

# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

---

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

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

**Especialidad Biodiversidad del Neotrópico**

**DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS MEDIANOS Y GRANDES EN DOS  
SITIOS CON DIFERENTE GRADO DE CONSERVACIÓN EN  
LA VENTA, JUCHITÁN, OAXACA.**

## **TÉSIS**

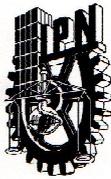
**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA:**

**BIÓL. MALINALLI CORTÉS MARCIAL**

**DIRECTOR DE TESIS  
DR. MIGUEL ÁNGEL BRIONES SALAS**

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. Junio de 2009



# 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 27 del mes de noviembre del 2009 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 medianos y grandes en dos sitios con diferente grado de conservación en La Venta, Juchitán, Oaxaca”**

Presentada por la alumna:

<b>Cortés</b> Apellido paterno	<b>Marcial</b> materno	<b>Malinalli</b> nombre(s)							
		Con registro: <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>B</td><td>0</td><td>7</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	B	0	7	1	1	2	1
B	0	7	1	1	2	1			

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. Miguel Ángel Briones Salas

M. en C. Claudia Ballesteros Barrera

M. en C. Carlos Raúl Bonilla Ruz

Dr. Alejandro Flores Martínez

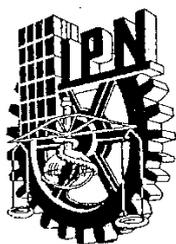
M. en C. Gladys Isabel Manzanero Medina

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Juan Rodríguez Ramírez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACION PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.



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

*CARTA CESION DE DERECHOS*

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día **27** del mes de **noviembre** del año **2009**, el (la) que suscribe **Cortés Marcial Malinalli** y alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B071121**, 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. Miguel Ángel Briones Salas y cede los derechos del trabajo titulado: **“Diversidad de mamíferos medianos y grandes en dos sitios con diferente grado de conservación en La Venta, Juchitán, 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 [mali\\_cor@yahoo.com.mx](mailto:mali_cor@yahoo.com.mx) Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

  
**Cortés Marcial Malinalli**



**ÍNDICE**

## RESUMEN

## ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. ANTECEDENTES.....	9
3. JUSTIFICACIÓN.....	11
4. OBJETIVO.....	12
5. HIPÓTESIS.....	12
6. MÉTODOS	
6.1. Área de estudio.....	13
6.2. Registro de mamíferos medianos y grandes.....	14
6.3. Cantidad y calidad de perturbación.....	15
6.4. Análisis de datos.....	18
7. RESULTADOS	
7.1. Perturbación.....	23
7.2. Riqueza de especies.....	23
7.3. Curva de acumulación de especies.....	28
7.4. Abundancia relativa de especies.....	32
7.5. Diversidad alfa.....	34
7.6. Diversidad beta.....	35
8. DISCUSIÓN.....	35
9. CONCLUSIONES.....	41
10. LITERATURA CITADA.....	43

## DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS MEDIANOS Y GRANDES EN DOS SITIOS CON DIFERENTE GRADO DE CONSERVACIÓN, EN LA VENTA, JUCHITÁN, OAXACA.

### RESUMEN

El deterioro del hábitat es una de las principales amenazas que afectan negativamente a numerosas especies como los mamíferos medianos y grandes que son sensibles a dichos cambios. En el presente trabajo se compara la diversidad de mamíferos medianos y grandes en dos sitios con distinto grado de conservación en La Venta, Juchitán, Oaxaca, México, para ello se recorrieron cuatro transectos lineales de 4.5 km de longitud, dos en cada sitio (conservado y perturbado) en donde se realizó la búsqueda de rastros. Se obtuvieron 167 registros, pertenecientes a 18 especies de mamíferos medianos y grandes de las cuales, siete especies están en alguna categoría de riesgo de acuerdo a las normas nacionales e internacionales. Las especies con mayor número de registros fueron *Urocyon cinereoargenteus* (n=52) y *Didelphis marsupialis* (n=42). La mayor riqueza (S) y diversidad (H') se registro en el sitio conservado (S=17, H'=2.27). Las diferencias de diversidad de especies entre ambos sitios indican que la alteración afecta considerablemente a las especies que habitan en la zona de estudio, ya que en el sitio conservado se registraron especies como *Leopardus pardalis* y *Pecari tajacu*, las cuales son consideradas como indicadoras de ambientes conservados, mientras que en el sitio perturbado se registró la presencia de especies como *Urocyon cinereoargenteus* que se ve favorecida por la presencia de actividades antrópicas. Los resultados señalan que el sitio conservado ofrece las mejores condiciones para que los mamíferos medianos y grandes puedan desarrollar sus actividades.

**Palabras clave:** Mamíferos medianos y grandes, diversidad, conservación, perturbación, La Venta.

## ABSTRACT

Habitat degradation is one of the main threats that negatively affect many species like the medium and large mammals that are sensitive to such changes. In this work we compare the biological diversity of medium and large mammals in two sites with different degrees of conservation in La Venta, Juchitan, Oaxaca, Mexico, for it toured four linear transects of 4.5 km of length, two in each site (conserved and disturbed) that performed the search of signs of tracks. 167 records of 18 species of medium and large mammals were obtained. Seven species was found in some category of risk according to national and international standards. The species with the highest number of records were *Urocyon cinereoargenteus* (n = 52) and *Didelphis marsupialis* (n = 42). The highest richness (S) and diversity ( $H'$ ) was registered on the conserved site (S = 17,  $H' = 2.27$ ). Differences in species diversity between two sites studied indicates that perturbation affects significantly to species richness and diversity inhabiting the study area, in the conserved site, species as *Leopardus pardalis* and *Pecari tajacu* were recorded, this species are considered as indicators of conserved environments. By another hand in the disturbed site there were record of species such as *Urocyon cinereoargenteus* that is favored by the presence of anthropic activities. The results show that the conserved site offers the best conditions for develop the activities of medium and large mammals, such as shelter, feed and reproduction places.

**Key words:** medium and large mammals, diversity, conservation, disturbance, La Venta.

## 1. INTRODUCCIÓN

México ocupa un lugar predominante en el mundo por su alta diversidad biológica, sin embargo, como en muchos otros países tropicales, la excesiva demanda de las poblaciones humanas amenaza la conservación de los bosques y sus recursos.

Entre los ecosistemas con mayor amenaza se encuentran los bosques secos, los cuales están siendo sometidos a actividades antrópicas, como la ganadería y agricultura, provocando altas tasas de deforestación, fragmentación y deterioro de los ecosistemas, contribuyendo a procesos de extinción de muchas especies (Leal-Pinedo y Linares-Palomino, 2005). Con la desaparición de los bosques, también desaparece la información que es importante para la conservación de la biodiversidad, afectando negativamente a numerosas especies, que de ser manejadas adecuadamente podrían tener un gran potencial de aprovechamiento.

Se conoce que la alteración ambiental ha influido sobre la distribución y abundancia de numerosas especies de plantas y animales (Soulé *et al.*, 1992; Collins *et al.*, 1995; Murcia, 1995). Uno de los puntos de mayor interés dentro de la ecología es la relación entre la estructura del hábitat y la estructura de la comunidad, de esta manera se ha determinado la relación entre la diversidad de especies y la complejidad de la vegetación en grupos como aves y mamíferos (August, 1983, Malcolm, 1997). Dependiendo del grado de perturbación o fragmentación del hábitat, se modifica no sólo la estructura vegetal original, sino la heterogeneidad y complejidad del ecosistema, provocando alteraciones en las características climáticas, las cuales influyen en la disponibilidad de recursos como alimento y refugios, e inciden sobre los parámetros de natalidad y mortalidad de las diferentes especies y por consiguiente en la diversidad de vertebrados (August, 1983; Soulé *et al.*, 1992; Collins *et al.*, 1995; Murcia, 1995; Zarza, 2001).

Entre los vertebrados presentes en los bosques secos, los mamíferos de tamaño medio y grande son los más sensibles a los cambios que sufren sus

hábitats, debido al cambio de uso de suelo hacia actividades agrícolas o ganaderas, además su vulnerabilidad aumenta por ser especies sometidas a la cacería y tráfico ilegal. La importancia de estas especies radica en que cumplen roles ecológicos muy importantes en los bosques, tales como la dispersión, depredación y germinación de semillas de numerosas especies vegetales, cambian la estructura y composición vegetal, Actúan en procesos de herbivoría, como predador y presa, además de que actúan como controladores biológicos de poblaciones de insectos. La pérdida de estos organismos podría causar efectos devastadores, ya que contribuyen de muchas formas a la función natural del ecosistema (Alonso *et al.*, 2001; Bolaños y Naranjo, 2001). Dada su importancia, es necesaria la realización de estudios con el objetivo de identificar y al mismo tiempo predecir ciertos impactos que pudieran estar afectando la diversidad de estos organismos.

Teniendo como referencia dicha problemática, un primer nivel a abordar consiste en la cuantificación de atributos de las poblaciones de mamíferos medianos y grandes (Ojasti, 2000). Uno de estos atributos es la abundancia, la cual puede ser evaluada por medio de índices de abundancia relativa (Carrillo *et al.*, 2000), dicha abundancia se encuentra relacionada con los patrones de distribución de la fauna en función de las características de los hábitats presentes en un área.

Ya que todos los animales dejan rastros de sus actividades como huellas, excrementos, alimentos mordidos y alteraciones en la vegetación, la utilización de métodos indirectos como los rastros son muy comunes para el estudio de mamíferos medianos y grandes, los cuales son muy difíciles de observar debido a sus hábitos crepusculares o nocturnos (Simonetti y Huareco, 1999) o al comportamiento solitario y silencioso de numerosas especies silvestres que tienen una distribución dispersa, como la mayoría de los grandes carnívoros (Smallwood y Fitzhug, 1993).

La utilidad principal del método estriba no sólo en registrar la presencia de una determinada especie, sino en el seguimiento y comparación de tendencias poblacionales a través del tiempo o en diferentes lugares en el

espacio (Carrillo *et al.*, 2000; Ojasti, 2000), y también para determinar cómo usan el hábitat (Aranda, 2000; Navarro y Muñoz, 2000; Villalba y Yanosky, 2000). Además, a partir de rastros se puede estimar índices de abundancia, debido a que la abundancia de rastros dejados por los animales durante sus actividades es proporcional a la de las poblaciones que las producen (Tellería, 1986).

Diversos autores consideran a los métodos indirectos como una buena alternativa para el registro de estas especies, en muchos casos con más ventajas que los conteos fundados en su observación o captura (métodos directos). Algunas de las ventajas son que, en general, son más sencillos de aplicar, son independientes de la hora del día, pueden ser usados para documentar la presencia y abundancia de muchas especies que son sensibles a la presencia humana, son útiles cuando las especies de interés son nocturnas, crípticas o difíciles de capturar y recapturar, como carnívoros y ungulados de gran talla; las observaciones pueden ser hechas independientemente del tiempo de actividad de las especies, ya que las huellas permanecen por largos periodos de tiempo (Bilenca *et al.*, 1999; Simonetti y Huareco, 1999; Aranda, 2000; Carrillo *et al.*, 2000; Ojasti, 2000), suelen ser bastante más económicos que el resto de los procedimientos y finalmente, son alternativas importantes y en ocasiones únicas para el estudio de la distribución y abundancia de ciertos vertebrados poco accesibles (Tellería, 1986).

## **2. ANTECEDENTES**

En general los estudios sobre ecología de mamíferos se ha centrado en el estudio de poblaciones de pequeños mamíferos, aquellos que incluyen mamíferos medianos y grandes son escasos, además de que la mayoría de ellos se basan en la captura de una especie en particular.

En relación al tema se han realizado diversos estudios, entre los cuales se pueden citar el de Simonetti y Huareco (1999), quienes usaron las huellas para estimar la diversidad y abundancia relativa de mamíferos en una reserva

de la biosfera en Bolivia, estos autores presentan una guía de las huellas de 13 especies de mamíferos que habitan en la reserva y señalan las ventajas y los problemas del uso de estas técnicas. Orjuela y Jiménez (2004), evaluaron la abundancia relativa de mamíferos en diferentes tipos de coberturas y en carretera en Colombia. De todos los tipos de coberturas estudiados, el bosque secundario fue el que presentó el mayor número de especies. Los autores concluyen que la abundancia de mamíferos medianos y grandes puede estar afectada por la presencia de asentamientos humanos. En el mismo país Guzmán-Lenis y Camargo-Sanabria (2004), caracterizaron el uso que le dan al hábitat los mamíferos medianos y grandes a través de los rastros, se identificaron diez especies de mamíferos y determinaron que el hábitat es adecuado para los animales que usan madrigueras, además que la convergencia de recursos como alimento, bebederos, refugio y sitios de descanso generan un ambiente favorable para los mamíferos. Otro trabajo sobre mamíferos medianos y grandes es el de Rocha y colaboradores (2006), los cuales realizaron una evaluación estacional de la riqueza y abundancia de mamíferos medianos y grandes en la reserva biológica municipal "Mario Viana" en Brasil, ellos encontraron que la temporada de lluvias es más rica en especies que la temporada seca, sin embargo, no encontraron diferencias significativas en la abundancia estacional.

Entre los estudios realizados en México, se encuentra el de Ceballos y Miranda (1986) quienes estimaron la riqueza de mamíferos en la selva baja en Chamela, Jalisco y reportan un total de 21 especies de mamíferos medianos y grandes. Cruz-Lara *et al.* (2004), estimaron la riqueza y diversidad de mamíferos en cafetales con sombra y selva mediana perennifolia en Chiapas, registrando un total 54 especies de mamíferos, de las cuales la mayor riqueza y diversidad se registra en la época seca y en la selva mediana.

En Oaxaca se conoce poco sobre los mamíferos medianos y grandes. Entre los trabajos realizados en el estado se encuentra el de Cervantes y Yépez (1995), los cuales registran 65 especies de mamíferos terrestres en los alrededores de Salina Cruz, en la Planicie Costera de Tehuantepec. Por otro lado, Velásquez (1999), evalúa la riqueza y distribución de las especies del

orden Carnívora en cuatro tipos de vegetación en Ixtlán de Juárez en la Sierra Madre de Oaxaca. Registra un total de diez especies, siendo el bosque tropical caducifolio el de mayor número de especies. Guevara y Briones-Salas (2004), compararon dos zonas de bosque tropical caducifolio con diferente grado de perturbación en la costa de Oaxaca, la zona con mayor perturbación fue la que presentó mayor diversidad de carnívoros. Luna (2005) determinó la distribución y la abundancia relativa de los carnívoros en tres tipos de vegetación y dos épocas del año en el municipio de Santiago Comaltepec, Sierra Madre de Oaxaca, obtuvo una riqueza de ocho especies, de las cuales las más abundantes fueron *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris) y *Canis latrans* (coyote), también encontró diferencias significativas para *Urocyon cinereoargenteus* en el bosque de coníferas, pero no existieron diferencias entre las épocas del año. Lavariaga (2006) realizó un inventario sobre los mamíferos medianos y grandes en el municipio de Santiago Camotlán, en la Sierra Madre de Oaxaca, el método utilizado fue el de búsqueda de rastros, por medio de los cuales registró 12 especies de afinidad neotropical. Pérez (2008), caracterizó la riqueza y abundancia de carnívoros en la selva mediana de Cerro Tepezcuintle, en el distrito de Tuxtepec, además, determinó cuál era el método de mayor eficiencia para el estudio de este grupo, encontró que las trámpas cámara registraron la mayor diversidad y riqueza de carnívoros.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Aunque en la comunidad de La Venta, municipio de Juchitán, no existen estudios previos sobre la mastofauna, es posible que exista una gran diversidad por estar ubicada dentro de la región de la Planicie Costera de Tehuantepec, conocida como una de las regiones más diversas de Oaxaca. Además, el sitio de estudio pertenece a un Área Comunal Protegida, la cual presenta una gran heterogeneidad topográfica, en donde las cañadas ofrecen diversos beneficios para la sobrevivencia de mamíferos medianos y grandes, de los cuales hace falta información en todos los niveles ecológicos, haciendo que aumente su vulnerabilidad y siendo difícil poner en práctica programas de manejo y conservación de dichas especies. Aunado a esto, su diversidad ha

disminuido drásticamente debido a la cacería y a la modificación del hábitat por cultivos extensivos, ganadería y la reciente creación de un parque eólico en dicha localidad.

La región también es importante desde el punto de vista zoogeográfico, por ser una zona de contacto entre las regiones neártica y neotropical, por lo tanto resulta un importante filtro y a su vez una barrera para la dispersión de ciertas especies de mamíferos silvestres, En tal sentido, resulta de vital importancia registrar datos sobre la diversidad y abundancia de la comunidad de mamíferos medianos y grandes y la realización de estudios donde se den a conocer aspectos de distribución y conservación de muchas especies animales (Pérez-García *et al.*, 2001).

#### **4. OBJETIVO**

Determinar las diferencias en la diversidad de mamíferos medianos y grandes entre dos sitios con distinto grado de conservación y en dos épocas del año en La Venta, Mpio. de Juchitán, Oaxaca.

#### **5. HIPÓTESIS**

$H_0$  = Se espera que los dos sitios de muestreo sean significativamente iguales entre sí con respecto a la diversidad de especies de mamíferos medianos y grandes.

$H_A$  = Se espera que existan diferencias significativas entre la diversidad de especies de mamíferos medianos y grandes entre los dos sitios, debido a que entre más conservado se encuentre el hábitat, existirá mayor número de especies vegetales que proporcionen alimento y refugio para los animales.

$H_0$  = Se espera que no existan diferencias significativas en la distribución y diversidad de las especies en las diferentes épocas del año.

$H_A$  = Se espera que existan variaciones en la distribución y diversidad de las especies en las diferentes épocas del año, ya que los recursos no se encuentran disponibles de igual forma en época de lluvias y en secas, por lo tanto los organismos tienden a desplazarse en búsqueda de recursos.

## **6. MÉTODOS**

### **6.1 Área de estudio**

El área de estudio está localizada en el estado de Oaxaca, dentro de la Planicie Costera de Tehuantepec, al noreste de la ciudad de Juchitán, en el kilómetro 15 de la carretera Panamericana (Fig. 1). Las alturas registradas para esta zona no sobrepasan los 200 m. El clima en la región es Aw'o(w)ig, cálido subhúmedo con lluvias en verano, se caracteriza por contar con una marcada temporadas de sequía entre los meses de diciembre a mayo y lluvias de junio a noviembre, con una precipitación total anual de 932.2 mm. La temperatura promedio anual es de 27.6°C y (García, 1988).

Se establecieron dos sitios de muestreo, el primer sitio denominado “conservado”, se localiza en el cerro de Tolistoque a 500 m al noroeste de la localidad de La Venta, dentro del Área Comunal Protegida de Ojo de Agua Tolistoque, el tipo de vegetación es de selva baja caducifolia. El segundo, denominado “perturbado”, se encuentra al sur de la localidad, dentro del área agropecuaria, presentando también áreas de bosque de galería en los alrededores de los canales de riego y arroyos temporales, este sitio representa un lugar valioso para muchas especies de fauna silvestre, como los mamíferos medianos y grandes, los cuales pueden utilizarlos como zonas de desplazamiento, sitios de descanso y sitios de alimentación.

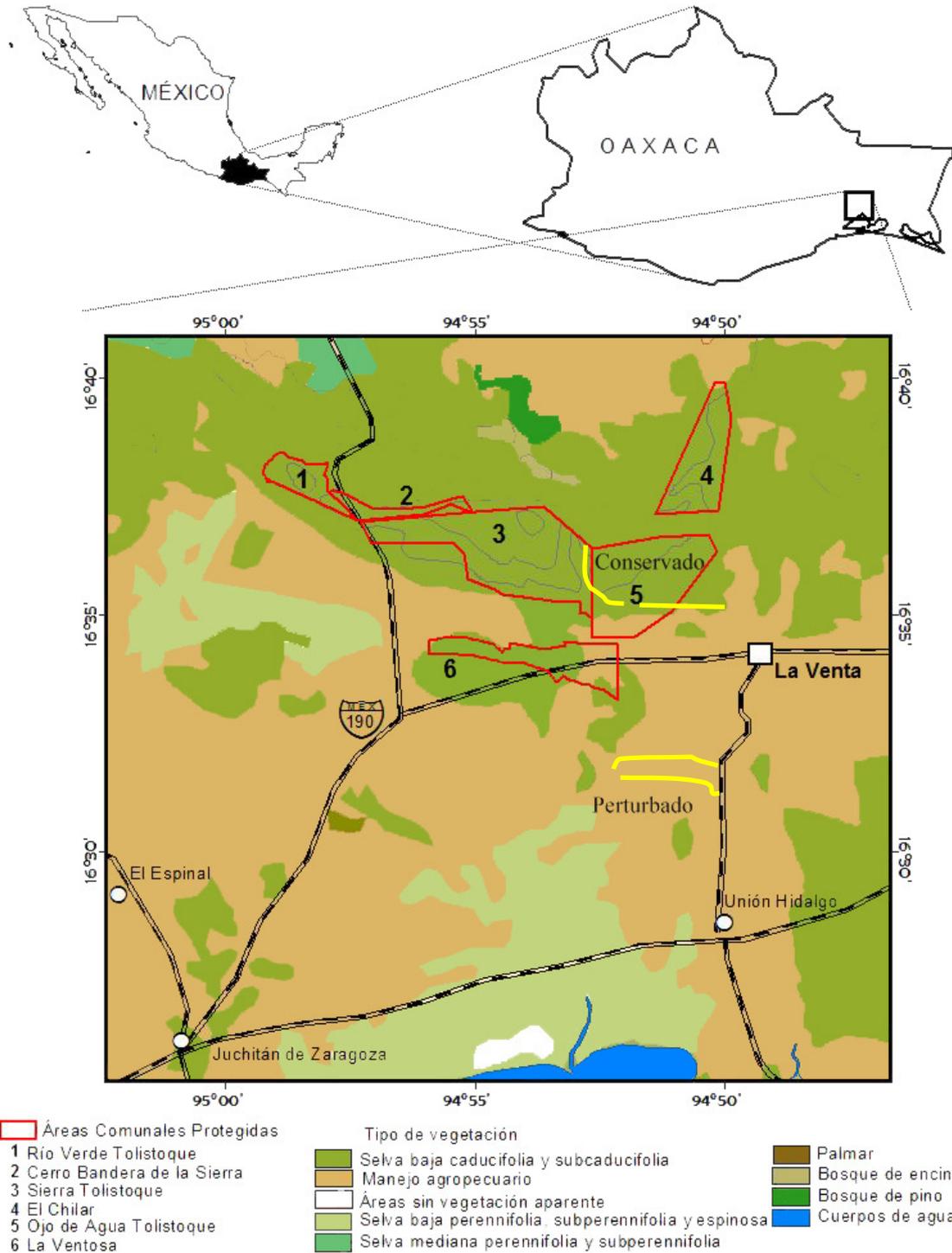


Figura 1. Área de estudio. Zona conservada al noroeste y zona perturbada al oeste de La Venta, Juchitán, Oaxaca.

## 6.2 Registro de mamíferos medianos y grandes

Se realizaron salidas a campo cada mes a partir de septiembre del 2007 hasta agosto del 2008, abarcando la época de secas y lluvias, se recorrieron

cuatro transectos lineales de aproximadamente 4.5 Km de longitud, dos en cada área (perturbada y conservada), en los cuales se realizó la búsqueda de rastros como huellas, excrementos, alimentos mordidos y alteraciones en la vegetación que indicaran la presencia de mamíferos medianos (peso entre 150 g y 5 kg) y grandes (peso superior a 5 kg).

La búsqueda de rastros se centró principalmente en las huellas y heces; para la identificación de las especies a través de huellas se consideró la forma y el tamaño (ancho y largo), el número de dedos marcados y la presencia de garras. En el caso de que no pudieran ser identificadas en el momento se utilizó la metodología recomendada por Aranda (2000), la cual consiste en la elaboración de un molde con yeso odontológico, el cual se coloca en la mitad de una pelota de hule, a la que luego se le agrega agua y se mezcla hasta que alcance la consistencia adecuada (colada), finalmente, la mezcla se vertió sobre la huella.

Los moldes en yeso fueron confrontados con el catálogo de huellas de los mamíferos de México (Aranda, 2000), así como con una colección de referencia de las huellas de mamíferos del estado de Oaxaca que se encuentran depositadas en la Colección Regional Mastozoológica (OAXMA-043), ubicada en el CIIDIR-Oaxaca.

Se utilizaron cámaras trampa marca Cuddeback, para confirmar la presencia de los mamíferos, se colocaron 5 cámaras trampa distribuidas a lo largo de cada transecto a aproximadamente 1 Km de distancia. Dichas cámaras fueron colocadas a aproximadamente 30 a 40 centímetros del suelo.

### **6.3 Cantidad y calidad de perturbación**

Se analizó la cantidad y calidad de perturbación en cada zona de estudio de acuerdo a lo propuesto por Martorell y Peters (2001). Se realizaron dos transectos de 50m de longitud en cada sitio, en donde se midieron variables de ganadería, actividades humanas y deterioro del hábitat.

Para la ganadería, se tomó en cuenta:

a) Densidad de excretas de cabra u oveja (CABR), se registró la presencia o ausencia de excretas en 10 cuadros de 1 m<sup>2</sup>, sin importar la cantidad.

CABR = número de cuadros con excretas / número de cuadros revisados.

b) Densidad de excretas de ganado mayor (GANA), se realizó de igual forma que la variable anterior, pero se registraron las excretas de cualquier otro animal doméstico.

c) Fracción de plantas ramoneadas (RAMO), se revisaron las plantas perennes en una franja de 50m<sup>2</sup> buscando evidencia de ramoneo.

RAMO = número de plantas ramoneadas / total de plantas revisadas.

d) Caminos ganaderos (CAGA), se contaron el número de caminos hechos por el ganado a lo largo del transecto.

e) Compactación del suelo por ganado (COMP), se ubicó el camino ganadero más cercano al centro del transecto, se enterraron 4 cm un tubo de PVC de 10 cm de diámetro y se vertió 250 ml de agua, se registró el tiempo necesario para su completa infiltración. El procedimiento se repite en un sitio cercano donde no haya pisoteo de ganado.

COMP = tiempo de infiltración del camino / tiempo en el suelo intacto.

En cuanto a las actividades humanas se midieron de la siguiente manera:

a) Fracción de plantas macheteadas (MACH), se realizó de la misma forma que las plantas ramoneadas, pero se registraron aquellas plantas que mostraron evidencia de haber sido cortadas o taladas.

b) Evidencia de incendio (INCE), se registró si existían evidencias de incendios. Si existían evidencias en al menos un transecto, entonces INCE = 1 y si no se encontraban evidencias vale 0.

c) Cobertura de caminos humanos (CCHU), se midió el ancho de la zona donde los caminos utilizados por la gente se interceptan con el transecto.

CCHU = longitud de la intercepción / longitud del transecto.

d) Cercanía a poblaciones (POBL), se registró la distancia entre el centro de la zona de estudio y el borde de la población más cercana en kilómetros.

POBL = uno entre dicha distancia. Si la distancia era menor a un kilómetro, entonces POBL = 1.

e) Adyacencia a núcleos de actividad (ADYA), se considera un núcleo de actividad humana a los sitios tales como milpas, carreteras asfaltadas o capillas. Un transecto está adyacente a estos sitios si se encuentra a menos de 200 metros.

ADYA = número de transectos adyacentes / número de transectos totales.

f) Cambio de uso del suelo (USOS), se registró la fracción de la superficie de la zona de estudio destinada a zonas urbanas, milpas, minas, etc. Se realizó por medio de fotografías aéreas, o por estimación visual.

Para el deterioro del hábitat se tomaron en cuenta las siguientes variables:

a) Erosión (EROS), la cual se determinó eligiendo 20 puntos al azar sobre el transecto, y en cada uno de ellos se registró si existía erosión.

EROS = número de puntos donde se registró erosión / número de puntos revisados.

b) Islas (ISLA), los procesos erosivos severos aunados a grandes densidades de caminos ganaderos resultan en paisajes donde se observan pequeños montículos de suelo cubiertos de vegetación en una matriz de suelo fuertemente erosionado y desnudo. Si se observa esto en más de la tercera parte de la zona de estudio entonces  $ISLA = 1$ .

c) Superficie totalmente modificada (STOM), en algunos casos porciones de las zonas de estudio han sido tan modificadas, en tal caso se registró la longitud del transecto que intercepta estas zonas.

STOM = longitud de la intercepción / longitud del transecto.

Una vez calculados los indicadores, se calculó el disturbio según la fórmula:

$$\begin{aligned} \text{PERTURBACIÓN} = & 3.41 \text{ CABR} - 1.37 \text{ GANA} + 27.62 \text{ RAMO} + 49.20 \text{ CAN} - 1.03 \text{ COMP} + \\ & 41.01 \text{ MACH} + 0.12 \text{ CCHU} + 24.17 \text{ POBL} + 8.98 \text{ ADYA} + 8.98 \text{ USOS} - \\ & 0.49 \text{ INCE} + 26.94 \text{ EROS} + 17.97 \text{ ISLA} + 26.97 \text{ STOM} + 0.2 \end{aligned}$$

Se espera que el valor se encuentre entre 0 y 100, pero es posible obtener datos ligeramente fuera de esta escala siempre que el sitio esté sumamente destruido o muy bien conservado.

#### 6.4 Análisis de datos

Se construyeron curvas de acumulación de especies para cada sitio, se uso el programa StimateS v.8 para aleatorizar los datos 100 veces con la finalidad de eliminar el efecto del orden en que ingresan los datos y para obtener una curva promedio de acumulación de especies (Moreno y Halffter, 2000).

También se emplearon modelos asintóticos de Dependencia Lineal y de Clench para la descripción de las curvas de acumulación.

Modelo de dependencia Lineal  $S(t) = a / b[1 - \exp(-bt)]$

Modelo de Clench  $S(t) = at / (1 + bt)$

donde:

$t$ = es una medida del esfuerzo (expresado en meses)

$S(t)$ = representa el número predicho de especies en  $t$

$a$ = es el índice de incremento al inicio del muestreo

$b$ = son las especies acumuladas

El modelo de Dependencia Lineal es recomendado para taxa bien conocidos o áreas relativamente pequeñas en que teóricamente se puede alcanzar la asíntota en periodos de tiempo finitos, mientras que el Modelo de Clench asume que la probabilidad de adicionar nuevas especies decrece con las especies registradas pero se incrementa con el tiempo. Se recomienda para áreas mayores (Jiménez-Valverde y Hortal, 2000).

En el caso de que en los modelos no se haya alcanzado la asíntota se calculó el esfuerzo de colecta adicional requerido para tener representado el 95% de las especies de acuerdo a las siguientes fórmulas:

Modelo de dependencia Lineal  $tq = 1/b \ln[1/(1-q)]$

Modelo de Clench  $tq = q/[b(1-q)]$

donde:

$tq$ = es el esfuerzo requerido para registrar una proporción de  $q$  de la asíntota del inventario

$q$ = proporción de la asíntota

$b$ = son las especies acumuladas

Abundancia relativa

Con la información obtenida a partir de los rastros se calculó el índice de abundancia relativa para cada una de las especies registradas, como el número de indicios por especie encontrados, dividido por la distancia recorrida por el observador (Carrillo *et al.*, 2000).

$$I = \text{No indicios/unidad de esfuerzo}$$

donde:

No indicios= número de indicios como huellas, heces, restos, avistamientos, madrigueras

Unidad de esfuerzo= kilómetros recorridos en el transecto (9 km).

Diversidad alfa y beta.

Para comprender los cambios en la biodiversidad con relación a los diferentes sitios y épocas del año, se calculó la diversidad alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ). La

diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje (Whittaker, 1972).

Para la diversidad alfa se utilizó el índice de Shannon-Wiener. Este índice asume que los individuos provienen de una comunidad de tamaño infinito y que todas las especies están representadas.

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

donde:

$H'$  = índice de diversidad de Shannon-Wiener

$\Sigma(p_i)$  = sumatoria de  $p_i$

$p_i$  = proporción de individuos hallados en la especie  $i$ -ésima

También se calculó la  $H_{\max}$  la cual es la máxima diversidad de especies de la muestra si todas las especies tuvieran igual abundancia.

$$H_{\max} = \ln S$$

donde:

$H_{\max}$  = diversidad de especies bajo condiciones de máxima equidad

$S$  = número de especies en la comunidad

La relación entre la diversidad observada y la máxima esperada es un estimador de equitatividad y puede ser interpretada como el grado de igualdad en las abundancias de las especies presentes en una comunidad.

$$E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

donde:

$E$  = equitatividad

$H'$  = diversidad de especies observada

$H_{max}$  = máxima diversidad de especies

La dominancia es la forma común de expresar la importancia numérica de la especie más abundante en la comunidad, es inversamente proporcional a la diversidad, ya que entre más uniformes sean las abundancias de todas las especies, la comunidad se considera más diversa. Para cada sitio y estación se obtuvo la dominancia a través del índice de Berger-Parker.

$$D = (N_{max} / N) * 100$$

donde:

$D$  = dominancia

$N_{max}$  = número de individuos de la especie más abundante

$N$  = número total de individuos en la muestra.

Para poder comparar la diversidad alfa entre ambos sitios se aplicó una prueba de t de student modificada por Hutchenson (Magurran, 1988).

T de Hutchenson

$$t = \frac{H_1 - H_2}{(VarH_1' + VarH_2')^{1/2}}$$

Varianza de  $H'$

$$VarH' = \frac{\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2}{N} + \frac{S-1}{2n^2}$$

Grados de libertad

$$gl = \frac{(VarH_1' + VarH_2')^2}{(VarH_1')^2 / N_1 + (VarH_2')^2 / N_2}$$

donde:

$t$  = t de Student modificada por Hutchenson.

$H'_1$  y  $H'_2$  = valores del índice de Shannon-Wiener a comparar.

Para la diversidad beta se utilizó el índice de Whittaker, este índice ha probado ser el más robusto para medir el reemplazo entre comunidades (Wilson y Schmida, 1984; Magurran, 1988).

$$\beta = \frac{S}{\alpha - 1}$$

donde:

$\beta$ = diversidad beta

S= número de especies registradas en un conjunto de muestras

$\alpha$ = número promedio de especies en las muestras

También se determinó el grado de similitud entre los hábitats, se empleó el índice de similitud de Jaccard para expresar el grado en el que los dos sitios son semejantes por las especies presentes en ellos (Magurran, 1988).

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

donde:

$I_j$ = índice de similitud de Jaccard

a= número de especies presentes en el sitio A.

b = número de especies presentes en el sitio B.

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Perturbación

Con base en los resultados obtenidos, la zona conservada se ubicó en el cerro el Tolistoque, la mayor afectación en este sitio está dada por a la presencia de ganado. Por otro lado, la zona perturbada al sueste de La Venta, registró valores elevados en cuanto a la adyacencia a núcleos de actividad, cambios de uso de suelo e islas (Cuadro1).

Cuadro 1. Valores obtenidos con el índice de disturbio en los sitios de estudio.

	ZONA CONSERVADA	ZONA PERTURBADA
<b>GANADERÍA</b>		
CABR	0.000	0.000
GAN	0.400	0.400
RAMO	0.027	0.050
CAGA	0.020	0.020
COMP	0.185	0.260
<b>ACTIVIDADES HUMANAS</b>		
MACH	0.126	0.046
INCE	0.000	0.000
CCHU	0.051	0.040
POBL	0.191	0.301
ADYA	0.000	1.000
USOS	0.000	1.000
<b>DETERIORO DEL HÁBITAT</b>		
EROS	0.125	0.700
ISLA	0.000	1.000
STOM	0.000	0.050
<b>PERTURBACIÓN TOTAL</b>	<b>8.800</b>	<b>64.477</b>

### 7.2 Riqueza de especies

Se obtuvieron 167 registros que pertenecen a 17 especies de mamíferos medianos y grandes, el mayor número de rastros correspondió a huellas (61 %), seguido de las excretas (28 %) y en menor porcentaje se obtuvieron avistamientos (4 %) (Fig. 2). Del total de registros 79 (47.30%) se encontraron en la zona conservada y 88 (52.70 %) en la zona perturbada.

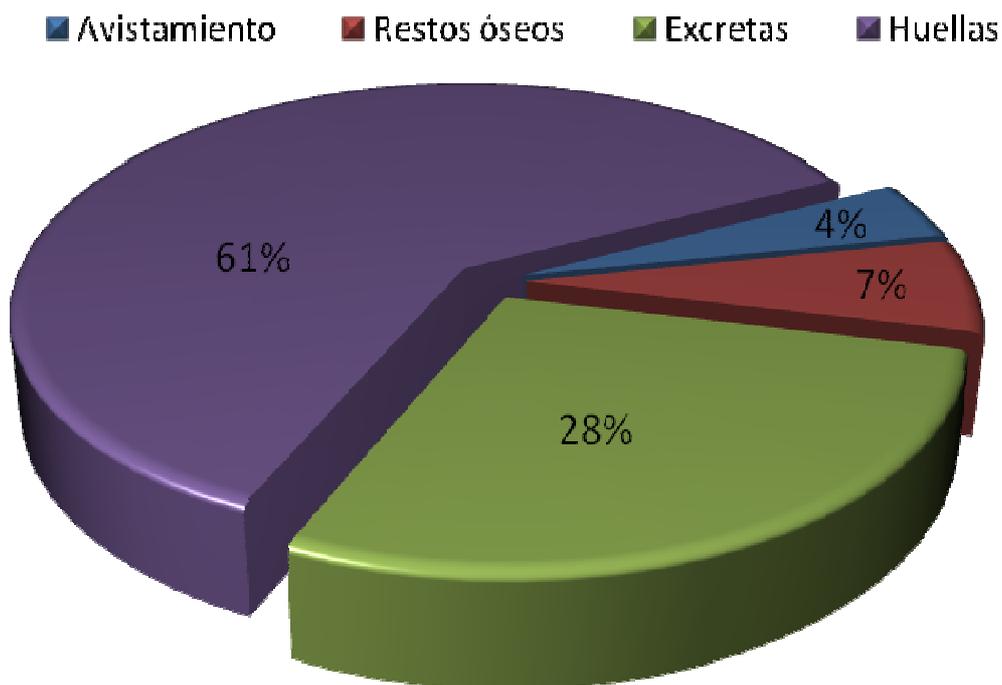


Figura 2. Tipo de registros de mamíferos medianos y grandes encontrados en el área de estudio.

Por medio del uso de cámaras trampa se obtuvieron 82 fotografías, las cuales confirman la presencia de 10 de las especies y una más (*Leopardus pardalis*), que no fue registrada por medio de rastros. Dado que el método de fototrampeo, no se encuentra estandarizado, el registro de esta especie se consideró sólo para la riqueza de especies.

La lista de los mamíferos medianos y grandes para la localidad de La Venta Juchitán, está compuesta por 18 especies, pertenecientes a 18 géneros, 11 familias y 6 órdenes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies registradas para la localidad de La Venta, Oaxaca. Zona. C= Conservada; P= Perturbada. Tipo de registro. H= Huella; E= Excreta; R= Restos óseos; A= Avistamiento; F= Fotografía.

CATEGORIA TAXONÓMICA						
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	ZONA	TIPO DE REGISTRO	
DIDELPHIMORPHIA	DIDELPHIDAE	<i>Didelphis</i>	<i>marsupialis</i>	C, P	H, F	
		<i>Philander</i>	<i>opossum</i>	C, P	H	
CINGULATA CARNÍVORA	DASYPODIDAE	<i>Dasyopus</i>	<i>novemcinctus</i>	C, P	H, R, F	
	CANIDAE	<i>Canis</i>	<i>latrans</i>	C	H, E, F	
		<i>Urocyon</i>	<i>cinereoargenteus</i>	C, P	H, E, A, F	
		<i>Herpailurus</i>	<i>yagouaroundi</i>	C, P	H	
	FELIDAE	<i>Puma</i>	<i>concolor</i>	C	H	
		<i>Leopardus</i>	<i>pardalis</i>	C	F	
		MUSTELIDAE	<i>Conepatus</i>	<i>leuconotus</i>	C	H, F
			<i>Spilogale</i>	<i>gracilis</i>	P	H, F
	PROCYONIDAE	<i>Mustela</i>	<i>frenata</i>	C	H	
		<i>Nasua</i>	<i>narica</i>	C, P	H	
<i>Procyon</i>		<i>lotor</i>	C, P	H, F		
ARTIODACTYLA	TAYASSUIDAE	<i>Pecari</i>	<i>tajacu</i>	C	R	
	CERVIDAE	<i>Odocoileus</i>	<i>virginianus</i>	C	H, E, R, F	
RODENTIA	SCIURIDAE	<i>Sciurus</i>	<i>aureogaster</i>	C	H, A	
	ERETHIZONTIDAE	<i>Coendou</i>	<i>mexicanus</i>	C	R	
LAGOMORPHA	LEPORIDAE	<i>Sylvilagus</i>	<i>floridanus</i>	C, P	H, F, A	
<b>6</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>18</b>			

De acuerdo con las normas nacionales e internacionales, existen especies que se encuentran en alguna categoría de conservación; se reportan tres especies en la Norma Oficial Mexicana 059 y siete especies en los diferentes apéndices de CITES. En la zona conservada se registraron todas las especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo, y en la zona perturbada se registraron sólo dos especies (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especies en alguna categoría de riesgo de acuerdo a las normas nacionales e internacionales. NOM (NOM-059-2002): A= Amenazada, P= En Peligro de extinción. CITES: Apéndice I, II, III. Zona. C= Conservada; P= Perturbada.

GENERO	ESPECIE	NOM	CITES	ZONA
<i>Herpailurus</i>	<i>yagouaroundi</i>	A	I	C, P
<i>Puma</i>	<i>concolor</i>		II	C
<i>Leopardus</i>	<i>pardalis</i>	P	I	C
<i>Nasua</i>	<i>narica</i>		III	C, P
<i>Pecari</i>	<i>tajacu</i>		II	C
<i>Odocoileus</i>	<i>virginianus</i>		III	C
<i>Coendou</i>	<i>mexicanus</i>	A		C
<b>Total</b>		<b>3</b>	<b>6</b>	

La zona conservada estuvo representada por 17 especies (16 por rastros y una por medio de fotografía), de las especies registradas por rastros, *Urocyon cinereoargenteus* es la especie con mayor número de registros (25), seguida de *Odocoileus virginianus* y *Didelphis marsupialis* con 11 y 10 registros respectivamente. Mientras que solo se obtuvo un registro de *Procyon lotor*, *Philander oposum*, *Nasua narica*, *Mustela frenata* y *Herpailurus yagouaroundi* (Fig. 3).

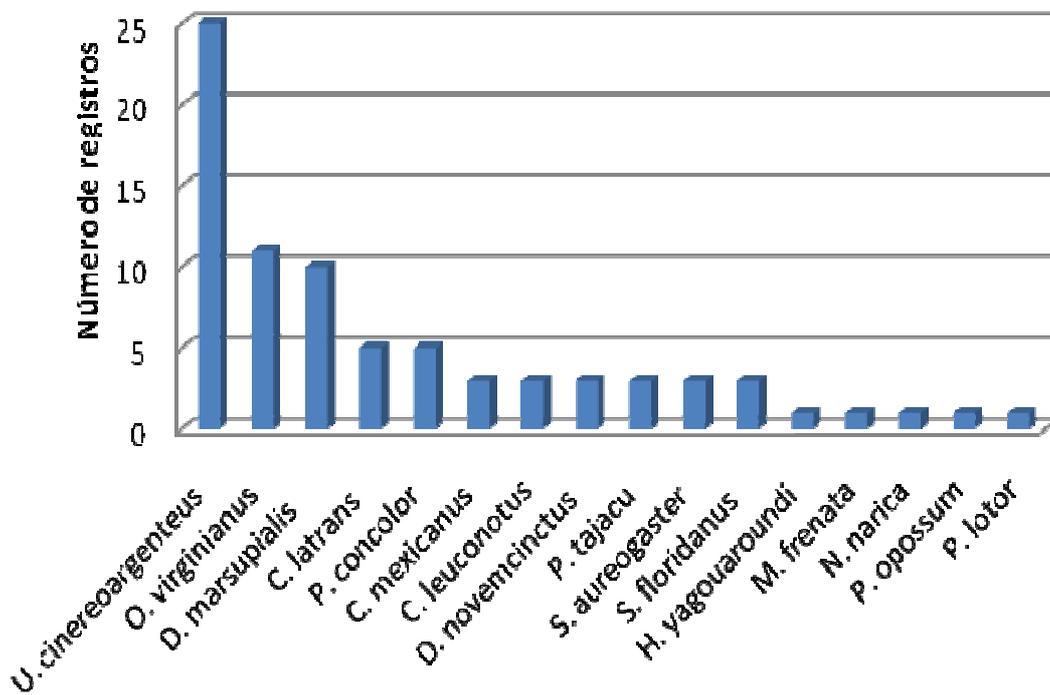


Figura 3. Número de registros por especie encontrados durante el muestreo en la zona conservada.

Se registraron 12 especies para cada estación del año, pero el mayor número de registros se presentó en la época de secas (46) (Fig. 4).

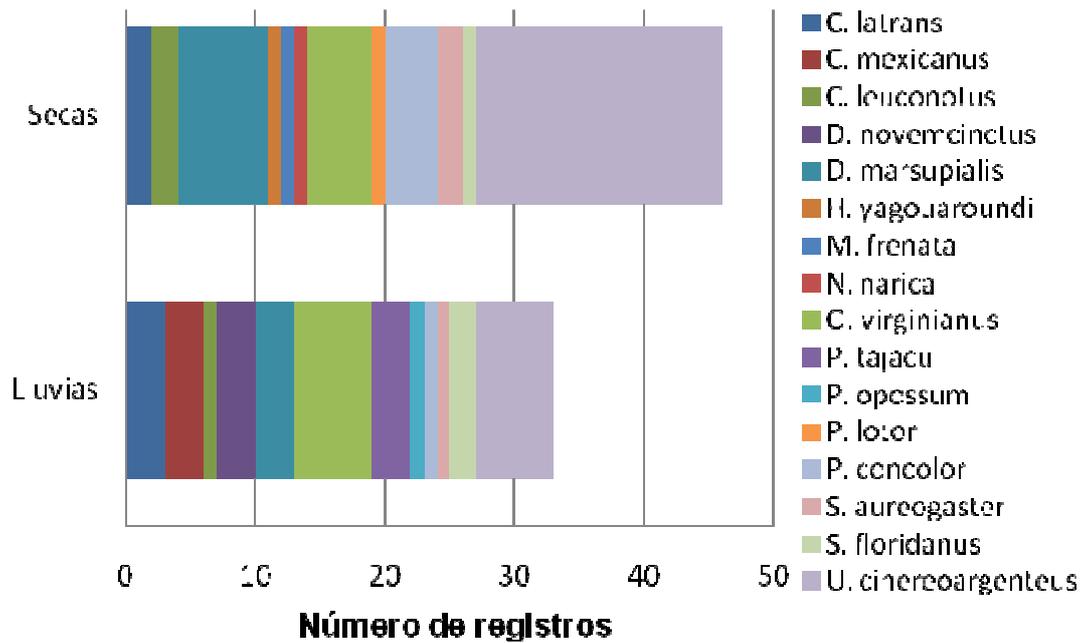


Figura 4. Número de registros encontrados por especie durante la temporada de lluvias y secas en la zona conservada.

Para la zona perturbada se registraron nueve especies, siendo *Didelphis marsupialis* la de mayor número de registros (32), seguida de *Urocyon cinereoargenteus* con 27; las especies menos abundantes fueron al igual que para la zona conservada *Philander opossum*, *Nasua narica*, y *Herpailurus yagouaroundi*, las cuales presentaron un registro (Fig. 5).

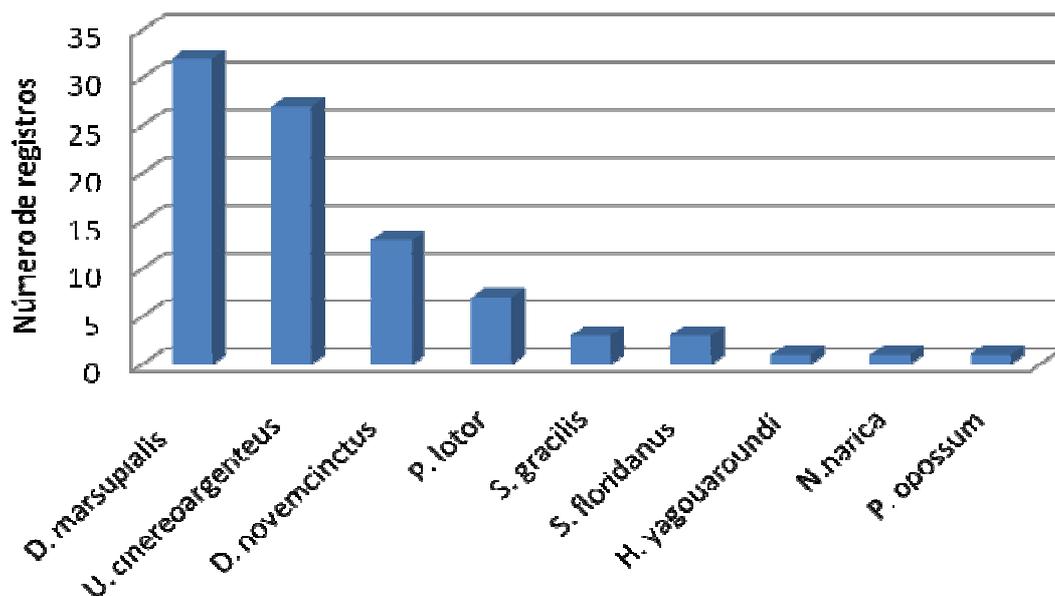


Figura 5. Número de registros por especie encontrados en la zona perturbada durante el periodo de muestreo.

En esta zona se registró mayor número de especies en la estación lluviosa (9) que en la estación seca (6) y el mayor número de registros se obtuvo en la época de lluvias (54) (Fig. 6).

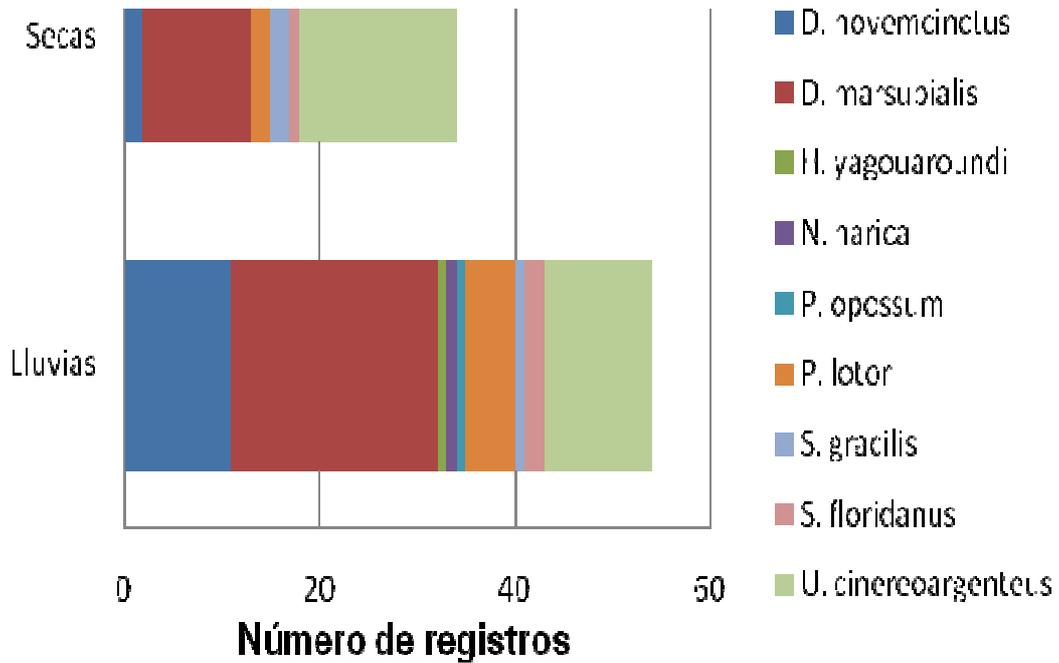


Figura 6. Número de registros por especie encontrados durante la temporada de lluvias y la temporada de secas en la zona perturbada.

### 7.3 Curva de acumulación de especies

La figura 7 muestra el número de especies acumuladas a lo largo de los muestreos en los sitios de estudio, se puede observar que, tanto en la localidad, como en la zona conservada y perturbada, aún no se ha llegado a la asíntota.

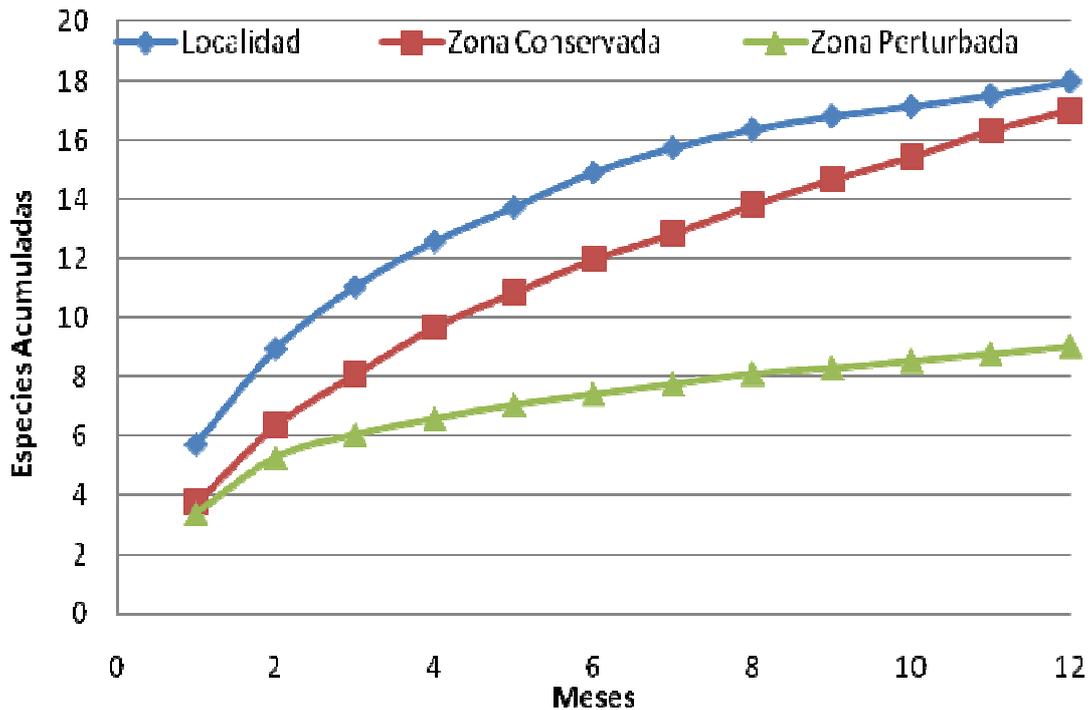


Figura 7. Especies acumuladas en la localidad, en la zona conservada y en la zona perturbada en los doce meses de muestreo..

De acuerdo al modelo de Clench, es posible encontrar 22 especies en la localidad, 31 especies en la zona conservada y 12 en la zona perturbada, por otro lado, el modelo de dependencia lineal predijo 18, 20 y 9 especies respectivamente para cada sitio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de especies acumuladas de acuerdo al modelo de Clench y al de Dependencia Lineal.

	S observadas	S predichas Clench	S predichas Dependencia Lineal	Esfuerzo requerido Clench	Esfuerzo requerido Dependencia Lineal	% de representatividad Clench	% de representatividad Dependencia Lineal
La Venta	18	22	18	64	16	79	100
Zona Conservada	17	31	20	224	26	54	85
Zona Perturbada	9	12	9	58	11	81	100

De acuerdo al modelo de dependencia lineal, en la localidad (Fig. 8) y en la zona perturbada (Fig. 9) se tienen registradas todas las especies predichas, mientras que para la zona conservada aún no se tienen registradas todas las especies (Cuadro 4).

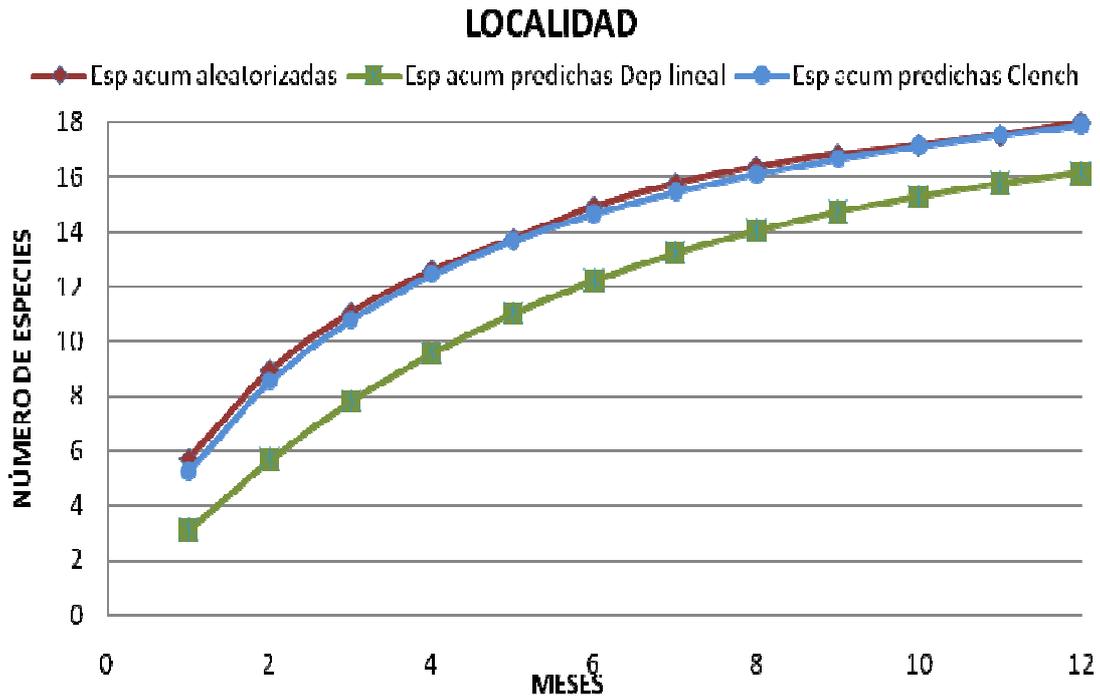


Figura 8. Especies acumuladas de acuerdo a los diferentes modelos de acumulación de especies en la localidad durante los doce meses de muestreo.

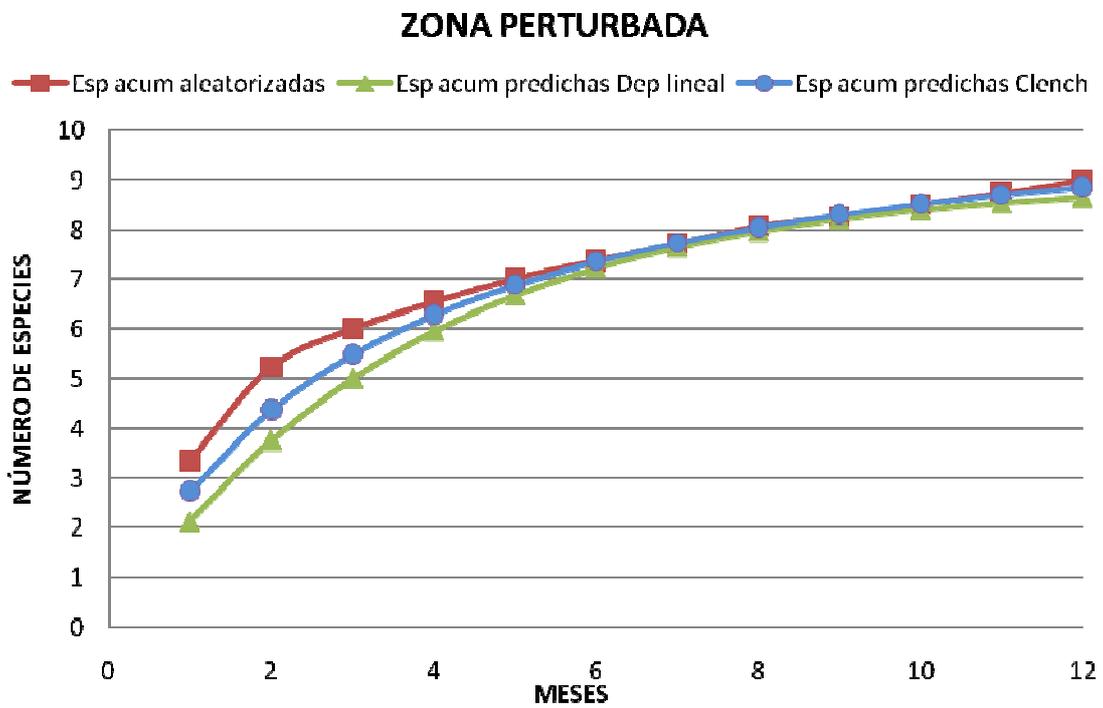


Figura 9. Especies acumuladas de acuerdo a los modelos de acumulación de especies en la zona perturbada durante los meses de muestreo.

Utilizando el modelo de Clench aún no se han registrado todas las especies (Fig. 10). De acuerdo a este modelo solo se registro el 79 % del total de especies para la localidad, el 54 % para la zona conservada y el 81 % para la perturbada, mientras que para el modelo de dependencia lineal se tiene registrado el 100, 85 y 100 % de las especies (Cuadro 4).

Al estimar el esfuerzo necesario para registrar el 95 % de las especies predichas, se obtuvo que el esfuerzo necesario de acuerdo al modelo de Clench es de 64 meses para la localidad, de 224 meses para la zona conservada y de 58 meses para la zona perturbada, y de acuerdo al modelo de dependencia lineal se requieren 26 meses para representar al 95 % de las especies en la zona conservada (Cuadro 4).

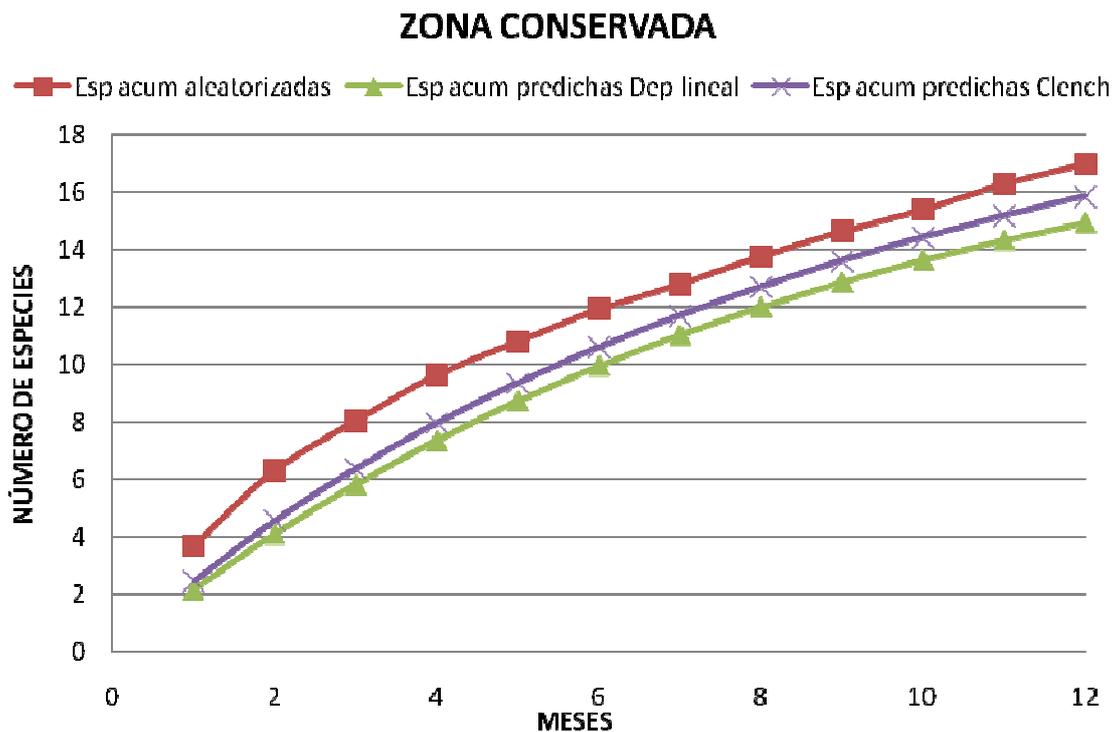


Figura 10. Especies acumuladas de acuerdo a los diferentes modelos de acumulación de especies en la zona conservada.

#### 7.4 Abundancia relativa de especies

*Urocyon cinereoargenteus*, fue la especie que presentó los mayores valores de abundancia en la zona conservada (0.23), mientras que para la zona perturbada las especies con mayor abundancia relativa fueron *Didelphis marsupialis* (0.29), seguida de *Urocyon cinereoargenteus* (0.25) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Abundancia relativa de las especies en la zona conservada y en la perturbada.

Especies	Abundancia relativa	
	Zona Conservada	Zona Perturbada
<i>Canis latrans</i>	0.0463	0.0000
<i>Coendou mexicanus</i>	0.0278	0.0000
<i>Conepatus leuconotus</i>	0.0278	0.0000
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0.0278	0.1204
<i>Didelphis marsupialis</i>	0.0926	0.2963
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	0.0093	0.0093
<i>Mustela frenata</i>	0.0093	0.0000
<i>Nasua narica</i>	0.0093	0.0093
<i>Odocoileus virginianus</i>	0.1019	0.0000
<i>Pecari tajacu</i>	0.0278	0.0000
<i>Philander opossum</i>	0.0093	0.0093
<i>Procyon lotor</i>	0.0093	0.0648
<i>Puma concolor</i>	0.0463	0.0000
<i>Sciurus aureogaster</i>	0.0278	0.0000
<i>Spilogale gracilis</i>	0.0000	0.0278
<i>Sylvilagus floridanus</i>	0.0278	0.0278
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	0.2315	0.2500

En la zona conservada se observa que en la época de secas se presentó la mayor abundancia relativa de las especies, sin embargo, en ambas épocas las especies más abundantes fueron *Urocyon cinereoargenteus*, seguida de *Didelphis marsupialis* y *Odocoileus virginianus* (Fig. 11).

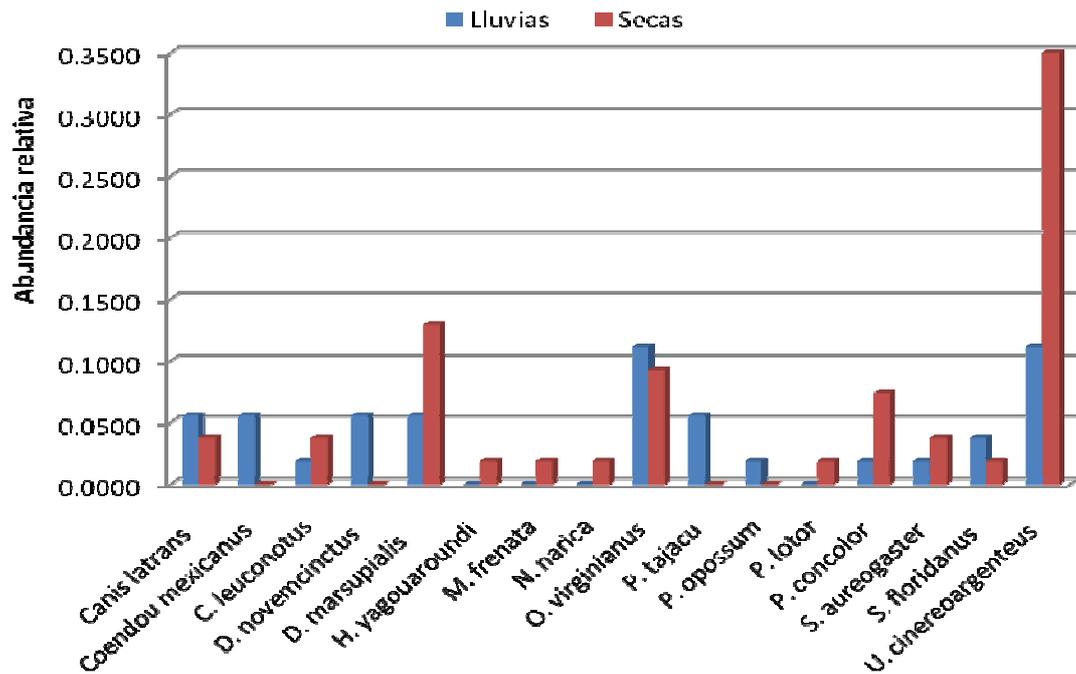


Figura 11. Abundancia relativa de las especies en la zona conservada durante la época de secas y lluvias.

En la zona perturbada las especies *Didelphis marsupialis*, *Urocyon cinereoargenteus* y *Dasypus novemcinctus* fueron las que presentaron la mayor abundancia en las dos épocas del año, sin embargo, la mayor abundancia se presentó en lluvias (Fig. 12).

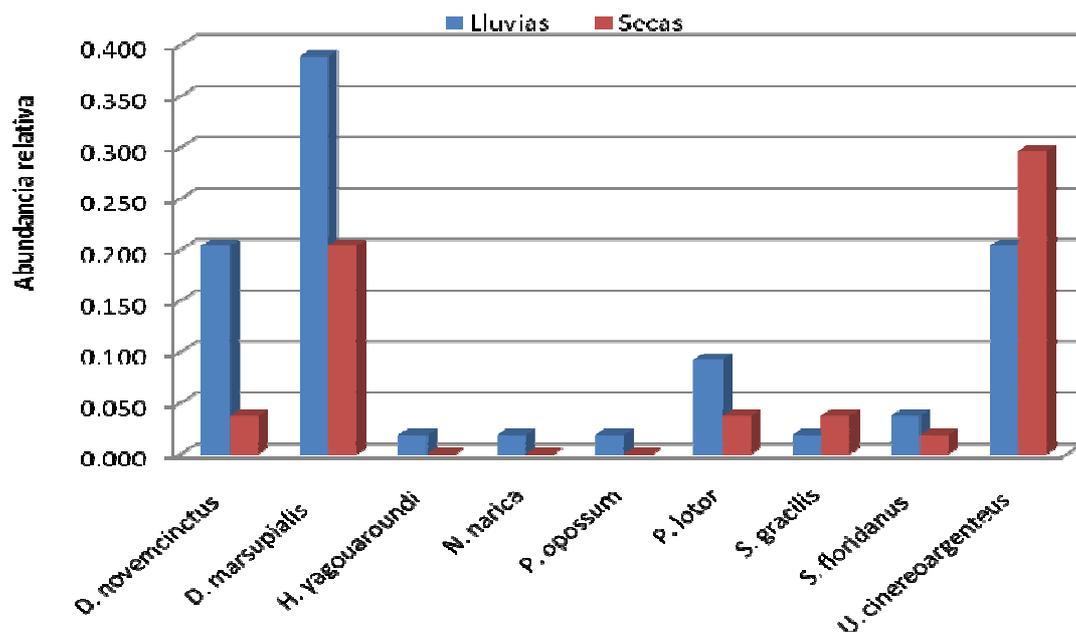


Figura 12. Abundancia relativa de las especies en la zona perturbada en las dos épocas del año.

## 7.5 Diversidad alfa

De acuerdo al índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), la zona conservada presentó la mayor diversidad ( $H' = 2.27$ ), además de presentar un valor más cercano a la diversidad máxima que se podría encontrar en la zona ( $H_{\max} = 2.77$ ). La dominancia para esta zona fue de 31.64 y la equitatividad de 0.81 (Cuadro 6). Se observó que existen diferencias significativas entre la diversidad de la zona conservada y la perturbada ( $t = 4.50$ ;  $g/l = 158$ ).

Cuadro 6. Valores de diversidad en la zona conservada y en la perturbada.

	Zona conservada	Zona perturbada
$H'$	2.271	1.597
$H'_{\max}$	2.773	2.197
E	0.819	0.727
D	31.646	36.364

En la zona conservada se presentó un índice de diversidad muy similar en ambas temporadas, ( $H' = 2.30$ ) en la época de lluvias y ( $H' = 1.93$ ) en secas. Sin embargo, la mayor equitatividad y menor dominancia se obtuvo en la época de lluvias (Cuadro 7). No existieron diferencias significativas entre la diversidad para ambas temporadas ( $t = 1.85$ ;  $g/l = 78.10$ ).

Cuadro 7. Índices de diversidad en la zona conservada en las diferentes épocas del año.

	Conservado	
	Lluvias	Secas
$H'$	2.304	1.930
$H'_{\max}$	2.485	2.485
E	0.927	0.777
D	18.182	41.304

En la zona perturbada el valor más alto de diversidad se presentó en la temporada de lluvias ( $H' = 1.65$ ), además de una equitatividad de 0.75, y una dominancia de 38.88 (Cuadro 8). Al igual que en la zona conservada, no se encontraron diferencias significativas en la diversidad de especies entre las temporadas ( $t = 1.68$ ;  $g/l = 73.61$ ).

Cuadro 8. Índices de diversidad en la zona perturbada en las diferentes épocas del año.

	Perturbado	
	Lluvias	Secas
H'	1.653	1.324
H'max	2.197	1.792
E	0.752	0.739
D	38.889	47.059

## 7.6 Diversidad beta

El valor de diversidad beta fue de 1.48. De las 17 especies registradas en este estudio, ocho especies se encontraron en ambas zonas. La similitud de especies de mamíferos fue de 2.12% entre zonas.

## 8. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de perturbación señalaron que la zona perteneciente al cerro del Tolistoque es la zona más conservada, a pesar de registrar actividades humanas y deterioro del hábitat, pues estos se presentan en niveles muy bajos. Por otro lado, la zona al sur de la Venta es la zona con mayor grado de perturbación, donde prácticamente no queda suelo ni vegetación, la mayor afectación de esta zona, está dada por el deterioro del hábitat, seguido de las actividades humanas.

Los resultados obtenidos, indican que los métodos indirectos, como son las huellas, son un método eficiente para conocer y estudiar la diversidad de mamíferos que existen en una zona, ya que se pudo registrar la presencia de 17 especies de mamíferos medianos y grandes, mientras que con el uso de cámaras trampa sólo se registró la presencia de diez de las especies. El uso de métodos complementarios permite el registro de un mayor número de especies, ya que en este estudio se registró una especie más con fototrampeo de las registradas por métodos indirectos, además, el uso de diversas técnicas permite disminuir la influencia de factores intrínsecos (metodológicos) y

estrínsecos (ambientales) y tener una estimación más confiable de la diversidad y abundancia en determinado sitio de estudio (Pérez, 2008).

Zarco (2007) registra el mismo número de especies que en este estudio, por medio de fototrampeo, en tres tipos de vegetación, una ventaja del uso de esta técnica es que se pueden determinar los patrones de actividad de las especies, sin embargo, la implementación del método representa costos muy elevados a diferencia de los métodos indirectos.

La riqueza de especies encontrada en la localidad equivale aproximadamente a 34.62, 45, 57.89 y 66.67% de las especies, géneros, familias y órdenes de los mamíferos medianos y grandes presentes en Oaxaca. Estos valores son más altos en comparación con lo reportado por Lavariega (2006) para el municipio de Santiago Camotlán en selva alta y bosque mesófilo, ya que en este trabajo sólo se registra el 23.52% de mamíferos medianos y grandes con respecto al estado, lo que indica que el área estudiada aún mantiene una comunidad importante de éstos mamíferos.

La riqueza específica encontrada en el sitio es más baja comparada con el estudio realizado por Cervantes y Yépez (1995) en los alrededores de Salina Cruz, en la Planicie Costera de Tehuantepec, ya que se registró la presencia de 30 especies de mamíferos medianos y grandes, esta diferencia puede deberse a que se abarcaron diferentes tipos de vegetación, incluyendo selva baja caducifolia, manglar, matorral espinoso y vegetación de duna, pudiendo encontrar mayor número de especies que ocupen diferentes nichos ecológicos, como es el caso de *Lontra longicaudis* la cual se localiza en ambientes acuáticos. En el trabajo de Ceballos y Miranda (1986) también reportan un número más elevado de estos mamíferos, lo cual puede deberse a que la selva baja que se encuentra en Chamela, Jalisco, tiene una mayor extensión, además pertenece a una zona mejor conservada la que puede albergar un mayor número de especies en comparación con nuestro sitio de estudio.

La curva de acumulación de especies sugiere que la zona no ha sido completamente muestreada y que existe la probabilidad de encontrar más

especies, por lo que aún es necesario continuar con el muestreo; esto sucede también el área de estudio. Por otro lado, se sabe de la presencia de una especie que no fué reportada debido a que se registró varios meses antes del presente estudio, con esta especie se alcanza una representatividad de 90 % de acuerdo al modelo de dependencia lineal, acercándose también a las especies predichas.

Se sabe que el modelo de Clench predice el máximo número de especies que se puede encontrar en los sitios, mientras que el modelo de dependencia lineal es más conservador y predice el mínimo número de especies que se pueden encontrar. Las especies que pueden faltar por registrarse son probablemente especies localmente raras, o individuos errantes en fase de dispersión, procedentes de poblaciones estables externas a la unidad del territorio estudiado (Moreno y Halffter, 2000). Por otro lado, pueden existir otras especies que tienen hábitos arborícolas, lo cual las hace difíciles de registrar por medio de los métodos indirectos (Pérez, 2008). Además de que a medida de que se avanza en el muestreo se hace más complicado encontrar las especies faltantes. Por lo tanto, el esfuerzo de muestreo necesario para encontrar más especies se eleva a medida que la curva se acerca la asíntota.

Es importante señalar que el índice de abundancia relativa refleja cambios o tendencias poblacionales a lo largo del tiempo y espacio, mas no da información del actual tamaño de las poblaciones silvestres (Aranda, 2000).

Un factor que puede estar afectando la abundancia relativa de las especies, es la diferencia en la detectabilidad de rastros, lo cual esta relacionado con el tamaño o el hábito de una especie (Litvaitis *et al.*, 1994), y particularmente con respecto al grado de uso de las especies del sustrato terrestre y su inclinación a caminar, por lo tanto, es más probable tener registros de especies como el del venado en donde su peso facilita la impresión de sus huellas y las hace más fáciles de detectar, por el contrario, especies como las ardillas, a pesar de que pueden ser más abundantes que el venado, sus hábitos son principalmente arborícolas lo cual dificulta su observación.

La abundancia relativa de *D. novencinctus* fue más baja de lo reportado por Navarro (2005) en bosque secundario y en bosque de roble, ya que dicho autor reporta densidades de 0.2 para cada tipo de vegetación. En particular para la zona perturbada, de acuerdo con los datos obtenidos de perturbación, el área tiene una fuerte intervención humana, la cual, es otro factor que afecta dichos valores, además de que prácticas como la cacería pueden intervenir en una baja abundancia y/o comportamiento secreto y huidizo de algunas especies. Se sabe que las especies de talla mediana y grande son las más afectadas por la cacería y en el área se pudo observar la práctica de esta actividad por parte de los habitantes de la localidad y de localidades aledañas, las principales especies que son perseguidas para la obtención de carne son los armadillos, las ardillas y los conejos.

El hecho de que la zorra y el tlacuache fueran las especies más abundantes corresponde con los estudios realizados por Orjuela y Jiménez, (2003) y Luna (2005) en donde la zorra presenta los mayores valores de abundancia relativa y se encuentra en todos los tipos de vegetación estudiados. Los valores altos de abundancia de esta especie puede estar relacionado a las características propias de la especie, tales como la alimentación, ya que son omnívoras, por lo cual tienen mayor posibilidad de obtener alimento. Así, su presencia se acentúa en zonas perturbadas o de cultivos como el sorgo, que es uno de los cultivos que se encuentra en la región y del que se encontró evidencia que se alimentaba de él.

En particular, el hecho de que se haya encontrado un mayor número de registros en la zona conservada en la época de secas, puede deberse principalmente a que los días de muestreo en la zona se presentaron lluvias torrenciales, las cuales pudieron borrar o eliminar los rastros. Por otro lado, la mayor abundancia de las especies que se presentó en la época de lluvias en la zona perturbada, corresponde con lo obtenido por Soto y Herrera-Flores (2003) y García-Burgos (2007), donde mencionan que los mamíferos medianos y grandes dan mayor uso a las áreas con mayor cobertura de hojarasca y del dosel, la cual se presenta en época de lluvias.

Los valores de diversidad registrados para la ambas zonas son más bajos que los reportados por Rocha y Dalponte (2006), donde se obtuvo una diversidad de 2.4, sin embargo su zona de estudio representa un sitio muy conservad y con una extensión mayor, ya que pertenece a una reserva biológica de cerca de 470 ha. Nuestros resultados son significativos ya que usualmente este índice se encuentra entre 1.5 y 3.5 (Magurran, 1988), además se ha observado que  $H'$  disminuye con el aumento en la perturbación, variando de 0.98 a 2.16 de acuerdo con el grado de perturbación del ambiente.

El índice de Berger-Parker representa una manera indirecta de medir la diversidad de especies, entre menor es la dominancia, la diversidad de especies es mayor y viceversa. Otra manera de evaluar la diversidad es a través del índice de equitatividad, entre más equitativa sea la comunidad existe una mayor diversidad de especies (Magurran, 1988) Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la zona conservada es la más diversa, ya que se encontró la menor dominancia y la mayor equitatividad.

Los valores totales de los índices de diversidad en ambos sitios de estudio muestran que la zona conservada es la que ofrece las mejores condiciones para que las especies de mamíferos medianos y grandes puedan desarrollar sus actividades, tales como refugiarse, alimentarse y reproducirse. La mayor diversidad de especies en la zona conservada puede deberse a que existe una mayor riqueza vegetal, y una mayor altura del dosel, y en general más estructuras biofísicas, incrementando los nichos potenciales para proporcionar más recursos alimenticios, refugios, protección y escape para los mamíferos (Gallina *et al.*, 2007). Además, en esta zona se registraron especies como *Puma concolor*, *Leopardus pardalis* y *Pecari tajacu*, las cuales son especies a las que se les puede considerar como indicadores de ambientes conservados (Cruz-Lara *et al.*, 200)4.

La zona perturbada puede presentar una menor diversidad debido a varios procesos que se encuentran en la zona. Las actividades antrópicas como la tala de árboles, la apertura de caminos y los ruidos estan afectando de manera directa e indirecta al hábitat, modificando la actividad de la fauna

silvestre (Herrera-Flores *et al.*, 2002). Además, en esta área, una gran parte esta dedicada a la ganadería y a la agricultura, en donde el uso de fertilizantes puede estar contaminando el agua y el ambiente en general. Sin embargo, esta zona aún mantiene una diversidad moderada, ya que en la zona existe vegetación de crecimiento rápido que podría ser importante como hábitat y recurso alimenticio para los organismos (Soto y Herrera-Flores, 2003). La presencia de cuerpos de agua cercanos a este sitio funcionan como atractivos para algunas especies que pueden encontrar alimento, beber agua y refugiarse en la vegetación circundante (Guzmán-Lenis y Camargo-Sanabria, 2004)

La diversidad de especies puede cambiar o mantenerse cuando se producen perturbaciones en el bosque, algunos grupos de animales como las zorras pueden aumentar su abundancia, presentándose dominancia de una especie en particular, sin que ocurra una disminución de la riqueza en la zona y por lo tanto existe una menor diversidad en la zona. De acuerdo con Rocha y Dalponte (2006), el hecho que no se hayan registrado especies como el venado y el puma en la zona perturbada se debe a que el sitio no cumple con los requerimientos necesarios para mantener un depredador que se encuentra en la cima de la cadena alimenticia como *P. concolor*, además de no tener el hábitat adecuado para la ocurrencia de *O. virginianus*.

La estacionalidad tan marcada en la selva baja caducifolia, con un contraste fenológico entre la época de lluvias, determina en gran parte la diversidad, estructura y función de las comunidades animales. A pesar de que en la época de lluvias existe una mayor cobertura vegetal, que proporciona refugio a los animales, no existen diferencias significativas en la diversidad entre las temporadas, debido a que las especies no se desplazan a otros sitios en busca de alimento, ya que en la época seca las especies arbóreas de la zona tienen una mayor fructificación, ofreciendo alimento para las especies. El oportunismo y el cambio de dieta juegan un papel muy importante en la diversidad de especies en las diferentes épocas del año, ya que permiten a muchas especies habitantes de estas zonas subsistir en la época más crítica del año. Guerrero *et al.* (2002) menciona que el coyote se alimenta de frutos durante la época de fructificación y mayor abundancia, mientras que en

temporada de escasos de alimento. cambia su alimentación a insectos, estos cambios estacionales en su dieta son una forma de compensar los requerimientos nutricionales y muestra su capacidad de adaptación a los recursos disponibles.

Los valores obtenidos de diversidad beta y similitud indican que entre los sitios existe un alto recambio de especies, esto puede deberse principalmente a que las poblaciones se encuentran aisladas, creando poblaciones locales y dispersas a través del ambiente, este aislamiento ha sido generado por la presencia de una carretera que separa las dos zonas, creando un efecto de barrera que limita el desplazamiento de organismos que tratan de trasladarse entre una zona y otra. El aislamiento de las poblaciones puede provocar extinciones locales debido a la carencia de intercambio genético con otros individuos de diferentes poblaciones (Noss, 1987).

La presencia de actividades humanas puede tener un efecto adverso en el patrón de dispersión de animales. Ya que junto con el hombre, las especies exóticas, incluyendo animales domésticos, pueden inhibir el movimiento de especies nativas.

## **9. CONCLUSIONES**

La zona alberga cerca del 35 % de los mamíferos medianos y grandes registrados para Oaxaca, lo que hace resaltar la importancia de la zona como refugio de dichas especies, en especial para especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo.

Las poblaciones de mamíferos medianos y grandes están respondiendo a factores antropogénicos que se presentan en la zona, lo cual se ve reflejado en una disminución de la diversidad.

En la zona conservada se presentó la mayor diversidad, por lo tanto, constituye un mejor sistema ecológico que puede estar proporcionando más

refugios, y tipos de alimentación a las especies de mamíferos medianos y grandes.

En forma general no existieron diferencias significativas en la diversidad de mamíferos en las zonas de estudio en la época de secas y lluvias, por lo que las especies pueden estar teniendo las mismas posibilidades de alimento y refugio en las dos temporadas.

Los resultados señalan que los rastros resultan ser un método eficaz para el registro de mamíferos medianos y grandes, sin embargo, es necesaria la combinación de diferentes técnicas como el fototrampeo, para registrar un mayor número de especies.

Si en la zona no se toman medidas adecuadas de conservación y manejo, habrá un incremento en el deterioro ambiental, y de acuerdo a los resultados obtenidos, la diversidad de mamíferos medianos y grandes se verá afectada negativamente.

Los estudios posteriores de mamíferos en la región deben considerar las Interacciones intra e interespecíficas, además de las interacciones que ocurren entre las plantas y los animales silvestres, así como la disponibilidad de alimento para la fauna silvestre.

## **10. LITERATURA CITADA**

Alonso, A., F. Dallameier y P. Campbell. 2001. Urubamba: The biodiversity of a Peruvian rainforest. Smithsonian Institution. Washington, D. C. 244 p.

- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Primera edición. Ed. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz-México. 212 p.
- August, P. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology*. 64:1495-1507.
- Bilenca, D., P. Balla, M. Álvarez y G. Zalueta. Evaluación de dos técnicas para determinar la actividad y abundancia de mamíferos en el bosque chaqueño, Argentina. *Revista Ecológica Latino Americana*. 6(1):13-18.
- Bolaños, C. y J. E. Naranjo. 2001. Abundancia, densidad y distribución de las poblaciones de ungulados en la cuenca del río Lacatún, Chiapas, México. *Revista Mexicana de mastozoología*. 5:45-57.
- Carrillo, E., G. Wong y A.D. Cuarón. 2000. Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology*. 14(6):1580-1591.
- Ceballos, G. y A. Miranda. 1986. Los mamíferos de Chamela, Jalisco: Manual de campo. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 450 p.
- Cervantes, F. y L. Yépez. 1995. Species richness of mammals from the vicinity of Salina Cruz, Coastal Oaxaca, Mexico. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoológica*. 66(1): 113-122.
- Collins, S.L., S.M. Gleason y D.J. Gibson. 1995. Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition: Decoupling cause and effect. *Ecology*. 76:486-492.
- Cruz-Lara, L., C. Lorenzo, L. Soto, E. Naranjo y N. Ramírez-Marcial. 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 20(1):63-81.
- Gallina, S., A. González-Romero y R.H. Manson. 2007. Mamíferos pequeños y medianos. *En: Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz*. pp 161-180.
- García-Burgos, J. 2007. Comparación de la riqueza de mamíferos medianos en un gradiente de manejo de cafetales del centro de Veracruz. Tesis de maestría en Ciencias (Manejo de Fauna Silvestre). INECOL. México. 121p.

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 264 p.
- Guerrero, S., M. H. Badii, S. Zalapa y A. Flores. 2002. Dieta y nicho de alimentación del coyote, zorra gris, mapache y jaguarundi en un bosque tropical caducifolio de la costa sur del estado de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 86: 119-137.
- 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. pp. 54.
- Guzmán-Lenis, A. y A. Camargo-Sanabria. 2004. Importancia de los rastros para la caracterización del uso de hábitat de mamíferos medianos y grandes en el bosque Los Mangos (Puerto López, Meta, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*. 9(1):11-22.
- Herrera-Flores, J.C., T.S. Fredericksen y D. Rumíz. 2002. Evaluación rápida de mamíferos en base a huellas para observar los impactos del manejo forestal. *Ecología en Bolivia*. 37(1):3-13.
- Jiménez-Valverde, A., J. Hortal. 2000. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. 8(31):151-161.
- Lavariega, M. C. 2006. Mamíferos medianos y grandes de Santiago Camotlán, Villa Alta, Sierra Madre de Oaxaca. Memoria de Residencia Profesional. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. México. 51 p.
- Leal-Pinedo, J.M. y R. Linares-Palomino. 2005. Los bosques secos de la reserva de la biósfera del Noroeste (Perú): Diversidad arbórea y estado de conservación. *Caldasia*. 27(2): 195-211.
- Litvaitis, J.A., K. Titus, y E.M. Anderson. 1994. Measuring vertebrate use of terrestrial habitats and foods. *En: Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. Bookhout, Th.A. (ed). The Wildlife Society Bethesda. Maryland. 254-274.
- Luna, M. D. 2005. Distribución, abundancia y conservación de carnívoros en Santiago Comaltepec, Sierra Madre de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. 62 p.

- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 p.
- Martorell, C. y E. Peters. 2001. Conocimiento y conservación de las mamilarias endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Ecología, UNAM. 38 p.
- Moreno, C.E. y G. Halffter. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*. 37: 149-158.
- Navarro, E. 2005. Abundancia relativa y distribución de los indicios de las especies de mamíferos medianos en dos coberturas vegetales en el santuario de flora y fauna Otún Quimbaya, Pereira, Colombia. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana. 78 p.
- Navarro, J.F., J. Muñoz. 2000. Manual de huellas de algunos mamíferos terrestres de Colombia. Edición de Campo. Medellín, Colombia. 112 p.
- Noss, R.F. 1987. Corridors in real landscapes: a reply to Simberloff and Cox. *Conservation Biology*. 1:159-164.
- Ojasti, J. 2000. Manejo de fauna silvestre neotropical. *En*: Francisco Dallmeier (ed). SI-MAB Rockville, Maryland, USA. 290 p.
- Orjuela, O.J., G. Jiménez. 2004. Estudio de la abundancia relativa para mamíferos en diferentes tipos de coberturas y carretera, Finca Hacienda Cristales, área Cerritos-La Virginia, Municipio de Pereira, Departamento de Risalda, Colombia. *Universitas, Revista de la Facultad de Ciencias*. 9:87-96.
- Pérez, G. Diversidad de mamíferos carnívoros terrestres en una selva mediana en el distrito de Tuxtepec, Oaxaca. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. 72 p.
- Pérez-García, E. A., J. Meave y C. Gallardo. Vegetación y flora de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botánica Mexicana*. 65: 19-88.
- Rocha, E.C. y J. C. Dalponte. 2006. Composicao e caracterizacao da fauna de mamíferos de médio e grande porte em uma pequena reserva de cerrado em Mato Grosso, Brasil. *Revista Árvore*. 30(4): 669-678.
- Rocha, E.C., E. Silva, S.V. Martins, F.C. Cardoso. 2006. Evaluación estacional de la riqueza y abundancia de especies de mamíferos en la reserva

- biológica municipal "Mario Viana", Mato Grosso, Brasil. *Revista de Biología Tropical*. 54(3): 879-888.
- 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. Nota técnica. *Mastozoología Neotropical*. 6(1): 139-144.
- Smallwood, K.S. y E.L. Fitzhugh. 1993. A rigorous technique for identifying individual mountain lions (*Felis concolor*) by their tracks. *Biological Conservation*. 65:51-59.
- Soto, G. y J.C. Herrera-Flores. 2003. Respuestas de mamíferos y aves terrestres a las diferentes intensidades de aprovechamiento forestal en la época húmeda y seca. Documento Técnico No. 132. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Soulé, M.E., A.C. Albers y D.T. Bolger. 1992. The effects of habitat fragmentation on chaparral plants and vertebrates. *Oikos*. 63:39-47.
- Tellería, J.L. 1986. Manual para el censo de los vertebrados terrestres. Ed. Raíces. Madrid. 32 p.
- Velásquez, L. 1999. Riqueza y distribución de los carnívoros de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Memoria de Residencia Profesional. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. México. 64 p.
- Villalba, R. y A. Yanosky. 2000. Guía de huellas y señales: fauna paraguaya. Asunción, Paraguay. 112 p.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3):213-251.
- Wilson, M. V. Y A. Shmida. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology*. 72:1055-1064.
- Zarco, M. 2007. Distribución y abundancia de mamíferos medianos y grandes en la Sierra Nanchititla. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. 58 p.
- Zarza, H. 2001. Estructura de la comunidad de pequeños mamíferos en diversos hábitats en La Selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.