



---

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE  
INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO  
INTEGRAL REGIONAL**

**UNIDAD OAXACA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y  
APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

**(BIODIVERSIDAD DEL NEOTRÓPICO)**

---

**DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS CARNÍVOROS  
TERRESTRES EN UNA SELVA MEDIANA EN  
EL DISTRITO DE TUXTEPEC, OAXACA**

---

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**P R E S E N T A**

**BIÓL. GABRIELA PÉREZ IRINEO**



**IPN**  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
UNIDAD OAXACA

**DIRECTOR DE TESIS  
DR. JOSÉ ANTONIO SANTOS MORENO**

**Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. México. Diciembre de 2008.**

---



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

## ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 08 del mes de diciembre del 2008 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: **Diversidad de mamíferos carnívoros terrestres en una selva mediana en el Distrito de Tuxtepec, Oaxaca**

Presentada por la alumna:

<b>Pérez</b> Apellido paterno	<b>Irineo</b> materno	<b>Gabriela</b> nombre(s)								
			Con registro:	B	0	6	1	4	2	2

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA  
Director de tesis

Dr. José Antonio Santos Moreno

Dr. Gabriel Ramos Fernández

Dr. Enrique Martínez Meyer

M. en C. Graciela Eugenia González Pérez

M. en C. Sonia Trujillo Argueta

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Juan Rodríguez Ramírez



GENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACION PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
CIIDIR  
UNIDAD OAXACA  
IPN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESION DE DERECHOS*

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 08 del mes diciembre del año 2008, el (la) que suscribe Pérez Irineo Gabriela alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B061422**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. José Antonio Santos Moreno. y cede los derechos del trabajo titulado: **Diversidad de mamíferos carnívoros terrestres en una selva mediana en el Distrito de Tuxtepec, Oaxaca**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: [posgradoax@ipn.mx](mailto:posgradoax@ipn.mx) ó [gabyirineo@yahoo.com.mx](mailto:gabyirineo@yahoo.com.mx). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

*g. Irineo*

---

Pérez Irineo Gabriela



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL

## DEDICATORIA

¿Cómo poder expresar todo este torbellino de sentimientos que tengo? ¿Cómo agradecer a cada una de las personas que han estado conmigo lo largo de este tiempo? En esta tesis, no sólo está involucrada la parte profesional, inherente a ella también se encuentra la parte personal. A lo largo de este tiempo, se han establecido lazos de amistad y se han reforzado los sentimientos a pesar de la distancia.

Este trabajo está dedicado, con mucho cariño a mi querida familia, que como siempre, han sido mi fortaleza en todo momento. Han estado conmigo en cada paso de mi vida, compartiendo mis alegrías. Son mi motivo para salir de los baches de mis tristezas y desilusiones, animándome en cada momento para poder seguir adelante.

Gracias a mi querida mamá Juana, a mi padre José, a mi hermana pero sobre todo, mi amiga Alicia, a mi querido hermano Horacio, al consentido Constantino, y a la luz de mi vida, María Fernanda, mi adorada sobrina. Gracias por quererme como soy, sin condición alguna.

También está dedicado a Dr. José Antonio Santos, por todo el apoyo otorgado, no sólo en la parte profesional sino también en lo personal. Además de ser una guía en el trabajo, también ha sido un apoyo de amistad en todo momento. Sé que espera mucho de mí y espero estar a la altura de sus expectativas.

No puedo dejar de dedicar estas letras a un grupo de personas con las que he compartido más de dos años de vida, en una serie de momentos que se han construido cada día, los cuales llevo en mi corazón. Gracias por cada momento vivido, que sin quererlo, se han convertido en recuerdos agradables.

Esta dedicado a la máxima seguridad de Yunuhé y a la sonrisa de Santos; gracias por estar conmigo.

Tampoco pueden faltar a la nobleza de Aremí, a la fuerza de vivir cada momento de Dan, a la fraternidad de Malí, al entusiasmo de Manuel y Miguel Antonio, a la alegría sin fin de Vianney, Ale, Nubía y Mireya, así como a los demás compañeros de escuela.

He pasado horas enteras conversando con ustedes, riendo y compartiendo sentimientos. No sé que pasará con nosotros en un futuro, pero donde sea que estemos o con quien decidamos que nos acompañe en nuestro camino, espero que sea lo que queremos para nuestras vidas.

Gabriela Pérez Iríneo

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de una variedad de personas, autoridades comunales y responsables de centros de resguardo animal, entre los que se encuentran Víctor Rosas Vigil, Bibiana Sánchez Ortiz y José Limber en Yaguar Xoo y Víctor Hugo Sánchez García de la Granja-Zoológico Didáctica Divertigranja, en Oaxaca; Froilan Esquinca Cano, Federico M. A. Álvarez Rincón, Gerardo de Jesús Cartas Heredia y Evelyn Álvarez Torres en el Zoológico Miguel Álvarez del Toro (ZooMAT) y Fredy Manrique Herrera del Zoológico del Grupo Buena Ventura en Chiapas. Gracias a todos ellos por las facilidades otorgadas en los permisos de entrada a los centros, así como en la colecta de las huellas de ocelote. Así mismo, a los señores Ignacio Alonso y Javier Chávez, en ese entonces, autoridades de la Comunidad de Cerro Tepezcuintle, Tuxtepec Oaxaca y a todos los habitantes de esta entidad, por su amabilidad y atenciones prestadas durante nuestra estancia en la zona.

De igual manera, a los proyectos: Ecología de poblaciones y comunidades de mamíferos en la Sierra Norte de Oaxaca, México, clave SIP 20070826, y Distribución y ecología de poblaciones de especies selectas de mamíferos en el estado de Oaxaca, clave 20080431, los cuales aportaron recursos para llevar a cabo este estudio.

Agradezco a Dr. José Antonio Santos Moreno por haber sido guía en este estudio, así como a cada uno de los miembros del comité revisor de tesis, quienes han contribuido en el desarrollo de este trabajo: Sonia Trujillo, Graciela González, Gabriel Ramos, Enrique Martínez y Rodolfo Solano.

También es justo reconocer los esfuerzos (físico y mental) que realizaron mis compañeros y amigos en acompañarme a campo; se que muchas de las veces fue un esfuerzo grande que requirió de una buena de voluntad, lo cual yo agradezco y aprecio. Sin cada uno de ellos no hubiera podido llevar a cabo este documento: Rosa Pablo, Yuliana Venegas, Yunuhé Zacarías, Aremi Santiago, José Luis García, Ana María Alfaro, Arisbe Rodríguez, Eliecer E. Pérez, Dan G. Rodríguez,

**Gabriela Pérez Irineo**

Sergio García, Alejandro Hernández, Soledad Guevara, Rusby Contreras y Alberto, así como a las personas de la comunidad que fungieron como guías.

De igual manera, agradezco a las personas que de alguna manera, contribuyeron en la construcción de este escrito.

Y por su puesto, es inevitable agradecer al CIIDIR-IPN, unidad Oaxaca, al Laboratorio de Ecología Animal y a las personas que en él laboran, por el apoyo de material e instalaciones necesarias para este trabajo.

Así mismo, es necesario reconocer a mi objeto de estudio traducido en los mamíferos de la zona, los cuales de manera involuntaria contribuyeron a esta tesis. Espero que este trabajo apoye de alguna manera en la conservación de este grupo, el cual que es uno de los ejes de mi interés profesional.

## Contenido

Resumen.....	1
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
Ecología de mamíferos carnívoros.....	3
Conservación de mamíferos carnívoros.....	4
Selvas medianas.....	5
Estimación de la abundancia por métodos directos e indirectos.....	7
Antecedentes.....	11
Justificación .....	14
Objetivos e hipótesis.....	15
<b>MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
Área de estudio.....	16
Muestreo .....	16
Análisis de datos .....	18
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
Esfuerzo de colecta y éxito de captura .....	22
Riqueza de especies y abundancia .....	22
Diversidad .....	24
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>25</b>
Riqueza de especies.....	25
Abundancia relativa.....	28
Diversidad .....	30
Métodos de colecta.....	31
Complementariedad de métodos.....	37
Estado de conservación.....	39
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>41</b>
Recomendaciones .....	41
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>43</b>
<b>CUADROS Y FIGURAS.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO FOTOGRÁFICO.....</b>	<b>62</b>

**DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS CARNÍVOROS TERRESTRES EN UNA SELVA  
MEDIANA EN EL DISTRITO DE TUXTEPEC, OAXACA.**

**Resumen**

Muchas especies de mamíferos carnívoros presentan problemas de conservación, sin embargo, dada su elusividad, los estudios ecológicos son difíciles para estas especies. En el estado de Oaxaca los estudios sobre mamíferos carnívoros son todavía escasos, a pesar de su importancia biológica, como controladores de las poblaciones de sus presas o como dispersores de semillas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue caracterizar la riqueza y abundancia de la comunidad de mamíferos carnívoros de la selva mediana, en el Cerro Tepezcuintle, distrito de Tuxtepec, Oaxaca; así como determinar cual es el método de mayor eficiencia para el estudio de este grupo. Se recorrieron tres transectos entre dos y tres kilómetros de longitud para la búsqueda de rastros, capturas de organismos y avistamientos, con tres días de muestro mensual, de septiembre de 2007 a agosto de 2008. Se colocaron 216 trampas Tomahawk-día, 226 cepos-día, 262 trampas para huellas-día, 237 trampas cámara-día y 257 kilómetros recorridos. Se registraron cuatro familias, cinco géneros y seis especies de mamíferos carnívoros en esta comunidad. Las trampas para huellas registraron tres especies: *Leopardus pardalis* con 0.67 registros/trampas, *Nasua narica* con 0.25 y *L. wiedii* con 0.08 registros/trampas. Las trampas cámara registraron cuatro especies: *L. pardalis* con 0.43, *N. narica* con 0.29, *Eira barbara* y *Urocyon cinereoargenteus* cada uno con 0.14 registros/trampas. En los avistamientos y rastros sobre transecto se encontraron tres especies: *N. narica* con 0.87, *Canis latrans* con 0.09 y *L. wiedii* con 0.04 registros/kilómetros. La diversidad expresada por el índice de Shannon-Wiener fue de  $H' = 0.49$  para la comunidad de mamíferos carnívoros en la zona. Las trampas-cámara registraron la mayor diversidad ( $H' = 0.46$ ) y riqueza de especies ( $S = 4$ ) en comparación con las trampas para huella ( $H' = 0.36$ ,  $S = 3$ ) y los avistamientos ( $H' = 0.21$ ,  $S = 3$ ). No se registraron datos con las trampas Tomahawk ni en los cepos. Dado que los diferentes dispositivos registran parte de la diversidad de la zona y proporcionan diferentes valores en los parámetros estimados, su uso complementario es recomendable para lograr una mejor estimación de la riqueza y abundancia de mamíferos carnívoros. El sitio de estudio se encuentra inmerso en un mosaico de potreros, milpas, acahuales y zonas con vegetación natural, además se presenta un constante aclareo de zonas boscosas, lo que podría explicar la baja diversidad de este grupo de mamíferos.

Palabras clave: *riqueza, abundancia relativa, diversidad, mamíferos carnívoros, fototrampas, huellas, Cerro Tepezcuintle*



### Abstract

Many species of carnivorous mammal have problems of conservation, however, due to its difficult to see, ecological studies are difficult to make for these species. In the state of Oaxaca studies of mammalian carnivores are still scarce, despite their biological importance, such as controlling populations of prey or as seed dispersers. Therefore, the objective of this study was to characterize the richness and abundance of the community of mammalian carnivores of the subcaducifolious tropical forest, in Cerro Tepezcuintle, district of Tuxtepec, Oaxaca, as well as to determine which method is more efficient for the study of this group. It was walked three transects of two and three kilometers of length to search for evidences of organisms, trapping and sightings, with three days of sampling monthly from September 2007 to August 2008. Tomahawk traps were placed 216-day, 226 days-traps, 262 traps tracks-day, 237-day camera-traps, and 257 kilometers walked. Four families were recorded, five genera, and six species of carnivorous mammals in this community. The trap for tracks recorded three species: *Leopardus pardalis* with 0.67 records/trap, *Nasua narica* with 0.25, and *L. wiedii* with 0.08 records/trap. The camera-traps recorded four species: *L. pardalis* with 0.43, *N. narica* with 0.29, and *Eira barbara*, and *Urocyon cinereoargenteus*, each with 0.14 records/trap. In the sightings and evidences over transects were found three species: *N. narica* with 0.87, *Canis latrans* with 0.09, and *L. wiedii* with 0.04 records/kilometers. The diversity expressed by the Shannon-Wiener index was  $H' = 0.49$  for the community of carnivorous mammals in the area. The trap-camera recorded the highest diversity ( $H' = 0.46$ ) and species richness ( $S = 4$ ) compared with the track traps ( $H' = 0.36$ ,  $S = 3$ ), and sightings ( $H' = 0.21$ ,  $S = 3$ ). There were no data with Tomahawk traps or leg-holds. Since different trap types recorded only part of the diversity of the area, and provide different values on the estimated parameters, their complementary use is recommended for achieving a better estimate of the real richness and abundance of carnivorous mammals. The study site is immersed in a mosaic of pastures, traditional culture systems, secondary vegetation, and areas with primary vegetation, also provides a constant cutting down of forest areas, which could explain the low diversity of this group of mammals.

## **INTRODUCCIÓN**

### **Ecología de mamíferos carnívoros**

Los mamíferos carnívoros están agrupados en el Orden Carnívora, el cual se caracteriza por presentar estructuras especializadas para una alimentación basada en la carne, como una dentición carnisal, es decir, caninos muy desarrollados, premolares y molares de puntas comprimidas y cortantes, que están adaptados para cortar y triturar (Ceballos, 2005; Hall, 1981). Presentan una columna vertebral fuerte y flexible, y glándulas anales desarrolladas que sirven para la defensa, el marcaje de territorio y el reconocimiento social, además, la mayoría de las especies son digitígradas (Hall, 1981). En el cráneo, la porción facial y la caja craneal son casi de igual longitud; la cresta sagital y los arcos cigomáticos son fuertes, para soportar los músculos de las mandíbulas. La clavícula es reducida o ausente; el radio, la ulna, la tibia y la fíbula son huesos separados. En el carpo, el escafoide, el lunar y el central, usualmente están fusionados. Las manos, por lo regular, tienen cinco dedos y los pies cuatro; el pulgar es reducido o está ausente (Hall, 1981).

Los mamíferos carnívoros presentan una gran variedad de adaptaciones conductuales, ecológicas y morfológicas (Bekoff et al, 1984; Gittleman *et al.*, 2001; Terborgh *et al.*, 1999). Las adaptaciones de este grupo son tan diversas como los tipos de ambientes que habitan, los cuales incluyen zonas abiertas, boscosas templadas o tropicales. Estas adaptaciones les han permitido desarrollarse en medios arborícolas, semiarborícolas, terrestres o en zonas ribereñas. Algunas especies desarrolladas en diferentes hábitat, pero otras se encuentran restringidas a un tipo de medio, por lo que sus requerimientos son más especializados. Por otro lado, muchas especies están adaptadas a una vida solitaria, pero también podemos encontrar a aquellas que forman grupos sociales (Bekoff *et al.*, 1984; Ceballos *et al.*, 2003; Gittleman *et al.*, 2001).

Los hábitos alimenticios también son variados, hay especies omnívoras, frugívoras o carnívoras; para algunas de ellas, el tipo de alimento que consumen puede cambiar según la disponibilidad del mismo durante las diferentes épocas del año. Las especies generalistas pueden escoger dentro de una gran variedad de tipos de alimento, por lo que el requerimiento nutricional y su reproducción es menos riesgosa ante la falta de un tipo específico de alimento. Por el contrario, en las especies especialistas están restringidas a pocos tipos de alimento y se encuentran más vulnerables ante su disminución o pérdida (Bekoff *et al.*, 1984; Gittleman *et al.*, 2001).

Dentro de los ecosistemas, los mamíferos depredadores juegan un papel clave en el mantenimiento natural de la biodiversidad (Berger, 1999); su función se centra en el control de las poblaciones presa y de otros mamíferos carnívoros, logrando con ello el mantenimiento y estabilización de la estructura trófica de los ecosistemas (Gittleman *et al.*, 2001; Terborgh *et al.*, 1999). Además, los mamíferos carnívoros contribuyen a la dispersión de semillas (Godínez-Álvarez *et al.*, 2007). Todo esto produce beneficios no solo a las comunidades animales, sino también a las vegetales.

### **Conservación de mamíferos carnívoros**

Los carnívoros mantienen un lugar privilegiado en las culturas de todo el mundo, son símbolo de poder y objeto de un sinnúmero de leyendas y mitos (Weaber y Rabinowitz, 1996). De igual manera, estas especies son muy llamativas y carismáticas, sobre todo las de tamaño grande.

No obstante, muchas de esas especies presentan serios problemas de conservación como consecuencia de las actividades humanas (Weaber y Rabinowitz, 1996), siendo la pérdida, degradación y fragmentación de su hábitat, las causas más importantes responsables de la disminución del tamaño de sus poblaciones (Ceballos *et al.*, 2003; Sunquist y Sunquist, 2001; Weaber y Rabinowitz, 1996).

Como depredadores, los mamíferos carnívoros tienden a presentar tamaños poblacionales y tasas reproductivas bajas, ocupando ámbitos hogareños grandes (Gittleman *et al.*, 2001). Las características anteriores tienen, como consecuencia, que sean más susceptibles a los cambios ambientales (Sunquist y Sunquist, 2001; Weaber y Rabinowitz. 1996).

En este grupo de mamíferos, no todas las especies responden de la misma manera a los cambios en el hábitat. Los efectos y magnitudes de los cambios en el ambiente varían entre las especies, dependiendo del requerimiento del hábitat o de sus características de historias de vida (Bekoff *et al.*, 1984).

Algunas de ellas tienen una tolerancia alta a la fragmentación del ecosistema; las especies generalistas pueden sobrevivir y progresar en este tipo de ambientes, sobre todo aquellas especies omnívoras o las que no necesitan un tipo de hábitat específico (Sunquist y Sunquist, 2001). Sin embargo para otras, las zonas abiertas pueden funcionar como barreras que limitan su dispersión; pueden requerir de áreas grandes para mantener sus poblaciones, sobre todo aquellas de tamaño corporal grande. De igual manera, se ven desfavorecidas, las especies especializadas ya sea porque presentan una menor amplitud en los tipos de alimentación o por requerimientos específicos de hábitat (especies arborícolas, por ejemplo) (Sunquist y Sunquist, 2001; Weaber y Rabinowitz. 1996). De igual manera, para las especies que son raras, es decir con bajas poblaciones en condiciones naturales, se ven más vulnerables ante los cambios o pérdida del hábitat, por el contrario, se ha visto que especies generalistas o de abundancias mayores, tienen más probabilidades de prosperar en zonas perturbadas (Sunquist y Sunquist, 2001).

### **Selvas medianas**

Se distinguen tres tipos de selvas según su estructura fenológica y la altura que llegan a alcanzar las especies arbóreas que las componen. La selva alta (bosque

tropical perennifolio) presenta árboles cuya altura supera los 30 metros, más del 90% de ellos conservan sus hojas todo el año. Por su parte, la selva mediana (bosque tropical subcaducifolio) se distingue porque cerca del 50 o 75% de los árboles pierden las hojas y su altura alcanza unos 15 a 30 m. Finalmente, la selva baja (bosque tropical caducifolio) se distingue porque las especies arbóreas pierden sus hojas durante la temporada de sequía, que puede durar hasta 7 meses, y los árboles alcanzan hasta 15 m de altura (Challenger, 1998; Rzedowski, 1994).

Al igual que los otros tipos de bosques tropicales, las selvas medianas presentan una gran biodiversidad y una larga historia de perturbación antropogénica. La extracción de madera y cambios en la cobertura vegetal, principalmente a causa de la expansión del sector agrícola y ganadero, son algunos de los problemas que sufren las selvas de México (Dirzo, 2004).

En la región de la península de Yucatán se ha calculado una pérdida de 3 600 000 hectáreas entre 1985 y 1994 para las selvas mediana y baja caducifolia del estado de Yucatán, más las selvas alta y mediana subperennifolia de Campeche y Quintana Roo (Sánchez Aguilar y Rebollar Domínguez, 1990). Para las selvas húmedas del estado de Chiapas, la tasa de deforestación se encuentra en 1.1% entre 1993 y 2000 (Castillo, 2000) y, en el caso particular de la región de Las Cañadas en Chiapas, la tasa de deforestación anual de las selvas altas y medianas es de 6.7 % (Ortiz-Espejel y Toledo, 1998).

Estas disminuciones en la cobertura vegetal suelen ser el resultado de fenómenos sociales y económicos propios de una región, provocando la permanencia de las selvas en zonas fragmentadas (Castillo, 2000; Ortiz-Espejel y Toledo, 1998). Los bosques tropicales presentan una diversidad de flora y fauna particular, sin embargo, aún son pocos los estudios dedicados a su estudio en cuanto a mamíferos y en particular de mamíferos carnívoros en las selvas medianas, a pesar que es acelerada su pérdida.

### **Estimación de la abundancia por métodos directos e indirectos**

La estimación de la riqueza de especies y sus respectivas abundancias es una manera de expresar la diversidad biológica de una zona (Moreno, 2001). Los estudios de los tamaños poblacionales sirven también para determinar sus tendencias a lo largo del tiempo y para darle seguimiento a los planes de manejo y conservación de especies de interés (Ojasti, 2000).

Los cálculos poblacionales pueden agruparse en aquellos que se basan en la cuenta total de los individuos que componen la población, o bien en aquellos que se basan en la cuenta parcial de los mismos (Rudran *et al.*, 1996). El primero se lleva a cabo mediante la enumeración de manera completa de cada uno de los miembros de una población en un área y momento definido, son los llamados censos (Ojasti, 2000). Sin embargo, en condiciones naturales no siempre es factible debido a las características propias de los animales, a su detectabilidad y al tamaño del territorio que ocupan (Wilson y Delahay, 2001).

Por ello se han utilizado estimaciones poblacionales, es decir, aproximaciones al tamaño real de la población, basadas en métodos de muestreo que permitan los cálculos de abundancia (Ojasti, 2000), entendiéndose como abundancia al número de individuos que conforman a una población. Cuando se expresa este número por unidad de área, entonces se dice que es densidad poblacional. Por su parte, la densidad relativa es la cantidad de organismos presentes en una ocasión de muestreo en relación a otros que pueden estar separados en tiempo y espacio; y puede ser expresado como un índice o frecuencia de signos u observaciones por una unidad estandarizada de esfuerzo de muestreo (Rudran *et al.*, 1996; Wilson y Delahay, 2001).

La riqueza y abundancia de las especies se han estimado por diversos métodos, pero de manera general se ubican en dos tipos: los directos y los indirectos. Dentro de los primeros se encuentra el conteo por observaciones directas por

recorrido sobre transectos o caminos, o bien, por captura de ejemplares mediante trampas.

La ventaja del método de observación directa es que asegura la identidad de la especie, y en muchas ocasiones, del individuo, pero sus limitantes se encuentran en la visibilidad debido a la estructura del hábitat, topografía, la cobertura vegetal y la conducta de cada especie, así como la habilidad del investigador. Estos factores pueden influir en la estimación de la riqueza y de la población ya que pueden no ser registrados los individuos a pesar de estar presentes en el área (Wilson y Delahay, 2001).

El uso de trampas para la captura de individuos vivos, como las trampas Tomahawk y cepos, se ha llevado a cabo de manera tradicional en el estudio de mamíferos. Sin embargo, algunas especies son poco susceptibles al trampeo, ya sea por conducta o por tamaño para entrar en las trampas (Ojasti, 2000). Para el caso de los mamíferos carnívoros, las estimaciones de abundancia por métodos directos son particularmente difíciles dadas sus características crípticas, en muchos casos de hábitos nocturnos y solitarios o por sus ámbitos hogareños amplios; además de ser difíciles de atrapar (Gittleman *et al.*, 2001). Estos métodos de muestreo pueden resultar particularmente difíciles y laboriosos y, en ocasiones la captura de los ejemplares está prohibida; además la captura es considerada como un método agresivo y peligroso para el animal (Wilson y Delahay, 2001). Es por eso que se ha recomendado el uso de varios métodos para su estudio, incluyendo a los indirectos (Mahon *et al.*, 1998; Wilson y Delahay, 2001).

Dentro de los métodos indirectos se encuentra la estimación del tamaño poblacional por medio de rastros, entre los que se encuentran excretas, pelos, madrigueras, echaderos, restos óseos o huellas (Aranda, 2000).

En particular, el estudio por medio de huellas presenta la ventaja de no ser invasivo, es un método relativamente sencillo en campo, de bajo costo y es

independiente de los horarios de actividad del organismo (Sadlier *et al.*, 2004). Entre sus limitaciones están, que depende del tipo de sustrato del área de estudio que puede estar muy seco y duro dificultando la impresión; época del año en que se lleva a cabo el muestreo, ya que puede desvanecerse la huella con lluvias o vientos fuertes. De igual manera, también está involucrado un tiempo largo de permanencia de las huellas porque con el transcurso del tiempo se van borrando. Una solución ante el problema del sustrato es la colocación de trampas o camas de sustrato fino que permitan la impresión de huellas independientemente del sustrato del hábitat o de la época del estudio (Sadlier *et al.*, 2004).

De igual manera, se requiere de una gran capacidad de detección e identificación de las mismas. Las condiciones del sustrato, la velocidad a la que el animal se mueve o el peso, pueden hacer que la huella varíe en tamaño y forma lo cual hace más difícil la identificación individual (Miller, 2001). Aunque su principal desventaja es la incertidumbre de la identidad de los individuos por medio de las huellas, y por ende, de no poder establecer con certeza la relación entre la abundancia de las huellas y el tamaño poblacional real de la zona (Sadlier *et al.*, 2004; Wilson y Delahay, 2001). La cantidad de huellas encontradas en campo, puede estar relacionada a factores que no están asociados con el tamaño y tendencias poblacionales reales de los animales, tal como las condiciones ambientales o el tipo de sustrato, por lo que podría afectar a las estimaciones (Wilson y Delahay, 2001).

Sin embargo, se ha probado que el uso de las huellas puede ser una buena estimación de la población real (Stander, 1998; Sadlier *et al.*, 2004). Se han desarrollado métodos basados en tamaño y morfometría de las huellas para lograr clasificar y discriminar a los individuos. La morfometría sobre fotografías digitalizadas de huellas se ha llevado a cabo en forma exitosa en *Puma concolor* (puma), donde Smallwood y Fitzhugh (1993) proponen un método de identificación a través de la caracterización de las huellas (medidas de longitud, anchura y ángulos). La exactitud en el agrupamiento correcto de las huellas mediante este



procedimiento fue del 92 al 100%. El método fue probado por Riordan (1998) con huellas de *Panthera tigris* (tigre) y *P. uncia* (leopardo de las nieves). Lewison *et al.* (2001) generaron seis medidas de las patas de *P. concolor* con las cuales identifican un 96% de los rastros hechos de manera artificial, demostrando la eficacia del método. Por su parte, Jewell *et al.* (2001) y Alibhai *et al.*, (2008), analizaron las poblaciones del *Diceros bicornis* (rinoceronte blanco) y *Ceratotherium simum* (rinoceronte negro) para el monitoreo y conservación de las especies por medio de longitudes, ángulos y combinación de medidas para la identificación individual, a partir de huellas obtenidas de organismos marcados con radiocollar. Vêtrovcová (2006) analizó la morfometría de las huellas de *Lutra lutra* (nutria europea) obtenidas en cautiverio; seleccionó las mejores medidas a partir de un conjunto de 131 para la identificación de individuos en campo. Las medidas de las huellas obtenidas a partir de imágenes pueden ser sometidas a diversos análisis estadísticos, para evaluar las diferencias entre los individuos.

Contreras Díaz (2007), identificó de manera individual a organismos de *Cuniculus paca* (tepezcuintle) por medio de las medidas (tres lineales y un ángulo) de las imágenes de los moldes de huellas, utilizando a 11 individuos en cautiverio. La validación se hizo a través de la comparación de los valores en campo con los obtenidos de los organismos en cautiverio. Sus resultados mostraron una eficacia del 81% en la identificación correcta de los individuos.

Alfaro Espinosa (2005), plantea otra manera de identificar de manera individual a un grupo de especies de mamíferos medianos y grandes, a partir de huellas por medio de la construcción de un índice de tamaño, expresado como la relación el ancho y el largo de la huella.

Como se ha visto, se ha desarrollado una amplia variedad de métodos para estimar la riqueza y abundancia de las especies. Cada uno de los dispositivos presenta ventajas y desventajas. Su utilización depende del aspecto biológico y ecológico de la especie de interés, de los objetivos del estudio, de las condiciones

del ambiente, del tamaño del área a muestrear y de la disponibilidad de los recursos (costo y tiempo invertido) así como la facilidad de uso y su aplicación en diferentes tipos de hábitat (Sadler *et al*, 2004; Wilson y Delahay, 2001).

En particular, dentro del grupo de mamíferos carnívoros, hay diferencias conductuales, tamaño corporal, tamaño de los ámbitos hogareños, hábitos alimenticios, organización social o tipo de hábitat, además de que son críticos, todas estas características dificultan su monitoreo con un solo dispositivo. Por lo que, el uso paralelo de diferentes tipos de muestreo complementarios, es aconsejable (Wilson y Delahay, 2001).

Sin embargo, hay pocos estudios sobre la revisión de los métodos disponibles así como de su eficiencia, en términos de registro de especies o de las abundancias poblacionales de mamíferos en general, y de mamíferos carnívoros en particular. Entendiéndose como eficiencia a la capacidad de lograr los objetivos con el mínimo de recursos y esfuerzos posibles.

### **Antecedentes**

García-Chávez (1994) determinó la riqueza de especies y las abundancias de cada una de mamíferos carnívoros en un matorral xerófilo de los alrededores de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Se encontraron ocho especies en la zona por medio de huellas, siendo las más abundantes *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris), *Canis latrans* (coyote), *Bassariscus astutus* (cacomixtle) y *Mephitis macroura* (zorrillo rayado); las poblaciones de las especies fluctuaron a lo largo del año con menor abundancia durante los meses con menos recursos.

Por su parte, Juárez Aguilar e Iñiguez-Dávalos (1994) hallaron en el Bosque La Primavera, Jalisco, 11 especies de mamíferos carnívoros por medio de huella; la diversidad más alta se registró dentro de las zonas menos perturbadas. Encontraron que la especie más abundantes fue una con hábito alimenticio

omnívoro como *U. cinereoargenteus* y una especie carnívora estricta: *Mustela frenata* (comadreja), se encontraron variaciones en el tamaño de las poblaciones a lo largo de todo el año.

Moguel y Cruz (2004) determinaron la riqueza y abundancia relativa de carnívoros de la Reserva de la Biosfera El Triunfo (Polígono I) Chiapas; registraron ocho especies por medio de huellas, entre las cuales *U. cinereoargenteus*, *Conepatus mesoleucus* (zorrillo de espalda blanca) y *Nasua narica* (coatí) fueron las más abundantes. Se encontraron mayores registros durante la época seca.

Zarco González (2007) determina la abundancia y patrones de actividad de mamíferos por medio de fototrampeo en tres diferentes ambientes de la Reserva Natural Sierra Nanchititla, Estado de México, donde se registró un total de 895 fotografías de 11 especies de mamíferos carnívoros durante tres años de estudio. Las especies más abundantes fueron las más generalistas: *N. narica* y *U. cinereoargenteus*.

Por su parte, Orduña Villaseñor *et al.*, (2008) registraron por medio de rastros y trampas Tomahawk, una riqueza mayor en zonas conservadas de bosques templados (10 especies), en comparación con los sitios aledaños a zonas urbanas o vegetación secundaria (7 especies), en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán.

En el estado de Oaxaca los estudios sobre mamíferos carnívoros siguen siendo escasos, a pesar de que ocupa un lugar preponderante a nivel nacional por la alta diversidad en este grupo de animales (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004). Por lo general, los trabajos se enfocan a listas mastofaunísticas (Briones Salas, 2000; Briones-Salas *et al.*, 2001; Cervantes y Yepés, 1992), así como trabajos sobre riqueza y abundancia de especies, entre las que se incluyen carnívoros (Alfaro Espinosa, 2005).

Hay varios trabajos no publicados sobre mamíferos carnívoros de Oaxaca, tal como la tesis de Cruz Espinoza (2003), quien registró cinco especies de mamíferos carnívoros por medio de conteo de excretas en un área comunal de Santa Catarina Ixtepeji. La mayoría de los registros se localizaron en los transectos establecidos en los caminos en comparación de aquellos localizados al interior del bosque. *C. latrans*, *U. cinereoargenteus* y *Lynx rufus* (lince) fueron las especies más abundantes.

Luna Krauletz (2004) realizó un estudio de la distribución y abundancia en diferentes tipos de vegetación (bosque de coníferas, bosque tropical subcaducifolio y bosque mesófilo de montaña) en Santiago Comaltepec, Sierra Norte de Oaxaca, encontrando que el bosque de coníferas fue el sistema en el cual se registró mayor diversidad. Se obtuvo registro de seis especies de carnívoros por medio de excretas y huellas, dentro de las cuales las especies generalistas fueron las más abundantes, tal como *U. cinereoargenteus* y *C. latrans*.

Por su parte, Botello López (2004) registró el único estudio de comparación de las eficiencias de los métodos de muestreo y además caracterizó la comunidad de mamíferos carnívoros en un bosque de pino-encino de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Encontró que el método de fototrampeo fue el método mejor para la estimación de la riqueza y diversidad de especies de mamíferos carnívoros en la zona de estudio. Registró un total de 10 especies, siendo *C. latrans*, *U. cinereoargenteus* y *B. sumichrasti* (cacomixtle) las más abundantes.

Guevara y Briones-Salas (2004), analizaron y compararon dos zonas de bosque tropical caducifolio con diferente grado de perturbación en la costa de Oaxaca. Encontraron que en la zona con mayor perturbación hay más diversidad de carnívoros. Se registraron un total de ocho especies. Las más abundantes fueron *Procyon lotor* (mapache), *C. mesoleucus* y *U. cinereoargenteus*.

Por su parte, Cortés Marcial *et al* (2008), encontraron un total de 18 especies en el bosque tropical caducifolio y en una zona de matorral con alta perturbación, en Juchitán, Oaxaca. Se registró un total de 19 especies, de las cuales se encontró una cantidad mayor de especies de mamíferos carnívoros en la zona conservada (9) en comparación con el área perturbada (5).

### **Justificación**

Tomando en cuenta que 1) las selvas medianas de México presentan una alta biodiversidad, 2) Oaxaca ocupa un lugar sobresaliente en términos de diversidad biológica en el país y aún presenta extensiones considerables de selvas medianas en buen estado de conservación, 3) no hay muchos trabajos cuyo objetivo principal sea el determinar la diversidad de mamíferos carnívoros en este tipo de ambiente y en el Estado y 4) los mamíferos carnívoros son importantes indicadores de la función y productividad de los ecosistemas y como tal, son vulnerables a la pérdida o deterioro de su hábitat; estudios como este, pueden ayudar a la conservación de este grupo de mamíferos.

Los mamíferos carnívoros han sido utilizados como especies sombrilla, ya que además de ser carismáticos, podrían ser considerados para la conservación de otras especies. Conocer la biodiversidad de los mamíferos carnívoros es necesario para monitorear los cambios en el ecosistema, poder garantizar la conservación de la biodiversidad y la integridad ecológica de la zona, y por ende, de la conservación del mismo grupo de carnívoros.

Este estudio es importante porque ayudará a caracterizar una comunidad de mamíferos carnívoros en términos de su diversidad, proporcionará información útil para la toma de decisiones (mediante datos científicos) sobre la estrategia para la conservación de este grupo así como para su aprovechamiento en la región. De igual manera contribuirá al conocimiento general de este grupo de mamíferos en México.

### **Objetivos e hipótesis**

#### Objetivo general

Caracterizar la diversidad de la comunidad de mamíferos carnívoros en una selva mediana, a través de la complementación de los métodos en una zona del Distrito de Tuxtepec, estado de Oaxaca.

#### Objetivos particulares

1. Conocer y cuantificar las especies de mamíferos carnívoros presentes en la zona.

Hipótesis. El uso de diferentes dispositivos permitirá registrar la mayor cantidad de especies en la zona de estudio.

2. Determinar la abundancia relativa de cada una de las especies de carnívoros presentes en el área de estudio.

Hipótesis. Las especies de hábitos generalistas en requerimientos alimenticios o de hábitat son las que presentaran mayor abundancia en comparación con las especies especialistas o raras.

3. Identificar el método más eficaz para el estudio de mamíferos carnívoros en esta comunidad.

Hipótesis. Dadas las restricciones que presentan los métodos de captura de animales mediante trampas Tomahawk y ceños, para algunas especies debido a su tamaño y/o conducta, así como la dificultad que hay para registrar especies por avistamientos, sobre todo aquellas elusivas o nocturnas, se espera obtener una mayor cantidad de registros por trampas cámara y mediante trampas para huellas.

### MÉTODOS

#### Área de estudio

La zona de estudio fue la comunidad de Cerro Tepezcuintle, municipio de San Miguel Soyaltepec, Distrito de Tuxtepec, al noreste del estado de Oaxaca (18° 08' 51'' N y 96° 20' 28'' W). En el área hay presencia de selvas medianas, acahuales, potreros y áreas de milpa (Fig 1).

Se estima que la selva mediana que ocupa aproximadamente un 4% del territorio nacional. En el estado de Oaxaca, prospera desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm. La temperatura media anual se encuentra entre los 20°C y 28°C. La precipitación media anual oscila entre 1000 mm y 1700 mm, con una temporada de sequía de 5-8 meses de duración. El clima predominante es de tipo cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am (i')gw'' (Challenger, 1998; Vásquez Dávila, 1999).

La distribución de las selvas medianas coincide con el de la selva alta perennifolia, pero se distingue de ella por establecerse a una mayor altitud, donde la humedad es menor y sobre suelos kársticos. Presenta varios estratos: el herbáceo, que está formado por helechos, plántulas de árboles, hierbas, plantas rastreras y palmas enanas; el arbustivo, compuesto por hierbas, palmas y árboles jóvenes; y el arbóreo, cuyas especies pueden alcanzar de 4 a 30 metros de altura. Entre los géneros se encuentran: *Enterolobium*, *Astronium*, *Ficus*, *Cordia*, *Manilkara*, *Cedrela*, *Bursera*, *Cecropia*, *Asplenium*, *Vriesea*, *Alsophuila*, *Polypodium*, entre otros. También se encuentra una gran cantidad bejucos o trepadoras como *Desmoncus*, *Dioscorea*, *Philodendron* y *Syngonium*, en la región también son importantes los miembros de los géneros *Sabal*, *Dioon* y *Chamaedorea* (Acosta Castellanos, 2002; Challenger, 1998; Rzedowski, 1994; Vásquez Dávila, 1999).

#### Muestreo

Se establecieron tres transectos dentro de la zona de estudio. El transecto 1 mide dos km y los transectos 2 y 3 tres km de longitud cada uno. Los transectos

cubrieron zonas de selva mediana en buen estado, zonas de acahual y orillas de ríos (Fig. 1). En cada transecto se establecieron de manera alternada y separada entre sí por 200 m, una trampa Tomahawk (trampa que se activa cuando el animal entra y activa un mecanismo que cierra la puerta de acceso), un cebo (trampa que se activa con el peso del animal, aprisionando una extremidad), una trampa para huellas (área circular de 1 m<sup>2</sup> cubierta de tierra cernida) y una trampa cámara (cámara fotográfica con sensores de movimiento o calor, para este trabajo se utilizó un equipo Cuddeback Digital Scouting Camera modelo Expert 3.0 MP). Este arreglo de trampas se repitió hasta completar la extensión total del transecto. La separación entre un mismo tipo de trampa fue de 800 m, de modo que en total se colocaron cuatro trampas para huellas, cuatro cebos, tres trampas Tomahawk y tres trampas cámara, con 14 puntos de trampeo para los transectos de 3 km y 10 para el transecto de 2 km. Todas las trampas fueron activadas y cebadas con el mismo material (sardina, frutas, atún, vainilla), aunque con cambios constantes. El periodo de colecta fue mensual con tres días de muestreo durante 12 periodos, de septiembre de 2007 a agosto de 2008.

Para la colocación de las trampas se escogieron senderos de animales, en el caso de cebos y trampas Tomahawk se cubrieron con hojarasca para evitar que fueran vistas; las fototrampas se colocaron a la altura de 30 cm, se quitaron ramas o troncos que pudieran obstruir la visibilidad de la cámara, además se colocó una vara de 50 cm como una referencia de tamaño; las cámaras, cebos y trampas Tomahawk se sujetaron a los troncos de árboles mediante un cable o cadena de acero.

Al recorrer los transectos se registraron todos los rastros que se encontraron sobre el camino (excretas, restos de animales y huellas), además de los localizados en las trampas para huellas. Para todas las huellas encontradas se registraron las medidas de longitud y ancho, se fotografiaron (Millar, 2001) y se elaboraron moldes de yeso dental (Aranda, 2000).



### Análisis de datos

#### Esfuerzo de colecta y éxito de captura

El esfuerzo de colecta se calculó con el número total de trampas colocadas por el número total de días muestreados (trampas\*noche), excepto para el método de avistamientos y rastros sobre transecto, el cual se consideró como número de kilómetros recorridos. El éxito de captura se tomó como: (Número total de registros/esfuerzo de colecta) \* 100, para expresarlo como porcentaje. Para las huellas, se tomó como un solo registro todas las pisadas de una misma especie encontradas dentro de la trampa para huellas. Para el caso de las cámaras trampa, se consideró como un solo registro todas las fotografías tomadas a una especie en una cámara dentro de un ciclo de 24 horas (Sanderson, 2004). Para el caso de avistamientos se consideró como un registro a todos los individuos vistos en una ocasión para el análisis de éxito de captura.

#### Riqueza de especies

Se determinó la riqueza específica de especies como el número total de especies de mamíferos carnívoros registradas en el área de estudio. Para determinar si el esfuerzo de captura fue suficiente para lograr una estimación aceptable de la riqueza de especies en la zona, fueron elaboradas curvas de acumulación de especies basadas en individuos. Las curvas se obtuvieron a partir de una matriz de presencia-ausencia de individuos por especie, la cual se aleatorizó 100 veces para eliminar el efecto del orden en que ingresan los datos en la construcción de las curvas con el programa *EstimateS* versión 8.0.0 (Cowell, 2000). Los datos aleatorizados fueron usados para la evaluación de modelos asintóticos de acumulación de especies, mediante el programa *Species Accumulation* (Díaz-Francés y Soberón, 2005). Para seleccionar el mejor modelo se usó el criterio de máxima verosimilitud. Para el modelo seleccionado en cada caso, el programa también calculó el valor de la asíntota. Los modelos evaluados fueron el de Clench y Dependencia Lineal; el primero es recomendado para taxa poco conocidos y áreas relativamente grandes y el segundo es adecuado para áreas de muestreo relativamente pequeñas y taxa bien conocidos (Soberón y Llorente, 1993). En los

casos donde no se alcanzó la asíntota, se estimó el esfuerzo de colecta adicional requerido para registrar el 95 % de la riqueza esperada según la asíntota (Soberón y Llorente, 1993).

### Abundancia relativa

La abundancia relativa para cada especie se cuantificó como el número de registros para una especie en particular entre el número total de registros encontrados de todas las especies. Cabe destacar que para los cálculos de este parámetro se tomó en cuenta a todos los individuos identificados o vistos. Es decir, en el caso de los registros obtenidos por fototrampas, los individuos fueron identificados mediante el patrón de coloración y para el caso de los individuos que no se pudieron identificar, se tomó como un mismo individuo a todos aquellos que se fotografiaron en un periodo de 24 horas (Sanderson, 2004). En el caso de los avistamientos, se consideraron todos los individuos observados para la estimación de la abundancia relativa.

En la estimación del número de individuos mediante huellas, se llevó a cabo una clasificación de éstas a través de la proporción ancho/largo; para lo cual se realizaron visitas al Zoológico Miguel Álvarez del Toro (ZooMAT) y al Zoológico del Grupo Buena Ventura, ambos en Chiapas; Yaguar Xoo y la Granja-Zoológico didáctico Divertigranja, en Oaxaca, donde se colocaron trampas para la obtención de huellas de *Leopardus pardalis* (ocelote). Se tomaron las huellas por individuo hasta alcanzar 10 impresiones por ejemplar. Cada huella se fotografió con una referencia de escala y una etiqueta del lugar de procedencia del organismo. La toma fotográfica se realizó con una cámara digital Fujifilm 550 modelo Fine Pix, de 3.1 megapíxeles de resolución, sin flash, en posición perpendicular a la pisada y en modo macro (Millar, 2001). Una vez fotografiada la huella, se realizó el molde con yeso dental y se etiquetó para su posterior control (Aranda, 2000).

Para cada una de las huellas obtenidas de los organismos en cautiverio, se midió su longitud y ancho con un vernier digital; la relación entre ambas medias

(ancho/largo) se utilizó como una referencia del tamaño de la huella. Con estos datos se construyó una tabla de frecuencias con tamaño de clase igual a la amplitud del intervalo de confianza para la media con un 99 % de confianza (Santos-Moreno y Alfaro, sometido). Las huellas de *L. pardalis* colectadas en campo fueron medidos de igual manera y se clasificaron dentro de las clases en la tabla de frecuencias. Todas las huellas que cayeron dentro de una misma clase, fueron consideradas como pertenecientes a un mismo individuo. La clasificación se realizó para cada periodo de colecta para obtener la abundancia por mes.

### Diversidad

Dado que para estudios de diversidad lo más conveniente es presentar valores tanto de riqueza como algún índice de la estructura de la comunidad, debido a que ambos parámetros son complementarios en la descripción de la diversidad (Moreno, 2001). Además de la riqueza específica, previamente mencionada, aquí se utilizaron para la estructura los dos siguientes índices:

### Dominancia:

Índice de Simpson ( $\lambda$ ), que expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está muy influenciado por las especies más dominantes y por la distribución de los individuos dentro de las especies:

$$\lambda = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Donde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  / número total de individuos de la muestra.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H):

Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra y supone que todas las especies están muestreadas.

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \log_{10} p_i$$

Donde:

$p_i$  = proporción de individuos en la  $i$ -ésima especie (número de individuos de la especie  $i$  / número total de individuos de la muestra)

Una ventaja que presenta el índice de Shannon-Wiener es que tiene asociada una prueba para definir la significancia de las diferencias entre dos valores de diversidad, la prueba de  $t$  de Student, modificado por Hutchinson:

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{\text{Var}H'_1 + \text{Var}H'_2}}$$

Donde:

$H'_1$  = índice de diversidad de Shannon-Wiener de la muestra uno, en este caso un tipo de método.

$H'_2$  = índice de diversidad de Shannon-Wiener de la muestra dos, en este caso un tipo de método.

$\text{Var} H'_1$  = varianza del índice de diversidad de la muestra uno

$\text{Var} H'_2$  = varianza del índice de diversidad de la muestra dos.

Para estudiar el grado en que se complementan los métodos utilizados en la cuantificación de la riqueza de especies de mamíferos carnívoros, se empleó el Índice de Complementariedad (Moreno, 2001):

$$C_{AB} = \frac{a + b - 2c}{a + b - c}$$

Donde:

$a$  = número de especies en el método uno

$b$  = número de especies en el método dos

$c$  = número de especies en común entre los dos métodos.

## **RESULTADOS**

### **Esfuerzo de colecta y éxito de captura**

Se colocaron 216 trampas Tomahawk-día, 226 cejos-día, 262 trampas para huella-día y 237 trampas cámara-día; se recorrieron en total 278 kilómetros distribuidos en los 12 periodos de muestreo.

No se obtuvo ninguna captura en las trampas Tomahawk ni en los cejos. Sólo se tuvo éxito con las trampas para huellas, trampas cámara, avistamientos y rastros sobre transecto (estos dos últimos se consideraron como un solo método). Todos los registros obtenidos en los tres transectos por un mismo método fueron sumados para los análisis correspondientes. El número de registros por avistamientos y rastros sobre transecto, fue el que obtuvo el éxito de captura mayor (8.27 %), seguido por el de trampas para huella (4.96 %) y después el de fototrampas (4.52 %) (Cuadro 1).

Se obtuvieron 16 fotografías que corresponden a cuatro especies: *Eira barbara* (viejo de monte) (1), *L. pardalis* (12), *N. narica* (2), y *U. cinereoargenteus* (1). Se registraron 26 huellas en las trampas para huellas que corresponden a tres especies: *L. pardalis* (20), *L. wiedii* (tigrillo, 1) y *N. narica* (5), aunque no todas presentaron buena definición. Durante los recorridos por los transectos se recolectaron cuatro huellas que corresponden a tres especies: *C. latrans* (2), *L. wiedii* (1) y *N. narica* (1); así mismo, se registraron seis avistamientos de *N. narica*, observando desde uno hasta seis individuos. También se recolectaron restos de dos individuos (dos colas) y un registro de rasguño de *N. narica* en la corteza de un árbol, ambos rastros en dos diferentes transectos (Cuadro 2).

### **Riqueza de especies y abundancia**

En la construcción de la tabla de frecuencias para la clasificación de las huellas se trabajó con siete individuos de *L. pardalis*, de los que se utilizaron 70 huellas. El Cuadro 3 muestra las frecuencias, la clasificación de las huellas encontradas en

campo y la estimación de los individuos a partir de ellas. Para este caso, se registró la presencia de un total de cinco individuos en la zona de estudio.

En total en la comunidad de Cerro Tepezcuintle se encontraron seis especies de mamíferos carnívoros, con los diferentes dispositivos usados. Para el caso de las trampas para huellas se registraron tres especies: *L. pardalis* con 0.67 registros/total de registros obtenidos, seguido de *N. narica* con 0.25 y *L. wiedii* con 0.08 (Fig. 2 a). Se registraron cuatro especies con el uso de las trampas cámara, con las siguientes abundancias relativas: *L. pardalis* con 0.43, *E. barbara* con 0.14, *N. narica* con 0.29 y *U. cinereoargenteus* con 0.14 (Fig. 2 b). Los datos que incluyen avistamientos y rastros (huellas, rasguños o restos corporales) encontrados sobre los transectos también permitieron el registro de tres especies: *N. narica* con 0.87, *L. wiedii* con 0.04 y *C. latrans* con 0.09 (Cuadro 4; Fig. 2 c y Fig. 3).

Por otro lado, los resultados de los modelos de acumulación de especies (Cuadro 5) indican que para el método de trampas huellas, el mejor modelo es el de Clench, seguido por el de Dependencia Lineal, estimando cinco especies para la zona. El modelo de Clench fue apoyado por los datos unas 314 veces más que el siguiente modelo (Fig. 4 a). Para el caso del método de cámaras trampa el mejor modelo fue el de Dependencia lineal ya que los datos apoyan 1.58 veces más que el siguiente modelo candidato, que es el de Clench; el modelo también estimó cinco especies, para este método (Fig. 4 b). Para el caso del método conjunto de avistamientos y rastros sobre transecto, el mejor modelo fue el de Clench siendo 280 veces más probable que el de Dependencia Lineal; el modelo estimó cinco especies, con este grupo de datos (Fig. 4 c). Cuando se evaluaron todos los datos en conjunto, independientemente del tipo de método en que fueron registrados, el mejor modelo fue el de Clench, ya que los datos apoyan este modelo 24, 000 veces más que el siguiente modelo candidato, es decir, el de Dependencia Lineal. El modelo estima en nueve especies la riqueza de mamíferos carnívoros en la zona de estudio (Fig. 4 d).

Tanto para los tres métodos por separado como para los datos en conjunto, la cantidad de especies estimada se encontró por encima de las especies registradas en campo. Los cálculos del esfuerzo de colecta indican que son necesarios 86 registros para alcanzar el 95% de la asíntota del modelo más adecuado, en este caso el de Clench para el método de las trampas huellas. Para el caso de las trampas cámara, los cálculos estiman que con cinco registros se llega al 95% de la asíntota del modelo de Dependencia Lineal; para los avistamientos y rastros sobre transecto, se estima que son necesarios 122 registros para obtener la asíntota del modelo de Clench; mientras que para los datos en conjunto, unos 227 registros para llegar al 95% de la asíntota para el mismo modelo.

### **Diversidad**

Se encontró una diversidad expresada por medio del Índice de Shannon-Wiener de 0.49, para todos los datos en conjunto en la zona. Los resultados indican una mayor diversidad de mamíferos carnívoros, para los datos obtenidos por trampas cámara ( $H' = 0.46$ ), seguido por las trampas para huellas ( $H' = 0.36$ ) y finalmente el obtenido por el método de avistamientos y rastros ( $H' = 0.21$ ). Al realizar la prueba *t* de Hutchinson, se encontró diferencias significativas entre el índice de diversidad de huellas vs fototrampas ( $t = 3.03$ ,  $g.l. = 17$ ,  $P = 0.001$ ), en huellas vs otros ( $t = 6.22$ ,  $g.l. = 26$ ,  $P = 0.001$ ) y para fototrampas vs otros ( $t = 8.34$ ,  $g.l. = 15$ ,  $P = 0.0001$ ). Para este caso, el índice de Shannon-Wiener toma valores desde 0, cuando hay una sola especie hasta logaritmo del número de especies cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. En este caso el índice toma valores de cero hasta logaritmo de cuatro, es decir 0.60).

Con respecto a la dominancia expresada a través del índice de Simpson se encontró  $\lambda = 0.44$ , para todos los datos en conjunto para la zona. Se encontró el valor más alto para este índice con los datos obtenidos por el método del conjunto de avistamientos y rastros ( $\lambda = 0.74$ ), seguido por el de trampas para huellas ( $\lambda = 0.46$ ), siendo menor cuando se tomó en cuenta los datos obtenidos del método

de trampas cámara ( $\lambda=0.26$ ) (Cuadro 4). En este caso, el índice de Simpson puede tomar valores de 0, en comunidades poco diversas, hasta 1, e indica una fuerte dominancia y baja diversidad.

En lo referente al Índice de Complementariedad, los resultados muestran que el método de las fototampas y el método conjunto de avistamientos y rastros sobre transectos, obtienen un valor mayor con respecto a los demás pares de métodos, con 83% de disimilitud entre los registros con ambos métodos. El método de fototampas y trampas para huella registran datos diferentes en un 60%; finalmente el de trampas para huella y el método de conjunto de avistamientos y rastros sobre transecto lo hacen en un 50% (Cuadro 6). Cabe destacar que para este índice, varía desde cero, cuando ambas muestras son idénticas hasta 1, cuando ambas son completamente distintas.

## DISCUSIÓN

### Riqueza de especies

Desde una perspectiva de complementariedad entre los métodos, la riqueza de la comunidad de mamíferos carnívoros es de seis especies: *E. barbara*, *C. latrans*, *L. pardalis*, *L. wiedii*, *N. narica* y *U. cinereoargenteus*. Este número está por debajo de otros estudios sobre riqueza de mamíferos carnívoros, donde se registra entre 6 y 11 especies en diferentes ambientes templados (Botello López, 2004, 2006; Juárez Aguilar e Iñiguez-Dávalos, 1994; Luna Krauletz, 2004).

Sin embargo, la riqueza de especies en Cerro Tepezcuintle es similar o se encuentra por encima de otros estudios, los cuales se llevaron a cabo en un tipo de vegetación parecida al de este trabajo. En la selva mediana en Santiago Comaltepec, en la Sierra Norte de Oaxaca, Alfaro Espinoza (2004), registra tres especies de carnívoros (*N. narica*, *P. lotor* y *Panthera onca* (jaguar)); Luna Krauletz (2004) registró una sola especie de este grupo (*U. cinereoargenteus*) para el bosque tropical subcaducifolio en esta misma zona; por su parte, Alfaro et



al. (2006), registraron cuatro especies de carnívoros en la Chinantla Baja (*N. narica*, *P. flavus*, *P. lotor* y *P. onca*) y Martínez Sánchez (2007) registró seis para este mismo grupo de mamíferos en tres zonas de la Chinantla Baja y Media (*C. latrans*, *Conepatus leuconotus*, *Herpailurus yagouaroundi* (jaguarundi), *N. narica*, *P. flavus*, y *P. lotor*).

Goodwin (1969) registró 23 especies de mamíferos carnívoros para el estado de Oaxaca, pero para la zona de Tuxtepec sólo registró una especie: *H. yagouaroundi*. Sin embargo, al relacionar los registros de mamíferos carnívoros con el tipo de vegetación y la región, entonces para Tuxtepec cabría esperar la presencia al menos de 14 especies (con ayuda de Ceballos, 2005): las seis especies encontradas en este trabajo y *B. sumichrasti*, *C. semistriatus*, *Galictis vittata* (grisón), *L. rufus*, *P. concolor*, *P. flavus*, *P. lotor*, *P. onca*. Por su parte, Briones-Salas y Sánchez-Cordero (2004) registraron dos especies para todo el Distrito de Tuxtepec: *H. yagouaroundi* y *P. lotor*, pero si se amplía la búsqueda incluyendo la Planicie Costera del Golfo más la asociación vegetal a los bosques tropicales, la riqueza potencial se incrementaría a ocho especies: *H. yagouaroundi*, *L. wiedii*, *N. narica*, *P. concolor*, *P. flavus*, *P. lotor*, *L. pardalis* y *P. onca*.

Así, se registró menos de la mitad de las especies mencionadas por Goodwin (1969), y una riqueza de especies similar a la mencionada por Briones-Salas y Sánchez-Cordero (2004), aunque la composición de especies es diferente. También hay que tener en cuenta que se trata de una sola localidad en el caso de Cerro Tepezcuintle, en comparación con una región (Distrito de Tuxtepec o la Planicie Costera del Golfo), geográficamente mucho más amplia. Por lo que, a pesar de los valores bajos de diversidad, la zona de Cerro Tepezcuintle presenta una buena riqueza de especies, ya que alcanza valores por encima de las especies previamente registradas en el Distrito, y cercanos a la región, si tomamos en cuenta los datos de Briones-Salas y Sánchez-Cordero (2004).

Por su parte, los modelos de acumulación de especies estiman cinco especies en total en Cerro Tepezcuintle para cada uno de los métodos de muestreo utilizados, es decir, cabría esperar dos especies más que las registradas por el método de trampas para huella y avistamientos, así como una más a las cuatro especies que fueron registradas en las trampas cámara. Tomando en cuenta el total de los datos en conjunto, el modelo estima nueve especies en el área, tres más de las ya observadas.

Quizá algunas especies no se registraron debido a sus hábitos arborícolas, tales como *B. sumichrasti* y *P. flavus*, que serían más difíciles de registrar con los métodos empleados en este trabajo, los cuales se enfocaron a especies terrestres. O bien, para aquellas especies que tienen ámbitos hogareños más amplios, mayores a los ámbitos de las especies encontradas en este estudio. Tal es el caso de *P. onca* y *P. concolor*; los cuales se fueron registradas en el distrito de Tuxtepec, pero en zonas más conservadas (Alfaro *et al.*, 2006; Pérez Lustre *et al.*, 2006).

A pesar de que no fue registrado por ningún método, se sabe que en la zona de muestreo está presente *P. lotor*, pues esta especie ha sido vista dentro del poblado de Cerro Tepezcuintle y además, se registraron sus huellas tanto a las orillas del poblado como en los caminos aledaños a los cultivos, cerca del inicio de los transectos. También se percibió el olor característico del zorrillo, aunque no fue posible verlo y por lo tanto, tampoco identificar la especie.

Cabe destacar que la acumulación de especies (tanto las curvas como los modelos de acumulación de especies) se expresó en función de la acumulación de individuos y no a partir de unidad de esfuerzo de colecta (periodos de captura, noches-trampa, horas-trampa, etc.) (Fig. 4). Este tipo de acumulación es más adecuado debido a que hace más factible una comparación entre diferentes estudios, independientemente de la cantidad de esfuerzo que se haya desplegado en cada trabajo (García-García y Santos-Moreno, 2008). La estimación del

número de especies faltantes para llegar a la asíntota de la zona también está en función del registro de individuos. Por otro lado, la elección del modelo se presenta de manera objetiva, seleccionando al que mejor se ajusta a los datos observados (Díaz-Francés y Soberón, 2005) y no está predeterminado por los supuestos del modelo antes de la obtención de datos.

### **Abundancia relativa**

De las seis especies registradas en Cerro Tepezcuintle, la que tuvo la abundancia relativa más alta fue *L. pardalis*, seguida por *N. narica* si se toman en cuenta los resultados obtenidos por medio de las trampas para huellas y trampas cámara. En cuanto a los registros por avistamientos y rastros sobre el transecto, la especie más abundante fue *N. narica*.

Pese a que *L. pardalis* presentó un valor de abundancia mayor al de los otros mamíferos en Cerro Tepezcuintle, los registros encontrados en este estudio fueron menores a los obtenidos en otras zonas. En este sentido, en otros estudios se registraron datos abundantes para esta especie en el bosque transicional Chiquitano en Bolivia (Maffei *et al.*, 2002), en el bosque tropical del Atlántico en Argentina (Di Bitetti *et al.*, 2006), así como en un mosaico de vegetación xérica, de galería y bosque deciduo en el Pantanal, Brasil (Trolle, 2003b). Sin embargo, los valores de abundancia de *L. pardalis* encontrados en Cerro Tepezcuintle son mayores que en otras zonas, como en el caso de la Sierra de la Sierra de Nanchititla en el Estado de México (Zarco González, 2007) o en un bosque semideciduo en Bolivia (Ríos-Uzeda *et al.*, 2001). *L. pardalis* una especie que no es generalista ni oportunista, y pese a que se alimenta de una gran variedad de mamíferos medianos y pequeños, su dieta es exclusivamente carnívora (Ceballos, 2005), aunado a esto, requiere de extensiones relativamente grandes para su desarrollo, por lo que, aunque su abundancia es buena en la zona, puede verse afectada por la pérdida del ambiente.

Se esperaba encontrar valores de abundancia mayores para las especies generalistas u oportunistas, como ocurrió *N. narica*, que es omnívora y un mamífero que no presenta problemas de conservación. Los resultados ubican a esta especie como la segunda más abundante (fototrampeo o huellas) o la que domina en la zona (avistamientos). Sin embargo, para otras zonas, los registros de *N. narica* se encuentran muy por encima en relación a este estudio, tal es el caso del bosque de pino-encino en la Sierra de Nanchititla (Zarco González, 2007), en la región de Cuicatlán (Botello López, 2006) o en un bosque deciduo de Brasil (Trolle, 2003b).

En el caso de las dos especies de canidos encontrados (*C. latrans* y *U. cinereoargenteus*), se esperaban abundancias altas, dado que son más generalistas que las demás especies. Sin embargo, para este estudio, los valores de abundancias para *C. latrans* y *U. cinereoargenteus* fueron bajas, en comparación con las otras especies de la zona. Se ha encontrado para esas dos especies, valores de abundancias mayores en ambientes templados en la Sierra Norte, Oaxaca (Luna Krauletz, 2004; Botello López, 2004) o en un mosaico de pastizales, selva baja y bosque de coníferas en Cuicatlán, Oaxaca (Botello López, 2006). Se ha visto que en zonas de bosques tropicales húmedos, *C. latrans* es menos abundante. Sus bajos registros pueden deberse por un lado a sus conductas elusivas, o a una abundancia en la zona realmente baja.

Como se esperaba, las especies raras, presentaron abundancias bajas dentro del grupo de mamíferos carnívoros. Tal es el caso de *L. wiedii* y *E. barbara*, los cuales registraron valores de abundancias bajas en comparación con las demás especies. Para ambas especies, se obtuvieron valores bajos de abundancias en otros estudios de Sudamérica (Gómez *et al.*, 2001; Maffei *et al.*, 2002; Trolle, 2003a; Zapata-Ríos, 2006). En el caso de *L. wiedii*, la especie de hábito arborícola dentro del grupo de felinos, mientras que *E. barbara*, con hábito semiarborícola, resultaron difíciles sus registros con los dispositivos utilizados, por lo cual,

presentaron pocos datos. Aunado a lo anterior, en condiciones naturales presentan abundancias bajas y son difíciles de observar.

La estimación de las abundancias por medio de las huellas ha sido cuestionada sobre todo por la incertidumbre en la identidad de los individuos (Karanth *et al.*, 2003); si bien se han desarrollado métodos para lograr discriminar a los individuos a partir de medidas o morfometría de las huellas (Alibhai *et al.*, 2008; Contreras 2007; Santos-Moreno y Alfaro, sometido), aún siguen siendo pocos los estudios para estimar las abundancias a partir de ellas y otros rastros para muchas especies y ambientes.

En el caso de los estudios que han calculado el número real de individuos en una población (Stander, 1998; Alibhai *et al.*, 2008), se ha visto que la estimación poblacional a partir de huellas es un buen índice de la población real. En este sentido, en este estudio se optimizó la discriminación de los individuos a partir de la clasificación de las huellas obtenidas en campo, de manera que no pudiera sobreestimar o subestimar la población. El primer caso, puede presentarse cuando se considera que cada huella colectada es un individuo, en el segundo caso, puede ser consecuencia de tomar a todas las huellas presentes en una trampa como un solo individuo.

Con la clasificación de las huellas a través de sus medidas se pudo estimar el número de individuos presentes en la zona, el cual arrojó una estimación de cinco individuos, contra tres que se obtuvieron por medio de las trampas cámara. Por ambos métodos se puede aproximar a la determinación del número de organismos, a través de los diferentes periodos de colecta. En el caso de las trampas cámara por medio de la identificación del patrón de rosetas de la piel y las variantes en la coloración y en el caso de las huellas, por medio de su clasificación dentro de las diferentes clases de frecuencias.

### **Diversidad**

La diversidad expresada por el índice de Shannon-Wiener para el grupo de mamíferos carnívoros en Cerro Tepezcuintle ( $H' = 0.49$ ) se encuentra por debajo de los índices obtenidos en otras zonas. Tal es el caso de mamíferos carnívoros en el bosque templado de Ixtepeji, Oaxaca con  $H' = 1.76$  (Botello López, 2004). Mientras que en el bosque tropical caducifolio de la costa de Oaxaca, también se registraron valores de diversidad más altos,  $H' = 3.44$  (Guevara y Briones-Salas, 2004), así como en la porción oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán- Cuicatlán, con una  $H' = 1.86$  (Botello López, 2006).

Los índices de diversidad obtenidos por diferentes métodos produjeron resultados diferentes. El método de fototrampeo fue el que registró el valor de diversidad más alto con respecto a los obtenidos por los otros métodos ( $H' = 0.46$  vs  $H' = 0.36$  y  $H' = 0.21$ ). Este método también registró el valor más bajo para el índice de dominancia, Simpson ( $\lambda = 0.26$  vs  $\lambda = 0.46$  y  $0.74$ ). Esto indica que este método en particular, refleja una diversidad alta en comparación con los valores de diversidad producidos por los demás dispositivos, además, la diversidad por el método de fototrampeo es similar a la diversidad total de la zona ( $H' = 0.46$  vs  $H' = 0.49$ , respectivamente).

Al igual que en este estudio, Botello López (2004), también registró una diversidad alta con el método de fototrampeo en comparación con los otros dispositivos usados ( $H' = 1.92$  vs  $H' = 1.28$  por las estaciones olfativas y  $H' = 1.02$  por los cepos), en el único trabajo comparativo de diversidad con diferentes métodos.

### **Métodos de colecta**

En este trabajo las trampas Tomahawk y cepos no permitieron ningún registro, por lo que, al menos en este estudio es nula su eficiencia para el registro de especies de mamíferos carnívoros. De hecho se esperaba un registro bajo con estos métodos, porque otros estudios han mostrado que este método tiene una eficiencia baja. Por ejemplo, Bonesi y Macdonald (2004) capturaron 12 visones americanos (*Mustela vison*), tras 1,635 días/trampa, en zonas ribereñas de bosque

templado y zonas de agricultura en Inglaterra. Por su parte, González-Esteban *et al.* (2004) lograron capturar al visón europeo (*M. lutreola*) con 270 días/trampa, en zonas ribereñas con gran cobertura de arbustos en el norte de España. En el caso de Michalski *et al.* (2007), manifiestan que ambos métodos, trampas jaula y cepos son adecuados para la captura de mamíferos carnívoros, obteniendo 6 especies con tasas de captura de 5.77% en 684 trampas jaula-días y 52 cepos-días, en un mosaico de bosque tropical caducifolio perturbado y sabanas en Brasil.

La captura nula por estos dispositivos puede deberse a situaciones que incluyen la conducta, tamaño o peso de las especies y una baja densidad de las poblaciones en la zona (Sadler, 2004). Otro factor que pudo haber influido es el cebo, sobre todo la presencia y cantidad del mismo, ya que en la zona fue constante la pérdida de este material debido a las avispas y sobre todo a las hormigas, quienes rápidamente eran atraídos, probablemente compitiendo eficientemente por él con los carnívoros. Se ha visto que el tipo de cebo puede llegar a influir en las tendencias de captura de las especies, ya sea por la cantidad y permanencia dentro de las trampas (Ana Gatica, comunicación personal), o bien porque ciertos tipos de cebos son más adecuados para algunas especies que para otras (Michalski *et al.*, 2007). Para este caso, la cantidad del cebo pudo haber influido en el bajo registro de las especies.

Un factor adicional puede ser la presencia humana regular en la zona, lo que provocaría que las especies modifiquen su conducta; en este sentido, los organismos pueden evitar las zonas de transición o de cacería y volverse más cautelosos para entrar en lugares sospechosos, como las trampas Tomahawk.

Contrario a lo esperado, los avistamientos arrojaron una cantidad considerable de datos, pues obtuvieron el valor más alto de éxito de colecta. Sin embargo, la mayoría fueron registros por avistamientos de la única especie del grupo de carnívoros observada: *N. narica*, una especie diurna y que fue vista en grupos de hasta 6 individuos; por lo que pudo verse influido el éxito de captura por este

método en conjunto. Dado que los recorridos se llevaron a cabo durante el día, pudieron haberse perdido datos de especies nocturnas. Con respecto a las huellas encontradas sobre los transectos sólo se encontraron cuatro huellas de dos especies, lo que refleja que por si solo, el registro de huellas sobre transecto presenta una baja eficiencia.

Pese a que este método en conjunto tuvo mayor éxito de captura, no se considera eficiente para el registro de la comunidad de mamíferos carnívoros, debido a que, además de que presenta una tendencia al registro de especies diurnas (para el caso de las observaciones), no refleja la diversidad total de la zona para este grupo. Aunado a lo anterior la topografía y la cobertura vegetal de la zona no contribuyeron en la observación de los organismos, aunque estuvieran presentes en el área. La baja eficiencia de este método esta dada en términos de riqueza o de diversidad, debido a que sólo registra la mitad de estos dos parámetros. No obstante, este método contribuye a la riqueza de especies debido a que registró a *L. wiedii*, una especie nocturna, arborícola, de baja abundancia y difícil de observar, de igual manera registró a *C. latrans*, que se obtuvo sólo por este método.

En un estudio llevado a cabo en el bosque tropical de la región ecuatoriana de Morona-Santiago, Zapata-Ríos *et al.* (2006), observaron mas del 70% de las especies de mamíferos registradas previamente en la zona, de los cuales se observaron más del 68 % de las especies de carnívoros. El segundo método que logró obtener una mayor cantidad de especies fue el de huellas recolectadas a lo largo de los transectos, con nueve de las 16 especies de carnívoros presentes en el área. Lo que demuestra que la eficiencia del método puede variar en las diferentes zonas, aunque faltan más estudios para lograr un panorama general.

Para este trabajo las trampas para huellas fue el segundo método con mayor éxito de captura; este método registró a tres de las seis especies en la zona. Quizá el método registró sólo la mitad de las especies presentes en la zona, pero se obtuvo



dos especies de felinos (*L. pardalis* y *L. wiedii*), difíciles de ver, nocturnos y en general de baja abundancia, por lo que contribuye en el panorama general de la distribución de las abundancias.

Por otro lado, se ha visto que los factores ambientales pueden ser una limitante para los registros por medio de rastros (Wilson y Delahay, 2001), ya que las condiciones del sustrato o del ambiente pueden influir en la detección de las especies. Estos dos factores pudieron ser la causa para la baja detección de registros con este método. Durante la temporada de lluvias, la precipitación fuerte hacía que el sustrato cernido fuera lavado rápidamente, mientras que en la época seca el sustrato se endurecía, aún a pesar de que fuera humedecido constantemente de manera artificial. En ambos casos, la posibilidad de plasmar las huellas por parte de los organismos se vió fuertemente limitada. También cabe considerar que además de los factores ambientales, está involucrada la capacidad de detección y experiencia del rastreador, ya que los rastros pudieron haber estado presentes y no ser detectados.

En este trabajo, el método de las trampas huella, registró dos especies de hábitos nocturnos y crípticos y, para el caso de *L. wiedii*, de baja abundancia, además de una especie común, abundante y diurna. Lo que demuestra que por medio de este método se puede registrar a las especies sin importar su conducta. Pese a que en este trabajo, la eficiencia de este método es del 50% en el registro de la riqueza y diversidad, en otros estudios se ha logrado obtener datos pero en un número mayor de especies demostrando su eficiencia (Barea-Azcón, 2007; García-Chávez *et al.*, 1994; Juárez Aguilar e Iñiguez-Dávalos, 1994; Simonetti y Huareco, 1999).

El método que obtuvo un menor éxito de captura fue el de fototrampeo, sin embargo a través de este método se registró a cuatro de las seis especies de mamíferos carnívoros. Por otro lado, con base a la estimación de la riqueza potencial de la zona, el método de fototrampeo, presenta una baja detección de especies, tal vez debido el esfuerzo de colecta llevado a cabo en la zona.

En este caso se trabajó con 237 ciclos de 24 horas de activación para las trampas cámara y comparado con otros estudios, el esfuerzo de colecta se encuentra por debajo: 450 y 504 trampas cámara/noche en el Pantanal, Brasil (Trolle, 2003b; Trolle y Kery, 2005), entre 698 y 2,520 trampas cámaras/noche en tres zonas de bosque transicional en Chiquitano, Bolivia (Maffei *et al.*, 2002), 616 trampas colocadas en la Comunidad Autónoma Vasca, España (González-Esteban *et al.*, 2004), 2340 días/trampa en un bosque tropical de Perú (Tobler, 2008) y para un caso en el Estado de México con 4,305 noches trampas (Zarco González, 2007). Sin embargo, es conveniente adecuar los protocolos a cada situación y ambiente (Torre *et al.*, 2003). En la zona de estudio hay presencia de transeúntes, que puede provocar la pérdida de las trampas, como ya ha sucedido, pues en la zona fueron sustraídas trampas Tomahawk, cepos y una trampa cámara.

Wegge *et al.* (2004), manifiestan que tanto la distancia entre trampas como la duración del trampeo afectan las capturas de los animales y las estimaciones de la abundancia poblacional. Por lo anterior, es de esperarse que a mayor esfuerzo de colecta hubiera mayor cantidad de registros, y en consecuencia, mejores estimaciones de riqueza y abundancia.

Torre *et al.*, (2003), registraron cinco de las siete especies que se han capturado en 111 trampas cámara/noches, muestreando sólo dos noches consecutivas por mes en el Parque Natural del Montnegre en España. Por su parte Goldman y Winter-Hansen (2003), lograron capturar las cuatro especies reconocidas previamente, empleando 55 noches trampa en la reserva de Zanzibar en Tanzania. En ambos casos, los días de trampeo estuvieron por debajo de los llevados a cabo en los trabajos mencionados con anterioridad, así como con el llevado a cabo en Cerro Tepezcuintle y lograron registrar la mayoría de las especies de carnívoros dentro de sus respectivas zonas; no obstante, no se pudo obtener los valores de abundancia en el estudio de Goldman y Winter-Hansen (2003), o bien, hubo pocos datos para algunas especies como consecuencia de la

baja cantidad de tiempo de muestreo, como lo señalan Torre *et al.* (2003). Estos trabajos demuestran que si bien se obtiene una estimación adecuada de la riqueza de especies (dado que se registran la mayoría de las especies previamente reconocidas para la región), puede ser insuficiente para la estimación confiable de la abundancia.

En este estudio, fototrampeo resultó ser un método eficiente en comparación con los otros dispositivos para documentar la diversidad del grupo de mamíferos carnívoros, ya que registraron a cuatro de seis especies en la zona, permitiendo estimar las abundancias y proporcionando información adicional como horarios de actividad, sin requerir de un esfuerzo adicional, tal como se ha visto en otros estudios (Kelly, 2008; Tobler, *et al.*, 2008; Trolle, 2003b; Trolle y Kery, 2005).

Este método permite registrar, con bajo esfuerzo, una cantidad de datos de diversas especies en periodos de tiempo corto, sin importar el tamaño, conducta o elusividad de los organismos (.Kelly, 2008; Tobler, *et al.*, 2008), lo cual se vio reflejado en este estudio. Ya que, además de que el método de fototrampeo registró valores similares al de la diversidad total de la zona, también registró especies nocturnas y diurnas, y a excepción de *N. narica*, las otras tres especies son en general, poco abundantes, nocturnas y difíciles de ver. Por lo cual, se considera a este método como el que presentó mejor eficiencia en relación con los otros métodos para el registro de la comunidad de mamíferos carnívoros en Cerro Tepezcuintle.

Cabe destacar que además de las cuatro especies de carnívoros que fueron registradas por las fototrampas, también se registró otras cinco especies de mamíferos no carnívoros por este método: *C. paca*, *Dasyprocta mexicana* (serete), *Dasypus novemcinctus* (armadillo), *Sylvilagus sp* (conejo) y *Tayassus tajacu* (pecarí de collar), además de diversas organismos de murciélagos no identificados y aves. En el caso de trampas para huellas, se identificaron otras tres especies adicionales, tal como *C. paca*, *D. mexicana* y *T. tajacu*; y entre las huellas

observadas durante el recorrido por los transectos se obtuvieron dos especies más: *C. paca* y *T. tajacu*. Finalmente, durante los recorridos por los transectos se observaron tres especies: *D. mexicana*, *Tamandua mexicana* (oso hormiguero) y *T. tajacu*. Para estas especies, el método de trampas cámara fue el que registró la mayor riqueza de especies.

*N. narica* fue la única especie registrada por los tres métodos, *L. pardalis* se registró en trampas para huellas y trampas cámara. *L. wiedii* se registró por dos métodos, trampas para huella y huellas sobre el transecto *E. barbara* y *U. cinereoargenteus* fueron registradas exclusivamente en las trampas cámara, y para *C. latrans* sólo se registró con huellas sobre transecto. Las trampas para huellas no registraron de manera exclusiva a ninguna especie, pues las tres especies registradas por este método también fueron registradas por otras técnicas. El método de fototrampeo registró dos especies de manera exclusiva y los rastros sobre transecto lo hicieron con una especie.

### **Complementariedad de métodos**

En este estudio, los métodos utilizados registran valores de riqueza de especies diferentes pero sobre todo, se reconoce una composición diferente de especies para mamíferos carnívoros en Cerro Tepezcuintle.

Ninguno de los tres métodos registró a todas las seis especies por sí solo, es decir, cada método por separado sólo registró una parte de la riqueza de especies en el sitio. La necesidad de trabajar con diferentes métodos de manera conjunta se vio confirmada al tener un panorama más amplio de la riqueza de mamíferos carnívoros. En este caso, el método de fototrampeo y el método conjunto de avistamientos y rastros sobre transecto, fueron los que tuvieron el valor más alto en el índice de complementariedad para el registro de las especies (83%); es decir, más del 80% de los registros obtenidos por estos dispositivos son diferentes entre sí. Cabe destacar que ambos métodos presentan especie exclusivas, no capturadas por ningún otro método, y quizá por esta razón el índice de

Complementariedad fue alto para estos dos dispositivos. Los otros métodos también presentaron índices con valores altos, contribuyendo a la incorporación de datos para la estimación de la riqueza de especies por encima del 50%.

El uso de varios métodos para la estimación de la diversidad de una zona ha sido recomendado para este grupo de especies dadas sus características elusivas (Wilson y Delahay, 2001). Estos proveen resultados susceptibles de comparación entre áreas o las tendencias de las abundancias. La influencia de factores extrínsecos (ambientales) e intrínsecos (metodológicos) pueden ser disminuidos con el empleo de mas de una aproximación (Wilson y Delahay, 2001). De igual manera, la elección del método en parte está, determinada por factores como la disponibilidad del recursos económicos, humanos y materiales, el lugar, la duración del estudio y las condiciones ambientales, así como los objetivos del estudio y la especie de interés (Lyra-Jorge *et al.*, 2008; Wilson y Delahay, 2001).

Cuando se ha comparado la eficiencia de los métodos para los estudios de carnívoros se han encontrado resultados contrarios, concluyendo que son las trampas para huellas, o huellas sobre transecto (Barea-Azcón *et al.*, 2007; Lyra-Jorge *et al.*, 2008; Sadlier, *et al.*, 2004), excretas (Harrison *et al.*, 2002), trampas para capturar ejemplares vivos (Michalski *et al.*, 2007) o fototrampas (Botello López, 2004; Silveira *et al.*, 2003) los mejores dispositivos para la estimación de riqueza o abundancia. Sin embargo, se ha concluido de manera general que sólo con el uso complementario de los métodos se puede obtener una estimación confiable de la diversidad y abundancia de carnívoros en un lugar o región (Barea-Azcón *et al.*, 2007; Lyra-Jorge *et al.*, 2008; Stander, 1998; Wison y Delahay, 2001).

Cabe destacar que aunque hay pocos trabajos donde se compara la eficiencia de los diferentes dispositivos para el registro de especies, hasta este momento, no se había aplicado el índice de Complementariedad para evaluar el grado en que dos métodos contribuyen entre sí, para estimar la riqueza de especies. Este índice

proporciona de una manera cuantitativa a dicha contribución entre los métodos. La contribución de los métodos nos puede ayudar a obtener una estimación más completa, y por lo tanto, realista de la riqueza y abundancia de especies de mamíferos carnívoros. Las estimaciones más reales de estos dos parámetros, contribuyen al conocimiento de la diversidad de la zona y de los mamíferos carnívoros en general.

### Estado de conservación

La comunidad de Cerro Tepezcuintle se encuentra inmersa en un mosaico de zonas de cultivo (principalmente maíz), potreros, zonas de acahual y fragmentos de selva mediana; en diversos periodos de muestreo, se observó las practicas de tala de árboles y aclareos en diferentes zonas, extracción de frutos (naranja, mango y plátano), así como personas con rifles, probablemente cazadores. También se encontraron durante los recorridos, cartuchos de rifle y estructuras rústicas en la parte media de algunos árboles frutales para acechar y cazar. En esta zona fue donde se encontraron restos de *N. narica* y *T. tajacu*, los cuales se sabe, por comentarios de los habitantes, se cazan tanto para evitar daños a los cultivos (en el caso del coatí) como para consumo personal y venta (en ambas especies). Estos factores podrían explicar la baja diversidad de este grupo de mamíferos, ya sea por competencia por los recursos alimenticios, por la evasión de las zonas frecuentadas por personas, por una modificación en su conducta, volviéndose más cautelosos y desconfiados, o bien, por una disminución real de estas poblaciones.

Este estudio es el primer trabajo, cuyo principal objetivo fue el conocer la diversidad de mamíferos carnívoros en la zona. La estimación de la riqueza de especies, por sí sola, refleja la biodiversidad de la comunidad. Medir la abundancia de las especies permite identificar aquellas que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Tal es el caso de las especies raras como *L. wiedii* y *E. barbara*, las cuales se encuentran mas vulnerables ante la pérdida y modificación del hábitat. Pese a que *L. pardalis*

parece presentar una buena abundancia con respecto a las demás especies, podría verse afectada ante los cambios en la cobertura de la selva.

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 riesgo y se incluyen en la categoría de en peligro de extinción dentro de la NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2002): *E. barbara*, *L. pardalis* y *L. wiedii*, lo que denota la importancia de la región como albergue de la diversidad estatal, más allá del número de especies registradas. Es por ello que la conservación de la región es necesaria para la protección de este grupo.

Cabe destacar que las autoridades de Cerro Tepezcuintle están desarrollando un programa de establecimiento de un área de conservación. Sin embargo, sería adecuado establecer zonas de amortiguamiento y corredores de dispersión entre los diferentes fragmentos de selva. Estas aéreas contribuirían en las dispersiones naturales de las especies y garantizaran el intercambio genético. Estas estrategias contribuirían en la conservación, no sólo de la comunidad de mamíferos carnívoros, sino de la comunidad de mamíferos en general y sobre todo de las relaciones ecológicas entre las diversas especies.

Este trabajo ayuda a conocer la comunidad de mamíferos carnívoros y refleja un panorama general de la situación de este grupo en la zona. Sin embargo, aún quedan preguntas por responder, ya que todavía no se conoce el grado en que los cambios constantes en la selva, puedan afectar la riqueza y las abundancias de mamíferos a mediano y largo plazo. Continuar con este tipo de trabajos permite identificar cambios, en la estructura y composición de la comunidad, alertándonos sobre los procesos de la pérdida de la diversidad.

### **CONCLUSIONES**

Los métodos utilizados para el registro de mamíferos carnívoros arrojaron diferencias en los valores de riqueza de especies, abundancia relativa y diversidad. Ya que las seis especies que se encuentran en Cerro Tepezcuintle no fueron registradas por un sólo método, se concluye que estudios futuros de este grupo de mamíferos idealmente deberán incluir la aplicación de varios dispositivos. La complementación entre métodos nos permite obtener estimaciones sobre la diversidad de mamíferos carnívoros en términos de riqueza y abundancia, los cuales serán fundamentales para el desarrollo de planes adecuados para su manejo y conservación.

La riqueza de especies de la comunidad de mamíferos carnívoros, conformada por seis especies, se encuentra por debajo de lo observado en otros sitios. Sin embargo, dado que tres de las seis especies se encuentran en peligro de extinción, el sitio apunta como un reservorio de la biodiversidad regional, y por ende, la conservación de la zona puede ayudar al mantenimiento de la biodiversidad del estado de Oaxaca.

### **Recomendaciones**

Hasta el momento, en este trabajo se ha llegado a la identificación de individuos, tanto por las fotografías tomadas con las trampas cámara como por las huellas en campo. Sin embargo, lo ideal es estimar el tamaño poblacional, por lo que se recomienda el uso complementario de los métodos de colecta (huellas y trampas cámara) con los métodos de estimación de poblaciones, tal como el de captura-recaptura, para ser aplicados una vez identificados de forma individual los organismos, ya sea por fotografías o por sus huellas.

Dado que los resultados señalan que puede haber más especies que las aquí registradas, es necesaria la continuación del estudio para tener un mejor panorama de la riqueza de la zona. De igual manera, es necesario estudios



ecológicos a largo plazo sobre este grupo para poder conocer y minimizar los efectos de los cambios del hábitat en la zona de estudio.

**LITERATURA CITADA**

- Acosta Castellanos, S. 2002. Plantas vasculares raras, amenazadas, o en peligro de extinción del estado de Oaxaca, un panorama preliminar. *Polibotánica*, 13:47-82.
- Alfaro Espinosa, A. M. 2005. *Patrones de diversidad de mamíferos terrestres del Municipio de Santiago Comaltepec, Oaxaca, México*. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN, Oaxaca.
- Alfaro, A. M., J. L. García García y A. Santos-Moreno. 2006. *Mamíferos de los municipios Santiago Jocotepec y Ayotzintepec, Chinantla Baja, Oaxaca*. *Naturaleza y Desarrollo*, 4:19-23.
- Alibhai, S. K., Z. C. Jewell y P. R. Law. 2008. *A footprint technique to identify white rhino Ceratotherium simum at individual and species levels*. *Endangered Species Research*, 4:205-218.
- Aranda, M. 2000. *Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*. CONABIO e Instituto de Ecología, A. C, México, D.F. 212 pp.
- Barea-Azcón, J. M., E. Virgós, E. Ballesteros-Duperón, M. Moleón y M. Chiroso. 2007. *Surveying carnivores at large spatial scales: a comparison of four broad-applied methods*. *Biodiversity and Conservation*, 16:1213-1230.
- Berger, J. 1999. *Antropogenetic extinction of top carnivores and interspecific animal behavior: implications of the rapid decoupling of a web involving wolves, bears, moose and ravens*. *Proceeding of the Royal Society London*, 266:2261-2267.
- Bekoff, M., T. J. Daniels y J. L. Gittleman. 1984. *Life history patterns and the comparative social ecology of carnivores*. *Annual Reviews Ecology and Systematic*, 15:191-232.
- Bonesi, L. y D. W. Macdonald. 2004. *Evaluation of sign surveys as a way to estimate the relative abundance of American mink (Mustela vison)*. *Journal of Zoology*, 262:65-72.
- Botello López, F. J. 2004. *Comparación de cuatro metodologías para determinar la diversidad de carnívoros en Santa Catarina, Ixtepeji, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D. F. 28 pp.
- 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, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D. F. 69 pp.

- 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 (nueva serie), 81:83-103.
- Briones-Salas, M. A., V. Sánchez-Cordero y 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. y V. Sánchez-Cordero. 2004. *Mamíferos*. Pág. 423-447. En: García-Mendoza, A. J., 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. 605 pp.
- Castillo, M. A. 2002. *¿Qué está pasando con los bosques y selvas en Chiapas?* Ecofronteras, 17:16-18.
- Ceballos, G. 2005. Orden Carnívora. Pág. 348-425. En: Ceballos, G. y G. Oliva (eds.) *Los mamíferos silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica y CONABIO. México. 987 pp.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales y R. Medellín. 2003. *Mamíferos de México*. Pág. 377-413. En: Ceballos, G. y A. Simonetti (eds.). *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*. CONABIO, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 582 pp.
- Cervantes, F. y M. L. Yépez, 1995. *Species richness of mammals from the vicinity of Salina Cruz, coastal Oaxaca*. Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología, 66:113-122.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Diversidad, presente y futuro*. Fundación Sierra Madre, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, CONABIO. México, D.F. 847 pp.
- Colwell, R. K. 2000. *EstimateS version 6.0b1*. Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs, USA.
- Contreras Díaz, R. 2007. *Identificación individual de tepezcuintle (Cuniculus paca) mediante el uso de huellas*. Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca. 62 pp.

- Cortés marcial, M., Y. Martínez Ayón y M. Briones-Salas. 2008. *Mamíferos medianos y grandes en áreas con diferente grado de conservación en la Venta, Juchitán, Oaxaca*. Memorias del IX Congreso Nacional de Mastozoología. Jalisco, México. Pág. 90-91.
- Cruz Espinoza, A. 2003. *Abundancia relativa de carnívoros en un área comunal de Santa Catarina Ixtepeji. Oaxaca*. Memoria de residencia profesional, Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca.
- Di Bitetti, M. S., A. Paviolo y C. De Angelo. 2006. *Density, habitat use and activity patterns of ocelots (Leopardus pardalis) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina*. Journal of Zoology, 270:153-163.
- Díaz-Francés, E. y J. Soberón. 2005. *Statistical estimation and model selection of species-accumulation functions*. Conservation Biology, 19:569-573.
- Dirzo, R. 2004. *Las selvas tropicales: epítome de la crisis de la biodiversidad*. Biodiversitas, 56:12-15.
- Duckworth, J. W. 1998. *The difficulty of estimating densities of nocturnal forest mammals from transect counts of animals*. Journal of Zoology, 246:466-468.
- García-García, J. L. y A. Santos-Moreno. 2008. *Diversidad de cuatro ensambles de murciélagos en San Miguel Chimalapa, Oaxaca, México*. En: Espinoza Medinilla, E., C. Lorenzo Monterrubio y J. Ortega (eds.). Avances en el estudio de los mamíferos de México II. Publicaciones especiales, vol. II, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México, D. F.
- García-Chávez, J., C. de la Fuente-Palacios, E. Martínez-Romero y N. Alonso-Pérez. 1994. *Listado y abundancia de mamíferos carnívoros en los alrededores de Zapotitlán de las Salinas, Puebla*. Memorias del II Congreso Nacional de Mastozoología. Jalisco, México. Pág. 37.
- Gittleman, J. L., S. M. Funk, D. W. Macdonald y R. K. Wayne. 2001. *Why "carnivore conservation"?* En: Gittleman, J. L., S. M. Funk, D. W. Macdonald y R. K. Wayne (eds). Carnivore conservation Cambridge University Press. United Kingdom. 675 pp.
- Godínez-Álvarez, H., A. Rojas-Martínez y P. Zarco-Mendoza. 2007. *Dispersión de semillas por mamíferos: el caso del valle de Tehuacán, una zona árida del centro de México*. Pág. 135-149. En: Sánchez-Rojas, G. y A. Rojas-Martínez (eds.). Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 216 pp.

- Goldman, H. V. y J. Winther-Hansen. 2003. The small carnivores of Unguja. *Results of a photo-trapping survey in Jozani Forest reserve, Zanzibar, Tanzania*. Tromsø, Norway. 32 pp.
- Gómez, H., R. B. Wallace y C. Veitch. 2001. *Diversidad y abundancia de mamíferos medianos y grandes en el noreste del área de influencia del Parque Nacional Madidi durante la época húmeda*. *Ecología en Bolivia*, 36:17-29.
- González-Esteban, J. I. Villate e I. Irizar. 2004. *Assessing camera trap for surveying the European mink, Mustela lutreola (Linnaeus, 1761), distribution*. *European Journal of Wildlife Researches*, 50:33-36.
- 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.
- Guevara, S. y M. A. Briones –Salas. 2004. *Abundancia de carnívoros en un bosque tropical caducifolio de la costa de Oaxaca*. *Memorias del VII Congreso Nacional de Mastozoología, Chiapas*. Pág. 54.
- Hall, R. 1981. *The mammals of North America*. John Wiley & Sons. USA. 1181 pp.
- Juárez Aguilar, A. y L.I. Iñiguez-Dávalos. 1994. *El empleo de estaciones olorosas en el estudio de la diversidad de una comunidad de carnívoros (Orden Carnívora)*. *Memorias del II Congreso Nacional de Mastozoología, Jalisco, México*. Pág. 50.
- Jewell, Z., S. K. Alivia y P. R. Law. 2001. *Censuring and monitoring black rhino (Diceros bicornis) using an objective spoor (footprint) identification technique*. *Journal of Zoology*, 254:1-16.
- Karanth, K. U., J. D. Nichols, J. Seidensticker, E. Dinerstein, J. L. D. Smith, C. McDougal, A. J. T. Johnsingh, R. S. Chundawat y V. Thapar. 2003. *Science deficiency in conservation practice: the monitoring tiger populations in India*. *Animal Conservation*, 6:141-146.
- Kelly, M. J. 2008. *Design, evaluate, refine: camera trap studies for elusive species*. *Animal Conservation*, 11:182-184.
- Luna Krauletz, M. D. 2004. *Distribución y abundancia de carnívoros de Santiago Comaltepec, Sierra Norte, Oaxaca*. *Memoria de residencia profesional, Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca*.

- Lewison, R., E. L. Fitzhugh y S. P. Galentine. 2001. *Validation of a rigorous track classification technique: identifying individual mountain lions*. Biological Conservation, 99:313-321.
- Lyra-Jorge, M. C., G. Ciochete, V. R. Pivello y S. T. Meirelles. 2008. *Comparing methods for sampling large- and medium-sized mammals: camera trap and track plots*. European Journal of Wildlife Researches, 54: 739-744.
- Martínez Sánchez, N. 2007. *Empleo de especies sombrilla en el conservación de la biodiversidad de la Chinantla, Oaxaca*. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca. 128 pp.
- Maffei, L., E. Cuéllar y A. J. Noss. 2002. *Uso de trampas-cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía*. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, 11:55-65.
- Maffei, L y A. J. Noss. 2008. How small is too small? Camera trap survey areas and density estimates for ocelots in the Bolivian Chaco. Biotropica, 40:71-75.
- Mahon, P. S., P. B. Banks y C. R. Dickman. 1998. *Population indices for wild carnivores: a critical study in sand-dune habitat, south-western Queensland*. Wildlife Research, 25:11-22.
- Michalski, F., P. G. Crawshaw, T. G. de Oliveira y M. E. Fabián. 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.
- Millar, C. M. 2001. *Protocolo de colección de huellas. Análisis de la función discriminatoria en la medición de huellas de jaguares: una metodología prometedora en la identificación de individuos*. Wildlife Conservation Society. Belice. 12 pp.
- Moguel, J. A. y E. Cruz. 2004. *Riqueza y abundancia relativa de los carnívoros en la Reserva de la Biosfera "El Triunfo" (Polígono I) Chiapas, México*. Memorias del VII Congreso Nacional de Mastozoología. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Pág. 111.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Volumen 1. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, España, 84 pp.
- Ojasti, J. 2000. *Manejo de fauna silvestre Neotropical*. SI/MAB Series #5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program. Washington, USA. 304 pp.

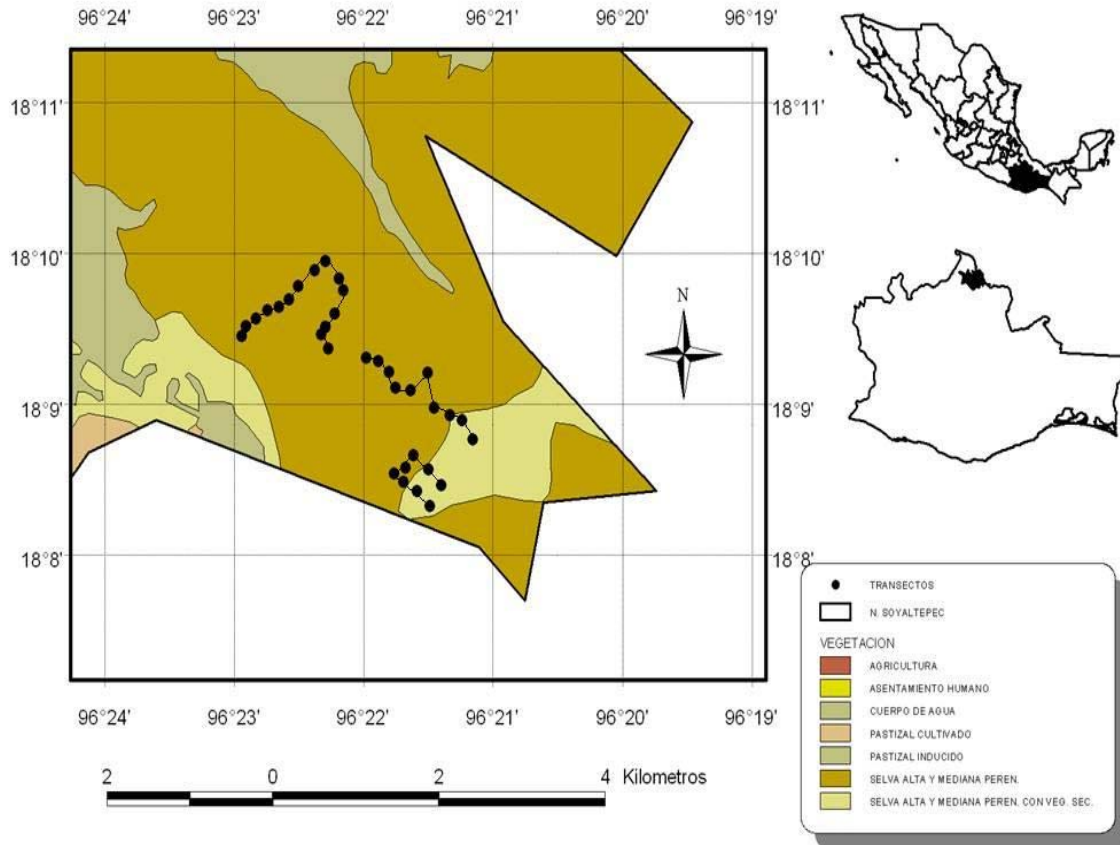
- Orduña Villaseñor, M. V., J. Ayala Berdon y J. E. Schondube Friedeworld. 2008. *Cambios en las comunidades de Mamíferos carnívoros en un paisaje modificado por actividades humanas*. Memorias del Congreso Nacional de Ecología 2008.
- Ortiz-Espejel, B. y V. M. Toledo. 1998. *Tendencias en la deforestación de la selva Lacandona (Chiapas, México): el caso de las Cañadas*. *Interciencia*, 23:318-327.
- Pérez Lustre, M., R. G. Contreras Díaz y 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.
- Riordan, P. 1998. *Unsupervised recognition of individual tigers and snow leopards from their footprints*. *Animal Conservation*, 1:253-262.
- Rudran, R., T.H. Kunz, C. Southwell, P. Jarman y A. Smith. 1996. *Observational techniques for nonvolant mammals*. Pág. 81-104. En: Wilson, D. E., F.R. Cole, J.D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster (eds). *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press. USA. 409 pp.
- Rzedowski, J. 1994. *Vegetación de México*. Limusa y Noriega Editores. México. 432 pp.
- Sanderson, J. G. 2004. *Tropical ecology, assessment and monitoring initiative. Camera phototrapping monitoring protocol*. The Center for Applied Biodiversity Science and Conservation International. USA. 18 pp.
- Sadler, L. M. J., C. C. Webbon, P. J. Baker y S. Harris. 2004. *Methods of monitoring red foxes *Vulpes velox* and badgers *Martes martes*: are field signs the answer?* *Mammal Review*, 34:75-98.
- Sánchez Aguilar, R. L. y S. Rebollar Domínguez. 1999. *Deforestación en la Península de Yucatán, los retos que enfrentar*. *Madera y Bosques*, 5:3-17.
- Santos-Moreno, A. y A. M. Alfaro. Sometido *Estimación del tamaño poblacional de tepezcuintle (*Cuniculus paca*) por medio de huellas*. *Interciencia*.
- SEMARNAT. 2001.NOM-059-ECOL-2001.Mexico, D.F.
- Silveira, L., A. T. A. Jácomo, y J.A. F. Diniz-Filho. 2002. *Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation*. *Biological Conservation*, 114: 351-355.

- Simonetti, J. A. e I. Huareco. 1999. *Uso de huellas para estimar diversidad y abundancia relativa de los mamíferos de la Reserva de la Biosfera-Estación Biológica del Beni, Bolivia*. Mastozoología Neotropical, 6:139-144.
- Smallwood, K. S. y E. L. Fitzhugh. 1993. *A rigorous technique for identifying individual mountain lion Felis concolor by their tracks*. Biological Conservation, 65:51-59.
- Soberón, J. y J. Llorente. 1993. *The use of species accumulation functions for the prediction of species richness*. Conservation Biology, 7:480-488.
- Sunquist, M. E. y F. C. Sunquist. 2001. *Changing landscapes: consequences for carnivores*. Pág. 399-418. En: Gittleman, J. L., S. M. Funk, D. W. Macdonald y R. K. Wayne (eds). Carnivore Conservation. Cambridge University Press. United Kingdom. 675 pp.
- Terborgh, J., J. A. Estes, P. Paquet, K. Ralls, D. Boyd-Heger, B. J. Miller y R. F. Noss. 1999. *The role of top carnivore in regulating terrestrial ecosystems*. Pág. 39-64. En: Soulé, M. y J. Terborgh (eds). Continental Conservation. The Island Press. E. U. A. 227 pp.
- Tobler, M.W., S. E. Carrillo-Percastegui, R. Leite Pitman, R. Mares y G. Powell. 2008. *An evaluation of camera traps for inventorying large-and medium-size terrestrial rainforest mammals*. Animal Conservation, 11:169-178.
- Torre, I., A. Arrizabalaga y 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. 2003a. *Mammal survey in the Rio Jauaperí region, Rio Negro Basin, the Amazon, Brazil*. Mammalia, 67:75-83.
- Trolle, M. 2003b. *Mammal survey in the southeastern Pantanal, Brazil*. Biodiversity and Conservation, 12:823-836.
- Trolle, M. y M. Kéry. 2005. *Camera-trap study of ocelot and other secretive mammals in the northern Pantanal*. Mammalia, 63:405-412.
- Vásquez Dávila, M. A. 1999. *Vegetación y flora*. Sociedad y Naturaleza en Oaxaca 3. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. México. 86 pp.
- Vêtrovcová, J. 2006. *Identifying individual Eurasian otter (Lutra lutra) base on measurements of their footprints- standardization of the method and potential for censuring and monitoring wild otter populations*. Thesis of Master of Science in Biology, The University of Texas at Arlington. 100 pp.



- Weaber, W. y A. Rabinowitz. 1996. *A global perspective on large carnivore conservation*. Conservation Biology, 10:1046-1056.
- Wegge, P., C.Pd. Pokheral y S. Raj Jnawali. 2004. *Effects of trapping effort and trap shyness on estimates of tiger abundance from camera trap studies*. Animal Conservation, 7:251-256.
- Wilson, G. J. y 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.
- Zapata-Ríos, G., E. Araguillin y J. P. Jorgenson. 2006. *Caracterización de la comunidad de mamíferos no voladores en las estribaciones orientales de la cordillera del Kutukú, Amazonía Ecuatoriana*. Mastozoología Neotropical, 13:227-238.
- Zarco González, M. M. 2007. *Distribución y abundancia de mamíferos medianos y grandes en la Sierra Nanchititla*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. 58 pp.

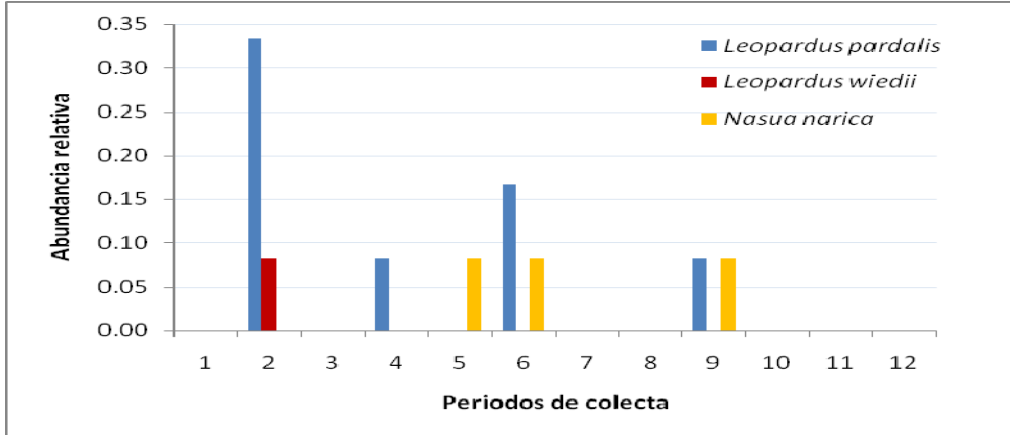
CUADROS Y FIGURAS



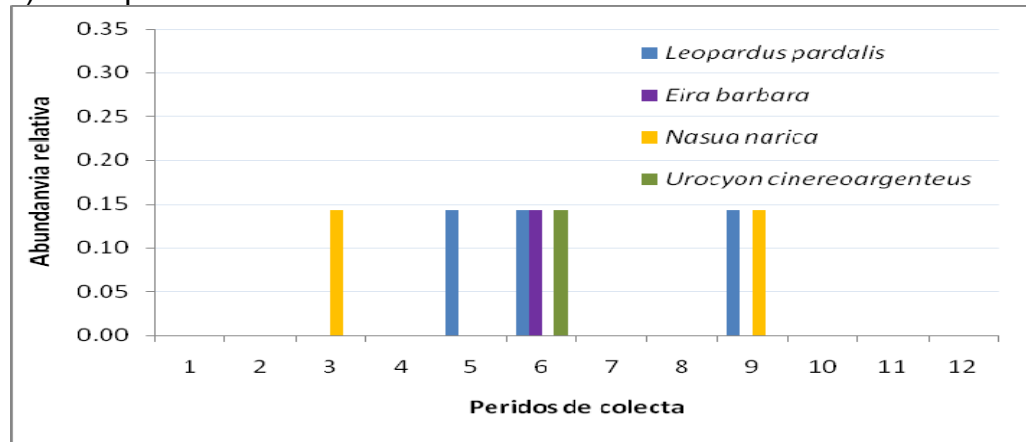
**Figura 1.** Ubicación de la zona de estudio en la comunidad de Cerro Tepezcuintle, municipio de San Miguel Soyaltepec, Tuxtepec, Oaxaca. Los puntos indican los puntos de muestreo, sobre los transectos.

## DIVERSIDAD DE MAMIFEROS CARNIVOROS, TUXTEPEC

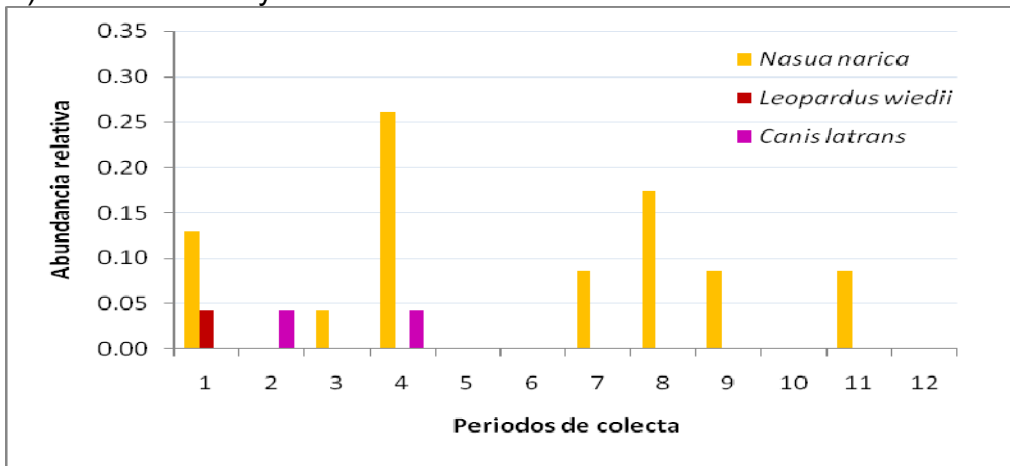
### A) Trampas para huella



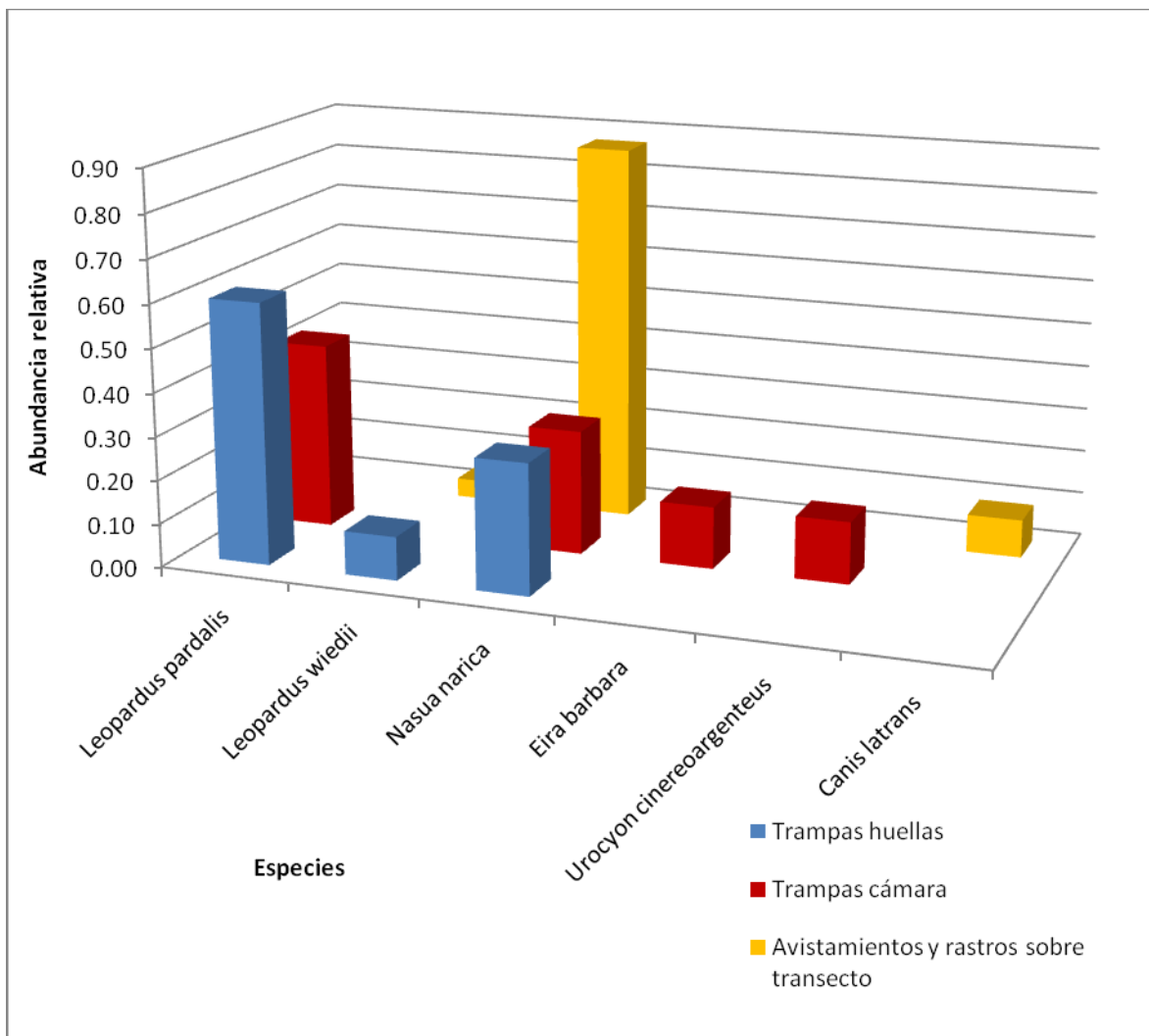
### B) Trampas camara



### C) Avistamientos y rastros sobre transecto

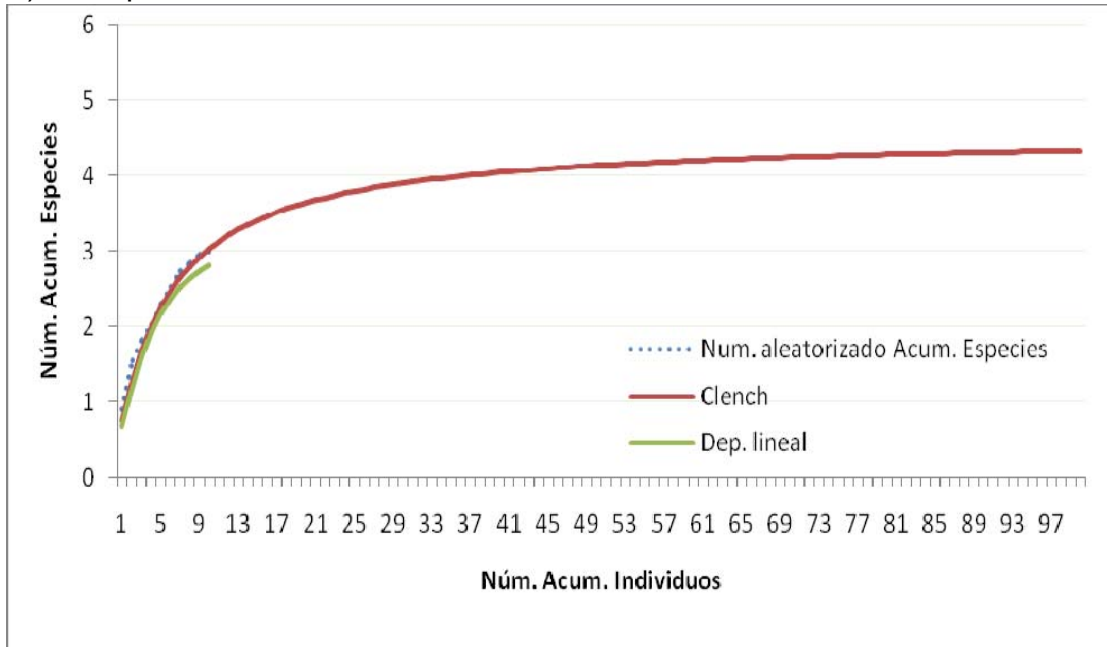


**Figura 2.** Abundancia relativa de la comunidad de mamíferos carnívoros en Cerro Tepezcuintle. La abundancia relativa está dada por el número de registros de una especie en particular/número total de registros encontrados. El periodo de colecta va de septiembre de 2007 a agosto de 2008.

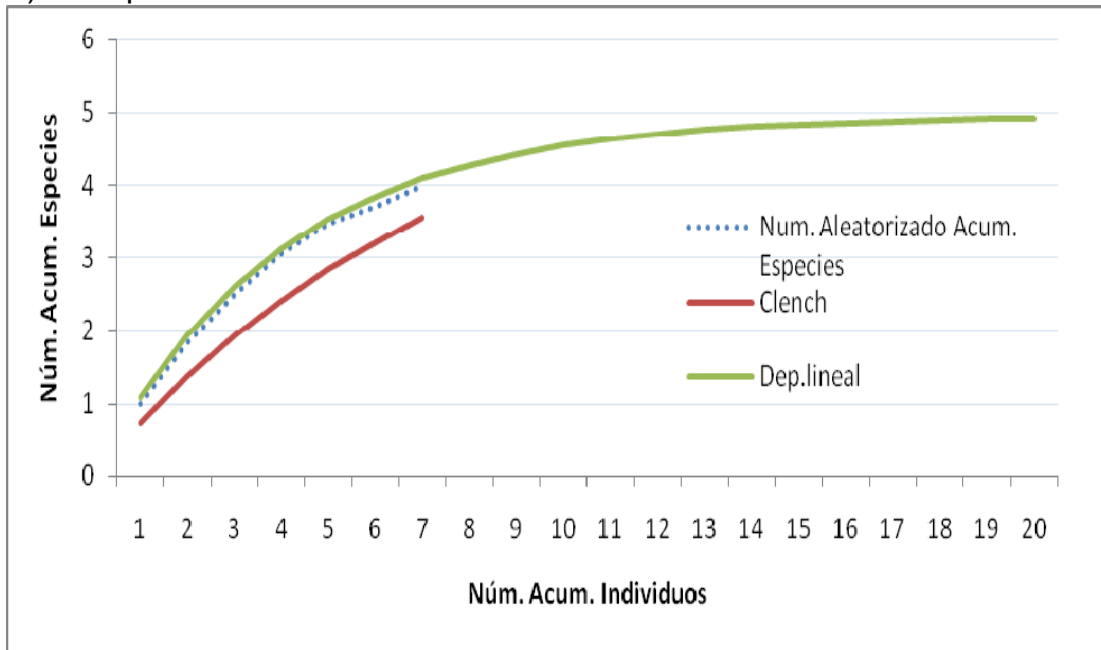


**Figura 3.** Abundancia relativa total de los mamíferos carnívoros obtenida por los tres métodos utilizados en la Comunidad de Cerro Tepezcuintle.

A) Trampas huella

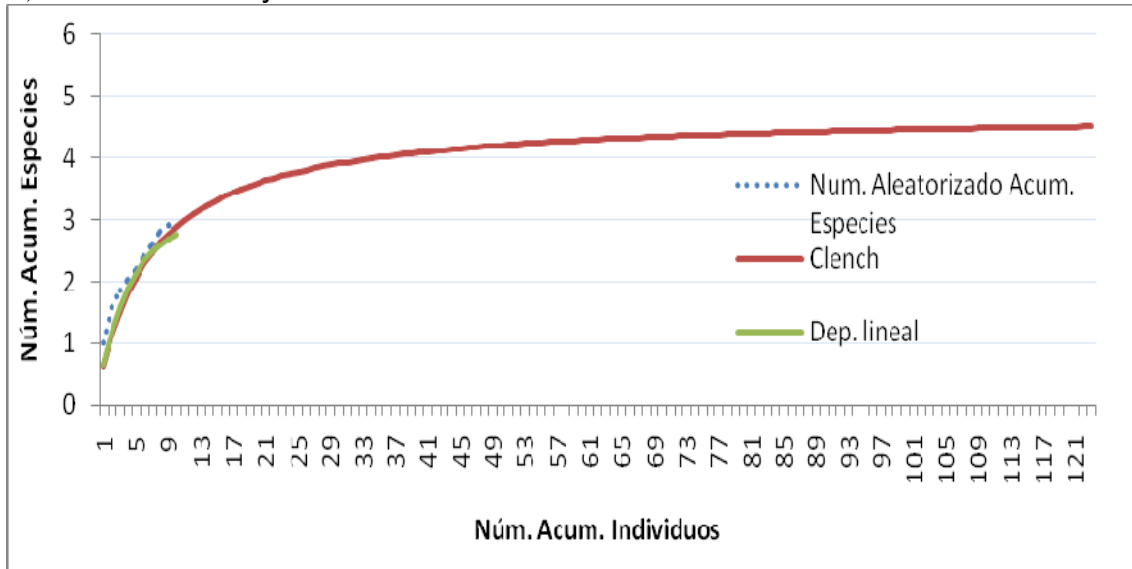


B) Trampas cámara

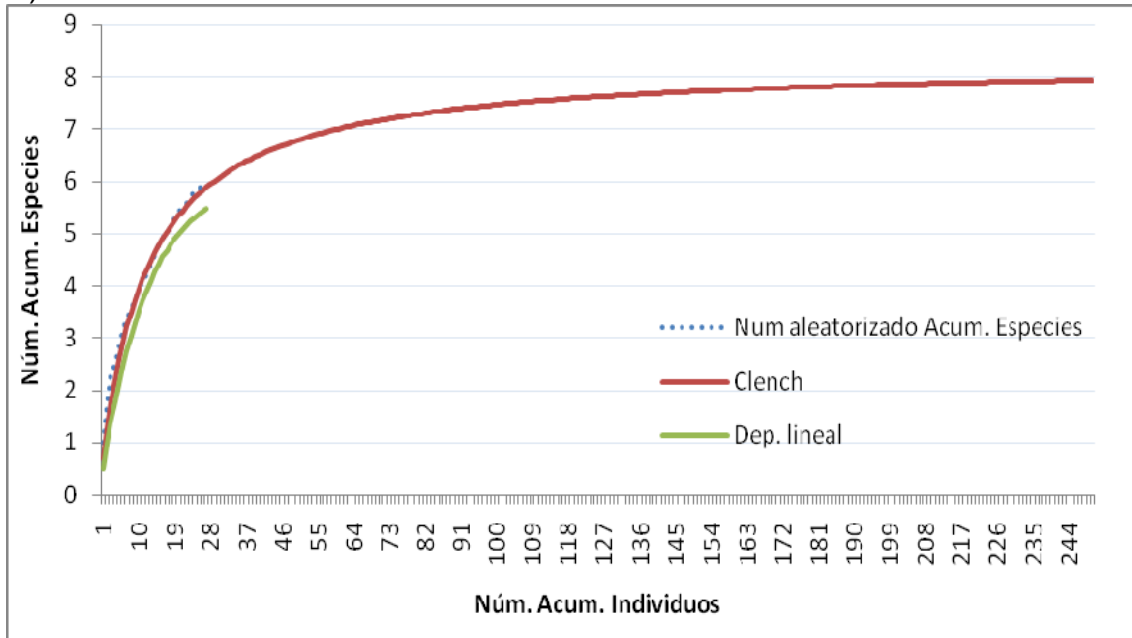


¿  
t  
t  
-

**C) Avistamientos y rastros sobre transecto**



**D) Todos los métodos**



**Figura 4.** Gráficas de acumulación de especies de mamíferos carnívoros en la zona de estudio. En cada gráfica se aumentó el número teórico de individuos hasta alcanzar la asintota para el modelo mejor para el método correspondiente.

## DIVERSIDAD DE MAMIFEROS CARNIVOROS, TUXTEPEC

**Cuadro 1.** Éxito de captura y esfuerzo de colecta con los tres métodos de muestreo empleados para el registro de la comunidad de mamíferos carnívoros en Cerro Tepezcuintle. El periodo de colecta va de septiembre de 2007 a agosto de 2008. a=numero de trampas colocadas por número total de días muestreados; b=numero de kilómetros recorridos por el total de días muestreados; c= (numero de registros en un mes/ esfuerzo de colecta)\*100.

Periodo de colecta	Esfuerzo de colecta					Éxito de captura <sup>c</sup>		
	Trampas Tomahawk <sup>a</sup>	Cepos <sup>a</sup>	Trampas huella <sup>a</sup>	Trampas cámara <sup>a</sup>	km recorridos <sup>b</sup>	Trampas huellas	Trampa cámara	Avistamientos y rastros sobre transecto
septiembre	12	17	19	-	23	0.00	-	17.39
octubre	27	23	30	-	24	13.33	-	4.17
noviembre	24	30	28	24	22	0.00	4.17	9.09
diciembre	24	28	28	24	22	3.57	0.00	27.27
enero	18	27	29	24	22	3.45	8.33	0.00
febrero	18	24	30	24	24	10.00	4.17	0.00
marzo	21	24	15	27	24	0.00	0.00	8.33
abril	18	26	21	27	22	0.00	0.00	18.18
mayo	15	9	17	24	22	23.53	29.17	9.09
junio	18	18	21	27	26	0.00	0.00	0.00
julio	12	0	18	24	26	0.00	0.00	7.69
agosto	9	0	6	12	21	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>216</b>	<b>226</b>	<b>262</b>	<b>237</b>	<b>278</b>	<b>4.96</b>	<b>4.53</b>	<b>8.27</b>

## DIVERSIDAD DE MAMIFEROS CARNIVOROS, TUXTEPEC

**Cuadro 2.** Registros obtenidos de mamíferos carnívoros de septiembre de 2007 a agosto de 2008, en la comunidad de Cerro Tepezcuintle, Distrito de Tuxtepec, Oaxaca.

Especie	Trampas cámara		Trampas para huellas		Avistamientos y rastros sobre transecto			
	Número de fotografías	Estimación del número de individuos	Número de huellas	Estimación del número de Individuos	Número de huellas	avistamiento	rastros	Estimación del número de Individuos
<i>C. latrans</i>	-	-	-	-	2		-	2
<i>U. cinereoargenteus</i>	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>L. pardalis</i>	12	3	20	5	-	-	-	-
<i>L. wiedii</i>	-	-	1	1	1	-	-	1
<i>E. barbara</i>	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>N. narica</i>	2	2	5	3	1	6 (2, 6, 4, 2,1 y 1 individuos)	2 resto corporal 1 rasguño	18



## DIVERSIDAD DE MAMIFEROS CARNIVOROS, TUXTEPEC

**Cuadro 3.** Tabla de frecuencias de las huellas de *L. pardalis* (ocelote), ubicando las huellas obtenidas en campo y el número de individuos estimados. Los valores corresponden a la relación ancho/largo de las huellas para esta especie.

Lím. Inferior	Lím. Superior	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mzo.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Total
0.86692480	0.92843952													
0.92853952	0.99005424		2											
0.99015424	1.05166896		2							2				
1.05176896	1.11328368		1		1		4							
1.11338368	1.17489840													
1.17499840	1.23651312		1											
1.23661312	1.29812784						2							
1.29822784	1.35974255													
Total de huellas		0	6	0	1	0	6	0	0	2	0	0	0	15
Total de individuos		0	4	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	5

## DIVERSIDAD DE MAMIFEROS CARNIVOROS, TUXTEPEC

**Cuadro 4.** Abundancia relativa, riqueza de especies e índices de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson para la comunidad de mamíferos carnívoros presentes en Cerro Tepezcuintle, Tuxtepec, Oaxaca. Las abundancias relativas se obtuvieron como el número de registros encontrados para una especie/total de registros obtenidos por ese método.

Periodo de colecta	Trampas para huellas			Trampas cámara				Avistamientos y rastros sobre transecto		
	<i>L. pardalis</i>	<i>L. wiedii</i>	<i>N. narica</i>	<i>L. pardalis</i>	<i>E. barbara</i>	<i>N. narica</i>	<i>U. cinereoargenteus</i>	<i>N. narica</i>	<i>L. wiedii</i>	<i>C. latrans</i>
septiembre	0.00	0.00	0.00					0.13	0.04	0.00
octubre	0.33	0.08	0.00					0.00	0.00	0.04
noviembre	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.04	0.00	0.00
diciembre	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.04
enero	0.00	0.00	0.08	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
febrero	0.17	0.00	0.08	0.14	0.14	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00
marzo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
abril	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00
mayo	0.08	0.00	0.08	0.14	0.00	0.14	0.00	0.09	0.00	0.00
junio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
julio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
agosto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Abundancia relativa	0.67	0.08	0.25	0.43	0.14	0.29	0.14	0.87	0.04	0.09
Riqueza de especies	3			4				3		
Shannon-Wiener $H'$	0.36			0.46				0.22		
Simpson $\lambda$	0.51			0.26				0.75		
Diversidad $1-\lambda$	0.49			0.74				0.25		

## DIVERSIDAD DE MAMIFEROS CARNIVOROS, TUXTEPEC

**Cuadro 5.** Valores de los modelos asintóticos para la estimación de la riqueza de especies en la zona de Cerro Tepezcuintle, Tuxtepec, Oaxaca.

	Modelo	a	b	rho	Log L	LR	1/LR	Asíntota Total de especies estimadas	Especies registradas en campo	Registros necesarios para el 95% de la asíntota
Todos los métodos	Clench	0.682	0.083	0.998	72.801	0.041	24.364	9	6	227.900
	Dep. lineal	0.357	0.059	0.999	65.885	0.000	24545.865	7		5.600
Trampas huella	Clench	0.880	0.220	0.999	32.224	1	1	5	3	86.330
	Dep. lineal	0.284	0.094	0.999	26.472	0.003	314.849	4		4.028
Trampas cámara	Dep. lineal	1.237	0.249	0.999	16.256	1.000	1.000	5	4	4.026
	Clench	0.793	0.080	1.000	15.797	0.632	1.583	10		236.650
Avistamientos y rastros sobre transecto	Clench	0.736	0.155	0.999	24.972	1.000	1.000	5	3	122.390
	Dep. lineal	0.750	0.250	0.994	19.336	0.004	280.554	3		5.021

## DIVERSIDAD DE MAMIFEROS CARNIVOROS, TUXTEPEC

---

**Cuadro 6.** Índice de complementariedad entre los métodos utilizados para el estudio de mamíferos carnívoros en Cerro Tepezcuintle, Tuxtepec, Oaxaca.

	Trampas huella	Trampas cámara	Avistamientos y rastros sobre transecto
Trampas huella	0	0.60	0.50
Trampas cámara		0	0.83
Avistamientos y rastros sobre transecto			0

---

**ANEXO FOTOGRÁFICO**

**RASTROS**

A) *Leopardus pardalis*



B) *Leopardus wiedii*



C) *Nasua narica*



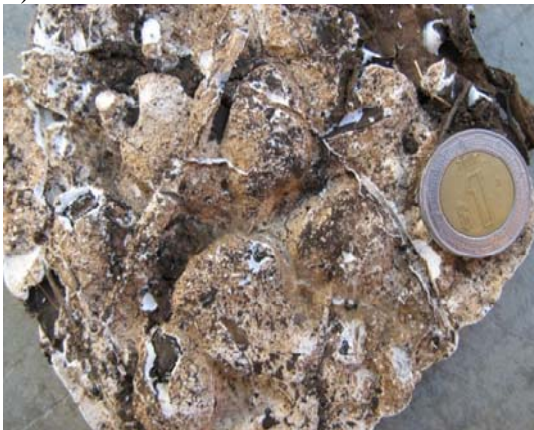
D) *Nasua narica*



E) *Nasua narica*



F) *Canis latrans*





**FOTOTRAMPAS**

A) *Eira barabara*

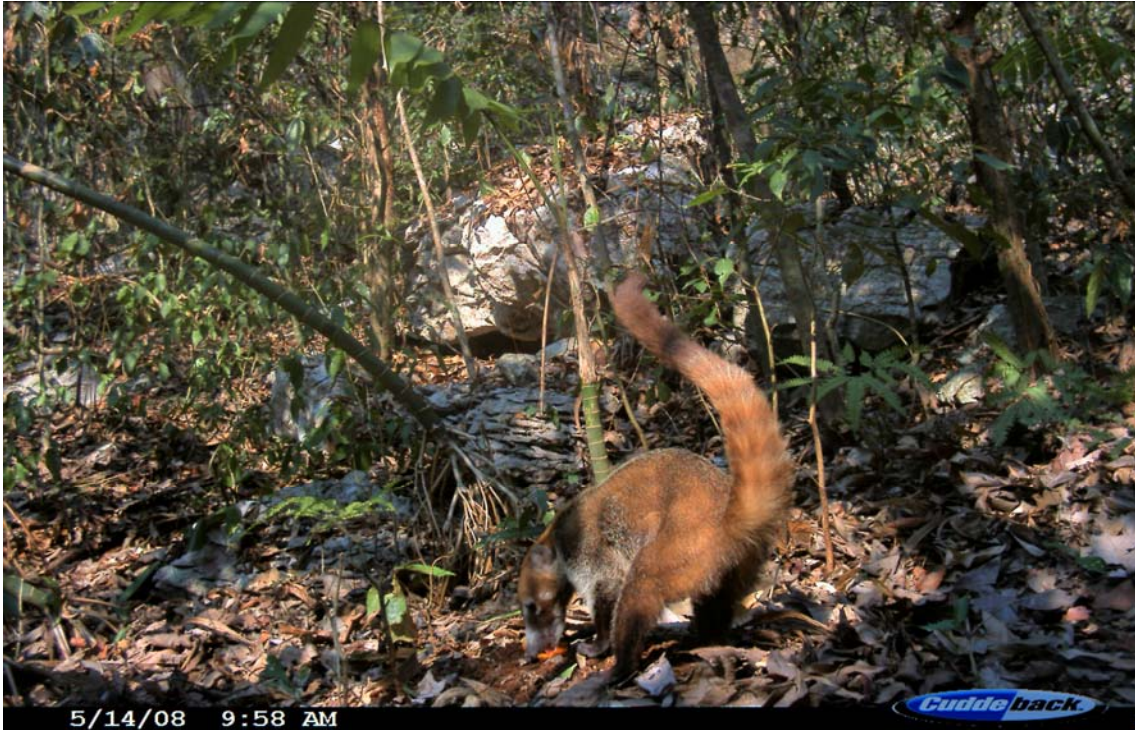


B) *Leopardus pardalis*





D) *Nasua narica*



E) *Urocyon cinereoargenteus*

