

## DIVERSIDAD HERPETOFAUNISTICA AL NORTE DE LA LAGUNA INFERIOR, ISTMO DE TEHUANTEPEC, OAXACA, MÉXICO

TAMARA RIOJA-PARADELA,<sup>1,2</sup> ARTURO CARRILLO-REYES,<sup>1,2</sup> GAMALIEL CASTAÑEDA<sup>3</sup> & SERGIO LÓPEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sustentabilidad y Ecología Aplicada, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente s/n, Col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. C.P. 29039.

<sup>2</sup> Oikos: Conservación y Desarrollo Sustentable, A.C. Bugambilias 5, Bismark, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. C.P. 29000.

<sup>3</sup> Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad s/n, Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, México. C.P. 27000. <tamararioja@gmail.com>, <arturocarrilloreyes@gmail.com>, <gamaliel.cg@gmail.com>, <slopez@unicach.mx>.

**Rioja-Paradela, T., Carrillo-Reyes, A., Castañeda, G. & López, S.** 2013. Diversidad herpetofaunística al norte de la laguna inferior, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 29(3): 574-595.

**RESUMEN.** Se determinó la composición anual y estacional de la diversidad de anfibios y reptiles de Montecillo Santa Cruz, municipio de San Francisco del Mar, Oaxaca, en el Istmo de Tehuantepec. Entre noviembre de 2010 y noviembre de 2011, a lo largo de 48 días de muestreo (24 en la temporada seca y 24 durante la temporada húmeda), se establecieron transectos diurnos y nocturnos de 500 metros de longitud y ancho aproximado de 10 metros en pastizal abierto, nanchal, selva baja caducifolia y vegetación riparia. En un área de 20 km<sup>2</sup> se registró un total de 49 especies (10 especies de anfibios y 39 especies de reptiles), lo que representa el 11.52% de la herpetofauna total para Oaxaca. De éstas, 46 especies se registraron en la temporada húmeda (10 anfibios y 36 reptiles) y 37 en la temporada seca (4 anfibios y 33 reptiles). El 30.61% del total se encuentra en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMAR-NAT-2010, una especie está catalogada como críticamente en peligro (*Ctenosaura oaxacana*) en la lista roja de la UICN, y cuatro más están en el apéndice II de la CITES. A lo largo del estudio, la selva baja caducifolia fue la asociación vegetal que presentó la mayor diversidad alfa ( $H' = 3.2900$ ,  $1/D = 20.6$ ), mientras que el pastizal presentó la menor diversidad ( $H' = 3.1664$ ,  $1/D = 17.14$ ). Para las dos temporadas monitoreadas, la selva baja caducifolia presentó la mayor diversidad ( $H' = 3.2900$ ,  $1/D = 20.6$ ;  $H' = 3.0850$ ,  $1/D = 17.71$ , respectivamente), mientras que la menor diversidad se presentó en la vegetación riparia durante la temporada húmeda ( $H' = 3.1009$ ,  $1/D = 16.61$ ), y en el pastizal ( $H' = 2.7095$ ,  $1/D = 11.40$ ) durante la temporada seca. A lo largo de todo el estudio, las asociaciones vegetales que compartieron mayor número de especies fueron la selva baja caducifolia y la vegetación riparia ( $J = 0.7045$  y  $S = 0.5613$ ), coincidiendo con los resultados estacionales ( $J = 0.6500$  y  $S = 0.4921$  temporada húmeda;  $J =$

---

Recibido: 22/10/2012; aceptado: 03/07/2013.

0.6333 y  $S = 0.4489$  temporada seca). Se registró una alta diversidad en un área relativamente pequeña, por lo que puede considerarse a la zona como de importancia para la distribución de anfibios y reptiles, de ahí que sea indispensable el establecimiento de medidas de manejo y conservación para estas especies y sus hábitats.

**Palabras clave:** anfibios, conservación, diversidad, inventario, reptiles.

**Rioja-Paradela, T., Carrillo-Reyes, A., Castañeda, G. & López, S.** 2013. Herpetofaunal diversity north of lower lagoon, Tehuantepec Isthmus, Oaxaca, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 29(3): 574-595.

**ABSTRACT.** This study was developed in order to determine the annual and seasonal herpetofauna diversity of Montecillo Santa Cruz, Municipality of San Francisco del Mar, Oaxaca, at the south of the Isthmus of Tehuantepec. Between November 2010 and November 2011, over 48 field work days (24-dry season and 24-wet season), two 500 m long and 10 m wide transects were established in open grassland, nanchal, tropical deciduous forest and riparian vegetation. We recorded in an area of 20 km<sup>2</sup>, a total of 49 species (10 species of amphibians and 39 species of reptiles). This richness represents 30.61% of the total herpetofauna of Oaxaca. A total of 46 species were recorded at the wet season (10 amphibians and 37 reptiles) and 37 at the dry season (4 amphibians and 33 reptiles). The 30.61% of the total are listed in some risk category in the NOM-059-SEMARNAT-2010, one species is listed as critically endangered (*Ctenosaura oaxacana*) by the IUCN Red List, and four more are in the Appendix II of CITES. Throughout the study, the tropical deciduous forest presented the highest alpha diversity ( $H' = 3.2900$ ,  $1 / D = 20.6$ ), while the open grassland was the one with less diversity ( $H' = 3.1664$ ,  $1 / D = 17.14$ ). On a seasonal basis, the deciduous forest showed the highest diversity ( $H' = 3.2900$ ,  $1 / D = 20.6$  wet season,  $H' = 3.0850$ ,  $1 / D = 17.71$  dry season), while the lowest diversity was recorded in the riparian vegetation during the wet season ( $H' = 3.1009$ ,  $1 / D = 16.61$ ), and in the grassland ( $H' = 2.7095$ ,  $1 / D = 11.40$ ) during the dry season. Throughout the study, the vegetation associations that shared a greater number of species were tropical deciduous forest and riparian vegetation ( $P = 0.7045$  and  $S = 0.5613$ ), coinciding with the seasonal results ( $J = 0.6500$  and  $S = 0.4921$  wet season,  $J = 0.6333$  and  $S = 0.4489$  dry season). We found a high diversity in a relatively small area, so the area can be considered as important for the distribution of amphibians and reptiles, and therefore is essential to establish conservation and management measures for these species and their habitats.

**Key words:** amphibians, conservation, diversity, inventory, reptiles.

## INTRODUCCIÓN

Una de las regiones más ricas en diversidad de reptiles y anfibios en México es el Istmo de Tehuantepec (Casas-Andreu *et al.* 1996). Su diversidad biológica se debe, entre otras cosas, a que representa una barrera biogeográfica para especies incapaces de atravesar terrenos con cambios altitudinales abruptos, además de que dada su ubicación está situada en la zona de contacto de los reinos biogeográficos Neotropical y Neártico (Pérez-García *et al.* 2001), convirtiendo a la zona en un centro de endemismos para vertebrados terrestres (Casas-Andreu *et al.* 2004, González *et al.* 2004). No obstante su riqueza biológica, la región presenta serios problemas relacionados con el deterioro ambiental, ya que en la zona se presentan frecuentes incendios, fragmentación y destrucción del hábitat, entre otras amenazas (Vargas 2001, Lorenzo *et al.* 2008, Rioja *et al.* 2012).

En los últimos años el número y calidad de los estudios sobre herpetofauna en la región oaxaqueña al sureste del Istmo de Tehuantepec se han incrementado; destacan la recopilación de Casas-Andreu *et al.* (2004), así como las guías de anfibios y reptiles de Centroamérica de Köhler (2003) y Köhler (2011). Sin embargo, el conocimiento generado sigue siendo insuficiente y existen regiones y localidades que permanecen sin ser estudiadas (Barreto 2000, Casas-Andreu *et al.* 2004). A esto se une la falta de sistematización del conocimiento y a los complejos factores sociales y económicos que caracterizan la región (Ceballos 1999, Casas-Andreu *et al.* 2004).

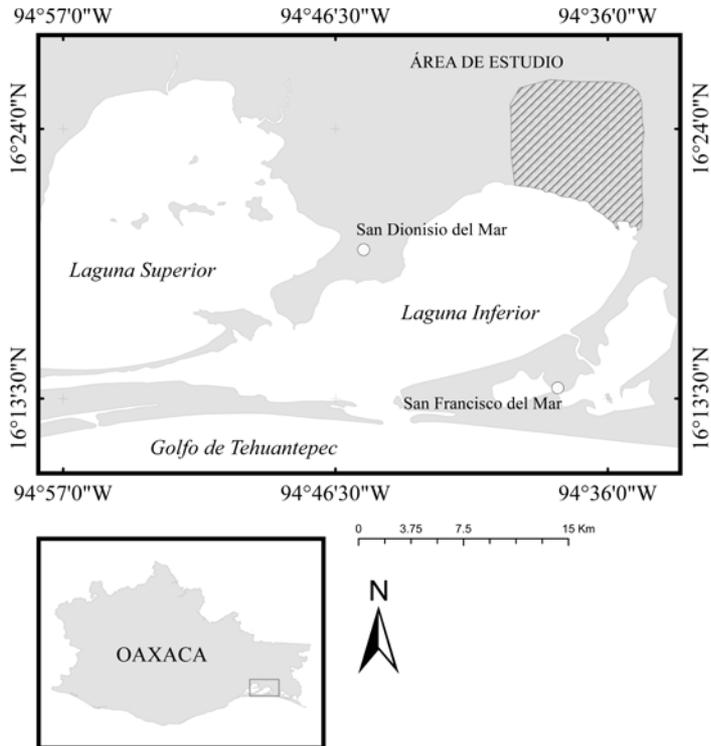
Ante esta situación, surge la necesidad de inventariar la biota y sus interrelaciones ecológicas y evolutivas (Ramamoorthy *et al.* 1998), particularmente para aquellas zonas en donde existen vacíos de información. Los inventarios son de gran importancia debido a que sirven como un depósito de datos sobre las especies que residen en un lugar (Dirzo & Raven 1994). Además, mediante éstos es posible conocer la distribución de las especies en distintos ecosistemas, y en función de ello planificar el manejo y la conservación de la riqueza biológica en una región determinada. Asimismo, es importante considerar que la información obtenida de los inventarios constituye la unidad básica de la investigación biosistemática, por lo que la información derivada de éstos es primordial para el avance de otras áreas como la biología evolutiva, biogeografía, anatomía comparada, ecología, entre otras (Casas-Andreu *et al.* 1991).

Con el propósito de generar conocimiento básico que pueda ser útil en el desarrollo de programas de conservación de la herpetofauna y su hábitat in situ al sur del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la composición de la diversidad de anfibios y reptiles en Montecillo Santa Cruz, municipio de San Francisco del Mar, Oaxaca, además de evaluar si dicha diversidad sufre o no cambios estacionales y la existencia de recambio de especies entre las distintas asociaciones vegetales presentes en el área.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Área de estudio.** La zona se localiza en el estado de Oaxaca, al sur del Istmo de Tehuantepec, en la localidad Montecillo Santa Cruz, municipio de San Francisco del Mar (16° 22' 2.7" N, y 94° 35' 13.0" W), ubicada al norte de la Laguna Inferior y a una altitud promedio de 24 msnm (Fig. 1). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw0), presenta una temperatura promedio anual de 25°C y una precipitación total anual de 932.9 mm (García 1988). La temporada húmeda comprende de mayo a octubre, y es durante esta temporada cuando gran parte del área se inunda, formándose cuerpos de agua en las distintas asociaciones vegetales presentes (Rioja-Paradela *et al.* 2012); la temporada seca se presenta de noviembre a abril (Zizumbo & Colunga 1982).

En el área se presentan cuatro asociaciones vegetales principales: 1) pastizal: áreas abiertas y planas, caracterizadas por tener sustratos herbáceos compuestos por



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio, en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.

pastos, hierbas y algunos árboles como el “morro” (*Crescentia alata*) y arbustos. Las especies más comunes de pastos son *Aristida* sp. y *Trisetum* sp.; 2) nanchal: áreas semi-abiertas compuestas en su mayoría por herbáceas y arbustos; la densidad de los arbustos es mayor que la de los pastos y la especie predominante es el “nanche” (*Byrsonima crassifolia*); 3) selva baja caducifolia: áreas cerradas, compuestas por arbustos espinosos y caducifolios y por árboles de aproximadamente 4 m de altura. Las especies más comunes son *Acacia farnesiana*, *Casearia* sp., y *Aristida* sp.; 4) vegetación riparia: pequeños parches compuestos por vegetación densa que crece en el margen de los arroyos, y caracterizada por grandes árboles caducifolios (15 m de altura) *Gliricidia sepium* y *Celtis iguanaea* (Pérez-García *et al.* 2001, Farías 2004, Sántiz 2006).

Los habitantes de Montecillo Santa Cruz son pescadores tradicionales, aunque en los últimos años la agricultura de temporal se ha convertido en una actividad importante (Vargas 2001). También hay otras actividades como la ganadería extensiva, la cual se lleva a cabo en toda la zona de pastizales, y las prácticas de quemadas prescritas son ha-

bituales con el fin de promover la regeneración de pastos para esta actividad (Lorenzo *et al.* 2008, Rioja *et al.* 2012). Otra actividad es la caza de fauna silvestre para autoconsumo o venta en el mercado regional; las especies sujetas a mayor intensidad de cacería son las iguanas (*Ctenosaura pectinata*, *Iguana iguana*), seguidas de mamíferos como el armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*), y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), entre otras (Vargas 2001, Rioja-Paradela *et al.* 2012).

**Trabajo de campo.** Entre noviembre de 2010 y noviembre de 2011 se llevaron a cabo seis visitas al área de estudio, tres durante la temporada seca (noviembre - abril) y tres durante la temporada húmeda (mayo - octubre), para realizar el monitoreo de anfibios y reptiles en las cuatro asociaciones vegetales descritas. Cada visita tuvo una duración aproximada de ocho días, lo que resultó en 48 días de muestreo en total.

Se utilizó la técnica de transecto para inspección por encuentro visual (Lips *et al.* 2001). Se establecieron dos transectos con longitud de 500 m cada uno, y ancho aproximado de 10 m para cada tipo de asociación vegetal; se utilizó un transecto para un recorrido diurno (entre las 9:00 y las 14:00 hrs) y otro para el recorrido nocturno (entre las 19:00 y las 2:00 hrs del día siguiente), con el propósito de incluir los horarios de mayor actividad de los anfibios y reptiles (Jones 1986). Los reptiles y anfibios fueron localizados a ambos lados del transecto; una vez ubicados, los individuos fueron georreferenciados utilizando un receptor manual del sistema de geoposicionamiento global (GPS, Garmin™ etrex Vista), y se registró el tipo de asociación vegetal en el que fueron capturados y se tomaron fotografías de cada ejemplar siempre que fue posible. Para el caso de anfibios la captura se llevó a cabo de forma manual; para el caso de reptiles, la técnicas de captura variaron, utilizando cañas con lazos corredizos de hilo cáñamo y recolecta manual para lacertilios, serpientes no venenosas y tortugas terrestres y de agua dulce, y para el caso de serpientes venenosas se utilizaron pinzas herpetológicas de 44" de longitud (Karns 1986, Casas-Andreu *et al.* 1991). Una vez que se llevó a cabo la identificación de los ejemplares y se tomaron todos los datos correspondientes, los individuos fueron liberados en el sitio en que se encontraron.

La determinación taxonómica de los individuos se llevó a cabo con la ayuda de literatura especializada: Campbell & Lamar (1989), Flores-Villela *et al.* (1995), Conant & Collins (1998), Powell *et al.* (1998), y Lee (2000). La información nomenclatural se basó en el trabajo de Casas-Andreu *et al.* (2004), Flores-Villela & Canseco-Márquez (2004) y Frost *et al.* (2006). Se incluyó una revisión de los trabajos de Köhler (2003) y Köhler (2011) sobre reptiles y anfibios de Centroamérica, respectivamente.

Se identificaron las especies prioritarias de anfibios y reptiles, según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Adicionalmente se registró la presencia de especies que se encuentran en la Lista Roja de la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza (UICN), así como la presencia de especies enlistadas en alguno de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Es-

pecies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CONABIO & SEMARNAT 2009, CITES 2012).

**Análisis de datos.** Curva de acumulación de especies.- Se obtuvo la curva de acumulación de especies para determinar la precisión estimada del esfuerzo de muestreo. Para ello se utilizó el estimador propuesto por Chao (1987), con la variante Chao 1 (Oksanen *et al.* 2012).

**Riqueza.** Se determinó la riqueza de especies estacional y anual para la localidad de Montecillo Santa Cruz y para cada asociación vegetal (pastizal, nanchal, selva baja caducifolia y vegetación riparia) presente en el área, mediante el registro del número de especies observadas (Moreno 2001).

**Abundancia relativa.** Se calculó la abundancia relativa de las especies, con base en la frecuencia de observación de los individuos registrados en relación con el número total de individuos de todas las especies registradas en el muestreo (Franco-López *et al.* 1985). Dicho cálculo se realizó de forma anual para toda el área de estudio, así como para cada asociación vegetal. Adicionalmente se obtuvieron las gráficas de rango-abundancia para todo el estudio, así como para cada tipo de asociación vegetal. Se utilizaron para ellos los valores de abundancia absoluta por especie (Whittaker 1965, Kindt & Coe 2005).

**Diversidad alfa.** La diversidad alfa anual y estacional para cada asociación vegetal se calculó por medio de dos índices, el índice de Simpson, calculando su valor recíproco, y la medición de la equitatividad mediante su índice inverso, y el índice de Shannon-Wiener y su equitatividad (Magurran 1988, Moreno 2001). Este último se utilizó para corroborar el resultado del primero, y para poder realizar posibles comparaciones con otros estudios llevados a cabo en la región (Martín-Regalado *et al.* 2011).

**Diversidad beta.** El análisis de diversidad beta se realizó comparando entre las cuatro asociaciones vegetales a lo largo de todo el estudio, así como entre dichas asociaciones vegetales para cada temporada. La diversidad beta se calculó mediante dos índices, el Coeficiente de Jaccard cualitativo y el coeficiente de Sorensen (Moreno 2001, Koleff 2005), para poder establecer comparaciones con otros estudios (Martín-Regalado *et al.* 2011).

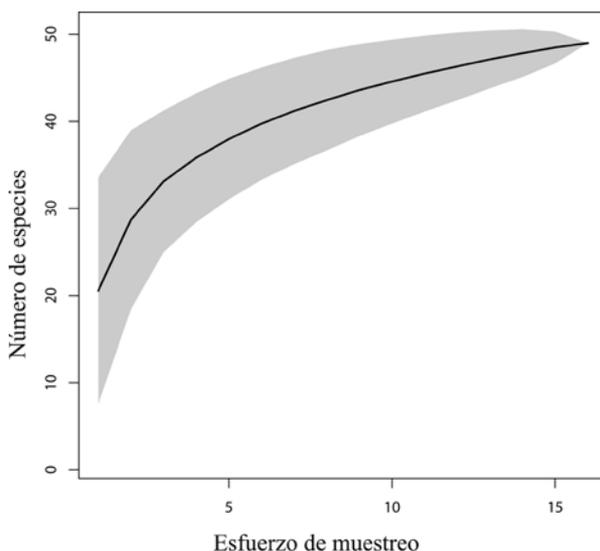
Adicionalmente, para determinar el efecto de la temporada sobre la diversidad de la herpetofauna en cada asociación vegetal, se realizó un análisis mediante los dos coeficientes, comparando cada asociación vegetal en las dos estaciones monitoreadas (Moreno 2001). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R (R Development Core Team 2011), y los paquetes “vegan” (Oksanen *et al.* 2012), “BiodiversityR” (Kindt & Coe 2005) y “Rcmdr” (Fox 2005).

## RESULTADOS

**Curva de acumulación de especies.** De acuerdo al análisis de la curva de acumulación de especies, luego de completar el esfuerzo de muestreo se registró el 90.74% de las especies previstas por el estimador de Chao (1987). Dicho estimador calculó 54 especies esperadas, contra 49 especies observadas, lo que nos indica que el esfuerzo de muestreo fue representativo (Fig. 2).

**Riqueza.** Se obtuvieron 572 registros visuales y se registró un total de 49 especies, 39 géneros y 24 familias de anfibios y reptiles para la localidad de Montecillo Santa Cruz, Oaxaca. Las familias mejor representadas fueron Colubridae con 13 especies y Phrynosomatidae con seis (Cuadro 1). Para la temporada húmeda se registraron 46 especies (10 anfibios, 36 reptiles) mientras que para la temporada seca fueron 37 especies (4 anfibios, 33 reptiles). La selva baja caducifolia a lo largo de todo el estudio fue la que presentó una mayor riqueza herpetofaunística con 37 especies, seguida de la vegetación riparia con 33 especies, el nanchal con 31 especies y el pastizal con 30 especies.

De las 49 especies encontradas, 15 se encuentran en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010; ocho especies como amenazadas, seis es-



**Figura 2.** Curva de acumulación de especies para el periodo noviembre de 2010- noviembre de 2011 en Montecillo Santa Cruz, Oaxaca. Se muestran las especies acumuladas con la línea, y los intervalos de confianza al 95% en gris, calculados mediante el estimador Chao 1, utilizando los transectos para cada temporada como unidades de muestreo.

**Cuadro 1.** Abundancia relativa de la herpetofauna de Montecillo Santa Cruz, Oaxaca, en cuatro tipos de asociaciones vegetales para todo el año, así como su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM) y listados internacionales.

Familia	Especies	Nanchal	Selva	Ripario	Pastizal	Annual	NOM	IUCN	CITES
Bufonidae	<i>Inclilius canalisferus</i>	0.0615	0.0888	0.0884	0.0317	0.0017		LC	
	<i>Inclilius valliiceps</i>	0.0615	0.0888	0.0884	0.0317	0.0699		LC	
	<i>Rhinella marina</i>	0.0077	0.0710	0.0340	0.0317	0.0385		LC	
Craugastoridae	<i>Craugastor</i> sp.	0.0000	0.0118	0.0204	0.0000	0.0087			
	<i>Dendropsophus robertmertensi</i>	0.0154	0.0118	0.0000	0.0000	0.0070		LC	
Hylidae	<i>Smitisca baudinii</i>	0.0538	0.0473	0.0884	0.0238	0.0542		LC	
	<i>Trachycephalus venulosus</i>	0.0077	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017		LC	
	<i>Hypopachus variolosus</i>	0.0385	0.0296	0.0748	0.0397	0.0455		LC	
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	0.0077	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017		LC	
	<i>Engystomops pustulosus</i>	0.0077	0.0059	0.0068	0.0000	0.0052		LC	
Ranidae	<i>Lithobates forreri</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0017		LC	
Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	0.0000	0.0296	0.0952	0.0238	0.0385			
	<i>Coleonyx elegans</i>	0.0308	0.0178	0.0136	0.0000	0.0157	A		
Eublepharidae	<i>Hemidactylus turcicus</i>	0.0462	0.0414	0.0544	0.0238	0.0420		LC	
	<i>Heloderma horridum</i>	0.0231	0.0000	0.0136	0.0238	0.0140	A	LC	II
Iguanidae	<i>Ctenosaura oaxacana</i>	0.0692	0.0592	0.0000	0.0000	0.0332	A	CR	
	<i>Ctenosaura similis</i>	0.0000	0.0059	0.0068	0.0000	0.0035	A	LC	
	<i>Ctenosaura pectinata</i>	0.0000	0.0769	0.0748	0.0159	0.0455	A		
Phrynosomatidae	<i>Iguana iguana</i>	0.0231	0.0296	0.0340	0.0000	0.0227	P		
	<i>Sceloporus melanorhinus</i>	0.0077	0.0414	0.0340	0.1349	0.0524		LC	
	<i>Sceloporus siniferus</i>	0.0462	0.0000	0.0000	0.0476	0.0210		LC	

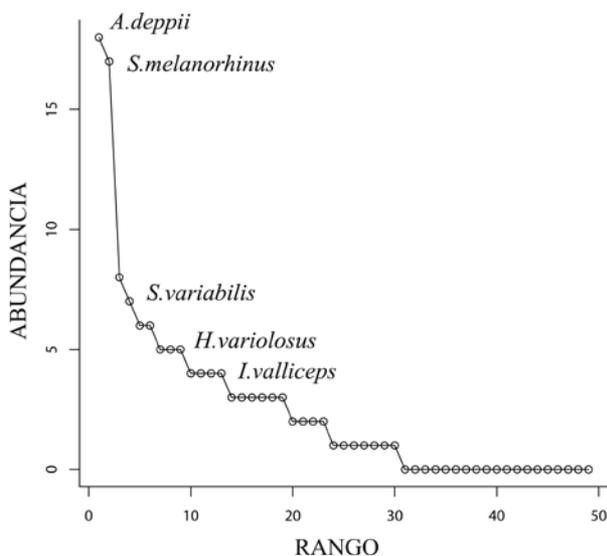
Familia	Especies	Nanchal	Selva	Ripario	Pastizal	Annual	NOM	IUCN	CITES
	<i>Sceloporus spinosus</i>	0.0231	0.0414	0.0204	0.0397	0.0315		LC	
	<i>Sceloporus teapensis</i>	0.0154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035		LC	
	<i>Sceloporus variabilis</i>	0.0846	0.0414	0.0544	0.0556	0.0577			
	<i>Urosaurus bicarinatus</i>	0.0154	0.0178	0.0000	0.0476	0.0192		LC	
Dactyloidae	<i>Anolis sericeus</i>	0.0462	0.0355	0.0272	0.0238	0.0332			
Scincidae	<i>Mabuya brachypoda</i>	0.0154	0.0237	0.0136	0.0000	0.0140			
Teiidae	<i>Holcosus undulatus</i>	0.0154	0.0059	0.0136	0.0317	0.0157			
	<i>Aspidoscelis deppiei</i>	0.0923	0.0592	0.0476	0.1429	0.0822		LC	
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	0.0000	0.0059	0.0068	0.0000	0.0035	A		II
Colubridae	<i>Coniophanes imperialis</i>	0.0462	0.0118	0.0136	0.0317	0.0245		LC	
	<i>Conopsis vittatus</i>	0.0308	0.0178	0.0000	0.0079	0.0140		LC	
	<i>Drymobius margaritiferus</i>	0.0154	0.0178	0.0272	0.0238	0.0210			
	<i>Imantodes gemmisiratus</i>	0.0000	0.0059	0.0000	0.0000	0.0017	PR		
	<i>Leptodeira annulata</i>	0.0692	0.0355	0.0340	0.0397	0.0437	PR		
	<i>Leptodeira nigrofasciata</i>	0.0000	0.0059	0.0204	0.0079	0.0087		LC	
	<i>Manolepis putnami</i>	0.0000	0.0059	0.0136	0.0159	0.0087		LC	
	<i>Masticophis mentovarius</i>	0.0385	0.0296	0.0068	0.0635	0.0332			
	<i>Oxybelis aeneus</i>	0.0000	0.0059	0.0068	0.0000	0.0035			
	<i>Oxybelis fulgidus</i>	0.0000	0.0059	0.0000	0.0000	0.0017			
	<i>Thamnophis marciatus</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0159	0.0035	A		
	<i>Thamnophis proximus</i>	0.0000	0.0000	0.0068	0.0159	0.0052	A		
	<i>Trimorphodon biscutatus</i>	0.0154	0.0237	0.0204	0.0000	0.0157			
Elapidae	<i>Micrurus browni</i>	0.0077	0.0000	0.0000	0.0079	0.0035	PR	LC	

Familia	Especies	Nanchal	Selva	Ripario	Pastizal	Annual	NOM	IUCN	CITES
Leptotyphlopidae	<i>Epictia goudotii</i>	0.0231	0.0237	0.0136	0.0079	0.0175			
Loxocemidae	<i>Loxocemus bicolor</i>	0.0000	0.0059	0.0000	0.0000	0.0017	PR	LC	II
Viperidae	<i>Crotalus simus</i>	0.0000	0.0000	0.0068	0.0079	0.0035	PR	LC	III
Emyridae	<i>Trachemys venusta grayi</i>	0.0000	0.0000	0.0068	0.0000	0.0017		LC	
Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0017	PR		

Abreviaturas: Peligro de extinción (P), Amenazada (A), Protección especial (PR). Categoría dentro de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN): Críticamente en peligro (CE), Casi amenazada (NT) Menor preocupación (LC). Apéndice de CITES: Apéndice II-Especies no en peligro de extinción pero cuyo comercio debe controlarse, Apéndice III-Especies protegidas al menos en un país.

pecies en protección especial y una especie, *C. oaxacana*, en peligro de extinción (SEMARNAT 2010). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2012) enlista a una especie en categoría de críticamente en peligro (*C. oaxacana*; Köhler 2004). Finalmente, se enlistan a *I. iguana*, *B. constrictor*, *H. horridum* y *L. bicolor* en el apéndice II de CITES (CITES 2012). La única especie endémica al Istmo de Tehuantepec fue *C. oaxacana* (Casas-Andreu et al. 2004).

**Abundancia relativa.** A lo largo de todo el estudio, las especies de anfibios que tuvieron los valores más altos de abundancia relativa fueron *I. valliceps* (0.0699), *S. baudini* (0.0542), y *H. variolosus* (0.0455), y las especies de reptiles fueron *A. depei* (0.0822), *S. variabilis* (0.0577), y *S. melanorhinus* (0.0524) (Figura 3). Al analizar las abundancias relativas por asociación vegetal a lo largo de todo el estudio, se encontró que para la selva baja caducifolia las especies más abundantes fueron *I. valliceps* (0.0888), *C. pectinata* (0.0769) y *R. marina* (0.0710), en el nanchal fueron *A. depei* (0.0923), *S. variabilis* (0.0846), y *C. oaxacana* y *L. annulata* (0.0692 para ambas especies). En la vegetación riparia las especies más abundantes fueron *B. vittatus* (0.0952), *S. baudinii* (0.0884) e *I. valliceps* (0.0884), y en el pastizal fueron *A. depei* (0.1429), *S. melanorhinus* (0.1349) y *M. mentovarius* (0.0635) (Cuadro 1). Las gráficas de rango-abundancia muestran además que la diversidad para cada asociación

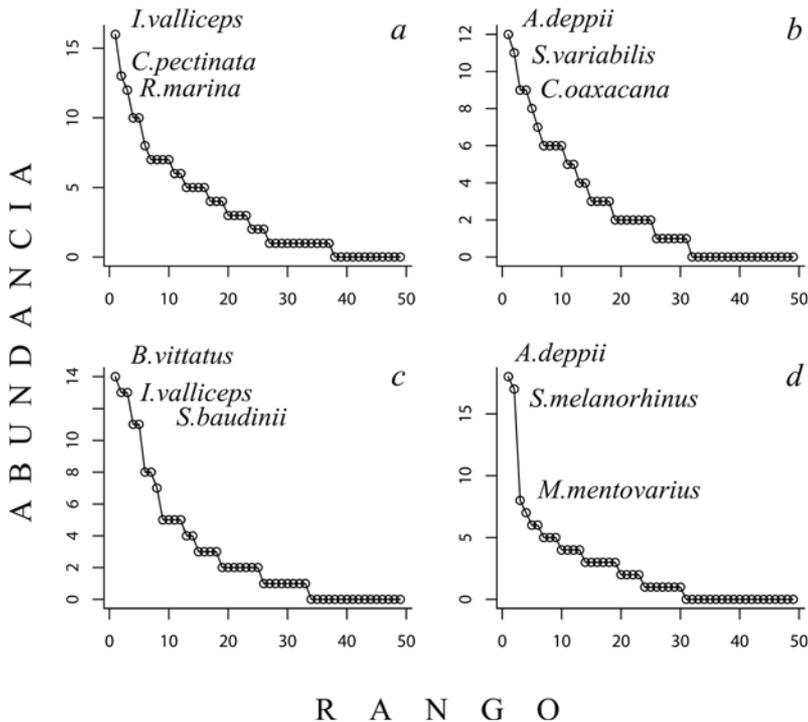


**Figura 3.** Gráfica de rango-abundancia de la herpetofauna de Montecillo Santa Cruz, Oaxaca, para el periodo de estudio (noviembre 2010-noviembre 2011).

presenta poca equitatividad, con curvas abruptas que señalan una gran variabilidad en las abundancias para cada especie (Figura 4).

**Diversidad alfa.** De acuerdo con ambos índices, la selva baja caducifolia fue la asociación vegetal con mayor diversidad ( $H' = 3.3842$ ,  $1/D = 24.00$ ), mientras que el pastizal presentó una menor diversidad ( $H' = 3.1664$ ,  $1/D = 17.14$ ) a lo largo de todo el estudio. Para todos los análisis, los valores de equitatividad fueron mayores a 0.9041, indicando que ninguna especie fue altamente dominante sobre el resto.

Al analizar la diversidad alfa de cada asociación vegetal por temporada, encontramos que la asociación vegetal más diversa para la temporada húmeda fue la selva baja caducifolia ( $H' = 3.2900$ ,  $1/D = 20.6$ ), y la asociación vegetal con menor diversidad fue la vegetación riparia, ( $H' = 3.1009$ ,  $1/D = 16.61$ ). Para la temporada seca, la selva baja caducifolia presentó la diversidad más alta ( $H' = 3.0850$ ,  $1/D = 17.71$ ), mientras que la más baja se registró para el pastizal ( $H' = 2.7095$ ,  $1/D = 11.40$ ). De manera



**Figura 4.** Gráfica de rango-abundancia de la herpetofauna de Montecillo Santa Cruz, Oaxaca para cada asociación vegetal: a) selva baja caducifolia, b) nanchal, c) vegetación riparia, d) pastizal.

similar, los valores de equitatividad fueron mayores a 0.9030, indicando que ninguna especie fue altamente dominante sobre el resto.

**Diversidad beta.** Tanto el coeficiente de Jaccard como el de Sorensen, indicaron que el valor más alto de diversidad beta para todo el periodo de estudio se encontró entre las asociaciones vegetales de selva baja caducifolia y vegetación riparia ( $J = 0.7045$  y  $S = 0.5613$ ), mientras que las asociaciones vegetales de pastizal y selva baja caducifolia presentaron el valor más bajo ( $J = 0.5000$  y  $S = 0.3153$ ). Ambos coeficientes indicaron que para la temporada húmeda, las asociaciones vegetales que compartieron más especies fueron la selva baja caducifolia y la vegetación riparia ( $J = 0.6500$  y  $S = 0.4921$ ), mientras que las que compartieron menos especies fueron las asociaciones de pastizal y nanchal ( $J = 0.4634$ ) y pastizal y selva baja caducifolia ( $S = 0.3285$ ). Para la temporada seca los resultados de ambos coeficientes fueron similares, las asociaciones vegetales que compartieron más especies fueron la selva baja caducifolia y la vegetación riparia ( $J = 0.6333$  y  $S = 0.4489$ ), y las que menos compartieron fueron pastizal y selva baja caducifolia ( $J = 0.4242$  y  $S = 0.3191$ ).

Finalmente, se encontraron bajos valores de diversidad beta para cada asociación vegetal entre temporadas mediante ambos coeficientes (vegetación riparia  $J = 0.6000$ ,  $S = 0.4392$ ; selva baja caducifolia  $J = 0.5750$ ,  $S = 0.3769$ ; pastizal  $J = 0.4687$ ,  $S = 0.4239$ ; y nanchal  $J = 0.6060$ ,  $S = 0.3689$ ), evidenciando poca similitud entre las dos temporadas monitoreadas para cada asociación.

## DISCUSIÓN

El esfuerzo de muestreo permitió registrar un 90.74% de las especies previstas por el estimador, lo que nos permite considerar que el área de estudio fue muestreada adecuadamente. Sin embargo, es conveniente realizar más monitoreos, con el propósito de localizar aquellas especies que no fue posible registrar, principalmente especies raras, o de comportamientos erráticos.

La riqueza de anfibios y reptiles registrada en esta localidad puede considerarse alta, dado que el área de estudio es de aproximadamente 20 km<sup>2</sup>, lo que representa el 2% de la superficie estatal, y sin embargo posee el 11.52% de la herpetofauna para Oaxaca. Estos datos contrastan con los resultados del estudio de Martín-Regalado *et al.* (2011), quienes únicamente registraron 40 especies (36 reptiles y cuatro anfibios) para el Cerro Guiengola, en las cercanías de la ciudad de Tehuantepec en un área de 4,530 ha, mientras que nuestro monitoreo se desarrolló en una superficie 50% menor. Es posible que la diferencia en la riqueza registrada entre ambos estudios se deba a que en el estudio antes mencionado existen asociaciones vegetales diferentes, compartiendo con nuestro estudio sólo las asociaciones de selva baja caducifolia y vegetación riparia, y difiriendo en que en el nuestro se monitorearon además asocia-

ciones de nanchal y pastizal abierto, lo que podría incrementar la cantidad de nichos disponibles para las distintas especies en nuestra área de estudio. El suelo del cerro Guiengola es pedregoso, lo que no permite la retención y formación de cuerpos de agua, y posiblemente tenga una consecuencia directa sobre la riqueza de anfibios (Martín-Regalado *et al.* 2011). Adicionalmente, el rango altitudinal en el que Martín-Regalado *et al.* (2011) monitorearon es más amplio que el de nuestra área de estudio, de modo que la altitud puede estar influenciando la poca riqueza del estudio citado, puesto que se ha comprobado que a mayor altitud la riqueza y diversidad de la herpetofauna tiende a disminuir (Lynch & Duellman 1980, Duellman 1999).

Nuestros resultados de riqueza podrían estar indicando que Montecillo Santa Cruz posee una alta diversidad herpetofaunística que merece seguir siendo explorada, no sólo para incrementar el conocimiento sobre anfibios y reptiles de la región, sino además para proponer medidas de manejo y conservación eficientes. De acuerdo con Casas-Andreu *et al.* (2004), en la región existen 94 especies de reptiles y 28 de anfibios, por lo que de incrementarse la intensidad de monitoreo en Montecillo Santa Cruz, es probable que la riqueza reportada también se incremente.

Por otro lado, que la riqueza herpetofaunística para Montecillo Santa Cruz fuera mayor durante la temporada húmeda, se debió a que durante la misma se incrementó el número de anfibios, el cual pasó de cuatro en la temporada seca a 12 en la temporada húmeda. Esto se explica por la estrecha relación que existe entre la presencia de cuerpos de agua y los ciclos de vida de los anfibios (Blaustein *et al.* 1994, Vargas & Bolaños 1999, Vitt & Caldwell 2009); en la temporada húmeda gran parte del área de estudio se inunda y se forman cuerpos temporales de agua que albergan a dichas especies (Jones 1988, Gómez & Anthony 1996, Weyrauch & Grubb 2004, Cortez-Hernández 2009). Esto confirma que en el Istmo de Tehuantepec la temporada del año influye directamente sobre las condiciones del hábitat y por lo tanto sobre la riqueza y diversidad.

A lo largo de todo el estudio la selva baja caducifolia representó la asociación vegetal más importante en términos de riqueza herpetofaunística. Estos resultados coinciden con estudios similares (García-Vázquez *et al.* 2009, Martín-Regalado *et al.* 2011), en los que se ha registrado que existe una gran diversidad de anfibios y reptiles en este tipo de hábitat (Ramírez-Bautista 1994, Pérez-Ramos 2005), debido a que es una asociación vegetal compleja, con pronunciados cambios fenológicos y con más estratos y hábitats disponibles para las especies (García & Ceballos 1994, CONABIO 1998, Blake & Loiselle 2000, Castro-Franco & Bustos 2003). Finalmente la asociación que presentó una menor riqueza a lo largo de todo el estudio fue la de pastizal; la razón probable es que en este tipo de vegetación domina el estrato herbáceo, y presenta de forma ocasional algún ejemplar del árbol del morro (*C. alata*); por ello la disponibilidad de nichos se reduce drásticamente y con ello la riqueza de herpetofauna, especialmente la de reptiles.

**Abundancia relativa.** En términos generales las especies de anfibios y reptiles más abundantes en la zona de estudio se caracterizan por tener una amplia distribución geográfica (Cedeño-Vázquez *et al.* 2001, Zorro-Cerón 2007, Martín-Regalado *et al.* 2011), viviendo tanto en ambientes conservados como perturbados, tal es el caso de los anfibios *I. valliceps*, *R. marina*, *S. baudinii*, *H. variolosus* y de los reptiles *A. deppei*, *S. variabilis*, *S. melanorhinus*, *C. pectinata*, *L. annulata* y *H. turcicus* (Herrera 2005). Las especies generalistas son las más frecuentemente encontradas (Martín-Regalado *et al.* 2011), o bien las más abundantes (Zorro-Cerón 2007). Especies como *S. variabilis* y *A. deppei* son tolerantes a la aridez (Canseco 1996), lo que explica que se encuentren entre las más abundantes y entre los primeros rangos de abundancia (Figuras 3 y 4). Además de *S. variabilis*, también se registró a *S. melanorhinus* como abundante, lo que coincide con el estudio de García-Vázquez *et al.* (2009), quienes reportan al género *Sceloporus* como uno de lo más abundantes y el de Orea-Gadea (2010) quien también reportó al grupo de los lacertilios como el más abundante.

Especies como *I. valliceps*, *R. marina*, y *S. baudinii*, las cuales se encontraron entre las más abundantes en este estudio, son tolerantes a la perturbación y en casos como el de *R. marina* y *S. baudinii* son especies reconocidas por su abundancia y ser conspicuas (Cedeño-Vázquez *et al.* 2001). En el área de estudio, gran parte de los terrenos son quemados anualmente para la actividad de ganadería extensiva, especialmente en las asociaciones de pastizal y nanchal, de ahí que parte de dicha vegetación se encuentre perturbada (Lorenzo *et al.* 2008) y que encontremos como abundantes a estas especies tolerantes. De acuerdo a nuestros resultados, las especies más abundantes en las asociaciones vegetales que poseen menos cobertura vegetal, particularmente arbustiva y arbórea, tales como el nanchal y pastizal, fueron en su mayoría reptiles tolerantes a la perturbación (*A. deppei*, *C. oaxacana*, *L. annulata*, *S. melanorhinus* y *M. mentovarius*). Esto es de relevancia considerando que los estratos herbáceos de estas asociaciones vegetales son quemados año con año, es decir son áreas perturbadas pero aun así ofrecen condiciones para la permanencia de estas especies de reptiles.

Las especies más abundantes en las asociaciones vegetales más complejas como la selva baja caducifolia y vegetación riparia fueron en primer término tres anfibios (*S. baudinii*, *I. valliceps* y *R. marina*) y un reptil (*B. vittatus*), especies que están estrechamente relacionadas con el agua (Herrera 2005). También fue abundante la iguana negra (*C. pectinata*), cuyo hábitat generalmente se localiza en la selva baja caducifolia (Casas-Andreu 1982) y las condiciones del estrato arbóreo de ésta posiblemente le permita llevar a cabo todas sus actividades alimentarias, sociales y de descanso (Durtsche 2004).

**Diversidad alfa.** A lo largo de todo el estudio la selva baja caducifolia, una asociación densa, caracterizada por presentar árboles de 8 a 12 m de altura, formando un

techo de altura uniforme, y con un piso adicional de hierbas y arbustos (Capon & Dowe 2007), fue la que presentó los valores más altos de diversidad de anfibios y reptiles, lo que coincide con estudios similares sobre diversidad de herpetofauna en este tipo de asociación (Ramírez-Bautista 1994, Pérez-Ramos 2005). Como ya se mencionó, al ser una asociación vegetal compleja, de alta heterogeneidad estructural y con más estratos y microhábitats disponibles para las especies (Blake & Loiselle 2000), resulta más probable encontrar mayor número de éstas (Castro-Franco & Bustos 2003). Aunado a ello, la formación de cuerpos de agua temporales durante la estación húmeda (obs. pers., 2008-2011) crea un hábitat adecuado para los anfibios (Weyrauch & Grubb 2004). Por otro lado, de acuerdo al análisis de equitatividad, todas las asociaciones vegetales, mostraron valores cercanos a uno, lo que puede explicarse con los valores de densidad relativa, en donde ninguna de las especies tiene una dominancia por encima del resto de las especies. De esta forma, podemos decir que en términos generales la herpetofauna de Montecillo Santa Cruz está compuesta por especies con abundancias similares. En cambio, la asociación de pastizal fue la que a lo largo de todo el estudio presentó la menor diversidad, probablemente debido a que esta asociación posee una estructura menos compleja, sin estratos arbóreos o arbustivos (Sántiz 2006); aunado a ello, esta asociación periódicamente es incendiada para crear zonas propicias para la ganadería extensiva (Lorenzo *et al.* 2008), lo que podría estar influyendo sobre la composición de especies de anfibios y reptiles de la zona (Santos & Poquet 2010).

**Diversidad beta.** A lo largo de todo el estudio, los valores más altos de similitud se encontraron para las asociaciones vegetales de selva baja caducifolia y vegetación riparia. Esto podría deberse a que estas asociaciones presentan una estructura relativamente parecida, con árboles y arbustos como especies dominantes, creando condiciones para que varias especies de anfibios y reptiles encuentren refugio y alimento (Blake & Loiselle 2000, Vitt & Caldwell 2009). En términos generales el pastizal fue la asociación vegetal que menos especies compartió con el resto, lo que podría explicarse debido a que es en el pastizal donde se desarrolla la actividad pecuaria de la zona, lo que aunado a las quemadas periódicas, podrían estar promoviendo cambios florísticos en el ecosistema que afecten la diversidad biológica presente (Sala 1988, Veski *et al.* 2001, Altesor *et al.* 2005, Altesor *et al.* 2006, Cushman 2006). Adicionalmente, la asociación de pastizal es la que estructuralmente es menor similar al resto (Sántiz 2006), careciendo de una estructura arbórea y arbustiva, lo que podría estar favoreciendo que esta última y el resto de las asociaciones compartan menos especies entre sí.

**Comparación de las asociaciones vegetales entre temporadas.** Al calcular la diversidad beta para cada una de las asociaciones vegetales entre las dos temporadas, es

evidente que ninguna muestra un alto valor de similitud, pues sólo el nanchal alcanza valores de 0.6060 por medio del coeficiente de Jaccard. Esto demuestra que todas las asociaciones vegetales experimentan un cambio importante entre estaciones por la presencia de las lluvias, condicionando que tanto la riqueza de especies como su abundancia cambie a lo largo del año. Esto puede comprobarse analizando la composición de la herpetofauna encontrada para las asociaciones vegetales a lo largo del estudio (Cuadro 1), pues es claro que en la temporada húmeda la presencia de los anfibios se vuelve importante. Además, estas condiciones pueden verse favorecidas por dos factores. Por un lado, en el área de estudio, incluso en las zonas dominadas por selva baja caducifolia, nanchal y pastizal, ocurren inundaciones periódicas ligadas a las abundantes precipitaciones durante la temporada húmeda (Farías 2004, Sántiz 2006), creando condiciones propicias para que proliferen los anfibios, y posiblemente que los reptiles se vean beneficiados al incrementarse la disponibilidad de alimento (Vitt & Caldwell 2009). A su vez, esto provoca que la estructura de la vegetación en dichas asociaciones cambie considerablemente entre temporadas, lo que seguramente favorece que la composición de las especies que ahí se distribuyen cambie de manera importante entre las dos temporadas del año.

**Implicaciones para la conservación.** El registro de 49 especies en una superficie de 20 km<sup>2</sup>, nos lleva a considerar que esta zona podría proponerse como un área de importancia para la conservación de la herpetofauna.

Aunado a ello, es importante señalar que actividades como la ganadería extensiva y la caza sin control de fauna silvestre han propiciado el decremento poblacional de especies que pudieran estar en alguna categoría de riesgo (Hart 2000, Vargas 2001). La zona, además de poseer una alta diversidad biológica, también coincide con comunidades humanas en algún grado de marginación (INEGI 2010), que en muchos casos dependen de los recursos de su territorio para sobrevivir, lo que pone aun en mayor riesgo a las especies que se encuentran en la zona, particularmente aquellas que son utilizadas como alimento (Vargas 2001, Rioja 2008). Se sugiere que la protección de las especies reconocidas bajo alguna categoría de riesgo o endémicas a Oaxaca se considere prioritaria, particularmente para *C. oaxacana*, *B. constrictor*, *C. simus*, *H. horridum* y *L. bicolor*. Finalmente, es indispensable continuar con los monitoreos que actualicen la información sobre la diversidad herpetofaunística de la región, además de mejorar la información existente sobre el estatus poblacional y área de distribución actual de especies raras y en peligro de extinción, como *C. oaxacana* y *Dermophis mexicanus*.

**AGRADECIMIENTOS.** Agradecemos el apoyo del Programa de Mejoramiento del Profesorado por el financiamiento al proyecto “Anfibios y reptiles del Istmo de Tehuantepec: distribución, uso de hábitat, riqueza y diversidad” (PROME/103.5/10/4979). Agradecemos a IDEA WILD por el equipo donado

para el monitoreo de fauna en la región. De manera especial agradecemos a las familias de Montecillo Santa Cruz que otorgaron todo su apoyo para la realización del trabajo de campo. Agradecemos a S. I. Valenzuela y O. S. Gutiérrez por su apoyo durante la última etapa del trabajo de monitoreo y análisis de datos. Por último, agradecemos a los revisores anónimos que con sus comentarios colaboraron en la mejora de este manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- Altesor, A., Oesterheld, M., Leoni, E., Lezama, F. & Rodríguez, C.** 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecology*, 179: 83–91.
- Altesor, A., Piñeiro, G., Lezama, F., Jackson, R. B., Sarasola, M. & Paruelo, J. M.** 2006. Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 17: 323-332.
- Barreto, O. D.** 2000. *Análisis ecológico y distribucional de los anfibios y reptiles de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca*. Tesis de licenciatura. Escuela de Biología, UNAM, México.
- Blaustein, A., Wake, D. & Wayne, P. S.** 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology*, 6: 60-71.
- Blake, J. G. & Loiselle, B. A.** 2000. Diversity of birds along an elevational gradient in the Cordillera Central, Costa Rica. *The Auk*, 117: 663-686.
- Campbell, J. A. & Lamar, W. W.** 1989. *The venomous reptiles of Latinamerica*. University Press, New York, USA.
- Canseco-Márquez, L.** 1996. *Estudio preliminar de la herpetofauna en la Cañada de Cuicatlán y Cerro Piedra Larga, Oaxaca*. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Capon, S. & Dowe, J.** 2007. Diversity and dynamics of riparian vegetation. Pp. 3-33. In: Lovett, S. & Price, P. (Eds.). *Principles for riparian lands management*. Land & Water, Australia.
- Casas-Andreu, G.** 1982. *Anfibios y reptiles de la costa suroeste del Estado de Jalisco con aspectos sobre su ecología y biogeografía*. Tesis Doctoral. UNAM, México.
- Casas-Andreu, G., Valenzuela-López, G. & Ramírez-Bautista, A.** 1991. Como hacer una colección de anfibios y reptiles. *Cuadernos del Instituto de Biología*, No.10.
- Casas-Andreu, G., Méndez de la Cruz, F. R. & Camarillo, J. L.** 1996. Anfibios y Reptiles de Oaxaca. Lista, Distribución y Conservación. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 69: 1-35.
- Casas-Andreu, G., Méndez de la Cruz, F. R. & Aguilar-Miguel, X.** 2004. Anfibios y reptiles, pp. 375-390. In: García-Mendoza, A. J., Ordóñez, M. J. & Briones-Salas, M. (Eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Castro-Franco, R. & Bustos, G.** 2003. Lagartijas de Morelos, México: Distribución, Hábitat y Conservación. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 88: 123-142.
- Ceballos, G.** 1999. Áreas prioritarias para la conservación de los mamíferos de México. *Biodiversitas*, 27: 1-8.
- Cedeño-Vázquez, J. R., Calderón-Mandujano, R. R. & Pozo de la Tijera, C.** 2001. *Guía rústica de los anfibios de la región de Calakmul, Campeche, México*. El Colegio de la Frontera Sur, Campeche.
- Chao, A.** 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics*, 43: 783-791.
- CITES** (Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres). 2012. *Apéndices I, II y III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recurso electrónico: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>.

- CONABIO** (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. *La diversidad biológica de México. Estudio de país*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO** (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2009. *Cuarto Informe Nacional de México al Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Conant, R. & Collins, J. T.** 1998. *A Field Guide to Reptiles and Amphibians*. Eastern and Central North America. Third Edition. Houghton Mifflin Company, Boston, USA.
- Cortez-Hernández, C.** 2009. Anfibios del Valle de Zongo (La Paz, Bolivia): II. Riqueza, abundancia y composición. *Ecología en Bolivia*, 44: 120-130.
- Cushman, S. A.** 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. *Biological Conservation*, 128: 231-240.
- Dirzo, R. & Raven, P. H.** 1994. Un inventario biológico para México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 55: 29-34.
- Duellman, W.** 1999. Global Distribution of Amphibians: Patterns, Conservation, and Future Challenges. Pp. 1-30. In: Duellman, W. E. (Ed.). *Patterns of Distribution of Amphibians: A Global Perspective*. The Johns University Press, USA.
- Durtsche, R.** 2004. Ontogenetic variation in digestion by the herbivorous lizard *Ctenosaura pectinata*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77: 459-470.
- Farías, V.** 2004. *Spatio-temporal ecology and habitat selection of the critically endangered tropical hare (Lepus flavigularis) in Oaxaca, Mexico*. Tesis de doctorado. Massachusetts University, USA.
- Flores-Villela, O., 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*, 10: 1-285.
- Flores-Villela, O. & Canseco-Márquez, L.** 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 20: 115-144.
- Fox, J.** 2005. The R Commander: A Basic Statistics Graphical User Interface to R. *Journal of Statistical Software*, 14: 1-42.
- Franco-López, J., de la Cruz, G., Cruz, A., Rocha, A., Navarrete, N., Flores, G., Kato, E., Sánchez, S., Abarca, L. G. & Bedia, C. M.** 1985. *Manual de ecología*. Editorial Trillas, México.
- Frost, D. R., Grant, T., Faivovich, J. N., Bain, R. H., Haas, A., Haddad, C. F. B., De Sá, R. O., Channing, A., Wilkinson, M., Donnellan, S. C., Raxworthy, C. J., Campbell, J. A., Blotto, B. L., Moler, P., Drewes, R. C., Nussbaum, R. A., Lynch, J. D., Green, D. M. & Wheeler, W. C.** 2006. The amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 297: 1-370.
- García-Vázquez, U. O., Canseco-Márquez, L., Gutiérrez-Mayen, G. & Trujano-Ortega, M.** 2009. Actualización del conocimiento de la fauna herpetológica en el estado de Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, 17: 12-36.
- García, E.** 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía. UNAM, México.
- García, A. & Ceballos, G.** 1994. *Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco, México*. Fundación Ecológica de Cuixmala A.C., México.
- Gómez, D. M. & Anthony, R. G.** 1996. Amphibian and reptile abundance in riparian and upslope areas of 5 forest types in Western Oregon. *Northwest Science*, 70: 109-119.
- González, P. G., Briones-Salas, M. & Alfaro, A. M.** 2004. Integración del conocimiento faunístico del estado. Pp. 449-466. In: García-Mendoza, A. J., Ordóñez, M. J. & Briones-Salas, M. (Eds.).

- Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.
- Hart, J. A.** 2000. Impact and Sustainability of Indigenous Hunting in the Ituri Forest, Congo-Zaire: A Comparison of Unhunted and Hunted Diuker Populations. Pp. 106-153. In: Robinson, J. G. & Bennett, E. L. (Eds). *Hunting for Sustainability in Tropical Forests*. Columbia University. New York, USA.
- Herrera, N.** 2005. *Evaluación ambiental del complejo Lago Güüja*. Informe Final: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador.
- INEGI** (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. *Censo nacional de población y vivienda 2010*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- IUCN** (International Union for Conservation of Nature). 2012. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012*. Recurso electrónico: <http://www.iucnredlist.org/>
- Jones, K. B.** 1986. Amphibians and Reptiles. Pp. 267-290. In: Cooperrider, A. Y., Boyd, R. J. & Stuart, H. R. (Eds). *Inventory and Monitoring of Wildlife Habitat*. USDI Burland Management Service Center, Denver, USA.
- Jones, K. B.** 1988. *Distributions and habitat associations of herpetofauna in Arizona: comparisons by habitat type*. Management of Amphibians, reptiles and small mammals in North America Symposium. Flagstaff, Arizona, USA.
- Karns, D. R.** 1986. *Methods for the study of amphibians and reptiles in Minnesota*. University of Minnesota, Museum of Natural History, USA.
- Kindt, R. & Coe, R.** 2005. *Tree diversity analysis: A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies*. World Agroforestry Centre, Nairobi, Kenya.
- Koleff, P.** 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. Pp. 19-40. In: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (Eds). *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. Monografías Tercer Milenio. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España.
- Köhler, G.** 2003. *Reptiles of Central America*. Herpeton. Verlag Elke Köhler. Germany.
- Köhler, G.** 2004. *Ctenosaura oaxacana*. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. Recurso electrónico: <http://www.iucnredlist.org/details/44190/0>.
- Köhler, G.** 2011. *Amphibians of Central America*. Herpeton. Verlag Elke Köhler. Germany.
- Lee, J. C.** 2000. *A field Guide to the Amphibians and Reptiles of the Maya World: The lowlands of México, Northern Guatemala, and Belice*. Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press, USA.
- Lips, K. R., Reaser, J. K., Young, B. E. & Ibañez, R.** 2001. *Monitoreo de anfibios en América Latina: manual de protocolos*. Society for the Study of amphibians and Reptiles, USA.
- Lorenzo, C., Rioja, T., Carrillo, A. & Cervantes, F. A.** 2008. Population fluctuations of *Lepus flavigularis* (Lagomorpha: Leporidae) at Tehuantepec isthmus, Oaxaca, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 24: 207-220.
- Lynch, J. & Duellman, W.** 1980. The *Eleutherodactylus* of the Amazonian slopes of the Ecuadorian Andes (Anura: Leptodactylidae). *Miscellaneous Publication. Museum of Natural History, University of Kansas*, 69: 1-86.
- Martín-Regalado, C. N., Gómez-Ugalde, R. M. & Cisneros-Palacios, M. E.** 2011. Herpetofauna del Cerro Guiengola, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 27: 359-376.
- Magurran, A. E.** 1988 *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princenton University Press, New Jersey, USA.
- Moreno, C. E.** 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, España.

- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H. & Wagner, H. 2012. *vegan: Community Ecology Package*. Recurso electrónico: <http://R-Forge.R-project.org/projects/vegan/>
- Orea-Gadea, J. 2010. *Efecto de plantaciones mixtas sobre la diversidad herpetofaunística en selva baja caducifolia de Sierra de Huautla, Morelos*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Morelos, México.
- Pérez-García, E. A., Meave, J. & Gallardo, C. 2001. Vegetación y Flora de la Región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botánica Mexicana*, 56: 19-88.
- Pérez-Ramos, E. 2005. *Distribución ecológica actual de los reptiles de Guerrero: Un análisis biogeográfico preliminar*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Powell, R., Collins, J. T. & Hooper Jr., E. D. 1998. *A Key to Amphibians and Reptiles of the Continental United States and Canada*. University Press of Kansas, Lawrence, USA.
- R Development Core Team. 2011. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Recurso electrónico: <http://www.R-project.org/>.
- Ramamoorthy, R., Bye, R., Lot, A. & Fa, J. 1998. *Diversidad biológica de México. Orígenes y Distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Ramírez-Bautista, A. 1994. *Manual y claves ilustradas de los anfibios y reptiles de la región de Chamela, Jalisco, México*. Cuadernos 23, Instituto de Biología, UNAM, México.
- Rioja P., T.M. 2008. *Comportamiento reproductivo de la liebre de Tehuantepec (Lepus flavigularis) en su hábitat*. Tesis de doctorado. El Colegio de la Frontera Sur, México.
- Rioja, T., Carrillo-Reyes, A., Espinoza-Medinilla, E. & López-Mendoza, S. 2012. Basic ecology of the Oaxacan Spiny-tailed Iguana *Ctenosaura oaxacana* (Squamata: Iguanidae), in Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 60: 1613-1619.
- Rioja-Paradela, T.M., Carrillo-Reyes, A., Castañeda-Gaytán, G., Espinoza-Medinilla, E. & López-Mendoza, S. 2012. *Anfibios y reptiles del Istmo de Tehuantepec: distribución, uso de hábitat, riqueza y diversidad*. Informe Técnico. PROMEP/103.5/10/4979, México.
- Sala, O. E. 1988. The effect of herbivory on vegetation structure. Pp. 317-330. In: Werger, M. J. A., van der Aart, P. J. M., During, H. J. & Verhoeven, J. T. A. (Eds.). *Plant Form and Vegetation Structure: Adaptation, Plasticity, and Relation to Herbivory*. SPB Academic Publishing, The Hague.
- Sántiz L., E. 2006. *Selección de hábitat y densidad de la liebre del Istmo Lepus flavigularis (Wagner 1844) en Oaxaca, México*. Tesis de maestría. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México.
- Santos, Z. & Poquet, J. M. 2010. Ecological succession and habitat attributes affect the postfire response of a Mediterranean reptile community. *European Journal of Wildlife Research*, 56: 895-905.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. *Norma Oficial Mexicana 059. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación, México.
- Vargas-S., F. & Bolaños, M. E. 1999. Anfibios y reptiles presentes en hábitats perturbados de selva lluviosa tropical en el Bajo Anchicayá, Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 23: 499-511.
- Vargas E., Z. 2001. Valoración de los vertebrados terrestres por huaves y zapotecas del istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. Tesis de maestría. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
- Vesk, P. A., Leishman, M. R. & Westoby, M. 2004. Simple traits do not predict grazing response in Australian dry shrublands and woodlands. *Journal of Applied Ecology*, 41: 22-31.

- Vitt, L. J. & Caldwell, J. P.** 2009. *Herpetology*. Third Edition: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. Academic Press, USA.
- Weyrauch, S. H. & Grubb, T. C.** 2004. Patch and landscape characteristics associated with the distribution of woodland amphibians in a agricultural fragmented landscape: an information-theoric approach. *Biological Conservation*, 115: 443-450.
- Whittaker, R. H.** 1965. Dominance and diversity in plant communities. *Science*, 147: 250-260.
- Zorro-Cerón, J. P.** 2007. *Anuros del piedemonte llanero: diversidad y preferencias de microhábitat*. Tesis. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.