

## Diversidad herpetofaunística en un ambiente urbano de la ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca, México

### Herpetofaunistic diversity in an urban environment of Puerto Escondido city, Oaxaca, México

Jesús García Grajales\*, Batlin Pineda-Ramos\*, Alejandra Buenrostro-Silva\*

#### Resumen

La urbanización es un proceso irreversible de gran alcance ambiental, considerada como una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad; no obstante, existen poblaciones de fauna silvestre que han quedado dentro y alrededor de las ciudades y que están sometidas a fuertes presiones selectivas debido a los cambios en el microclima, calidad del suelo, cobertura arbórea y productividad primaria. **Objetivo:** Realizar un análisis de los patrones de diversidad herpetofaunística en un espacio urbano de la ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca, buscando contribuir al conocimiento sobre los herpetozoos que utilizan este tipo de hábitats en el sureste de México. **Metodología:** Se realizaron muestreos sistemáticos mensuales de julio de 2010 a junio de 2011, abarcando las épocas de lluvia y sequía, dividiendo el área de estudio en dos sitios. **Resultados:** En total se registraron 31 especies distribuidas en 27 géneros y 19 familias. Para el orden de diversidad (1D), el sitio 2 presentó 2,71 especies efectivas en tanto que el sitio 1 presentó 2,22 especies. La similitud de especies ( $I_j$ ) entre sitios fue de 0,43; existió una marcada dominancia de especies raras y comunes de acuerdo con las curvas de intervalo-abundancia. **Conclusión:** La cantidad de especies registradas en este lugar es considerable y, por tanto, este espacio en general representa un importante reservorio con una mayor diversidad que su matriz circundante.

**Palabras clave:** Anfibios, Dominancia, Ecología, Equidad, Oaxaca, Reptiles, Urbanización, Vulnerabilidad.

#### Abstract

Urbanization is an irreversible process of large environmental scope and it is considered one of the main causes of biodiversity loss; however, wildlife populations have been in and around cities are subject to strong selective pressures due to changes in microclimate, soil quality, tree cover and primary productivity. **Objective:** Realized an analysis of herpetofaunistic diversity patterns in an urban space of Puerto Escondido city, Oaxaca; seeking to contribute to the knowledge of the herpetozoos that used the urban areas in the southeast of México. **Methodology:** Systematic monthly samplings were carried out from July 2010 to June 2011 comprising both drought and wet seasons and dividing our study area at two sites. **Results:** Thirty-one species were registered, distributed in 27 genera and 19 families. Respects to diversity (1D), in the site 1 were registered 25 species, while in the site 2 were registered 20 species. The similarity of species ( $I_j$ ) between sites was 0.43 and there was a marked dominance of rare and common species according to the rang-abundance curve. **Conclusion:** The number of species recorded in this place is considerable, and therefore the space in general represents an important reservoir with a greater diversity than their surrounding matrix.

**Keywords:** Amphibians, Dominance, Ecology, Equity, Oaxaca, Reptiles, Vulnerability, Urbanization.

\* Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, Oaxaca, México. e-mail: [archosaurio@yahoo.com.mx](mailto:archosaurio@yahoo.com.mx), [batlin\\_pira@hotmail.com](mailto:batlin_pira@hotmail.com), [sba\\_1575@yahoo.com.mx](mailto:sba_1575@yahoo.com.mx)

Fecha recepción: Agosto 25, 2017

Fecha aprobación: Marzo 7, 2018

Editor Asociado: Neita-Moreno J

## Introducción

La urbanización es un proceso continuo e irreversible de grandes alcances sociales, económicos y ambientales con profundo impacto sobre el ambiente global (Rodrigues *et al.* 2007, Pisanty *et al.* 2009); es considerada una de las principales causas de pérdida de biodiversidad (Lee *et al.* 2006) por la fragmentación de los ecosistemas y la modificación de las características físicas y biológicas de un área determinada (Pisanty *et al.* 2009). No obstante, aunque el establecimiento de los asentamientos humanos implica la pérdida de hábitat para algunas especies, para otras representa la generación de nuevas condiciones favorables para la colonización y desarrollo de sus poblaciones (Acosta *et al.* 2005) asegurando su permanencia en los ambientes resultantes (Manson *et al.* 2009).

México es considerado un país predominantemente urbano; cerca del 80% de sus habitantes están concentrados en 382 ciudades y se espera que la urbanización continúe su expansión territorial con el incremento del número de habitantes en las zonas urbanas ya existentes (Garza 2003). Por tanto, las poblaciones de fauna silvestre que han quedado dentro y alrededor de las ciudades, están sometidas a fuertes presiones selectivas debido a los cambios en el microclima, calidad del suelo, cobertura arbórea y productividad primaria (Alberti *et al.* 2003).

La herpetofauna representa uno de los elementos más conspicuos de la biodiversidad de México y del estado de Oaxaca; sin embargo, están seriamente amenazados por la pérdida y la fragmentación del hábitat derivadas de las actividades humanas (Manzanilla y Péfaur 2000, Manson *et al.* 2009). A pesar de lo anterior, la mayoría de los trabajos en el estado se enfocan al estudio de los anfibios y reptiles en ambientes naturales, por lo que existe una carencia de estudios sobre la herpetofauna en ambientes urbanos (Domínguez-Vega y Zuria 2016).

De manera general, algunos estudios han demostrado que la herpetofauna constituye un grupo indicador de la biodiversidad en zonas urbanas, debido principalmente a su capacidad limitada de movimiento y a su vulnerabilidad tanto con la contaminación como con los cambios del microclima (Santos-Barrera *et al.*, 2004, Acosta *et al.* 2005, Urbina-Cardona y Reynoso 2005, Garden *et al.* 2006,

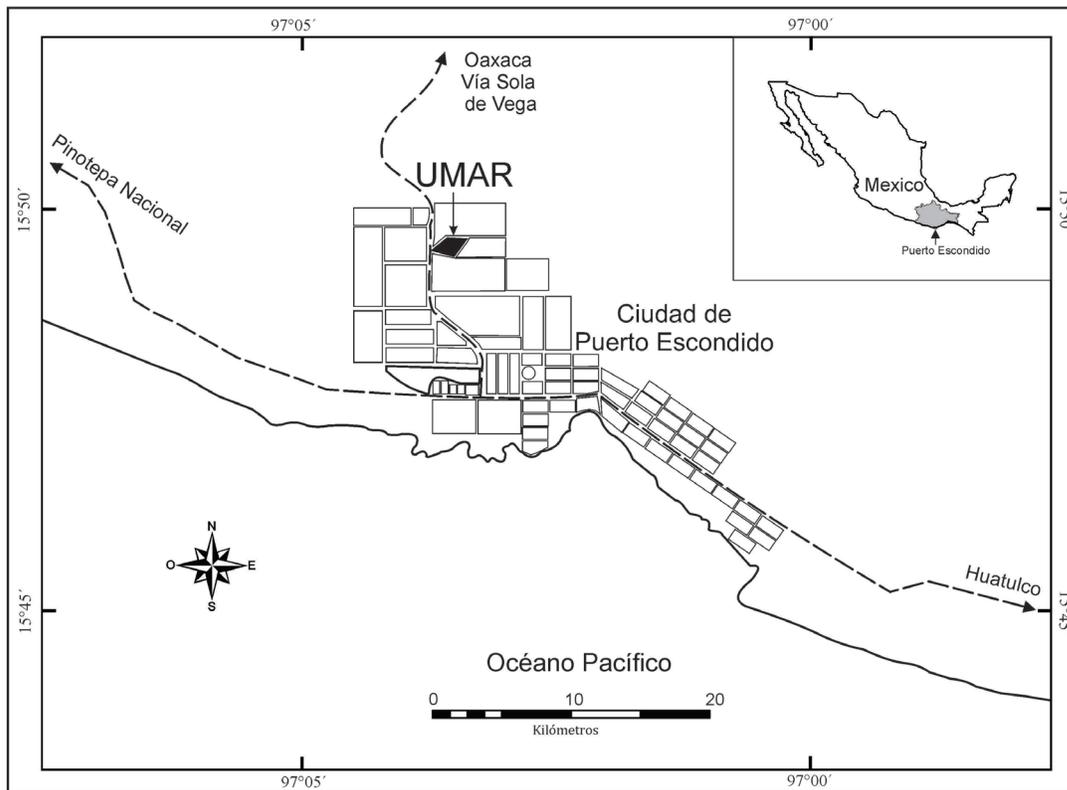
Knispel y Barros 2009). Tales características, aunadas con las respuestas fisiológicas y conductuales, permiten asociar la heterogeneidad ambiental con atributos tales como presencia, riqueza y distribución de las especies (Domínguez-Vega y Zuria 2016).

Particularmente en la región costa de Oaxaca, los efectos de la urbanización se incrementan conforme el tiempo transcurre y es una consecuencia del crecimiento social, cultural y económico (Rodrigues *et al.* 2007). Un reflejo de esto es la ciudad de Puerto Escondido, cuya ubicación geográfica ha favorecido el auge turístico generando el crecimiento de la mancha urbana y por consecuencia su expansión a lo largo del litoral costero (Gabriel y Pérez 2006); sin embargo, comunidades vegetales y animales permanecen en la zona urbana a pesar de la presión que ejercen las actividades antropogénicas (Gosá y Arias 2009). En tal sentido, los campus universitarios son espacios urbanos de especial interés debido a que mantienen un carácter de islas verdes mientras las áreas circundantes sufren cambios a menudo muy marcados por el desarrollo de las ciudades (Stiles 1990), ofreciendo un hábitat potencial para especies faunísticas tolerantes a las actividades humanas. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis de los patrones de diversidad herpetofaunística en un espacio urbano de la ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca, contribuyendo de esta manera al conocimiento sobre los herpetozoos que utilizan zonas urbanas en el sureste de México.

## Metodología

**Área de estudio.** En este trabajo seleccionamos al campus Puerto Escondido (PE) de la Universidad del Mar (UMAR) ubicado en el km 2,5 de la carretera federal Puerto Escondido-Sola de Vega (Figura 1), perteneciente al municipio de San Pedro Mixtepec, en la ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca. El campus PE se encuentra dentro de la zona urbana al quedar inmerso por distintos fraccionamientos a su alrededor, existiendo escasa vegetación secundaria de traspatio en los fraccionamientos citados.

El campus PE tiene una superficie de 10 ha y se encuentra a 60 msnm, posee de manera mezclada algunos remanentes de selva baja caducifolia, así como matorral espinoso; adicionalmente se encuentran árboles de caobilla (*Swietenia humilis*), ficus



**Figura 1.** Mapa de ubicación del campus PE de la Universidad del Mar dentro de la ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca, México.

(*Ficus carica*), parota (*Enterolobium cyclodarpum*), macuil (*Tabebuia rosea*) y algunas plantas de ornato introducidas como rabo de tigre (*Sansevieria trifasciata*) y leguminosas arbustivas como guaje (*Leucaena leucocephala*) y otras del género *Indigofera* (Torres-Colín 2004).

En la región se cuenta con un clima cálido con lluvias en verano (Aw1), presenta una precipitación pluvial promedio de 1,000 mm/año, una temperatura promedio de 27°C y una marcada estacionalidad (García 1988, Trejo 2004).

**Trabajo de campo.** El campus PE se dividió en dos sitios por estar bien diferenciados entre sí. El sitio 1 carece de edificaciones, presenta una estructura arbórea compleja y tiene una escasa o nula actividad humana, limitada sólo al personal de mantenimiento, mientras que el sitio 2 presenta edificaciones (salones de clase, laboratorios, cubículos, almacenes y espacios administrativos), plantaciones introducidas como bugambilias (*Bougainvillea* sp.) que funcionan como bordes entre salones y pasillos de acceso, y la actividad de la comunidad universitaria es considerable.

Entre julio de 2010 y junio de 2011 se realizaron

muestreos sistemáticos mensuales con una duración de diez días cada uno, abarcando la época de lluvia y sequía. Para la captura de organismos se establecieron 11 transectos con una longitud de cinco metros de largo y una altura de 50 cm, con barreras de desvío y trampas de caída en cada uno de los sitios establecidos en el interior del campus (22 transectos en total). Además, se realizaron caminatas para la búsqueda de los organismos empleando la técnica de registro por encuentros visuales (Parmelee *et al.* 1995) con un tiempo fijo de cuatro horas, divididas de la siguiente manera: de 08:00 a 10:00 h y de 16:00 a 18:00 horas, abarcando los diferentes horarios de actividad de las especies de anfibios y reptiles (García-Grajales 2008). La búsqueda de organismos se realizó en lugares potenciales como en hojarasca, bajo rocas, sobre ramas, bajo troncos y dentro de ellos. Algunos organismos con actividad diurna fueron capturados manualmente, mientras que para la captura de especies venenosas (géneros *Agkistrodon*, *Crotalus* y *Porthidium*) se usaron ganchos y pinzas herpetológicas.

Los individuos capturados en las trampas y observados en las caminatas se identificaron directamente

*in situ* y luego se liberaron. Todos los ejemplares fueron fotografiados e identificados a nivel de especie con las diferentes claves dicotómicas para cada grupo (Flores-Villela *et al.* 1995, Köhler 2008, 2011) y con el apoyo de guías de campo ilustradas (Campbell 1998, Lee 2000, McCranie y Wilson 2002, Calderón-Mandujano *et al.* 2008). La nomenclatura taxonómica se basó en Adalsteinsson *et al.* (2009), Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004), Frost *et al.* (2006), Hynková *et al.* (2009), Faivovich *et al.* (2010) y Köhler *et al.* (2014).

Las especies de anfibios y reptiles bajo alguna categoría de amenaza fueron identificadas de acuerdo con la legislación nacional (NOM-059-SEMARNAT-2010, Diario Oficial de la Federación 2010) e internacional (Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; UICN).

**Análisis de datos.** Para determinar la precisión del muestreo y con base en la información obtenida en campo se elaboraron curvas de acumulación de especies de manera independiente para los anfibios y reptiles, utilizando el estimador Chao 2 (Colwell 2005). Asimismo, se tomaron en cuenta los algoritmos que emplean las proporciones de especies que aparecen sólo una vez (*singletons*), así como las que aparecen dos veces (*doubletons*), bajo el supuesto de que si existe traslape entre estas dos líneas, el inventario es considerado completo (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). Las curvas de acumulación de especies se generaron con ayuda del programa EstimateS v 8.2 (Colwell 2005). El grado de complementariedad entre los sitios fue evaluado mediante el coeficiente de similitud de Jaccard ( $I_j$ ), el cual resalta la importancia de las especies compartidas y considera los datos de tipo doble-estado (Moreno 2001, Magurran 2004), es decir, toma en cuenta la presencia-ausencia de cada especie en cada uno de los sitios. Los valores van de cero si los sitios son completamente diferentes y no comparten especies, a 1 si hay una completa similitud.

Para estimar la representatividad de las especies por sitios, se utilizó el índice de Margalef (D), basándose en el total de especies y de organismos colectados (Moreno 2001). Se obtuvo el análisis de diversidad alfa en términos de números equivalentes (Chao *et al.* 2010) a partir de órdenes de diversidad, considerando la diversidad de orden  $^0D$  (riqueza de especies) y la diversidad de orden  $^1D$  (especies comunes) (Jost 2007, Jost y González-Oreja 2012)

por cada sitio y por época del año. Se utilizaron los valores del índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) obtenidos como base para su comparación con pruebas de  $t$  de Hutcheson (1970) con el fin de detectar diferencias significativas entre el sitio 1 y el sitio 2, así como entre la temporada de sequía y lluvias.

Los patrones de abundancia de especies entre sitios y entre épocas del año fueron comparadas mediante la elaboración de curvas de Whitaker o de intervalo-abundancia (Feisinger 2003, Magurran 2004).

Finalmente, se realizó el cálculo de vulnerabilidad de especies (EVS por sus singlas en inglés) propuesto por Wilson *et al.* (2013a), el cual proporciona un estatus de conservación para todas las especies en términos de su vulnerabilidad, considerando tres categorías principales para los reptiles (distribución geográfica, tipos de vegetación que ocupa y grado de persecución humana) y para los anfibios (distribución geográfica, tipos de vegetación que ocupa y modo de reproducción) estableciendo puntajes de vulnerabilidad que van de bajo (3-9), medio (10 a 13) a alto (14-20).

## Resultados

### **Composición taxonómica, riqueza y diversidad.**

Se registró un total de 374 individuos que corresponden a 31 especies, 27 géneros y 19 familias de anfibios y reptiles. El orden de los anfibios representó 25,8% al registrarse ocho especies, mientras que el orden de los reptiles constituyó 74,2% del total de especies encontradas al registrar 23 especies (Tabla 1). De los anfibios, la familia mejor representada fue Hylidae con tres especies, mientras que de los reptiles las familias mejor representadas fueron Phrynosomatidae y Teiidae.

Al reunir los datos de ambos sitios, los algoritmos Jackknife 1 y Chao 2, predicen 42 especies respectivamente; es decir, que se registró el 75,8% de la riqueza esperada (Figura 2). En el sitio 1, estos mismos estimadores indican que se alcanzó entre el 68% y el 74% de las especies esperadas, respectivamente. Ambos estimadores predicen alrededor de 32 especies potencialmente presentes. En el caso del sitio 2, los algoritmos Jackknife 1 y Chao 2, predicen 26 y 30 especies, respectivamente, mostrando con ello que el muestreo alcanzó entre 72% y 78% de la riqueza esperada. El comportamiento de los algoritmos

**Tabla 1. Lista de la herpetofauna registrada en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar, Oaxaca, México**

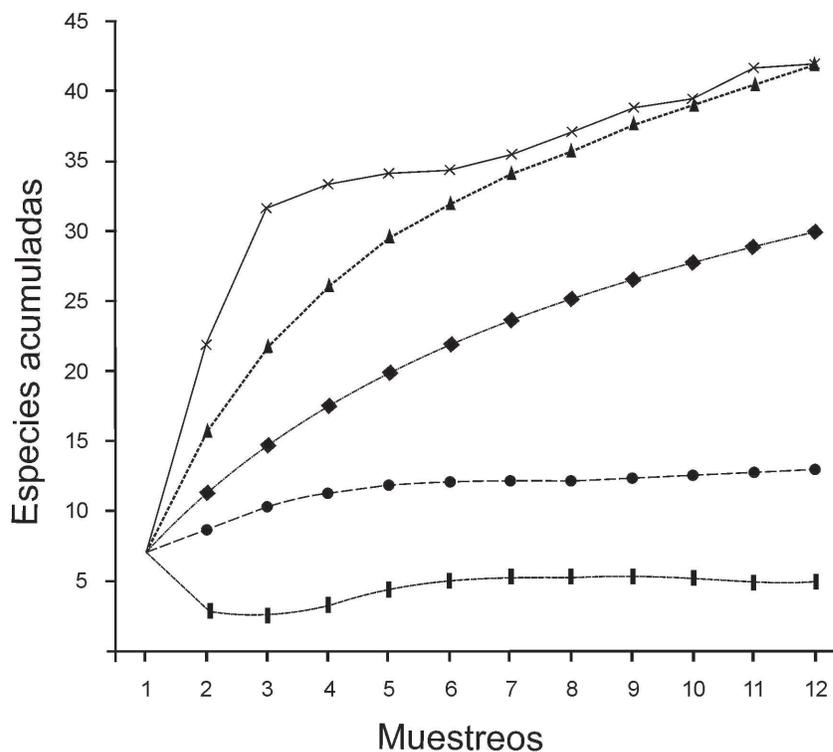
Orden	Familia	Especie	Sitio 1	Sitio 2	NOM-059	IUCN	EVS	Clave *
Anura	Bufonidae	<i>Incilius marmoreus</i>	112	26	Pr	NE	11	1
	Hylidae	<i>Agalychnis dacnicolor</i>		1	Pr	NE	13	2
		<i>Smilisca baudini</i>	1	4		NE	3	3
		<i>Trachycephalus typhonius</i>		1		LC	4	4
	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus fragilis</i>	7	5		LC	5	5
	Microhylidae	<i>Hypopachus ustus</i>	3	6	Pr	LC	7	6
	Ranidae	<i>Lithobates forreri</i>		1	Pr	NE	3	7
Rhinophrynidae	<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	9		Pr	LC	8	8	
Testudines	Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	3		A	NE	8	29
	Kinosternidae	<i>Kinosternon oaxacae</i>	2	1	Pr	NE	15	30
Squamata	Dactyloide	<i>Anolis subocularis</i>	79	5	A	DD	15	12
	Iguanidae	<i>Ctenosaura pectinata</i>	36	29	A	DD	15	31
	Mabuyidae	<i>Marisora brachypoda</i>	1			NE	6	13
	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus melanorhinus</i>	4			LC	9	9
		<i>Sceloporus siniferus</i>	29	11		LC	11	10
		<i>Urosaurus bicarinatus</i>	6			LC	12	11
	Sphenomorphidae	<i>Sphenomorphus assatus</i>	5			NE	7	14
	Teiidae	<i>Aspidoscelis deppii</i>	2	18		LC	8	16
		<i>Aspidoscelis guttata</i>	8	1		LC	12	17
		<i>Holcosus undulatus</i>		1		NE	7	15
	Xantusiidae	<i>Lepidophyma smithii</i>	1			LC	8	18
	Boidae	<i>Boa imperator</i>	1	1	A	NE	10	19
	Colubridae	<i>Drymarchon melanurus</i>	1			LC	6	22
		<i>Drymobius margaritiferus</i>	3	3		NE	6	23
		<i>Lampropeltis polyzona</i>	1		A	NE	11	24
		<i>Leptophis diplostropis</i>	1	1	A	LC	14	25
		<i>Oxybelis aeneus</i>		4		NE	5	27
		<i>Stenorrhina freminvillii</i>	1			LC	11	20
		<i>Masticophis mentovarius</i>		1	A		6	26
Dipsadidae	<i>Conopsis vittatus</i>	1			LC	7	21	
Viperidae	<i>Agkistrodon bilineatus</i>	1		Pr	NT	11	28	

Pr = Protección especial, A= Amenazada, IUCN= Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, NE = No evaluado, LC= Preocupación menor, DD= Datos insuficientes, NT= Casi amenazada, EVS= Cálculo de Vulnerabilidad Ambiental, \*= Clave asignada a las especies para las curvas de intervalo-abundancia

especies únicas (*singletons*) y especies duplicadas (*doubletons*) no llegan a sobreponer debido al registro constante de especies únicas.

Con respecto a la diversidad  $^0D$ , en el sitio 1 se registró un total de 25 especies (cinco anfibios y 20 reptiles), mientras que en el sitio 2 se registraron

20 especies (7 anfibios y 13 reptiles). Para el orden de diversidad  $^1D$ , el sitio 2 presentó 2,71 especies efectivas y en el sitio 1 2,22 especies y con base en estimación del cálculo de  $H'$ , existió una diferencia significativa entre ambos (Prueba t de Hucheson,  $t=2,79$ ,  $gl=209$ ,  $p<0,05$ ).



**Figura 2.** Curva general de acumulación de especies de anfibios y reptiles registradas dentro del campus PE de la Universidad del Mar, Oaxaca, México.

En cuanto a la diversidad de especies entre épocas del año, la temporada de lluvias presentó la mayor diversidad (24 especies) en comparación con la temporada de sequía (19 especies). La prueba de Hutcheson corrobora que la diversidad entre épocas fue estadísticamente diferente ( $t=2,316$ ,  $gl=220$ ,  $p<0,05$ ).

La similitud de especies ( $I_j$ ) entre sitios fue de 0,43, es decir, ambos sitios comparten el 43% de las especies encontradas; en tanto que la similitud de especies ( $I_j$ ) entre épocas fue de 0,3, representando sólo 30% de las especies presentes en ambas épocas del año.

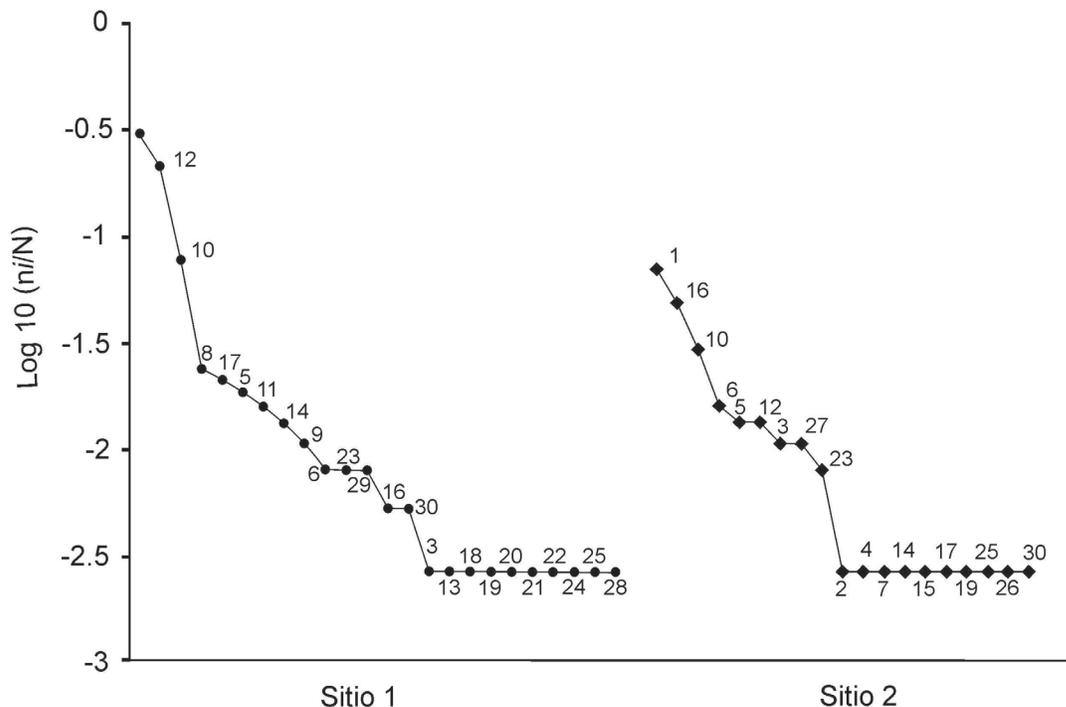
**Patrón de abundancia relativa.** Las curvas de intervalo-abundancia muestran una marcada dominancia de especies raras como *Boa imperator*, *Leptophis diplotropis* y *Kinosternon oaxacae*; mientras que unas cuantas especies comunes (*Incilius marmoratus* y *Sceloporus siniferus*) fueron las especies dominantes durante todo el estudio para ambos sitios (Figura 3).

**Especies en categoría de riesgo.** De las 31 especies encontradas en el campus PE de la UMAR, 14 se encuentran en alguna categoría de riesgo según

la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla 1). De estas especies, seis se encuentran categorizadas como amenazadas y ocho como sujetas a protección especial. Con base en la UICN, una especie está en la categoría de casi amenazada.

De acuerdo con el EVS, 18 especies se encuentran en el nivel bajo de vulnerabilidad, nueve en el nivel medio y finalmente cuatro especies en el nivel alto de vulnerabilidad. Las especies *Kinosternon oaxacae*, *Anolis subocularis* y *Ctenosaura pectinata* presentaron en este estudio el de vulnerabilidad más alto.

Las especies *K. Oaxacae*, *A. subocularis* y *C. pectinata* son las especies que mostraron la mayor vulnerabilidad en relación con el sistema EVS, en tanto que 18 especies mostraron puntajes de baja vulnerabilidad y nueve especies tuvieron una vulnerabilidad media. Por otro lado, la legislación nacional sólo categoriza a 14 especies bajo algún estatus de protección, lo que coincide con algunas especies categorizadas por el sistema EVS. Cabe resaltar el caso de *Agkistrodon bilineatus* como la única especie venenosa registrada en el interior del campus PE.



**Figura 3.** Curvas de intervalo-abundancia de las especies de anfibios y reptiles registrado en ambos sitios dentro del campus PE de la Universidad del Mar.

## Discusión

**Composición taxonómica.** A pesar del efecto negativo que provoca la urbanización sobre las poblaciones de anfibios y reptiles, en ciertos casos puede resultar un hábitat apropiado para algunas especies (González-García *et al.* 2009, Simon *et al.* 2009). El presente trabajo aporta información de importancia sobre la riqueza y diversidad de especies de anfibios y reptiles en una zona urbana de la planicie costera de Oaxaca, debido a que el número de especies registradas representa el 7% (31 especies) del total de especies de anfibios y reptiles del estado (442 especies; Mata-Silva *et al.* 2015) y 1,54% del total de especies en México (2013 especies; Wilson *et al.* 2013a,b). Respecto a la Planicie Costera del Pacífico (93 especies; Mata-Silva *et al.* 2015), el campus PE presenta 33,3% de las especies de anfibios y reptiles de la provincia.

La composición taxonómica que existe en el campus PE de la UMAR parece reflejar la existencia de especies generalistas con amplios rangos de tolerancia en remanentes pequeños y degradados de vegetación (Jellinek *et al.* 2004).

**Riqueza de especies.** La riqueza específica del campus PE de la UMAR es menor en comparación con regiones naturales cercanas dentro de la Planicie Costera; por ejemplo, el Parque Nacional Lagunas de Chacahua con 52 especies (García-Grajales *et al.* 2016) e incluso con áreas como la región de Nizanda con 59 especies (Barreto-Oble 2000), el Cerro Guien-gola con 40 especies (Martín-Regalado *et al.* 2011) o la Laguna Inferior con 49 (Riojas-Paradela *et al.* 2013), todas en el Istmo de Tehuantepec. En relación con ambientes urbanos, la riqueza aquí reportada es mayor en comparación con el estudio de Barragán *et al.* (2010) quienes reportan 27 especies para la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

El sitio 1 del campus PE presentó una mayor riqueza en comparación con el sitio 2, probablemente atribuido a la estructura arbórea más compleja presente y que sirve como zonas de descanso y refugio (Primack *et al.* 2001, Urbina-Cardona y Reynoso 2005, Illescas 2012); no obstante, el sitio 2 presentó una mayor diversidad, pudiendo relacionarse a que el número de individuos registrados de cada especie se distribuye de manera más equitativa en el sitio 2. Lo anterior coincide con Barragán *et al.* (2010)

quienes afirman que la urbanización provoca que la diversidad de especies con gran tolerancia a pequeños parches de vegetación en zonas urbanas sea más homogénea en estos ambientes antrópicos. Por otro lado, la composición de especies en cuanto a riqueza y diversidad en el campus PE se caracteriza por poseer un número considerable de especies relativamente poco abundante y una cantidad de especies con abundancia relativa alta (Ricklefs 2001, Gardner *et al.* 2007, García y Cabrera 2008).

La diferencia que existe en la diversidad entre épocas del año en el campus PE probablemente se puede atribuir a la contrastante y estrecha relación que existe entre la presencia de cuerpos de agua y los ciclos biológicos de los anfibios, provocando diferentes patrones de actividades y patrones por efectos de la estacionalidad ambiental (García y Cabrera 2008, García-Grajales *et al.* 2016). La temporada de lluvias propicia un ambiente adecuado para el inicio de la reproducción y aumento en la abundancia de presas potenciales, lo que influye directamente sobre el aumento de la diversidad herpetofaunística (Caviedes-Solís 2009, García-Grajales *et al.* 2016); en cambio, la sequía representa una disminución de los recursos y de las condiciones del clima con una duración de cinco a siete meses, lo que constituye una limitante en las condiciones óptimas de hábitat requerido por los anfibios (Lott *et al.* 1987).

La similitud de especies entre sitios se relaciona con aquellas que son más tolerantes a ambientes y a las actividades humanas como es el caso de *Incilius marmoratus*, *Sceloporus siniferus* y *Aspidoscelis deppii*. En el caso particular de los saurios, estas especies presentan un alto grado de adaptación a medios alterados por lo que les es posible estar en una gran variedad de ambientes y época del año (Vite-Silva *et al.* 2010).

La obtención de información sobre abundancias relativas permite identificar, además de conocer a las especies presentes en el área de estudio, así como aquellas dominantes, aquellas especies que por su escasa representatividad son más sensibles a las perturbaciones ambientales (Moreno 2001). De este modo, las 12 especies con menor representatividad (solamente un individuo) como *Agalychnis dacnicolor*, *Trachycephalus typhonius*, *Lithobates forreri*, *Marisora brachypoda*, entre otras (Tabla 1), así como especies raras como *Boa imperator*, *Lepto-*

*phis diplotropis* y *Kinosternon oaxacae*, parecen ser más sensibles a las perturbaciones en ambos sitios del campus PE.

En relación con la protección de la herpetofauna en los ambientes antrópicos, el sistema EVS sirvió para detectar aquellas especies que requieren cierto grado de protección, al mostrar especies con un decremento de la categoría baja (18 especies), hacia la intermedia (8 especies) y la alta (3 especies), advirtiendo que *K. Oaxacae*, *A. subocularis* y *C. pectinata* son especies que requieren de un manejo particular que incluya su preservación en el interior del campus PE. Por otro lado, algunas especies con un grado intermedio de vulnerabilidad no son consideradas de importancia en la protección por la legislación nacional mexicana, lo que podría afectar su sobrevivencia, no obstante, de tener un valor de vulnerabilidad de interés.

## Conclusión

Este estudio aporta información sobre la diversidad herpetofaunística en un ambiente urbanizado dentro de la ciudad de Puerto Escondido. La cantidad de especies registradas en este lugar es considerable y, por tanto, dicho espacio en general representa un importante reservorio con una mayor diversidad que su matriz circundante (Viera y Scariot 2006); sin embargo, las especies generalistas con amplios rangos de tolerancia persisten en los espacios modificados mientras que las especies menos tolerantes se distribuyen en las periferias o en aquellos sitios con menor impacto (Jellinek *et al.* 2004). Finalmente, la continuidad de estudios en temas relacionados con la estructura y dinámica de comunidades en los ambientes urbanos y peri-urbanos permitirán entender claramente la importancia que tienen estos grupos biológicos en la zona, así como su dinámica espacial y temporal derivadas de los impactos del crecimiento urbano.

## Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido las facilidades otorgadas para realizar la presente investigación. A dos revisores anónimos que realizaron valiosos comentarios que ayudaron a enriquecer el presente trabajo.

## Literatura citada

- Adalsteinsson SA, Branch WR, Trape S, Vitt LJ, Blair-Hedges S. 2009. Molecular phylogeny, classification, and biogeography of snakes of the family Leptotyphlopidae (Reptilia, Squamata). *Zootaxa* 2244: 1-50. Disponible en: <https://bit.ly/2QNkTAM>
- Acosta R, Mesones RV, Núñez A. 2005. Fauna de anuros en la ciudad de Salta, Argentina. *Rev Biol Trop.* 53 (3-4): 569-75. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442005000200024](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000200024)
- Alberti M, Marzluff JM, Shulenberg E, Bradley G, Ryan C, Zumbrunnen C. 2003. Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *BioScience.* 53 (12): 1169-79. Disponible en: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[1169:I-HIEOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[1169:I-HIEOA]2.0.CO;2)
- Barragán MdelR, Zenteno CE, Solís C, López MA, Hernández E, Martínez M, et al. 2010. Herpetofauna asociada a ambientes urbanos y suburbanos de Villahermosa, Tabasco, México. *Kuxulkab' 16* (30): 19-26. Disponible en: <http://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/409>
- Barreto-Oble D. 2000. *Análisis ecológico y distribucional de los anfibios y reptiles de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.* (Tesis de licenciatura). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Calderón-Mandujano R, Bahena Basave H, Calmé S. 2008. *Anfibios y reptiles de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an y zonas aledañas.* El Colegio de la Frontera Sur, CONABIO y Sociedad Herpetológica Mexicana, SC.
- Campbell JA. 1998. *Amphibians and reptiles of northern Guatemala, the Yucatan and Belize.* Oklahoma: University of Oklahoma Press.
- Caviedes-Solís LW. 2009. *Estudio herpetofaunístico del municipio de Pluma Hidalgo, Oaxaca, México.* (Tesis de licenciatura). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chao A, Chiu CH, Jost L. 2010. Phylogenetic diversity measures based on hill numbers. *Philo Trans Royal Soc B.* 365: 3699-609.
- Colwell RK. 2005. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. Users Guide and application published.* Disponible en: <http://purl.oclc.org/estimates>
- Diario Oficial de la Federación. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, que determina las especies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas, endémicas, amenazadas, en peligro de extinción y sujetas a protección especial.* México: Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados, Gobierno Federal. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010)
- Domínguez-Vega H, Zuria I. 2016. Ecología urbana y herpetofauna en México: potencial de un nicho poco explorado. *Herreriana* 12 (1): 31-4. Disponible en: <https://bit.ly/2G-muEIR>
- Faivovich J, Haddad CFB, Baêta D, Jungfer KH, Álvares GFR, Brandão RA, et al. 2010. The phylogenetic relationships of the charismatic poster frogs, Phyllomedusinae (Anura, Hylidae). *Cladistics* 26: 227-61. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1096-0031.2009.00287.x>
- Feisinger P. 2003. *El diseño de estudio de campo para la conservación de la biodiversidad.* Santa Cruz de la Sierra: FAN; 242 pp.
- Flores-Villela O, Canseco-Márquez L. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zool Mex.* 20 (2): 115-44. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372004000200008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372004000200008)
- Flores-Villela OA, Mendoza-Quijano F, González Porter G. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. *Publicaciones Especiales del Museo de Zoología, UNAM* 10: 1-285. Disponible en: [http://www.academia.edu/4027619/Recopilaci%C3%B3n\\_de\\_Claves\\_Taxon%C3%B3micas\\_de\\_la\\_Herpetofauna\\_Mexicana](http://www.academia.edu/4027619/Recopilaci%C3%B3n_de_Claves_Taxon%C3%B3micas_de_la_Herpetofauna_Mexicana)
- Frost DR, Grant T, Faivovich J, Bain RH, Haas A, et al. 2006. The amphibians tree of life. *Bulletin of the AMNH.* 297: 1-370. Disponible en: <http://digitallibrary.amnh.org/handle/2246/5781>
- Gabriel J, Pérez JL. 2006. Crecimiento poblacional e instrumentos para la regulación ambiental de los asentamientos humanos en los municipios costeros de México. *Gaceta Ecológica.* 79: 53-77. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/539/53907904.pdf>
- García E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.* Series Libros N° 6. México, DC: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <https://bit.ly/2yTb0rk>
- García A, Cabrera-Reyes A. 2008. Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta Zool Mex.* 24 (3): 91-115. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372008000300007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372008000300007)
- García-Grajales J. 2008. Herpetología, notas para el estudio de los anfibios y reptiles en Oaxaca. *Ciencia y Mar XII* (34): 47-56. Disponible en: <http://132.248.9.34/hevila/Cien-ciaymar/2008/no34/7.pdf>
- García-Grajales J, Buenrostro-Silva A, Mata-Silva V. 2016. Diversidad herpetofaunística del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y La Tuza de Monroy, Oaxaca, México. *Acta Zool Mex.* 32 (1): 90-100. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/575/57544858011.pdf>
- Garden J, McAlpine C, Peterson A, Jones D, Posingham H. 2006. Review of the ecology of Australian urban fauna: A focus on spatially explicit processes. *Austral Ecology* 31 (2): 126-48. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2006.01578.x>
- Gardner TA, Fitzherbert EB, Drewes RC, Howell KM, Caro T. 2007. Spatial and temporal patterns of abundance and diversity of an east African leaf litter amphibian fauna. *Biotropica* 39 (1): 105-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00233.x>
- Garza G. 2003. *La urbanización de México en el siglo XX.* México: El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano.

- González-García A, Belliure J, Gómez-Sal A, Dávila P. 2009. The role of urban greenspaces in faun conservation: the case of the iguana *Ctenosaura similis* in the 'patios' of Leon city, Nicaragua. *Biodiv Conserv.* 18: 1909-1920.
- Gosá A, Arias A. 2009. Estado de las poblaciones de anfibios en un parque urbano de Pamplona. *Munibe.* 57: 169-83. Disponible en: <http://www.aranzadi.eus/fileadmin/docs/Munibe/2009169183CN.pdf>
- Parmelee JR, Heyer WR, Donnelly MA, McDiarmid RW, Hayek LAC, Foster MS. 1995. *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*. London: Smithsonian Institution Press.
- Hutcheson K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *J Theor Biol.* 29 (1): 151-4. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5493290>
- Illescas M. 2012. *Diversidad y riqueza herpetofaunística asociada al bosque de manejo forestal y áreas modificadas en Ixtlán de Juárez, Oaxaca*. (Tesis de licenciatura). Ixtlán: Universidad de la Sierra Juárez.
- Jellinek S, Driscoll DA, Kirkpatrick JB. 2004. Environmental and vegetation variables have a greater influence than habitat fragmentation in structuring lizard communities in remnant urban bushland. *Austral Ecol.* 29: 294-304.
- Jiménez-Valverde A, Hortal J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Rev Ibérica Aracnol.* 8: 151-61. Disponible en: [http://jhortal.com/pubs/2003-Jimenez-Valverde&Hortal\\_Rev\\_Ib\\_Aracnol.pdf](http://jhortal.com/pubs/2003-Jimenez-Valverde&Hortal_Rev_Ib_Aracnol.pdf)
- Jost L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology.* 88 (10): 2427-39. Disponible en: <https://doi.org/10.1890/06-1736.1>
- Jost L, González-Oreja JA. 2012. Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta Zool Liloana.* 56 (1-2): 3-14. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/230634099\\_Midiendo\\_la\\_diversidad\\_biologica\\_mas\\_alla\\_del\\_indice\\_de\\_Shannon](https://www.researchgate.net/publication/230634099_Midiendo_la_diversidad_biologica_mas_alla_del_indice_de_Shannon)
- Köhler G. 2008. *Reptiles of Central America*. 2<sup>nd</sup> ed. Offenbach: Herpeton Verlag.
- Köhler G. 2011. *Amphibians of Central America*. Offenbach: Herpeton Elke Köhler; 379 pp.
- Köhler G, Pérez RG, Petersen CB, de la Cruz FR. 2014. A revision of the Mexican *Anolis* (Reptilia, Squamata, Dactyloidae) from the Pacific versant west of the Isthmus de Tehuantepec in the states of Oaxaca, Guerrero, and Puebla, with descriptions of six new species. *Zootaxa.* 3862 (1): 1-210. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25283534>
- Knispel SR, Barros FB. 2009. Anfibios anuros da região urbana de Altamira (Amazônia Oriental) Pará, Brasil. *Biotemas* 22 (2): 191-4. Disponible en: <https://bit.ly/2Uw2ebP>
- Lee JC. 2000. *A field guide to the amphibians and reptiles on the Mayan World*. Ithaca: Cornell University Press.
- Lee SY, Dunn RJK, Young RA, Connolly RM, Dale PER, Dehay R, et al. 2006. Impact of urbanization on coastal wetland structure and function. *Austral Ecol.* 31 (2): 149-63.
- Lott EJ, Bullock SH, Solis-Magallanes A. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forest of coastal Jalisco. *Biotropica.* 19 (3): 228-35. Disponible en: [www.jstor.org/stable/2388340?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/2388340?seq=1#page_scan_tab_contents)
- Magurran AE. 2004. *Measuring biological diversity*. Hoboken: Blackwell Publishing Company; 256 pp.
- Manson RH, Jardel Peláez EJ, Jiménez M, Escalante CA. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. En: *Capital natural de México*. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. México: CONABIO, pp. 131-84. Disponible en: <https://bit.ly/2zTKui9>
- Manzanilla J, Péfaur JE. 2000. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de los anfibios y reptiles. *Rev Ecol Lat Am.* 7 (1-2): 17-30. Disponible en: [http://asmambiental.com/pdf/file\\_080.pdf](http://asmambiental.com/pdf/file_080.pdf)
- Martín-Regalado CN, Gómez-Ugalde RM, Cisneros-Palacios ME. 2011. Herpetofauna del cerro de Guiengola, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Acta Zool Mex.* 27 (2): 359-76. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372011000200010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372011000200010)
- Mata-Silva V, Johnson JD, Wilson LD, García-Padilla E. 2015. The herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoam Herpetol.* 2 (1): 6-62. Disponible en: <https://bit.ly/2C-2j0rL>
- McCranie JR, Wilson LD. 2002. The amphibians of Honduras. Society for the Study of amphibians and reptiles. *Contrib Herpetol.* 19: 1-625.
- Moreno CE. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M&T - Manuales & Tesis SEA; vol. 1. Zaragoza: CYTED, ORCYT-UNESCO, Sociedad Entomológica Aragonesa; 86 pp. Disponible en: <http://entomologia.repositorio.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Pisanty I, Mazari M, Ezcurra E. 2009. El reto de la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas y periurbanas. En: *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. México: CONABIO; pp. 719-59. Disponible en: <https://bit.ly/2QnAisk>
- Primack R, Rozzi R, Feinsinger P, Massardo F. 2001. Conservación fuera de las áreas protegidas. En: Primack R, Rozzi R, Feinsinger P, Dirzo R, Massardo F (eds.). *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*. México: Fondo de Cultura Económica; pp. 521-58.
- Ricklefs RE. 2001. *The economy of nature*. 5<sup>th</sup> ed. EUA: Freeman Bookshelf.
- Riojas-Paradela T, Carrillo-Reyes A, Castañeda G, López S. 2013. Diversidad herpetofaunística al norte de la laguna inferior, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Acta Zool Mex.* 29 (3): 574-95. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372013000300009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372013000300009)
- Rodrigues EA, de Andrade DAP, Pires BCC, Victor RABM. 2007. El enfoque ecosistémico en la gestión de las áreas urbanas y peri-urbanas: contribución de la reserva de la biosfera del cinturón verde de la ciudad de São Paulo para la gestión integrada de las ciudades y de sus servicios ambientales. En: Halfiter G, Guevara S, Melic A (eds.). *Hacia una cultura de la conservación de la diversidad*

- biológica*. Zaragoza: Sociedad Entomológica Aragonesa, CONABIO, CONANP, CONACYT; Pp. 337-53.
- Santos-Barrera G, Pacheco J, Ceballos G. 2004. Áreas prioritarias para la conservación de los reptiles y anfibios de México. *Biodiversitas* 57: 1-6. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv57art1.pdf>
- Simon JA, Snodgrass JW, Casey RE, Sparling DW. 2009. Spatial correlates amphibian uses of constructed wetlands in an urban landscape. *Landscape Ecol.* 24 (3): 361-73. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-008-9311-y>
- Stiles FG. 1990. La avifauna de la Universidad de Costa Rica y sus alrededores a través de veinte años (1968-1989). *Rev Biol Trop.* 38 (2B): 361-81. Disponible en: <https://repositorio.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/25428/25676>
- Torres-Colín R. 2004. Tipos de vegetación. En: García-Mendoza AJ, Briones-Salas MA (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. México, DC: UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, WWF; pp. 105-17.
- Trejo I. 2004. Clima. En: García-Mendoza AJ, Briones-Salas MA (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. México, DC: UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, WWF; pp. 67-85.
- Urbina-Cardona JN, Reynoso VH. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en Los Tuxtles, Veracruz, México. En: Halffter G, Soberón J, Koleff P, Melic A (eds.). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Capítulo 15. México, DF: CONABIO, Sociedad Entomológica Aragonesa, CONACYT; pp. 191-208.
- Viera DLM, Scariot A. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forest restoration. *Restoration Ecol* 14 (1): 11-20. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00100.x>
- Vite-Silva V, Ramírez Bautista A, Hernández Salinas U. 2010. Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Rev Mex Biodiv.* 81 (2): 473-85. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532010000200020](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532010000200020)
- Wilson LD, Mata-Silva V, Johnson JD. 2013a. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico base on the EVS measure. *Amphib Reptile Conserv.* 7 (1): 1-47. Disponible en [https://www.academia.edu/4027595/A\\_conservation\\_reassessment\\_of\\_the\\_reptiles\\_of\\_Mexico\\_based\\_on\\_the\\_EVS\\_measure](https://www.academia.edu/4027595/A_conservation_reassessment_of_the_reptiles_of_Mexico_based_on_the_EVS_measure)
- Wilson LD, Mata-Silva V, Johnson JD. 2013b. A conservation reassessment of the amphibians based on the EVS measure. *Amphib Reptile Conserv.* 7(1): 97-127. Disponible en: <https://bit.ly/2zVezh7>