaciones cercanas en ambientes urbanos las cuales no han sido estudiadas. Recientemente Gómez-Benitez et al. (2016) registraron, en un hábitat urbanizado, un individuo de *A. costata costata* con escamas postantebraquiales ligeramente agrandadas (Figura 1B); este hallazgo y diversas observaciones de campo promueven la necesidad de evaluar los efectos adicionales de la urbanización en *A. costata costata*.

OBJETIVOS

General

- Evaluar si la urbanización está relacionada con la morfología y ecología de *Aspidoscelis costata costata*.

Particulares

- 1.-Evaluar el efecto de la urbanización en la variación morfológica de *Aspidoscelis costata costata*.
- 2.-Evaluar el efecto de la urbanización en la simetría de *Aspidoscelis costata costata*.
- 3.-Estimar si la urbanización puede alterar la morfología de *Aspidoscelis costata costata*.
- 4.-Determinar si la urbanización tiene un efecto sobre diferentes aspectos ecológicos de *Aspidoscelis costata costata*.

MÉTODO

Área de estudio

Los muestreos de *A. costata costata* se llevaron a cabo en una población urbanizada en el municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México (18° 50' 33.9" N - 99° 40' 52.7" W) ubicada a 1,888 msnm, cuyo grado de afectación se determinó con base en los criterios propuestos por Marzluff et al. (2001; Cuadro 1). Ixtapan de la Sal cuenta con una población total de 33,541 habitantes (INEGI, 2010). El clima es semi-cálido subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura va de los 14°C a los 22°C y un intervalo de precipitación de entre 1,000 y 1,200 mm a lo largo del año (INEGI, 2009).

En esta ciudad la zona urbana está creciendo constantemente sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, pastizales y áreas silvestres (INEGI, 2009). Para obtener el porcentaje construido se realizó una clasificación supervisada con el software ArcGis 10.3 del área total de la población urbana de Ixtapan de la Sal con imágenes satelitales obtenidos de Google Earth Pro. La densidad de edificios y el número de viviendas por hectáreas se obtuvo por medio de un conteo en la localidad.

Cuadro 1. Clasificación y parámetros de importancia para identificar los distintos niveles del gradiente de urbanización (Marzluff et al., 2001) para evaluar el estado de afectación que presentan las poblaciones de *Aspidoscelis costata costata* en Ixtapan de la Sal y Tonicato, Estado de México.

Tipo de hábitat	Porcentaje construido	Densidad de edificios	Densidad de residencias humanas
Silvestre	0-2 %	0	<1/ha
Rural/exurbano	5-20 %	<2.5/ha	1-10/ha
Suburbano	30-50 %	2.5-10/ha	>10/ha
Urbano	>50 %	>10/ha	>10/ha

Colecta y registro de variables de los individuos

La colecta se llevó a cabo con ayuda de trampas de red y los animales colectados fueron transportados en costales de manta. En el laboratorio de Herpetología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México, se registró de cada individuo el peso y se tomaron medidas morfométricas [longitud hocico-cloaca (LHC), largo de la cola, distancia interaxilar (DIA), longitud del fémur, longitud de las extremidades anteriores y posteriores, longitud del dedo más largo, ancho de la cabeza (AnCa), alto de la cabeza (AlCa) y largo de la cabeza (LaCa)], asimismo, se registraron características merísticas [poros femorales (FP), escamas supraoculares (SO) y láminas subdigitales] (Figura 2). El largo de la cola solo fue utilizado para el análisis de la depredación. Tanto características morfométricas como merísticas, fueron también evaluadas en una población silvestre de Tonatico ($18^{\circ} 45' 17.1''$ N - $99^{\circ} 37' 20.1''$ W) ubicada a 1500 – 1600 msnm, y una de Ixtapan de la Sal ($15^{\circ} 50' 31''$ N - $99^{\circ} 39' 5''$ W) a 2076 msnm, Estado de México. Cabe señalar que los especímenes de las poblaciones silvestres fueron capturados y utilizados para estudios previos (Pérez-Almazán, 2007; Granados-González et al., 2015; López-Moreno et al., 2016)

Evaluación de la variación morfológica

Un aumento en la variación fenotípica indica que las poblaciones están susceptibles a cambios bruscos en su hábitat generando diferentes morfologías en los individuos. La variación morfológica se evaluó comparando la desviación estándar (Taylor, 2014; Taylor et al., 2012) de los datos morfométricos usando una prueba F o test de razón de varianza (Zar, 1999). Las características merísticas no se utilizaron en este análisis debido a que los datos no presentaban una distribución normal de acuerdo a la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Evaluación de la asimetría fluctuante

La asimetría fluctuante es considerada un evaluador confiable del desarrollo inestable de los organismos, que se produce como efecto del estrés y se obtiene por medio de un índice de asimetría (IA) que se calcula con la formula $IA = D - I$ donde D es el valor del lado derecho e I el valor del lado izquierdo; este índice se comparó con W de Mann-Whitney entre tipos de hábitats y con la prueba de Kruskal-Wallis entre poblaciones.

Evaluación de la morfología (características morfométricas, merísticas y grado de desarrollo)

Los cambios morfológicos se determinaron comparando con un ANCOVA las medidas morfométricas tomando como factor el grado de urbanización y como covariable la LHC y con una W de Mann-Whitney las medidas merísticas. También se comparó la LHC de los individuos de los diferentes tipos de hábitats durante el mes de julio para determinar la diferencia en el grado de desarrollo de los individuos.

Evaluación de aspectos ecológicos (atributos de la nidada, perfil térmico de anidación y depredación)

La ecología de los animales fue evaluada de dos maneras: 1) Se comparó, entre tipos de hábitats el tamaño de la nidada, el tamaño del huevo y la temperatura de los nidos obtenidos utilizando termómetros electrónicos (HOBO Pro v2 2x Ext Temp Logger, que registraron la temperatura cada hora durante el mes de julio). 2) Se analizó si existe un cambio en la depredación que experimentan las poblaciones utilizando el porcentaje de colas con autotomía, también, se registró la longitud de cola original que tenía cada lagartija y se compararon los residuales de estos datos con una “t” de Student.

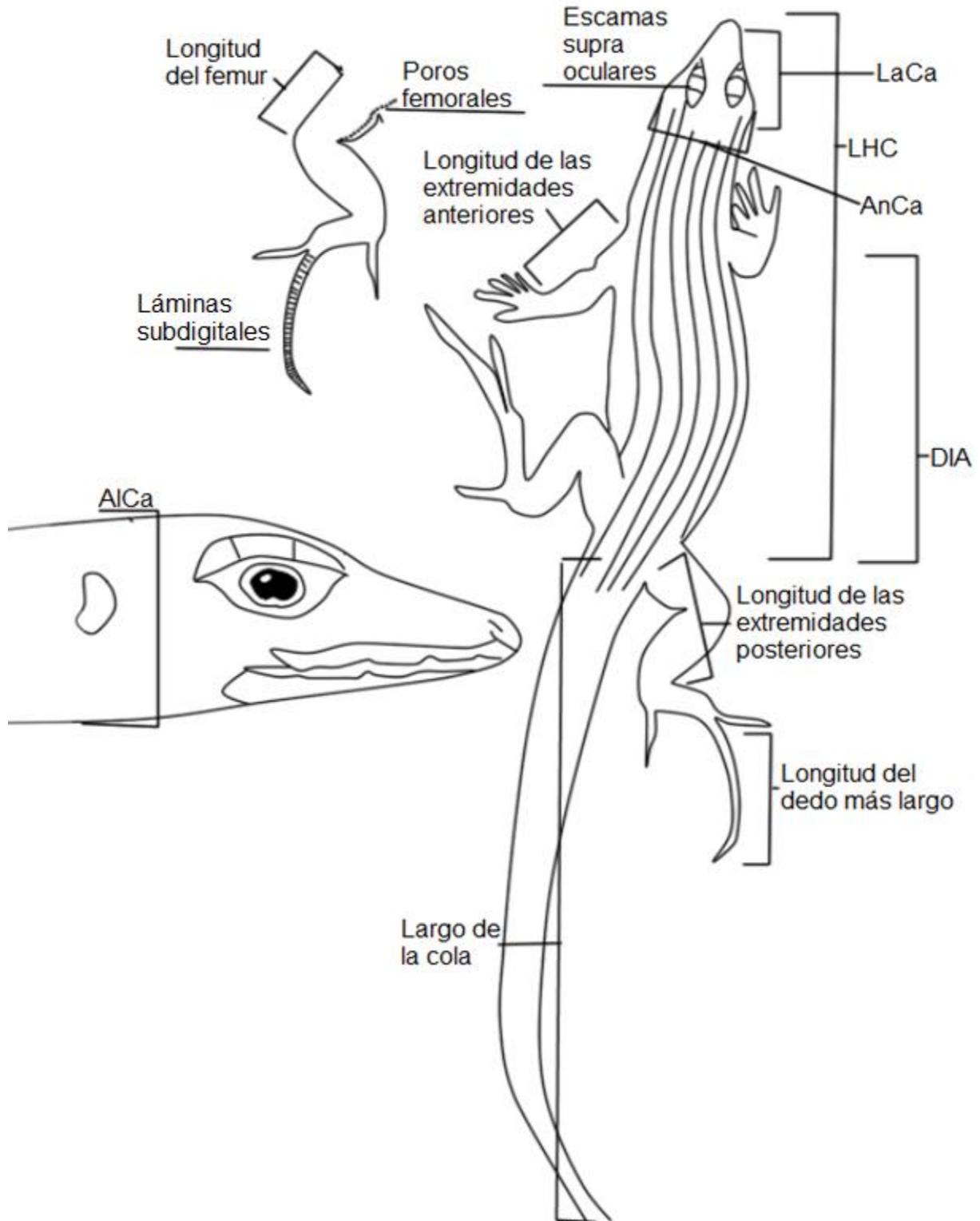


Figura 2. Características morfométricas y merísticas evaluadas en poblaciones urbanas y silvestres de *Aspidoscelis costata costata* en Ixtapan de la Sal y Tonicato, Estado de México. Consultar abreviaturas en la metodología.

RESULTADOS

Área de estudio

De acuerdo con la clasificación propuesta por Marzluff et al. (2001), la población de Ixtapan de la Sal se encuentra dentro de la categoría urbana. El 52% del área tiene construcciones (Figura 3) y una densidad de edificios por hectárea de 22, de los cuales 16 son viviendas (Figura 4). Se colectaron un total de 84 individuos de la población urbanizada que se compararon con 77 individuos silvestres colectados en Ixtapan de la Sal ($n = 48$) y Tonicato ($n = 29$).

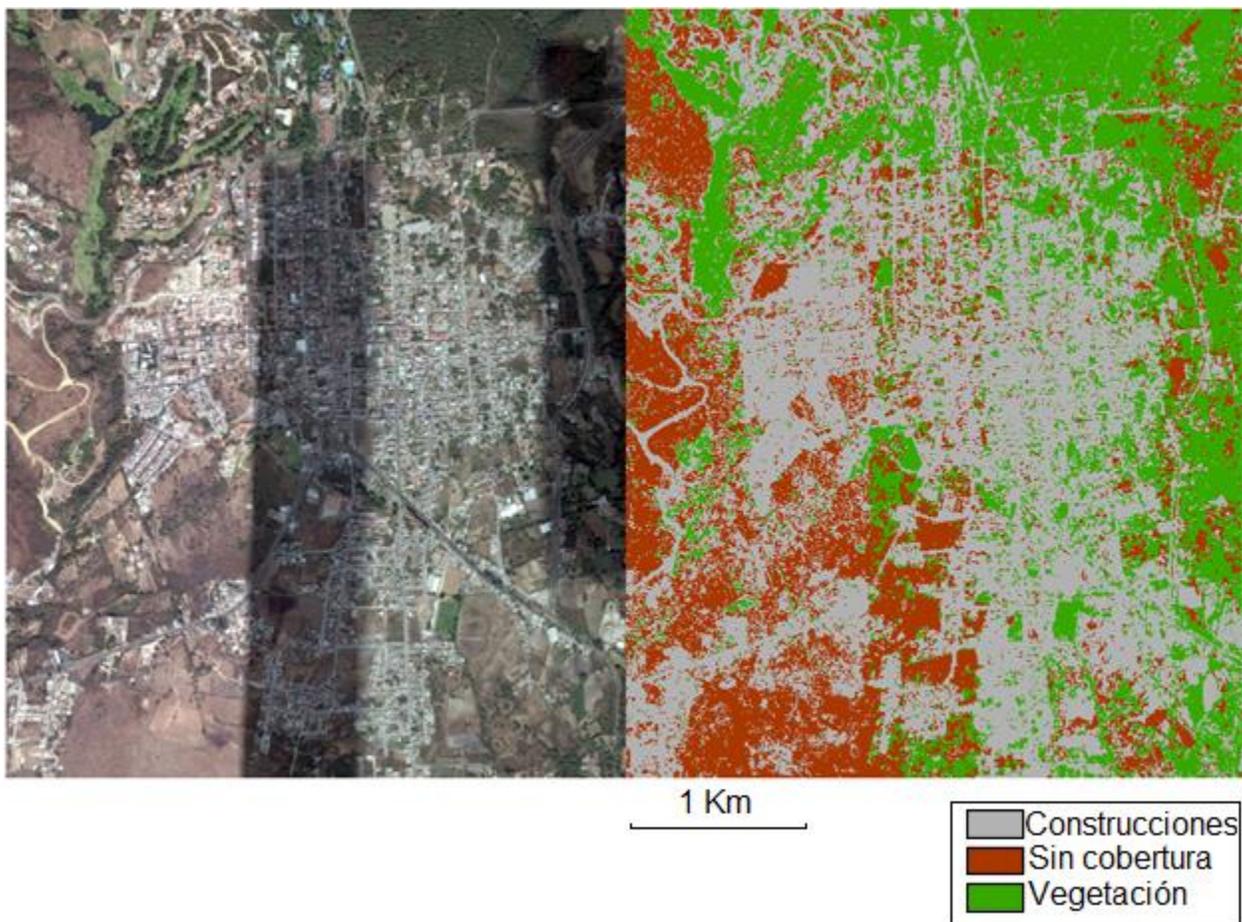


Figura 3. Mapa de uso de suelo de Ixtapan de la Sal generado por medio de la clasificación supervisada del territorio de la localidad con tres clases: construcciones (caminos, edificios y viviendas), territorio sin ningún tipo de cobertura y territorio con cobertura vegetal.

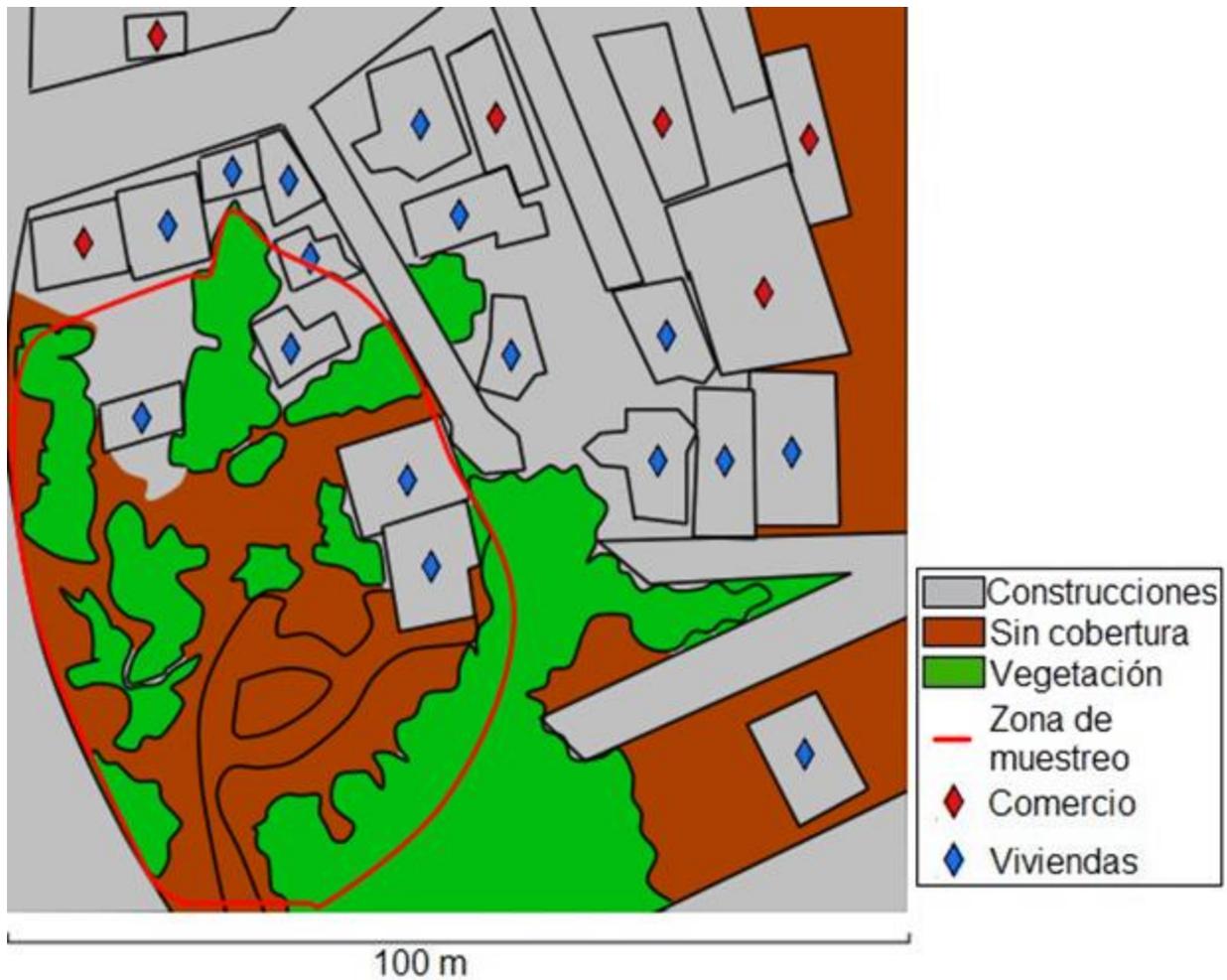


Figura 4. Mapa que muestra la cantidad de construcciones totales y viviendas, aledañas al sitio de muestreo urbano en el que se colectaron los individuos de *Aspidoscelis costata costata* en Ixtapan de la Sal, Estado de México, así como el uso de suelo de la zona.

Variación morfológica

El análisis de la variación morfológica mostró que existe una diferencia estadísticamente significativa en la desviación estándar de ocho de las diez variables analizadas, en todos los grupos de datos en los que existió una diferencia se observa que la población urbana tiene una mayor variación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba F de la comparación de la desviación estándar de las medidas morfométricas de *Aspidoscelis costata costata* entre dos tipos de hábitat, urbano y silvestre, de Ixtapan de la Sal y Tonatico, Estado de México. Se presenta la desviación estándar (σ), el estadístico F y el nivel de significancia (P), resaltando los valores significativos en rojo.

	Hábitat urbano	Hábitat silvestre	F	P
	σ	σ		
LHC	14.9	10.5	2.0254	0.0111
Peso	10.2	8.8	1.3305	0.3007
DIA	8.7	5.6	2.4026	0.0017
Fémur	3.9	2.2	3.1206	<0.0001
Extremidad posterior	3.8	2.1	3.1827	<0.0001
Extremidad anterior	6.4	2.9	4.8174	<0.0001
Dedo más largo	3.4	2.5	1.8732	0.0237
AnCa	2.5	1.8	1.9588	0.0155
AlCa	2.1	1.3	2.4372	0.0014
LaCa	3.3	2.5	1.6691	0.0644

Asimetría fluctuante

La prueba W de Mann-Whitney para comparar las medianas del IA indica que no hay una diferencia significativa para alguna de las dos características evaluadas entre los tipos de hábitats (IA poros femorales: mediana urbana = 1, mediana silvestre = 1, $W = 2494.5$, $P = 0.4938$; IA escamas supraoculares: mediana silvestre = 0, mediana urbana = 0, $W = 1829$, $P = 0.8671$). La prueba de Kruskal-Wallis usada para comparar las medianas de múltiples muestras revela que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las tres poblaciones estudiadas (IA poros femorales: mediana Ixtapan urbana = 1, mediana Ixtapan silvestre = 1, mediana Tonatico silvestre = 1, $H = 1.3662$,

$P = 0.5050$; IA escamas supraoculares: mediana Ixtapan silvestre = 0, mediana Tonatico silvestre = 0, mediana Ixtapan urbana = 0, $H = 3.4367$, $P = 0.1794$).

Morfología (características morfométricas, merísticas y grado de desarrollo)

La comparación de datos morfométricos y merísticos mostraron que la morfología de *A. costata costata* difiere de manera significativa entre tipos hábitats en la mayoría de las características evaluadas (Cuadros 3 y 4), siendo las lagartijas urbanas más pequeñas y de menor peso, pero con extremidades más largas. El grado de desarrollo observado durante el mes de julio muestra que, aunque la población urbana tiene un mayor intervalo en su LHC (mín = 45 mm - máx = 110 mm) que la población silvestre (mín = 71 mm - máx = 111 mm), no existe una diferencia estadísticamente significativa en las medias de las muestras ($t = -1.50923$, $P = 0.135557$).

Cuadro 3. ANCOVA para comparar las medias de los datos morfométricos (excepto para la comparación del LHC que se llevó a cabo con una “t” de Student) de *Aspidoscelis costata costata* entre dos tipos de hábitat, urbano y silvestre, de Ixtapan de la Sal y Tonalico, Estado de México. Se presenta la media (\bar{X}) \pm la desviación estándar (σ), la prueba estadística (t de Student = t o ANCOVA = F) y el nivel de significancia (P), resaltando los valores significativos en rojo.

	Hábitat urbano	Hábitat silvestre		
	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	t - Student	P
LHC	82.3 \pm 14.9	91.6 \pm 10.5	12.74	0.0005
			F	
Peso	18.9 \pm 10.2	22.8 \pm 8.8	11.62	0.0009
DIA	43.1 \pm 8.7	46.5 \pm 5.6	2.26	0.1359
Fémur	17.3 \pm 3.9	15.0 \pm 2.2	76.61	<0.0001
Extremidad posterior	17.6 \pm 3.8	15.6 \pm 2.1	108.16	<0.0001
Extremidad anterior	30.2 \pm 6.4	25.4 \pm 2.9	199.85	<0.0001
Dedo más largo	21.3 \pm 3.4	22.0 \pm 2.5	5.82	0.0176
AnCa	11.7 \pm 2.5	12.0 \pm 1.8	24.78	<0.0001
AlCa	10.7 \pm 2.1	10.5 \pm 1.3	91.90	<0.0001
LaCa	17.1 \pm 3.3	19.2 \pm 2.5	1.71	0.1944

Cuadro 4. Prueba W de Mann-Whitney para la comparación de las medianas de los datos merísticos de *Aspidoscelis costata costata* entre dos tipos de hábitat, urbano y silvestre, de Ixtapan de la Sal y Tonalico, Estado de México. Se presenta la mediana (M_e), la prueba estadística (W de Mann-Whitney = W) y el nivel de significancia (P), resaltando los valores significativos en rojo.

	Hábitat urbano	Hábitat urbano		
	M_e	M_e	W	P
SO (suma)	8	8	1962	0.3929
PF (suma)	34.5	36	2431	0.0028
Láminas subdigitales	33	33	1654.5	0.3141

Ecología (atributos de la nidada, perfil térmico de anidación y depredación)

Al comparar los atributos de la nidada entre la población urbana (este estudio) y las silvestres (estudios realizados previamente), únicamente la media del largo de los huevos es diferente significativamente; siendo más largos los huevos de la población urbana (Cuadro 5).

En cuanto al perfil térmico la comparación de medianas de las temperaturas muestra que existió una diferencia significativa cuando se separa el mes en dos tiempos (Cuadro 6), durante la primera mitad del mes la mediana de la temperatura en el nido urbano es mayor y durante la segunda mitad es mayor la mediana silvestre.

Cuadro 5. ANOVA para comparar las medias de los atributos de nidada (excepto para la comparación del peso que se llevó a cabo con una “t” de Student) de *Aspidoscelis costata costata* entre una población urbana y dos silvestres, de Ixtapan de la Sal y Tonatico, Estado de México. Se presenta la media (\bar{X}) \pm el error estandar (E.E.) y entre paréntesis los valores mínimos y máximos, la prueba estadística (ANOVA = F o t de Student = t) y el nivel de significancia (P), resaltando los valores significativos en rojo.

	Población			F	P	
	Población urbana Ixtapan	Población silvestre Ixtapan (Pérez-Almazán, 2007)	Población silvestre Tonatico (López-Moreno <i>et al.</i> , 2016)			
	$\bar{x} \pm E.E.$ (mín - máx)	$\bar{x} \pm E.E.$ (mín - máx)	$\bar{x} \pm E.E.$ (mín - máx)			
Huevo	Tamaño de nidada	6.8 \pm 0.58 (5 - 8)	7.2 \pm 0.58	7.7 \pm 0.44 (4 - 14)	2.11	0.2012
	Largo (mm)	15.4 \pm 0.09 (15.1 - 15.7)	14.0 \pm 0.19	14.7 \pm 0.16 (9.4 – 17.8)	63.18	0.0001
	Ancho (mm)	8.6 \pm 0.29 (7.6 - 9.3)	8.55 \pm 0.10	8.8 \pm 0.08 (6.7 – 9.9)	1.57	0.2834
					t - Student	
	Peso (g)	0.59 \pm 0.02 (0.52 - 0.66)	-----	0.61 \pm 0.02 (0.50 – 0.69)	-----	0.2879

Cuadro 6. Comparación entre la temperatura registrada cada hora en un nido de *Aspidoscelis costata costata* de la población urbana de Ixtapan de la Sal y un nido de la población silvestre de Tonatico, Estado de México. Se presenta la mediana (M_e), la desviación estándar (σ), la prueba estadística (W de Mann-Whitney) y el nivel de significancia (P), resaltando los valores significativos en rojo.

Día / mes / año	Población	Población	W	P	Población	Población
	urbana	silvestre			urbana	silvestre
	M_e °C	M_e °C			σ	σ
8-31 / jul / 2015	23.14	23.24	148215	0.0743	3.2	5.8
8-22 / jul / 2015	22.64	19.42	38709	<0.0001	2.7	6.8
22-31/ jul / 2015	24.14	24.79	30801	0.0070	3.5	3.3

La oscilación de la temperatura en el nido urbano (primera mitad: mín = 19.1 °C - máx = 29.6 °C; segunda mitad: min = 19.6 °C - máx = 32.1 °C) se mantiene dentro de intervalos menores que la del nido silvestre. Asimismo, dentro del nido silvestre la temperatura muestra un intervalo de oscilación más amplio durante los primeros 14 días: mín = 12.2 °C - máx = 39.7 °C, respecto del intervalo de oscilación de la segunda mitad del mes: mín = 19.0 °C - máx = 34.0 (Figura 5).

El porcentaje de colas cortadas es mayor en la población urbana que en la silvestre (Figura 6). La comparación de los datos de la longitud de cola original que tenía cada lagartija muestra que no existe una diferencia significativa entre los tipos de hábitats ($t = -6.34328E-7$, $P = 1.0$).

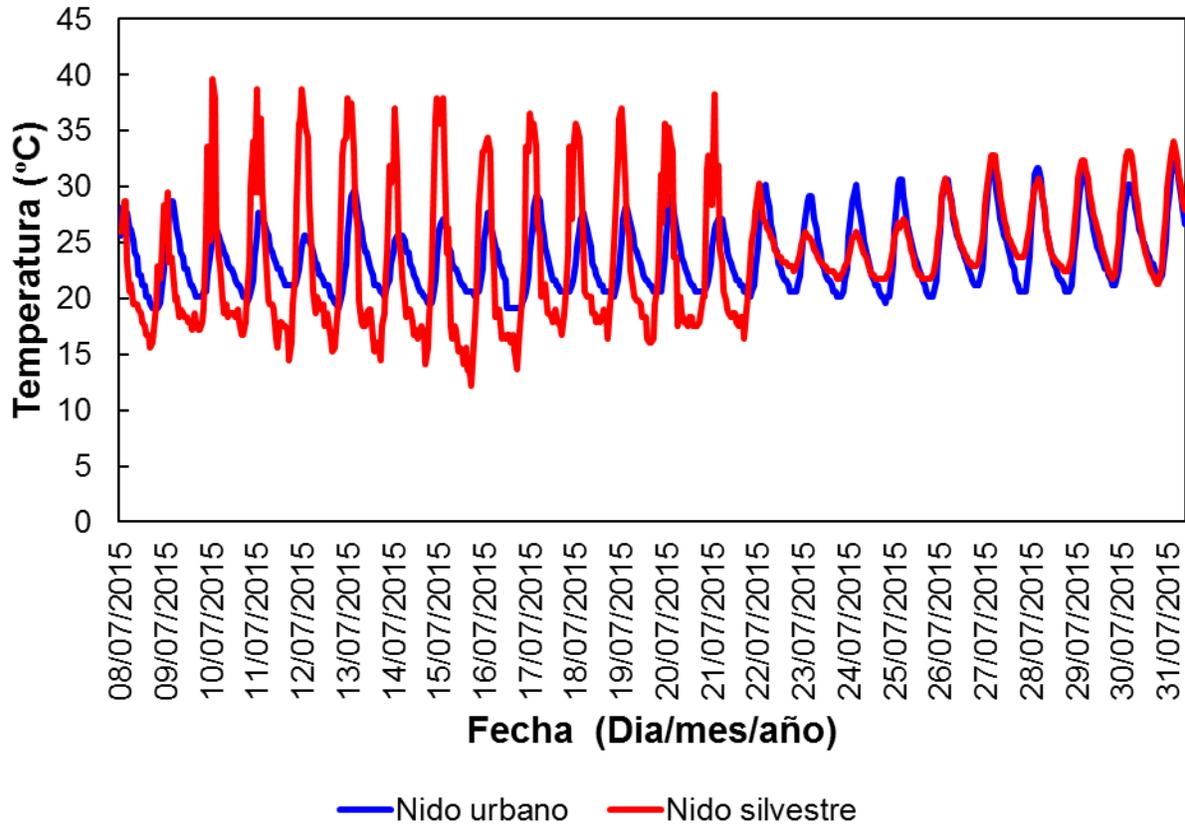


Figura 5. Temperaturas registradas cada hora durante el mes de julio en dos nidos de *Aspidoscelis costata costata*, uno urbano en Ixtapan de la Sal y otro silvestre en Tonatico, Estado de México.

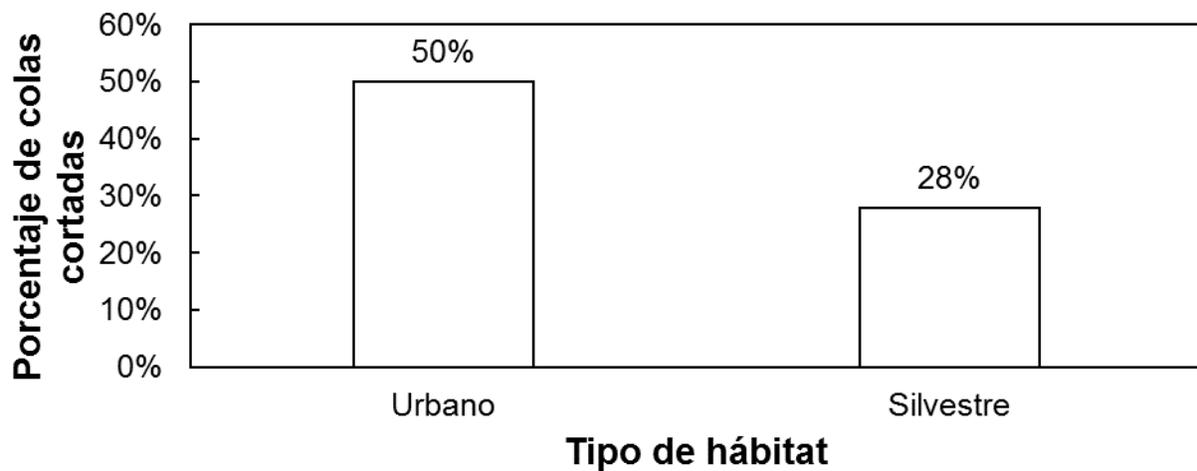


Figura 6. Porcentaje de individuos de *Aspidoscelis costata costata* con autotomía caudal en la población urbana de Ixtapan de la sal y la población silvestre de Tonatico, Estado de México.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio sugieren que la urbanización promueve cambios en *Aspidoscelis costata costata* en las siguientes características: (1) variación fenotípica, (2) morfología y (3) ecología. Sin embargo, no se registraron diferencias en la asimetría fluctuante entre los diferentes tipos de hábitat. Dichos cambios podrían ser ocasionados por efecto de la urbanización.

Variación fenotípica y asimetría fluctuante

La canalización se refiere a la capacidad de los organismos de seguir una predeterminada vía del desarrollo a pesar de las perturbaciones ambientales y genéticas, por lo tanto, reduce la variación fenotípica (Zakharov, 1992; Willmore et al., 2007). Bajo condiciones de estrés la canalización se vuelve menos restrictiva (Rutherford, 2000) y entonces, la variación fenotípica aumenta. Los datos obtenidos de la variación fenotípica en *A. costata costata* muestran que la capacidad de canalización en la población urbana se ve influenciada por las condiciones del sistema en que habita, ya que, solo dos características no mostraron una diferencia significativa en la variación fenotípica, el peso y el largo de la cabeza, ambas relacionadas con la alimentación. Esto, junto con el hecho de que *A. costata costata* es una especie de forrajeo activo, puede indicar que la alimentación es uniforme dentro de cada población. La causa mejor estudiada del aumento en la variación fenotípica es la incursión de las poblaciones animales en ambientes inhóspitos, lo que las presiona para modificar sus características generando una gran variedad de morfologías nuevas para lograrlo (Hoffmann y Parson, 1997; Hoffmann y Hercus, 2000) lo que puede originar una adaptación por parte de las especies. En la zona urbana estudiada se registran dos cambios dramáticos en los últimos años que pudieron modificar el hábitat y, por lo tanto, causar el incremento en la variación fenotípica de *A. costata costata*: el aumento en la densidad poblacional humana (Figura 7) y el cambio drástico en el uso del suelo (Figura 8). Estos cambios pudieron afectar a *A. costata costata* de varias maneras ya sea fragmentando el hábitat, manteniendo a la especie en alerta constante

por la presencia humana o generando zonas de alimentación para los depredadores potenciales encontrados en la zona urbana.

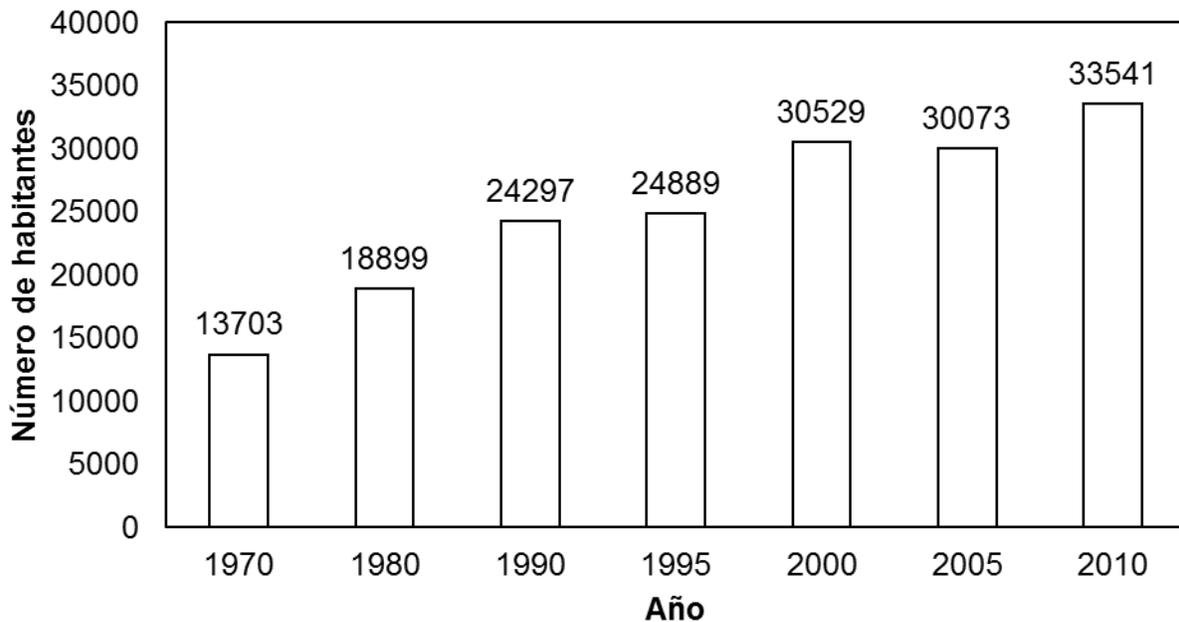


Figura 7. Población desde 1970 hasta 2010 del municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México (INEGI, 1970; 1980; 1990; 1995; 2000; 2005; 2010). Cabe resaltar el incremento de habitantes entre los años 1995 y 2000.

Dado que la canalización y la estabilidad en el desarrollo limitan la variación fenotípica, se ha planteado la posibilidad de que estas características estén dirigidas por el mismo grupo de genes o, al menos, por grupos de genes cuya expresión se solapa (Polak, 2003). Entonces, en casos en los que se detecte un aumento en la variación fenotípica se encontrará también un incremento en la asimetría fluctuante, indicador confiable de la inestabilidad en el desarrollo. En el presente estudio la variación fenotípica de la población urbana fue mayor que en la silvestre pero no hubo una diferencia significativa en los índices de asimetría de las dos características evaluadas, resultados que no apoyan la hipótesis descrita.

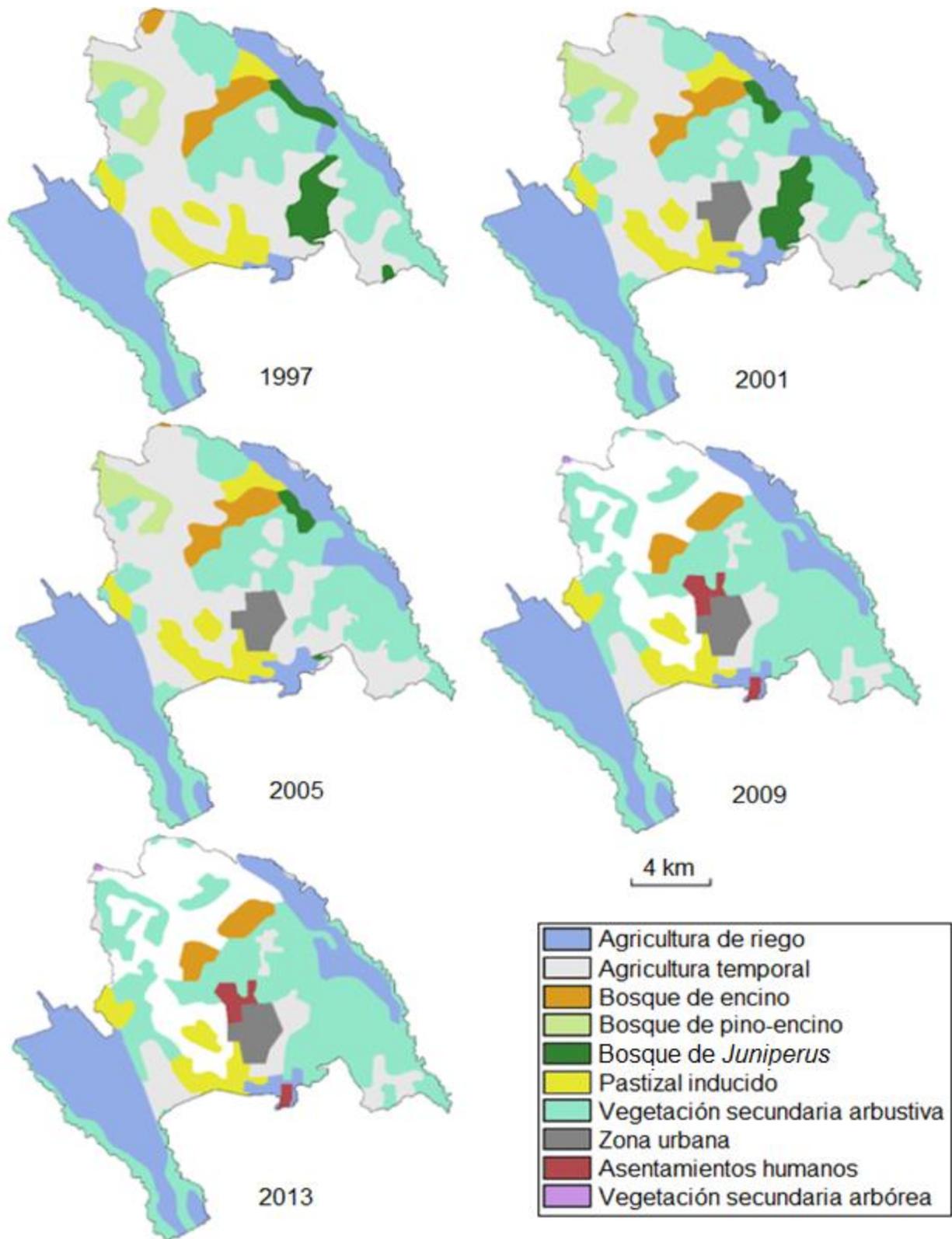


Figura 8. Mapas de uso de suelo del municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México en 5 tiempos contruidos con datos de CONABIO (2017). Cabe resaltar la creación de una zona urbana en el año 2001.

La variación fenotípica y la asimetría fluctuante son indicadores confiables de estrés en los animales, los resultados obtenidos de la variación morfológica muestran que la población urbana presenta mayor estrés negativo que las silvestres, sin embargo, la asimetría fluctuante indica que el nivel de estrés es igual en ambos tipos de hábitat. Esta diferencia puede significar que la población urbana sufrió un evento estresante abrupto en el pasado, en este caso el incremento poblacional y aumento de territorio urbano dramático en un corto lapso de tiempo por los que paso Ixtapan de la Sal (Figuras 7 y 8), evento al cual la población urbana se aclimató o, inclusive, se adaptó. Dado que la asimetría fluctuante se considera una medida epigenética del estrés (Parsons, 1990), esta puede desaparecer al cabo de unas pocas generaciones cuando las condiciones del hábitat dejen de ser desfavorables.

Morfología (características morfométricas, merísticas y grado de desarrollo)

Se ha registrado que el estrés ambiental, ocasionado por condiciones ambientales adversas, puede producir cambios en las características morfológicas de los reptiles (Hoffmann y Hercus, 2000). La comparación de las características morfométricas y merísticas muestra que la población urbana de *A. costata costata* es diferente a las poblaciones silvestres en la mayoría de las características evaluadas. Algunas de las características en las que se encontró una diferencia significativa parecen estar relacionadas con conductas de huida, esto es, los individuos urbanos tienen extremidades más largas y son menos pesados. Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos por Batabyal y colaboradores (2015) quienes registraron que los machos de *Psammophilus dorsalis*, una especie de agámido, tienen una velocidad de huida mayor cuando habitan sistemas urbanos. El número de láminas subdigitales es otro indicador de la influencia que tiene la necesidad de huir en la población urbana, a pesar de no presentar una diferencia significativa propiamente en el número de láminas subdigitales si existe diferencia en la longitud del dedo más largo, en el cual se encuentran estas escamas, teniendo las lagartijas silvestres una mayor longitud en dicho dedo, por tanto, el mismo número de láminas subdigitales se distribuye en un área más pequeña en las lagartijas urbanas permitiéndoles generar más fuerza sobre

el suelo durante el escape y aferrarse mejor a superficies lisas, conclusión a la que llegaron Winchell et al. (2016).

El número de poros femorales se utiliza como una medida para determinar cuánto invierten y confían las especies en la señalización química, un menor número de estos receptores indicaría una menor inversión energética en la señalización la cual se puede ver afectada por condiciones ambientales adversas (Baeckens et al., 2014). Al verse obstaculizada la transmisión, las especies animales dejarán de usar el método químico y buscarán otras alternativas (Endler, 1993; Hews y Benard, 2001; Stevens, 2013). En el presente estudio, se sugiere que la población urbana pudo haber reducido el número de poros femorales para evitar un gasto energético que no conlleva beneficio alguno, ya que la señalización es interrumpida por condiciones de la urbanización como la contaminación química (Candolin y Wong, 2012).

En los escamados la oviposición es regulada de tal manera que los huevos son liberados cuando las condiciones de incubación son óptimas, la depredación de los huevos es menor, o a tiempo para que las condiciones favorezcan a las crías al momento de la eclosión (Brown y Shine, 2006). Evaluando la LHC entre los diferentes ambientes, se observaron dos individuos en la población urbana cuya LHC no corresponde con lo registrado previamente para una población silvestre (Rubio-Blanco, 2007). Lo anterior, sugiere que en la población urbana la temporada de reproducción y las eclosiones inician más tempranamente respecto a las poblaciones silvestres (Granados-González et al., 2015; López-Moreno et al., 2016).

Ecología (atributos de la nidada, perfil térmico de anidación y depredación)

El tamaño de la nidada se puede ver afectada por el estrés en las hembras grávidas y por la dieta de las mismas (Clinchy et al., 2004; Schoech et al., 2008). Los datos obtenidos del tamaño de nidada en la población urbana muestran que no hay una diferencia significativa en las medias respecto a la población silvestre y las medidas de los huevos son iguales excepto por el largo que es mayor en los huevos de la población urbanas. Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con lo registrado por

Huang y Pike (2011) en *Eutropis longicaudata* (una especie de lagartija de forrajeo activo al igual que *A. costata costata*), cuyo tamaño de nidada permanece igual en sistemas urbanos respecto a los silvestres; sin embargo, se contrasta con lo observado por Endriss (2007), donde el tamaño de nidada de *Phrynosoma cornutum* se ve reducido cuando habita sistemas urbanos.

En cuanto al perfil térmico, se ha registrado que 28°C es la temperatura óptima de incubación (López-Moreno, 2011), misma temperatura que en algunos días no se alcanza en el nido urbano. Se ha documentado que en *A. costata costata* una temperatura mayor de incubación acelera el periodo de incubación (López-Moreno, 2011), sin embargo, la fluctuación en la temperatura del nido también influye en el tiempo de eclosión, que se alarga a medida que aumenta la fluctuación (Ashmore y Janzen, 2003). Los anterior, ayuda a explicar la presencia de los dos individuos con un bajo LHC que eclosionaron antes por el carácter constante de la temperatura en el nido urbano.

Medel y colaboradores (1988) afirman que un alto porcentaje de colas cortadas indica una elevada eficiencia en el escape de una presa o un ataque ineficiente por parte de sus depredadores. La población urbana de *Aspidoscelis costata costata* tiene un mayor porcentaje de colas cortadas que las poblaciones silvestres, indicando que son mejores huyendo o que los depredadores urbanos son menos eficientes. Esta idea se respalda con el hecho de que no existió una diferencia estadísticamente significativa en la longitud de las colas originales que tenía cada lagartija. El alto porcentaje de colas cortadas también puede ser efecto de la fragmentación del hábitat, ya que, al haber poblaciones muy abundantes en hábitats fragmentados pequeños, se generará una zona de alimentación para los depredadores potenciales de la zona (en este caso las observaciones apuntan a *Canis lupus familiaris*, *Felis silvestris catus* y *Bassariscus astutus* como posibles depredadores en la zona urbana de Ixtapan de la Sal). Los resultados de la evaluación de la depredación en zonas urbanas demuestran que habitar este tipo de ambientes aumenta el número de encuentros con depredadores por parte de las presas (Tyler et al., 2016).

CONCLUSION GENERAL

- La urbanización está relacionada con la variación morfológica y ecológica de *Aspidoscelis costata costata* pero no con la asimetría fluctuante.

CONCLUSIONES PARTICULARES

1.-La variación morfológica de *Aspidoscelis costata costata* es mayor cuando habita en sistemas urbanos en varias de las características evaluadas (LHC, peso, fémur, extremidad posterior, extremidad anterior, dedo más largo, AnCa y AlCa).

2.-La asimetría fluctuante en *Aspidoscelis costata costata* no es diferente entre tipos de hábitats.

3.- La morfología de *Aspidoscelis costata costata* es diferente en la mayoría de las características evaluadas (LHC, peso, fémur, extremidad posterior, extremidad anterior, dedo más largo, AnCa, AlCa y poros femorales) esto asociado a la urbanización.

4.- Los aspectos ecológicos que se modifican en *Aspidoscelis costata costata* debido a la urbanización son el largo del huevo y el porcentaje de autotomía caudal producto de la depredación.

LITERATURA CITADA

- Anderson L., y S. Burgin (2008). Patterns of bird predation on reptiles in small woodland remnant edges in peri-urban north-western Sydney, Australia. *Landscape Ecology* 23: 1039-1047.
- Ashmore G. M., y F. J. Janzen (2003). Phenotypic variation in smooth softshell turtles (*Apalone mutica*) from eggs incubated in constant versus fluctuating temperatures. *Oecologia* 134: 182-188.
- Baeckens S., S. Edwards, K. Huyghe, y R. Van Damme (2014). Chemical signalling in lizards: an interspecific comparison of femoral pore numbers in Lacertidae. *Biological Journal of the Linnean Society* 114: 44-57.
- Batabyal A., S. Balakrishna, y M. Thaker (2015). Urban lizards run faster and have bolder escape strategies. Conferencia Behaviour 2015. Simposio llevado a cabo en Bangalore, India.
- Bradley G. (1995). *Urban forest landscapes: integrating multidisciplinary perspectives in urban forest landscapes: integrating multiple forest perspectives*. Estados Unidos, Seattle: Washington University Press.
- Brown G. P., y R. Shine (2006). Why do most tropical animals reproduce seasonally? Testing alternative hypotheses on an Australian snake. *Ecology* 87: 133-143.
- Candolin U., y B. B. M. Wong (2012). *Behavioural responses to a changing world*. Reino Unido, Oxford: Oxford University Press.
- Clinchy M., L. Zanette, R. Boonstra, J. C. Wingfield, y J. N. M. Smith (2004). Balancing food and predator pressure induces chronic stress in songbirds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271: 2473-2479.
- CONABIO (2017). Portal de geoinformación. recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.

- Delaney K. S., S. P. D. Riley, y R. N. Fisher (2010). A rapid, strong, and convergent genetic response to urban habitat fragmentation in four divergent and widespread vertebrates. *PlosOne* 5: 1-11.
- Delgado Acevedo J., y C. Restrepo (2008). The contribution of habitat loss to changes in body size, allometry, and bilateral asymmetry in two *Eleutherodactylus* frogs from Puerto Rico. *Conservation Biology* 3: 773-782.
- Ditchkoff S. T. (2006). Animal behavior in urban ecosystems: modifications due to human-induced stress. *Urban Ecosystems* 9: 5-12.
- Duellman W. E., y R. G. Zweifel (1962). A synopsis of the lizards of the *sexlineatus* group (genus *Cnemidophorus*). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 123: 155-210.
- Endler J. A. (1993). Some general comments on the evolution and design of animal communication systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences* 340: 215-225.
- Endriss D. A., E. C. Hellgren, S. F. Fox, y R. W. Moody (2007). Demography of an urban population of the texas horned lizard (*Phrynosoma cornutum*) in central Oklahoma. *Herpetologica* 63: 320-331.
- French S. S., H. B. Fokidis, y M. C. Moore (2008). Variation in stress and innate immunity in the tree lizard (*Urosaurus ornatus*) across an urban–rural gradient. *Journal of Comparative Physiology B* 178: 997-1005.
- Gómez-Benitez A., A. E. López-Moreno, J. M. Walker, E. Vásquez-Alcántara, D. Sánchez-Manjarrez, O. Suárez-Rodríguez, y O. Hernández-Gallegos (2016). *Aspidoscelis costata* scale variation. *Mesoamerican Herpetology* 3: 1089-1091.
- Granados-González G., J. L. Rheubert, M. Villagrán-SantaCruz, M. E. González-Herrera, J. V. Dávila-Cedillo, K. M. Gribbins, y O. Hernández-Gallegos (2015). Male reproductive cycle in *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) from Tonatico, Estado de México, México. *Acta Zoologica* 96: 108-116.

- Hews D. K., y M. F. Benard (2001). Negative association between conspicuous visual display and chemosensory behavior in two phrynosomatid lizards. *Ethology* 107: 839-850.
- Hoffmann A. A., y M. J. Hercus (2000). Environmental stress as an evolutionary force. *Bioscience* 50: 217-226.
- Hoffmann A. A., y P. A. Parsons (1997). *Extreme environmental change and evolution*. Reino Unido, Cambridge: Cambridge University Press.
- Horiuchi S. (1992). Stagnation in the decline of the world population growth rate during the 1980s. *Science* 257: 761-765.
- Huang W. S., y D. A. Pike (2011). Climate change impacts on fitness depend on nesting habitat in lizards. *Functional Ecology* 25: 1125-1136.
- Iglesias S., C. Tracy, G. Bedford, y K. Christian (2012). Habitat differences in body size and shape of the Australian agamid lizard, *Lophognathus temporalis*. *Journal of Herpetology* 46: 297-303.
- INEGI (1970). Principales resultados del censo de población y vivienda 1970. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1970/default.html>.
- INEGI (1980). Principales resultados del censo de población y vivienda 1980. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1980/default.html>.
- INEGI (1990). Principales resultados del censo de población y vivienda 1990. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1990/default.html>.
- INEGI (1995). Principales resultados del censo de población y vivienda 1995. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1995/default.html>.
- INEGI (2000). Principales resultados del censo de población y vivienda 2000. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2000/default.html>.
- INEGI (2005). Principales resultados del censo de población y vivienda 2005. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2005/default.html>.

- INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Ixtapan de la Sal, México.
- INEGI (2010). Principales resultados del censo de población y vivienda 2010. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/default.html>.
- Koenig J., R. Shine, y G. Shea (2002). The dangers of life in the city: patterns of activity, injury, and mortality of suburban lizards (*Tiliqua scincoides*). *Journal of Herpetology* 36: 62-68.
- Lazic´ M. M., M. A. Carretero, J. Crnobrnja-Isailovic´, y A. Kaliontzopoulou (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: 44-58.
- Lazic´ M. M., A. Kaliontzopoulou, M. A. Carretero, y J. Crnobrnja-Isailovic´ (2013). Lizards from urban areas are more asymmetric: using fluctuating asymmetry to evaluate environmental disturbance. *PlosOne* 8: 1-9.
- López-Moreno, A. E. (2011). Efecto de la temperatura de incubación sobre el fenotipo de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- López-Moreno A. E., J. L. Rheubert, C. Pérez-Almazán, G. Granados-González, L. E. Hernández-Hernández, K. M. Gribbins, y O. Hernández-Gallegos (2016). Female reproductive cycle and clutch size of *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) from Tonatico, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 1336-1341.
- Marzluff J. M., R. Bowman, y R. Donnelly (2001). *Avian ecology and conservation in an urbanized world*. Estados Unidos, Seattle: Kluwer Academic Publishers.
- Maslin T. P., y D. M. Secoy (1986). A checklist of the lizard genus *Cnemidophorus* (Teiidae). *University of Colorado Museum Contributions in Zoology* 1: 1-60.
- Mckinney M. L. (2002). Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52: 883-890.

- Medel R. G., J. E. Jiménez, S. F. Fox, y F. M. Jaksić (1988). Experimental evidence that high population frequencies of lizard tail autotomy indicate inefficient predation. *Oikos* 53: 321-324.
- Noël S., M. Ouellet, P. Galois, y F. J. Lapointe (2007). Impact of urban fragmentation on the genetic structure of the eastern red-backed salamander. *Conservation Genetics* 8: 599-606.
- Palmer A. R., y C. Strobeck (1986). Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 17: 391-421.
- Parsons P. A. (1990). Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. *Biological Reviews* 65: 131-145.
- Pérez-Almazán C. (2007). Algunas características de historia de vida y su relación con la altitud en *Aspidoscelis costata* (Squamata: Teiidae) (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Polak M. (2003). *Developmental instability: causes and consequences*. Reino Unido, Oxford: Oxford University Press.
- Reeder T. W., C. J. Cole, y H. C. Dessauer (2002). Phylogenetic relationships of whiptail lizards of the genus *Cnemidophorus* (Squamata: Teiidae): A test of monophyly, reevaluation of karyotypic evolution, and review of hybrid origins. *American Museum Novitates* 3365: 1-61.
- Rodríguez-Romero F., O. Hernández-Gallegos, y L. López-González (2003). *Aspidoscelis costata costata*, Geographic distribution. *Herpetological Review* 34: 383.
- Rubin C. S., R. E. Warner, J. L. Bouzat, y K. N. Paige (2001). population genetic structure of Blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*) in an urban landscape. *Biological Conservation* 99: 323-330.
- Rubio-Blanco T. (2007). Sobrevivencia, crecimiento y termorregulación de *Aspidoscelis costata* en Tonatico (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, México.

- Rutherford S. L. (2000). From genotype to phenotype: buffering mechanisms and the storage of genetic information. *BioEssays* 22: 1095-1105.
- Schoech S. J., E. S. Bridge, R. K. Boughton, S. J. Reynolds, J. W. Atwell, y R. Bowman (2008). Food supplementation: a tool to increase reproductive output? A case study in the threatened Florida Scrub-Jay. *Biological Conservation* 141: 162-173.
- Sol D., O. Lapiedra, y C. González-Lagos (2013). Behavioural adjustments for a life in the city. *Animal Behaviour* 85: 1101-1112.
- Stevens M. (2013). *Sensory ecology, behaviour, and evolution*. Reino Unido, Oxford: Oxford University Press.
- Taylor H. L. (2014). Comparison of morphological variation among parthenogenetic *Aspidoscelis neomexicana*, gonochoristic *A. sexlineata viridis*, and their hybrids (Squamata: Teiidae) from Ute Lake and Conchas Lake, northeastern New Mexico. *The Southwestern Naturalist* 59: 251-257.
- Taylor H. L., C. J. Cole, G. J. Manning, J. E. Cordes, y J. M. Walker (2012) Comparative meristic variability in whiptail lizards (Teiidae, *Aspidoscelis*): samples of parthenogenetic *A. tessellata* versus samples of sexually reproducing *A. sexlineata*, *A. marmorata*, y *A. gularis septemvittata*. *American Museum Novitates* 3744: 1-24.
- Tull J. C., y P. F. Brussard (2007). Fluctuating asymmetry as an indicator of environmental stress from off-highway vehicles. *Journal of Wildlife Management* 71: 1944-1948.
- Tyler R. K., K. M. Winchell, y L. J. Revell (2016). Tails of the city: caudal autotomy in the tropical lizard, *Anolis cristatellus*, in urban and natural areas of Puerto Rico. *Journal of Herpetology* 50: 435-441.
- Urošević A., K. Ljubisavljević, y A. Ivanović (2015). Fluctuating asymmetry and individual variation in the skull shape of the common wall lizard (*Podarcis muralis*

- Laurenti, 1768) estimated by geometric morphometrics. *Herpetological Journal* 25: 177-186.
- Vitt L. J., y E. R. Pianka (2004). *the biology of lacertids: evolutionary and ecological perspectives*. España, Recerca: Institut Menorqui d'Estudis.
- Vitousek P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco, y J. M. Melillo (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499.
- Willmore K. E., N. M. Young, y J. T. Richtsmeier (2007). Phenotypic variability: its components, measurement and underlying developmental processes. *Evolutionary Biology* 34: 99-120.
- Winchell K. M., R. G. Reynolds, S. R. Prado-Irwin, A. R. Puente-Rolón, y L. J. Revell (2016). Phenotypic shifts in urban areas in the tropical lizard *Anolis cristatellus*. *Evolution* 70: 1009-1022.
- Wright A. N., y K. R. Zamudio (2002). Color pattern asymmetry as a correlate of habitat disturbance in spotted salamanders (*Ambystoma maculatum*). *Journal of Herpetology* 36: 129-133.
- Zakharov V. M. (1992). Population phenogenetics: analysis of developmental stability in natural populations. *Acta Zoologica Fennica* 191: 7-30.
- Zar J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. Estados Unidos, Saddle River: Prentice Hall International.