

## DIVERSIDAD DE UNA COMUNIDAD DE MAMÍFEROS CARNÍVOROS EN UNA SELVA MEDIANA DEL NORESTE DE OAXACA, MÉXICO

**Gabriela PÉREZ-IRINEO y Antonio SANTOS-MORENO\***

Laboratorio de Ecología Animal. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional. Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, MÉXICO. Código Postal 71230

\*E-mail: asantosm90@hotmail.com

**Pérez-Irineo, G. & A. Santos-Moreno.** 2010. Diversidad de una comunidad de mamíferos carnívoros en una selva mediana del noreste de Oaxaca, México. *Acta Zool. Mex. (n. s.)*, 26(3): 721-736.

**RESUMEN.** Se evaluaron varios parámetros de diversidad de una comunidad de mamíferos carnívoros y su variación entre temporadas en un paisaje heterogéneo del noreste de Oaxaca, México. Se establecieron tres sendas para la búsqueda de rastros, capturas de organismos y avistamientos. Se registraron seis especies en la comunidad de Cerro Tepezcuintle. *Nasua narica* fue la especie más abundante, seguida de *Leopardus pardalis*. El 57% de los registros se obtuvieron durante la temporada seca y el 43% en la de lluvias y las abundancias no mostraron diferencias significativas entre temporadas. La diversidad expresada por el índice de Shannon-Wiener mostró el valor más bajo en la temporada seca. La dominancia mostró valores similares en ambas temporadas, con *N. narica* como la especie más abundante. Tres de las especies registradas se encuentran en la categoría En Peligro de Extinción y dos se encuentran entre las diez especies de mayor prioridad nacional para la conservación de carnívoros terrestres mexicanos, lo que denota la importancia de la zona como un refugio de la diversidad regional.

**Palabras clave:** Abundancia, diversidad, dominancia, *Leopardus pardalis*, *Nasua narica*, riqueza de especies.

**Pérez-Irineo, G. & A. Santos-Moreno.** 2010. Diversity of a community of carnivorous mammals in a subcaducifolious tropical forest of northeastern Oaxaca, Mexico. *Acta Zool. Mex. (n. s.)*, 26(3): 721-736.

**ABSTRACT.** We evaluated several parameters of diversity of a community of carnivorous mammals and their seasonal variation in a heterogeneous landscape of the northeast of Oaxaca, Mexico. Three trails were established for the search of signs, captures of organisms and sightings. Six species of carnivorous were recorded. *Nasua narica* was the species with higher relative abundance and density, followed by *Leopardus pardalis*. 57% of the records were obtained during the dry season and 43% in the rainy season, and abundances do not change between seasons. The diversity, as measured by the Shannon-Wiener index, showed the lowest value in the dry season. The dominance showed similar values in both seasons, with *N. narica* as the most abundant species. Three of the species are found in the category In Danger of Extinction, and two are between the ten species of greater national priority

for the conservation of Mexican terrestrial carnivores, which denotes the importance of the zone as refuge of the regional mammalian diversity.

**Key words:** Abundance, diversity, dominance, *Leopardus pardalis*, *Nasua narica*, species richness.

## INTRODUCCIÓN

Los depredadores de alto nivel de la mayoría de comunidades terrestres típicamente son mamíferos del orden Carnívora, y su eliminación de los ecosistemas modifica las interacciones que regulan las poblaciones de depredadores y presas (Terborgh *et al.* 1999; Gittleman *et al.* 2001). Por otra parte, las evidencias indican que la depredación tiene un papel fundamental en la preservación de la biodiversidad de las comunidades terrestres (Miller *et al.* 2001) e incluso en el control de zoonosis (Ostfeld & Holt 2004).

En todos los continentes estos depredadores están restringidos a pequeñas fracciones de su área de distribución original, por lo que la integridad de las comunidades biológicas está amenazada por regímenes fuertemente distorsionados de depredación. Como resultado de la sensibilidad a las alteraciones de su hábitat inducidas por las actividades humanas, rápidamente se convierten en especies amenazadas o alcanzan alguna categoría de riesgo de extinción al corto plazo. Por ejemplo, en México de las 15 especies cuya extinción se ha documentado hasta la fecha, cinco (33.3%) pertenecen al orden Carnívora (Ceballos *et al.* 2005) y la legislación mexicana incluye 18 especies del orden en alguna categoría de riesgo.

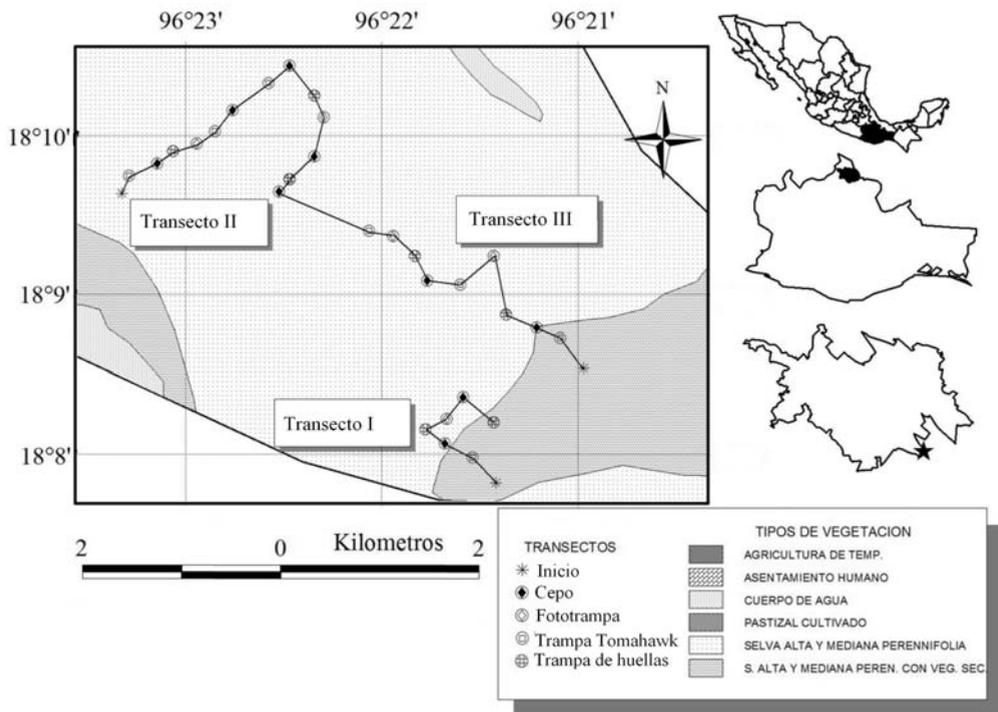
El atractivo estético y emocional de muchos carnívoros (Kitchener 1991) y su potencial como especies sombrilla (aquellas cuya conservación confiere protección a un número grande de especies que co-ocurren naturalmente con ella, Roberge & Angelstam 2004) frecuentemente guían los esfuerzos de conservación de ecosistemas completos (Carroll *et al.* 2001; Loyola *et al.* 2008; Dalerum *et al.* 2010). Desafortunadamente, el estudio de los mamíferos del orden Carnívora es complicado y oneroso, incluso a niveles tan elementales como conocer su presencia en un sitio determinado. Aún en aquellos sitios en que continúan presentes, la densidad de sus poblacionales tiende a disminuir, esto sumado a sus conductas sigilosas, tiene como resultado que observarlos sea cada vez menos frecuente (Gittleman *et al.* 2001), por lo que para obtener estimaciones confiables, tanto de riqueza de especies como de su abundancia, es necesario el uso combinado de diferentes dispositivos de captura o registro (Wilson & Delahay 2001; Barea-Azcón *et al.* 2007).

El estado de Oaxaca, ubicado en el sureste de México se caracteriza por albergar una proporción importante de la diversidad biológica del país, mayor incluso que la de naciones completas de Centro América (Ramamoorthy *et al.* 1993). Incluye 196 especies de mamíferos terrestres, lo que lo sitúa en el primer lugar al nivel nacional en número de especies de este grupo, además es una de las ecorregiones con mayor riqueza de especies del orden Carnívora en el Neotrópico (Loyola *et al.* 2008). A pesar de esto, aún son pocos los estudios que incluyen a estos mamíferos, la mayoría

de ellos son inventarios (Cervantes & Yépez Mulia 1992; Briones Salas 2000; Briones-Salas *et al.* 2001; Alfaro *et al.* 2006; Pérez Lustre *et al.* 2006; Olgún Monroy *et al.* 2008; López *et al.* 2009) y son pocos los trabajos cuyo objetivo específico es conocer la diversidad o riqueza de este grupo en particular (Botello López 2006; Botello *et al.* 2008). Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo caracterizar la diversidad mamíferos del orden Carnivora en términos de riqueza y abundancia, así como su variación temporal, en una selva mediana en el noreste del estado de Oaxaca, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El Cerro Tepezcuintle se ubica en el municipio de San Miguel Soyaltepec, distrito de Tuxtepec, en el noreste del estado de Oaxaca (Fig. 1), que abarca una superficie de 66 900 ha y la superficie efectiva de muestreo abarca 1 313 ha (18°08'51"N y 96° 20'28"W). La temperatura media anual va de 20° C a 28° C, la precipitación oscila entre 1000 y 1700 mm. El clima predominante es de tipo cálido



**Figura 1.** Ubicación de la zona de estudio en la comunidad de Cerro Tepezcuintle, distrito de Tuxtepec, Oaxaca. Los puntos indican los puntos de muestreo, sobre los senderos.

húmedo con abundantes lluvias en verano (Rzedowski 1994; Flores-Martínez & Manzanero-Medina 1999). La temporada de lluvias comprende los meses de mayo a octubre y la seca de noviembre a abril. El tipo de vegetación es una selva mediana con presencia de acahuales, potreros y áreas de cultivo. La zona presenta una proporción alta de área dedicada a la agricultura y pastoreo (40%), en comparación con la selva (11%) y de vegetación secundaria (13%). Aunque el número de habitantes es relativamente escaso en la comunidad (780 habitantes en el año 2000), el fragmento de selva donde se llevaron a cabo las colectas se encuentra en un mosaico de poblados pequeños aledaños.

**Colecta de datos de campo.** Se establecieron tres sendas fijas al interior de la selva mediana aunque atravesaron zonas de acahual. Las sendas median entre dos y tres km de longitud, donde se colocaron, de manera alternada y separadas entre sí por 200 m diferentes dispositivos de muestreo hasta completar la distancia. En las sendas de tres kilómetros se colocaron cuatro trampas Tomahawk, cuatro cepos, cuatro estaciones olfativas y tres fototampas (*Cuddeback Digital Camera* modelo *Expert 3.0 MP*), en 15 puntos de muestreo. En la senda de dos kilómetros se colocaron tres trampas Tomahawk, tres cepos, dos estaciones olfativas y tres fototampas, en 11 puntos de muestreo. La distancia entre puntos de muestreo fue tomada para lograr la mayor posibilidad de registro para aquellas especies cuyos ámbitos hogareños son pequeños, como en el caso de algunos mustélidos (por ejemplo, *Mustela frenata* con 0.04 km<sup>2</sup>, Ceballos y Oliva 2005). Todas las trampas fueron cebadas con diferentes atrayentes (sardina, atún, frutas y vainilla) para registrar la mayor cantidad de especies posibles. Al recorrer los caminos se registraron todos los rastros que se encontraron además de los localizados en las estaciones olfativas. El periodo de colecta fue mensual con 3 días de muestreo de septiembre de 2007 a agosto de 2008, este periodo de colecta se eligió por cuestiones logísticas (número de trampas disponibles, colocación y revisión de trampas), además, otros estudios han demostrado que es factible registrar un porcentaje adecuado de la riqueza de especies incluso con sólo dos noches de muestreo (Torre *et al.* 2003) o con tres noches de trampeo para el caso de la abundancia (Harrison *et al.* 2002).

**Análisis de datos.** El esfuerzo de colecta se calculó como el número total de trampas colocadas por el total de días muestreados y el éxito de captura se tomó como el número total de registros / esfuerzo de colecta \* 100. Para el caso de registros por medio de fototampas, se consideró como un solo registro a todas las fotografías tomadas a una especie dentro de un ciclo de 24 h (Sanderson 2004). Se identificaron a los individuos de especies con un patrón de pelaje (rosetas, coloración o cicatrices); todas aquellas fotografías pertenecientes al mismo individuo dentro del ciclo de 24 h fueron consideradas como un solo registro. Cada individuo identificado en un mismo

ciclo por estación fue considerado como un registro. Se tomó la riqueza específica como el número total de especies registradas.

Para evaluar si el esfuerzo de captura fue suficiente para alcanzar una estimación aceptable de la riqueza de especies, se elaboraron curvas de acumulación de especies basadas en individuos (Gotelli & Collwel 2001), en este caso, registros para cada una de las temporadas y para todo el conjunto de datos. Las curvas se obtuvieron mediante la elaboración de una matriz de presencia-ausencia que se aleatorizó 100 veces para eliminar el efecto del orden específico en que ingresan los registros en la construcción de las curvas, este procedimiento se realizó con el programa *EstimateS* (Colwell 2000). Los datos aleatorizados fueron ajustados a los modelos Clench, Exponencial y Logarítmico (Soberón & Llorente 1993; Díaz-Francés & Soberón 2005). Estos modelos fueron evaluados por medio del programa *Species Accumulation* (Díaz-Francés & Gorostiza 2002; Díaz-Francés & Soberón 2005). En los casos en que no se alcanzó la asíntota se estimó el esfuerzo de colecta adicional (i. e., número de registros requeridos, además de los ya obtenidos) necesario para alcanzar el 95% del valor asíntótico del mejor modelo (Soberón & Llorente 1993).

Las variaciones en abundancia promedio se compararon entre las temporadas seca y de lluvias con la prueba no paramétrica U de Mann-Witney (Zar 1999). La abundancia relativa se cuantificó como el número de registros para una especie en particular / número total de registros obtenidos de todas las especies. Se estandarizó la abundancia relativa como número de registros/100 km recorridos. Para analizar la diversidad de la comunidad se utilizó el índice de dominancia de Berger-Parker, la equitatividad de Pielou y el de diversidad de Shannon-Wiener (Moreno 2001). Este último se comparó entre temporadas por medio de la prueba t modificada de Hutchenson (Zar 1999). El sistema de clasificación seguido es el propuesto por Wozencraft (2005).

## RESULTADOS

**Esfuerzo y éxito de colecta.** En total se colocaron 216 trampas Tomahawk•día, 226 cepos•día, 262 estaciones olfativas•día y 237 fototampas•día. Se recorrieron 278 km, distribuidos en 12 periodos de muestreo. El éxito de captura general fue de 5.41%. Dado que no se obtuvieron datos con las trampas Tomahawk ni con los cepos, no fueron considerados para los análisis subsecuentes.

**Riqueza y abundancia de especies.** Se registraron seis especies de mamíferos carnívoros en la comunidad de Cerro Tepezcuintle. *Nasua narica* fue la que presentó la abundancia relativa más alta, con 0.59 registros/km y 8.99/100 km, le siguieron *Leopardus pardalis* con 0.26 y 3.96/100 km, *Canis latrans* y *L. wiedii* con 0.05 y 0.72/100 km, y finalmente *Eira barbara* y *Urocyon cinereoargenteus* con 0.02 y 0.36/100 km (Cuadro 1). El modelo de acumulación de especies que mejor se ajustó

a los datos fue el de Clench, tanto para cada temporada como para todo el conjunto de datos, fue superior al segundo mejor modelo para la temporada seca por 420 veces, 3436 para la de lluvias y 33333 para todo el estudio. De acuerdo con esto, en la temporada de lluvias el modelo presenta una asíntota de 4.74 y el esfuerzo de colecta adicional necesario para alcanzar el 95% de este valor es de 53 registros. Para la temporada seca la asíntota del modelo es 8.29, y para alcanzar el 95% de este valor se requiere de 319 registros adicionales. En el caso de todo el periodo de tiempo estudiado la asíntota del modelo es 6.5 y se requiere de 129 registros más para alcanzar el 95% (Cuadro 2). Cabe destacar que la acumulación de especies (tanto la curva como los modelos de acumulación de especies) fueron expresadas en función de la acumulación de registros y no a partir de una unidad de esfuerzo de colecta. Este tipo de acumulación de especies es más adecuado para comparación entre estudios independientemente del esfuerzo de colecta y porque tiene una mejor representatividad de la riqueza en la zona en comparación de las curvas basadas en esfuerzos de colecta (Gotelli y Colwell, 2001).

**Cuadro 1.** Abundancia relativa y estandarizada (registros por 100 km) de mamíferos carnívoros de Cerro Tepezcuintle, noreste de Oaxaca, por temporada y para todo el estudio.

Temporada	Parámetro	Especie					
		<i>C. latrans</i>	<i>U. cinereoargenteus</i>	<i>L. pardalis</i>	<i>L. wiedii</i>	<i>N. narica</i>	<i>E. barbara</i>
Seca	Abundancia	1	1	5	0	16	1
	Abundancia relativa	0.0417	0.0417	0.2083	0	0.6667	0.0417
	Abundancia relativa estandarizada	0.74	0.74	3.68	0	11.76	0.74
Lluvias	Abundancia	1	0	6	2	9	0
	Abundancia relativa	0.0556	0	0.3333	0.1111	0.5	0
	Abundancia relativa estandarizada	0.70	0.00	4.23	1.41	6.34	0.00
Total	Abundancia	2	1	11	2	25	1
	Abundancia relativa	0.0476	0.0238	0.2619	0.0476	0.5952	0.0238
	Abundancia relativa estandarizada	0.72	0.36	3.96	0.72	8.99	0.36

**Cuadro 2.** Valores de los modelos asintóticos evaluados para la estimación de la riqueza de especies en la zona de muestreo para todo el periodo de análisis, la temporada seca y de lluvia. LR= relación de verosimilitud entre el mejor modelo y el segundo modelo candidato; a y b= parámetros ajustados,  $\hat{U}$ =correlación de los errores; Log L=Logaritmo de la verosimilitud del modelo respectivo; LR=Relación de verosimilitud de cada modelo con respecto al mejor de ellos; 1/LR=inverso de la relación entre la verosimilitud del modelo respectivo y el mejor modelo;  $t_{0.95}$ =Número de registros adicionales para alcanzar el 95% de la asintota.

Temporada								
Modelo	a	b	asintota	$\rho$	Log L	LR	1/LR	$\Delta t_{0.95}$
Seca								
Clench	0.4361	0.0526	8.29	0.9992	63.92	1	1	319
Logarítmico	0.6964	0.5624		0.9987	57.88	0.00238	420.16	
Exponencial	0.1729	0.0346		0.9996	53.93	0.000046	21739.13	
Lluviosa								
Clench	1.2785	0.2695	4.74	0.9988	48.38	1	1	53
Exponencial	0.8052	0.2013		0.9996	40.24	0.000291	3436.42	
Logarítmico	2.1148	2.1061		0.9970	39.94	0.000217	4608.29	
Todos								
Clench	0.7237	0.1113	6.50	0.9987	107.01	1	1	129
Exponencial	0.3208	0.0535		0.9997	96.59	0.00003	33333.33	
Logarítmico	4.5753	16.6596		0.9159	28.65			

Del total de los datos el 57% fueron registrados durante la temporada seca y el 43% en la temporada de lluvias. En la temporada seca se registraron cinco especies, la única que no se registró fue *L. wiedii*. Durante la época lluviosa no se registró a *E. barbara* y *U. cinereorgenteus*. Sólo *N. narica* presentó una mayor cantidad de registros durante la época seca; *C. latrans* y *L. pardalis* presentaron registros similares en ambas temporadas. La prueba de Mann-Witney no muestra diferencias estadísticamente significativas en los intervalos promedio de las abundancias entre las dos temporadas ( $U=17.5$ ,  $P=0.937$ ).

**Diversidad.** La diversidad expresada por el índice de Shannon-Wiener para la comunidad a lo largo del periodo de muestreo fue de  $H' = 0.49$ , en la temporada seca se observó un valor más bajo (0.4318) que en la de de lluvias (0.4853), aunque la prueba t de Hutchenson indica que estas diferencias no son significativas ( $t=0.458$ , g. l.=26.  $P=0.325$ ). La equitatividad para la zona fue de 0.273, en la época de lluvias alcanzó un valor alto ( $E=0.347$ ) en comparación con el temporada seca ( $E=0.267$ ).

El índice de Berger-Parker mostró valores similares tanto para todo el estudio como en cada temporada (todo el estudio 59.25%, temporada seca 66.66%, temporada de lluvias 50%), con *N. narica* consistentemente como la especie dominante (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Riqueza de especies e índices de Shannon-Wiener, la equitatividad de Pielou, Berger-Parker y dominancia de Simpson para la comunidad de mamíferos carnívoros de Cerro Tepezcuintle, noreste de Oaxaca.

Parámetro	Temporada		Total
	Seca	Lluviosa	
Número de especies	5	4	6
Especies exclusivas	2	1	—
Índice de Shannon Wiener	0.43	0.48	0.49
Equitatividad de Pielou	0.267	0.347	0.273
Índice de Simpson	0.49	0.37	0.42
Dominancia (%)	66.66	50	59.25
Especie dominante	<i>Nasua narica</i>		

## DISCUSIÓN

El modelo de acumulación de especies de Clench indica que el número asintótico de especies de carnívoros de la comunidad estudiada es de siete especies, es decir, aún quedan por registrar más del 14% de los carnívoros presentes en el área. Entre estas pueden estar *Procyon lotor* y alguna especie de zorrillo. La primera especie ya ha sido registrada en la zona (Goodwin 1969), y en este estudio se registraron sus huellas en el área de cultivo, pero como esto se ubica fuera de los transectos, no se incluyó en el análisis. Por otra parte, se percibió el olor característico del zorrillo, pero no fue posible verlo y por lo tanto reconocer la especie, aunque podría tratarse de *Conepatus semistriatus*, ya que de las especies de zorritos con presencia en Oaxaca, sólo esta especie se distribuye en la zona de Tuxtepec (Ceballos y Oliva 2005).

Otra especie podría ser *Puma yagouaroundi*, que ya se ha registrado en la zona (Briones *et al.* 2001; Goodwin 1969). Es muy probable que esta especie aún habite en la zona, debido a que se trata del felino neotropical de talla pequeña con la mayor flexibilidad en cuanto a requerimientos de hábitat (de Oliveira 1998) y se adapta bastante bien a los disturbios (Reid 1997). Incluso se ha observado que *P. yagouaroundi* tiende a refugiarse sobre los árboles menos que otros felinos de talla pequeña como *L. wiedii* (de Oliveira 1998), por lo que es probable que permanezca aunque se realice tala moderada. Una explicación probable de la ausencia de registro de esta especie es que raramente se encuentra dentro de las zonas de bosques

tropicales, parece preferir zonas de borde, áreas abiertas y zonas ripiarias (Konecny 1989; de Oliveira 1998) ya que se considera que se especializa en presas de zonas abiertas (Sunquist *et al.* 1989).

La zona de muestreo se encuentra inmersa en un paisaje mezclado de pequeños poblados, zonas de pastoreo y áreas de cultivo, que en conjunto cubren el 40% de la superficie, mientras que la selva ocupa aproximadamente el 11 %, por lo que especies de talla grande que requieren de territorios extensos como *Panthera onca* tendrían menos posibilidades de permanecer o bien, presentarse con abundancias bajas, lo que dificulta su registro. Otras especies más sensibles a la alteración antropogénica del ambiente como *Potos flavus* y *Bassariscus sumichrasti* difícilmente podrían permanecer en la zona. Para otras especies, el área de estudio no presentaba los microhábitat donde normalmente se encuentra, tal como *Lontra longicaudis*, mientras que el microhábitat en el que se establecieron los transectos no es el preferido por especies como *P. yagouaroundi* o *P. lotor*.

**Riqueza de especies.** La comparación de los resultados de este estudio con otros realizados en la región indica una considerable variación en la composición de la fauna de carnívoros de las selvas medianas del estado de Oaxaca. Por ejemplo, inventarios al nivel de todo el distrito de Tuxtepec señalaban la presencia únicamente de *P. yagouaroundi* y *P. lotor* (Goodwin 1969; Briones *et al.* 2001; Briones-Salas & Sánchez-Cordero 2004), pero ninguna de las dos especies se registró en Cerro Tepezcuintle. En estudios en otras selvas medianas y altas del estado se ha registrado una menor cantidad de especies: en la región conocida como Chinantla Baja se registraron cuatro (Alfaro *et al.* 2006) y de ellas, sólo *N. narica* fue común a ambas zonas, mientras *P. flavus*, *P. lotor* y *P. onca* no se registraron en este estudio; en la Sierra Mazateca y la planicie costera de Tuxtepec, en el norte de Oaxaca (Briones *et al.* 2001), se han registrado siete especies, cuatro de las cuales no se registraron en este estudio: *P. flavus*, *Bassariscus astutus*, *P. yagouaroundi* y *P. lotor*, mientras que *L. wiedii*, *E. barbara* y *N. narica* coinciden en ambas zonas; en la región de Los Chimalapas se documentó la presencia de 10 especies, de las cuales *L. pardalis*, *L. wiedii* y *N. nasua* se comparten en ambas zonas (Olguín Monroy *et al.* 2008); en la región Costa, se registraron 13 especies en Cerro de la Tuza, incluidas todas las registradas en este trabajo, con excepción de *E. barbara* (Lira Torres 2006). Si se considera que las especies registradas en los estudios anteriores son una representación razonablemente completa de las faunas de carnívoros de esas zonas, las diferencias son simplemente el reflejo de un fenómeno observado al nivel nacional y que es responsable de la elevada diversidad biológica de México: la tasa de recambio de especies o diversidad beta (Rodríguez *et al.* 2003; Halffter & Moreno 2005).

**Abundancia.** El valor más alto correspondió a *N. narica*. Esto se ha observado en ambientes similares en otras regiones de Oaxaca como la Chinantla baja (Alfaro *et al.* 2006) y en la Costa (Lira Torres 2006) y de otros estados, como en la selva baja de Chamela, Jalisco (Valenzuela 1998) y bosques de pino-encino en la Sierra de Nanchititla, Estado de México (Monroy-Vilchis *et al.* 2008). Esta especie fue vista en tropas de hasta seis miembros tanto dentro de la selva como en las zonas de cultivo, número similar al observado en Chamela, Jalisco (6.1 individuos por grupo; Valenzuela 1998). *N. narica* es cazado en Cerro Tepezcuintle, para consumo local y porque causa daños considerables a los cultivos, principalmente de maíz. Es una especie omnívora y generalista, con tolerancia a los cambios en la vegetación, lo que le confiere una capacidad considerable para sobrevivir y desarrollarse en una gran variedad de ambientes, aún con la presencia de actividad humana.

La segunda especie más abundante en la zona fue *L. pardalis*. En selvas medianas de la costa de Oaxaca, *L. pardalis* presenta abundancia relativamente baja en comparación con las otras especies (Lira Torres 2006), en otras regiones del Estado no hay datos sobre este parámetro. La abundancia de esta especie suele ser baja, en promedio de 6 individuos/100 km<sup>2</sup> en el norte el país (López González *et al.* 2003) y se incrementa hacia el sur, llegando hasta 67 individuos/100 km<sup>2</sup> en Bolivia (Cuellar *et al.* 2006). En estudios en bosques tropicales se ha registrado una variación considerable en su abundancia, que va de 11 a 160 individuos/100 km<sup>2</sup> (Cuellar *et al.* 2006; Di Bitteti *et al.* 2008; Dillon & Kelly 2008), y se sabe que esta decrece conforme disminuye la latitud del área de estudio pero aumenta en zonas con una precipitación mayor (Di Bitetti *et al.* 2008). *L. pardalis* es una especie que está asociada a vegetación tropical con cobertura densa, evita zonas abiertas o de vegetación secundaria (Sunquist *et al.* 1989; Murray & Gardner 1997) y sus poblaciones disminuyen con la pérdida del hábitat y la cacería (Sunquist & Sunquist 2002). La abundancia baja observada en Cerro Tepezcuintle puede deberse a la presencia humana, ya que ésta fue mayor en los sitios de muestreo con menor cantidad de evidencias de esta especie.

La abundancia de *C. latrans* y de *U. cinereoargenteus* fue baja en Cerro Tepezcuintle, lo que contrasta con lo observado en zonas donde son las especies dominantes, como en la Sierra Norte (Botello *et al.* 2008) ó en la región de Cuicatlán (Botello López 2006). Este hecho resalta porque estas dos especies son consideradas como oportunistas y generalistas, con un espectro alimenticio amplio, lo que representa ventajas para su supervivencia en distintos ambientes (Servin & Chacón 2005a; 2005b). *C. latrans* parece preferir zonas abiertas (Ponce Guevara *et al.* 2005; Hidalgo-Mihart *et al.* 2006), por lo que es probable que en el futuro la presencia de esta especie sea mayor en la zona como consecuencia de la constante deforestación dentro del distrito de Tuxtepec, Oaxaca, debido a que el factor limitante en su distribución es la presencia de extensiones grandes de bosque tropical (Hidalgo-

Mihart *et al.* 2006). Por su parte, a *U. cinereoargenteus* se le encuentra en zonas con matorrales semiáridos y en los bosques tropicales en zonas cercanas a sabanas, áreas abiertas o vegetación secundaria con abundancia de matorrales y es raro encontrarlos en zonas de vegetación densa.

Por su parte *L. wiedii* y *E. barbara* presentaron abundancias bajas en el sitio de colecta y en general son consideradas como especies raras en diversos estudios en México (Botello López 2006; Monroy-Vilchis *et al.* 2008) y en Sudamérica (Sunquist *et al.* 1989; Trolle & Kéry 2005; Cuellar *et al.* 2006). Una posibilidad es que sean naturalmente escasas en las zonas donde habitan. Estas especies presentan hábitos arborícolas (*L. wiedii*) y semiarborícolas (*E. barbara*), lo que dificultan su registro con los dispositivos utilizados, más enfocados a especies terrestres. *L. wiedii*, utiliza huecos de árboles como madrigueras y se alimenta de roedores arborícolas y aves pequeñas (Konecny 1989); *E. barbara* se alimenta de roedores arborícolas y frutos, por lo que ambas especies están fuertemente asociados a zonas boscosas densas (Sunquist *et al.* 1989). *E. barbara* suele habitar en zonas perturbadas como acahuales pero *L. wiedii* prefiere zonas no alteradas (Konecny 1989; Sunquist *et al.* 1989).

**Diversidad.** La diversidad expresada por el índice de Shannon-Wiener para mamíferos carnívoros fue baja ( $H' = 0.49$ ) en comparación con otras zonas como en el bosque templado de Ixtepeji, Oaxaca ( $H' = 1.76$ , Botello *et al.* 2008) o la porción oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán ( $H' = 1.86$ , Botello López 2006). El índice de Berger-Parker indica que la comunidad presenta un grado de dominancia moderado, tanto en todo el estudio (0.49) como en cada temporada (seca 61.53, lluvias 56.25), con *N. narica* consistentemente como la especie dominante.

La necesidad de emplear diferentes métodos de manera conjunta para obtener una representación satisfactoria de la riqueza de especies de carnívoros queda de manifiesto al considerar que dos especies (*E. barbara* y *U. cinereoargenteus*) fueron registradas exclusivamente con fototrampeo y una más (*C. latrans*) sólo por medio de huellas. En otros estudios se ha podido constatar la presencia de especies sólo por fototrampeo (*Mephitis macroura*, Botello *et al.* 2008; *Lynx rufus* y *Ursus americanus*, Crooks *et al.* 2008), huellas (*Spilogale gracilis*, Crooks *et al.* 2008), trampas (*P. yagouaroundi*, *L. trigrinus*, *N. nasua* y *Galictis cuja*, Michalski *et al.* 2007) o registro directo (*L. wiedii* y *M. frenata*, Botello *et al.* 2008) aún cuando se usan otros dispositivos en el mismo trabajo.

La mayor cantidad de registros durante la temporada seca puede deberse al menos a dos factores: el aumento en los desplazamientos en esta época en busca de alimento o refugio, como ha sido registrada en varias especies, incluidas *E. barbara* (Sunquist *et al.* 1989) y *L. pardalis* (Dillon & Kelly 2008). La otra explicación es que en esta

época la cantidad mayor de hojarasca acumulada en el suelo favorece los avistamientos de las especies diurnas, como *N. narica* en este estudio.

**Estado de conservación.** La comunidad de Cerro Tepezcuintle se encuentra inmersa en un mosaico de zonas de cultivo (principalmente maíz y caña de azúcar), potreros y fragmentos de selva mediana en distintos grados de regeneración. En diversos periodos de muestreo, se observó la tala de árboles y aclareos en diferentes zonas, extracción de frutos (naranja, mango y plátano), así como personas con rifles, probablemente cazadores. Los caminos cercanos a la comunidad utilizados como parte del área de muestreo son transitados con regularidad por los pobladores de la comunidad; quizá este factor, junto con la cacería y la pérdida de la cobertura vegetal, han obligado a los carnívoros a desplazarse hacia zonas menos transitadas o bien, han provocado una disminución real del tamaño de sus poblaciones en el área.

La abundancia baja de *L. wiedii* y *E. barbara* sumada a sus hábitos arborícolas o semiarborícolas, así como su asociación o preferencia hacia zonas más boscosas (Konecny 1989; Sunquist *et al.* 1989) contribuyen a que estas especies corran mayor riesgo de desaparecer ante la pérdida de la vegetación original en el área de estudio. A pesar de ser la segunda especie más abundante, *L. pardalis* puede verse afectada por la pérdida constante de su hábitat en la zona, ya que requiere de extensiones relativamente grandes para su desarrollo (Dillon & Kelly 2008). Así mismo, *L. pardalis* puede actuar como depredador de alto nivel a falta de otros depredadores de talla más grande o más abundantes en la zona de estudio, por lo que su conservación es necesaria para garantizar el mantenimiento de la estructura de la comunidad en general.

Aunque las seis especies registradas en la zona de estudio son un número relativamente bajo, destaca el hecho de que tres de ellas se encuentran en la categoría de En Peligro de Extinción de acuerdo a la legislación mexicana (SEMARNAT 2002): *L. wiedii*, *E. barbara* y *L. pardalis*, además, las dos últimas también están incluidas entre las diez Especies de Mayor Prioridad Nacional para la Conservación de Carnívoros Terrestres Mexicanos (Valenzuela Galván & Vásquez 2007), lo que denota la importancia de la zona como un refugio de la diversidad regional.

**AGRADECIMIENTOS.** La comunidad de Cerro Tepezcuintle, Oaxaca proporcionó facilidades para la realización de este trabajo, el financiamiento fue aportado por el Instituto Politécnico Nacional (apoyos SIP-20080431 y SIP2009 0705 a A. Santos-M.). E. Martínez-Meyer, G. González P., G. Ramos F., R. Solano y S. Trujillo proporcionaron valiosos comentarios durante el desarrollo del estudio. Se agradece a J. L. García por la elaboración del mapa y a todas las personas que ayudaron al trabajo en campo. O. Rosas-Rosas y O. Monroy Vilchis proporcionaron valiosos comentarios y sugerencias que permitieron mejorar significativamente el documento.

## LITERATURA CITADA

- Alfaro, A.M., J.L. García-García & A. Santos-Moreno.** 2006. Mamíferos de los municipios Santiago Jocotepec y Ayotzintepec, Chinantla Baja, Oaxaca. *Naturaleza y Desarrollo*, 4:19-23.
- Barea-Azcón, J.M., E. Virgós, E. Ballesteros-Duperón, M. Moleón & M. Chiroso.** 2007. Surveying carnivores at large spatial scales: a comparison of four broad-applied methods. *Biodiversity and Conservation*, 16:1213-1230.
- Botello, F., V. Sánchez-Cordero & G. González.** 2008. Diversidad de carnívoros en Santa Catarina Ixtepeji, Sierra Madre de Oaxaca, México. Pp. 335-354. In: C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega (eds.). *Avances en el estudio de los mamíferos de México* vol. II. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México.
- Botello López, F.J.** 2006. *Distribución, actividad y hábitos alimentarios de carnívoros en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán- Cuicatlán, Oaxaca*. Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D. F.
- Briones Salas, M.A.** 2000. Lista anotada de los mamíferos de la región de la Cañada en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 81:83-103.
- Briones-Salas, M.A., V. Sánchez-Cordero & A.G. Quintero.** 2001. Lista de mamíferos terrestres del norte de Oaxaca. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, 72:125-161.
- Briones-Salas, M.A. & V. Sánchez-Cordero.** 2004. Mamíferos. Pp. 423-447. In: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M.A. Briones (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza y World Wildlife Fund. México.
- Carroll, C., R.E. Noss & P.C. Paquet.** 2001. Carnivores as focal species for conservation planning in the rocky mountain region. *Ecological Applications*, 11:961-980.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R.A. Medellín, L. Medrano González & G. Oliva.** 2005. Diversidad y conservación de los mamíferos de México. Pp. 21-66. In: G. Ceballos y G. Oliva (coords.). *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México.
- Ceballos, G. & G. Oliva** (coord.). *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México.
- Cervantes, F.A. & L. Yépez Mulia.** 1995. Species richness of mammals from the vicinity of Salina Cruz, coastal Oaxaca. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, 66:113-122.
- Colwell, R.K.** 2000. *EstimateS version 6.0b1*. Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs, USA.
- Crooks, K. R., M. Grigione, A. Scoville & G. Scoville.** 2008. Exploratory use of track and camera surveys of mammalian carnivores in the Peloncillo and Chiricahua mountains of Southeastern Arizona. *The Southwestern Naturalist*, 53:510-517.
- Cuellar, E., L. Maffei, R. Arispe & A. Noss.** 2006. Greffroy's cats at the northern limit of their range: activity patterns and density estimates from camera trapping in Bolivian dry forests. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 41:169-177.
- de Oliveira, T.G.** 1998. *Herpailurus yagouaroundi*. *Mammalian Species*, 578:1-6.
- Dalerum, F., E.Z. Cameron, K. Kundel & M.J. Somers.** 2010. Diversity and depletions in continental carnivore guilds: implications for prioritizing global carnivore conservation. *Biology Letters*, 5:35-38.
- Di Bitteti, M.S., A. Paviolo, C.D. De Angelo & Y.E. Di Blanco.** 2008. Local and continental correlates of the abundance of a Neotropical cat, the ocelot (*Leopardus pardalis*). *Journal of Tropical Ecology*, 24:189-200.

- Díaz-Francés, E. & L.G. Gorostiza. 2002. Inference and model comparison for species accumulation functions using approximating pure-birth processes. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 7:29-43.
- Díaz-Francés, E. & J. Soberón. 2005. Statistical estimation and model selection of species-accumulation functions. *Conservation Biology*, 19:569-573.
- Dillon, A. & M.J. Kelly. 2008. Ocelot home range, overlap and density: comparing radio telemetry with camera trapping. *Journal of Zoology*, 275:391-398.
- Flores-Martínez, A. & G.I. Manzanero-Medina. 1999. Los tipos de vegetación del Estado de Oaxaca. In: M.A. Vázquez-Dávila, (ed.). *Vegetación y Flora*. Sociedad y Naturaleza en Oaxaca 3. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. México.
- Gittleman, J.L., S.M. Funk, D.W. Macdonald & R.K. Wayne. 2001. *Carnivore Conservation*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Goodwin, G.G. 1969. Mammals from the State of Oaxaca, Mexico, in the American Museum of Natural History. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 141:1-270.
- Gotelli, N.J. & R.K. Collwel. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letter*, 4:379-391.
- Halffter, G. & C.E. Moreno. 2005. Significado de las diversidades alfa, beta y gama. Pp. 5-18. 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, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT. Zaragoza. IV + 242 pp.
- Harrison, R.L., D.J. Barr & J.W. Drago. 2002. A comparison of population survey techniques for swift foxes (*Vulpes velox*) in New Mexico. *American Midland Naturalist*, 148:320-337.
- Hidalgo-Mihart, M.G., L. Cantú-Salazar, C.A. López-González, P.G. Martínez-Gutiérrez, E. Fernández & A. González-Romero. 2006. Coyote habitat use in a tropical deciduous forest of western Mexico. *The Wildlife Management*, 70:216-221.
- Konecny, M.J. 1989. Movement patterns and food habits of four sympatric carnivore species in Belize, Central America. Pp. 243-264. In: K.H. Redford y J.F. Eisenberg (eds.). *Advances in Neotropical Mammalogy*, The Sandhill Crane Press, INC. Estados Unidos.
- Kitchener, A. 1991. *The natural history of the wild cats*. Comstock Publishing Associates, Ithaca, New York.
- Lira Torres, I. 2006. Abundancia, densidad, preferencia de hábitat y uso de los vertebrados en la Tuza de Monroy, Santiago Jamiltepec, Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 10:41-66.
- López, J.A., C. Lorenzo, F. Barragán & J. Bolaños. 2009. Mamíferos terrestres de la zona lagunar del istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80:491-505.
- López González, C.A., D.E. Brown, & J.P. Gallo Reynoso. 2003. The ocelot *Leopardus pardalis* in north-western Mexico: ecology, distributions and conservations status. *Oryx*, 37:358-363.
- Loyola, R.D., G. de Oliveira, J.A. Felizola & T.M. Lewinsohn. 2008. Conservation of Neotropical carnivores under different prioritization carnivores mapping species traits to minimize conservation conflicts. *Biodiversity and Distributions*, 14:949-960.
- Michalsky, F., P. G. Crawshaw, T. G. de Oliveira & M. E. Fabian. 2007. Efficiency of box-traps and leg-hold traps with several bait types for capturing small carnivores (Mammalia) in a disturbed area of Southeastern Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 55:315-320.
- Miller, B., B. Dugelby, D. Fopreman, C. Martínez del Rio, R. Noss, M. Phillips, R. Reading, M.E. Soulé, J. Terborgh & L. Willcox. 2001. The importance of large carnivores to healthy ecosystems. *Endangered Species Updates*, 18:202-210.

- Monroy-Vilchis, O., L. Cabrera, P. Suárez, M.M. Zarco-González, C. Rodríguez-López & V. Urios.** 2008. Uso tradicional de vertebrados silvestres en la sierra Nanchititla, México. *Interciencia*, 33:308-113.
- Moreno, C.E.** 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Volumen 1. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, España.
- Murray, J.L. & G.L. Gardner.** 1997. *Leopardus pardalis*. *Mammalian species*, 548:1-10.
- Olgúin Monroy, H., L. León Paniagua, U.M. Samper-Palacios & V. Sánchez-Cordero Dávila.** 2008. Mastofauna de la región de los Chimalapas, Oaxaca, México. Pp. 165-216. In: E. Espinoza Medinilla, C. Lorenzo Monterrubio y J. Ortega (eds.). *Avances en el estudio de los mamíferos de México* Vol. II. Publicaciones especiales, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México D. F.
- Ostfeld, R.S. & R.D. Holt.** 2004. Are predators good for your health? Evaluating evidence for top-down regulation of zoonotic disease reservoirs. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2:13-20.
- Pérez Lustre, M., R.G. Contreras Díaz & A. Santos-Moreno.** 2006. Mamíferos del bosque mesófilo de montaña del municipio de San Felipe Usila, Tuxtepec, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 10:88-91.
- Ponce Guevara, E., K. Pelz Serrano & C.A. López González.** 2005. Coyote abundance in relation to habitat characteristics in Sierra San Luis, Sonora, México. *USDA Forest Service Proceeding RMRS-P* 36:337-340.
- Ramamoorthy, T.P., R. Bye, J. Fa & A. Lot** (eds.). 1993. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press, New York.
- Reid, F.A.** 1997. *A field guide to the mammals of Central America and southeastern Mexico*. Oxford University Press, New York.
- Roberge, J. & P. Angelstam.** 2004. Usefulness of umbrella species concept as a conservation tool. *Conservation Biology*, 18:76-85.
- Rodríguez, P., J. Soberón & H.T. Arita.** 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 89:241-259.
- Rzedowski, J.** 1994. *Vegetación de México*. Limusa y Noriega Editores. México.
- Sanderson, J.G.** 2004. *Tropical ecology, assessment and monitoring initiative. camera phototrapping monitoring protocol*. The Center for Applied Biodiversity Science y Conservational International. USA.
- SEMARNAT.** 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2000. Protección ambiental, especies de flora y fauna silvestre de México, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, y lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 1:1-62.
- Servin, J. & E. Chacón.** 2005a. Coyote. Pp. 349-350. In: J. Ceballos y G. Oliva (coord.). *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México.
- Servin, J. & E. Chacón.** 2005b. Zorra gris. Pp. 354-55. In: J. Ceballos y G. Oliva (coord.). *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México.
- Soberón, J. & J.B. Llorente.** 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7:480-488.
- Sunquist, M. & F. Sunquist.** 2002. *Wild cats of the world*. The University of Chicago Press.
- Sunquist, M.E., F. Sunquist & D.E. Daneke.** 1989. Ecological separation in a Venezuelan Llanos carnivore community. Pp. 197-232. In: K.H. Redford y J.F. Eisenberg (eds). *Advances in Neotropical Mammalogy*. The Sandhill Crane Press, INC. Estados Unidos.

- Terborgh, J., J.A. Estes, P. Paquet, K. Ralls, D. Boyd-Heger, B.J. Miller & R.F. Noss.** 1999. The role of top carnivore in regulating terrestrial ecosystems. Pp. 39-64. *In:* M. Soulé y J. Terborgh (eds.). *Continental Conservation*. The Island Press. E. U. A.
- Torre, I., A. Arrizabalaga & C. Flaquer.** 2003. Estudio de la distribución y abundancia de carnívoros en el Parque Natural del Montnegre I el Corredor mediante trampeo fotográfico. *Galemys*, 15: 15-28.
- Trolle, M. & M. Kéry.** 2005. Camera-trap study of ocelot and other secretive mammals in the northern Pantanal. *Mammalia*, 63:405-412.
- Valenzuela, D.** 1998. Natural history of the white-nose coati, *Nasua narica*, in a tropical dry forest of western Mexico. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 3:26-44.
- Valenzuela Galván, D. & L.B. Vásquez.** 2007. Consideraciones para priorizar la conservación de carnívoros mexicanos. Pp. 197-214. *In:* G. Sánchez-Rojas y A. Rojas-Martínez (eds.). *Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos*, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.
- Wilson, G.J. & R.J. Delahay.** 2001. A review of methods to estimate the abundance of terrestrial carnivores using field signs and observation. *Wildlife Research*, 28:151-164.
- Wozencraft, W.C.** 2005: Order Carnivora. Pp. 532–628. *In:* D.E. Wilson y D.M. Reeder (eds.). *Mammal species of the world. a taxonomic and geographic reference*. 3a. ed., volumen 1. The John Hopkins University Press, Baltimore.
- Zar, H.H.** 1999. *Biostatistical Analysis*. 4ª. ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.