



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)**

**“Estructura de comunidades de mamíferos carnívoros bajo influencia de
manejo forestal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
M A E S T R O E N C I A S**

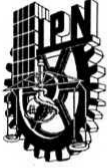
PRESENTA:

Biól. César Tonatiuh Aldape López

Director de Tesis

Dr. José Antonio Santos Moreno

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.



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 30 del mes de noviembre del 2011 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: **“Estructura de comunidades de mamíferos carnívoros bajo influencia de manejo forestal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca”**.

Presentada por el alumno:

Aldape Apellido paterno	López materno	César Tonatiuh nombre(s)
		Con registro: A 1 0 0 1 9 7

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

Dra. Demetria Martha Mondragón Chaparro

M. en C. Sonia Trujillo Argueta

Dr. Gabriel Ramos Fernandez

Dr. Marcelo Ulises García Guerrero

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
 IPN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 30 del mes noviembre del año 2011, el (la) que suscribe **Aldape López César Tonatiuh** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **A100197**, 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: **“Estructura de comunidades de mamíferos carnívoros bajo influencia de manejo forestal en Santa Catarina Ixtepeji, 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 ó yesca23fum@hotmail.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Aldape López César Tonatiuh



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

DEDICATORIAS

A mis padres y hermanos, por su ejemplo de superación y valioso apoyo en todo momento.

A mi esposa por ese optimismo que siempre me impulso a seguir adelante y por los días y horas que hizo el papel de madre y padre.

A mi hija, por ser mi motor principal para concluir este trabajo

Para mis familiares y amigos que tuvieron una palabra de apoyo para mi durante la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al CONACYT por el apoyo económico brindado durante la realización de este proyecto.

A mi director de tesis, el Dr. José Antonio Santos Moreno, sus conocimientos invaluable que me brindo para llevar a cabo esta investigación, pero sobre todo por su gran paciencia.

A los revisores de tesis y miembros del jurado, el Dr. Marcelo García, Dr. Gabriel Ramos, Dra. Demetria Mondragón, M. en C. Graciela González y M en C. Sonia Trujillo Argueta por las valiosas contribuciones que hicieron al trabajo final y por el tiempo que dedicaron para revisarlo.

A mis compañeros Arturo, Astrid, Carlos, Cristian, Gabriela, Rocío, Paulina y Yurani, por sus aportaciones para la realización de este trabajo, así como por todos los buenos momentos que viví con ellos.

A mi esposa por su cariño, paciencia, comprensión y apoyo brindado.

A mis padres y hermanos quienes me han inundado en la alegría de compartir todos nuestros sentimientos y proyectos viendo los grandes logros y tropiezos de una forma amena.

A las autoridades y habitantes de la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji por darnos todas las facilidades para realizar este trabajo así como por todo el apoyo otorgado.

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCION.....	¡Error! Marcador no definido.
Estimación de la diversidad	13
Antecedentes	14
Manejo forestal en Oaxaca	15
Justificación	17
OBJETIVOS	18
HIPÓTESIS	18
MÉTODOS.....	18
Área de estudio.....	18
Muestreo	20
Caracterización Vegetal	21
ANALISIS DE DATOS	22
RESULTADOS.....	25
Esfuerzo de colecta y éxito de captura	25
Curvas y modelos de acumulación de especies	25
Riqueza de especies y abundancia relativa	25
Diversidad beta	26
Correlación entre abundancia de huellas, riqueza de especies y componentes de la vegetación	26
DISCUSIÓN.....	27
Riqueza de especies.....	27
Abundancia relativa.....	28
Diversidad beta	30
Correlación entre abundancia de huellas, riqueza de especies y componentes de la vegetación	31
CONCLUSIONES.....	32
LITERATURA CITADA	34
Cuadros y figuras.	45

Estructura de comunidades de mamíferos carnívoros bajo influencia de Manejo Forestal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.

RESUMEN

Toda modificación al medio ambiente, sea de manera natural o inducida, provoca una alteración en la estructura de los ecosistemas. Tales perturbaciones son consideradas como parte integral de los ecosistemas terrestres, debido a que actúan como fuerza de selección natural condicionando la adaptación de las especies a su medio. Es notorio que los organismos tienen una respuesta a estos cambios, sin embargo no siempre tienen los mismos efectos sobre las especies. El grupo de los mamíferos carnívoros es de gran interés debido a que son indicadores del estado de conservación de los ecosistemas. Este grupo presenta pequeñas densidades poblacionales y bajas tasas reproductivas, además de poseer un ámbito hogareño amplio. En el caso particular de los mamíferos carnívoros la información que documenta los efectos derivados del manejo forestal es muy escasa. El objetivo de este trabajo es conocer el efecto del aprovechamiento forestal en la diversidad de mamíferos carnívoros de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Se realizaron 12 salidas de manera mensual dentro del periodo octubre de 2010 a septiembre de 2011. Se recorrieron cuatro transectos fijos de dos kilómetros cada uno para la búsqueda de rastros y avistamientos de organismos: dos localizados en un área con aprovechamiento forestal y dos en una zona de conservación. Se colocaron 20 estaciones olfativas y 20 trampas con placas para huellas. En total se registraron nueve especies comprendidas en cinco familias y nueve géneros. La zona de manejo forestal presentó mayor riqueza específica (ocho) en comparación con la zona de conservación (cinco). La diversidad beta expresada por el coeficiente de similitud de Jaccard es de 0.625. El cambio de la cobertura vegetal en la zona de manejo forestal ha propiciado el aumento de recursos para las presas de los carnívoros, causa que podría explicar la mayor riqueza de especies en la zona.

Palabras clave: *Mamíferos carnívoros, manejo forestal, diversidad, estructura del bosque, Ixtepeji.*

Community structure of carnivorous mammals under logging influence in Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.

ABSTRACT

Any change to the environment, either naturally or induced, may disturb the ecosystems structure. Such disturbances are considered an integral piece of terrestrial ecosystems since they take action as a force of natural selection, determining species adaptation to their environment. It is known that any species should respond to these changes, but a particular change may produce different reactions in different species. In such a case, carnivorous mammals are important to be studied because they may act as indicators of the ecosystems conservation status. Carnivorous has low population densities and low reproductive rates and need a large area per individual in comparison with other groups. In the case of mammalian carnivores, knowledge about the effects of logging is scarce. The aim of this study was to determine the effect of logging on the carnivorous mammal diversity in Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Monthly series of sampling and observations were conducted from October 2010 to September 2011. Four transects of two kilometers long were walked in search of carnivorous activity, mostly tracks and sightings. Two of them were located in an area subjected to deforestation and two in a protected area. 20 scent stations traps and 20 track plates were placed in any of those places. Nine species were recorded distributed in five families and nine genera. Logging area had the highest species richness (eight) compared to the preserved area (five). Beta diversity expressed by the Jaccard similarity coefficient was 0.625. A possible cause of this difference is that the change in vegetation caused by logging may increase resources for carnivores preys

Keywords: *Mammals carnivorous, logging, diversity, forest structure, Ixtepeji.*

INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica se ve amenazada por varios factores, tales como la agricultura, la ganadería, la explotación forestal, el tráfico de especies silvestres y la constante expansión de la mancha urbana son causas de la modificación de la cobertura vegetal, que ponen en riesgo las funciones ecológicas y por tanto, la perpetuación de las especies debido a los cambios en la disponibilidad de hábitat y recursos (White y Pickett, 1985).

Es evidente que los organismos tienen una respuesta a tales perturbaciones, pudiendo ser más drástico en algunos grupos, sin embargo, dichos cambios son considerados actualmente como parte integral de los ecosistemas terrestres, debido a que se llevan de manera continua a lo largo de la historia de los mismos, lo que ha derivado en la adaptación de las especies a su medio (Begon et Al. 1999).

La gran diversidad mastofaunística de México es claramente ilustrada por el número de especies presentes en su territorio (525 spp.; Ceballos, 2005). El estado de Oaxaca cuenta con 192 especies de mamíferos (Alfaro, 2006), que representa el 36.57% de mamíferos terrestres existentes en el país.

El grupo de los mamíferos carnívoros ha desarrollado características exclusivas como la presencia de una dentición especializada para desgarrar, cortar y triturar carne denominada carnasial, la cual está constituida por caninos muy desarrollados, molares y premolares con puntas comprimidas y cortantes (Ceballos, 2005). A pesar de poseer piezas dentarias especializadas para la ingesta de carne, existen diferentes gremios tróficos: omnívoros, frugívoros y

carnívoros. Además, dependiendo de la disponibilidad del alimento y la época del año puede cambiar el régimen de alimentación, por lo que especies generalistas tienen un rango más amplio de alimento disponible, en comparación con especies especialistas que se restringen a una menor variedad de alimento (Bekoff et Al., 1984).

Los mamíferos carnívoros son de gran interés por que suelen utilizarse como un indicador del estado de conservación de los ecosistemas, ya sea porque en algunos casos presentan alta sensibilidad y en otros una notable tolerancia a las alteraciones inducidas por el hombre (Gittleman et Al., 2001). Sin embargo, la dificultad de observar y monitorear a los carnívoros en su medio natural es alta, ya que presentan densidades poblacionales y tasas reproductivas bajas, además de poseer un ámbito hogareño amplio, por tal motivo es difícil llevar a cabo programas de conservación para el grupo (Gittleman et Al., 2001; Palomares, 2002).

Aprovechamiento forestal.

El aprovechamiento forestal afecta de manera directa al estrato arbóreo por el derribo de arboles, modificando su estructura y condiciones ambientales originales. De acuerdo con la FAO (2010) se define como “la combinación de diversas prácticas enfocadas no solo del aprovechamiento maderable, sino de cualquier recurso al que se le pueda dar algún tipo de uso”. No obstante, estas prácticas no siempre están encaminadas a promover la sustentabilidad de los bosques.

Algunos trabajos realizados en Bolivia indican que la extracción intensiva de unas cuantas especies maderables propicia una degradación gradual del valor económico de éstas, mediante la reducción de la calidad de los rodales y la falta de regeneración de las especies maderables comerciales. La disminución del valor de la producción maderable de estos bosques los hace susceptibles a la conversión a otros usos de suelo, ocasionando cambios en la estructura vegetal y pérdida de la biodiversidad (Fredericksen, 2000). Adicionalmente existen otras actividades asociadas que acentúan la modificación del bosque como el marcado, derribo y troceo de árboles, limpia de monte, arrastre, carga y transporte de la trocería, además de la compactación del suelo por la construcción y rehabilitación de caminos y brechas (TIASA, 1993).

Pese a la problemática que conlleva el aprovechamiento forestal, existen prácticas en donde se implementan planes de manejo forestal para mejorar la gestión de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad. Dichas prácticas tienen por objetivo minimizar el impacto en la cobertura vegetal y las alteraciones ecológicas generado por la extracción selectiva, además de asegurar que los bienes y servicios derivados de los bosques abastezcan las necesidades actuales y las de generaciones futuras (CCMSS, 2006).

En el estado de Oaxaca existen trabajos realizados en diferentes comunidades de la región de la sierra norte donde se evalúan las prácticas forestales desempeñadas bajo planes de manejo forestal (TIASA, 1993; CCMSS, 2006; Smartwood, 2006; Castellanos-Bolaños, 2008). La finalidad es gestionar los recursos aportados por los bosques de manera sostenible, de esta forma se

procura minimizar el impacto generado por las actividades derivadas del manejo forestal.

Estimación de la diversidad

La estimación de la riqueza de las especies y su abundancia es una manera de expresar la diversidad biológica de una localidad (Moreno, 2001). Para comprender los cambios de la biodiversidad con relación en la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa, beta y gamma puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas (Whittaker, 1972; Halffter, 1998; Moreno, 2001). La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea; la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje; y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972)

Para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa) y también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma) y poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local (Halffter y Moreno, 2005).

Antecedentes

A nivel mundial existen estudios en donde se abordan los efectos del manejo forestal. Algunos autores se han enfocado en las zonas tropicales, especialmente en Bolivia, debido a la acelerada tasa de deforestación, que de acuerdo a Andersen y Mamani (2009) es de aproximadamente 320 m²/persona/año, 20 veces más alta que el promedio mundial (16 m²/persona/año).

Existen algunos estudios que documentan que la relación en el incremento en la abundancia de especies en áreas con aprovechamiento forestal, se debe a la dominancia de la vegetación herbácea y arbustiva, que se refleja en un incremento de la disponibilidad de alimento y hábitats que brindan protección ante los depredadores (Thiollay, 1992; Frumhoff, 1995; Davies, 1998; Coro, 1999; Fredericksen et Al., 1999; Fredericksen y Fredericksen, 2000; Herrera et Al., 2002). No obstante, existen trabajos que muestran que la diversidad disminuye cuando se implementan prácticas de manejo forestal (Fredericksen y Fredericksen, 2000; Flores et Al., 2001a, b), porque la modificación de la estructura del bosque beneficia a algunas especies debido al aumento de los recursos alimentarios, mientras que afecta a otras debido a que son más propensas a la depredación (Frumhoff, 1995).

A pesar de existir una considerable cantidad de información a nivel internacional referente a los efectos ocasionados por el manejo forestal sobre las comunidades faunísticas, en México las investigaciones son escasas y a nivel local es aún menor la proporción. Para el estado de Oaxaca no existen trabajos donde se estudien los efectos del manejo forestal, sin embargo hay algunos listados de

especies, así como trabajos sobre riqueza y abundancia de especies en la región Sierra Norte, lugar donde se lleva a cabo gran actividad forestal a nivel estatal (CONAFOR, 2001).

Cruz Espinoza en el 2003 estimó la abundancia relativa de mamíferos carnívoros mediante el registro de excretas en el área Comunal de Santa Catarina Ixtepeji. Registró un total de cinco especies, siendo el coyote (*Canis latrans*) la especie más abundante, seguido por la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*).

Estos resultados son similares a los obtenidos por Botello (2004) en la misma comunidad. No obstante, la riqueza específica fue mayor encontrando un total de 10 especies de mamíferos carnívoros, con *el coyote*, la zorra gris y el cacomixtle (*Bassariscus sumichrasti*) como las especies más abundantes.

Manejo forestal en Oaxaca.

En el estado de Oaxaca, la Sierra Norte es una de las regiones en donde el manejo forestal ha tenido mayor desarrollo. Ejemplo de ello es el municipio de Santa Catarina Ixtepeji y que debido al desarrollo y aplicación de sus prácticas forestales han recibido una certificación forestal Internacional (Smartwood, 2006).

La comunidad de Santa Catarina Ixtepeji desarrolló el plan de manejo forestal en 1998 con apego al sistema silvícola conocido como Sistema de Conservación y Desarrollo Silvícola (SICODESI). Este sistema es un conjunto de técnicas silvícolas para el aprovechamiento de bosques de clima templado y frío que considera la edad y número de árboles, la pendiente del terreno, el tipo de suelo y las especies de árboles, entre otros factores (Smartwood, 2006).

El SICODESI es un método de ordenación a través del cual se hace una planeación del manejo forestal para lograr un bosque que pueda aprovecharse en forma óptima y permanente. Los métodos empleados son la tala rasa de árboles padres o semilleros y en la selección de árboles individuales y de grupos (grupo aprovechado de menos de 1 ha de superficie). Se denominan árboles padres a aquellos individuos con las mejores características morfológicas, de los cuales se espera la propagación de semilla para la regeneración. Cuando se realiza la corta total, los árboles padres se dejan con una separación entre 40 y 50 metros (Acosta et Al., 2010).

De manera general, este sistema de aprovechamiento forestal tiene cuatro componentes principales: 1) Planificación de caminos, equipos, insumos, recursos humanos y económicos; 2) Preparación de madera, en esta etapa es donde se llevan a cabo las operaciones del aprovechamiento forestal (marcado, derribo, desramado y despunte, desembosque, tronzado, clasificación y apilado); 3) Enganchado y carga de las trozas y 4) Arrastre y transporte (Jayo, 2007).

Las operaciones realizadas en el aprovechamiento forestal reducen la cobertura del dosel debido al derribo de árboles, de tal manera que hay un aumento en la incidencia de radiación solar, lo que genera cambios en la temperatura del aire, humedad relativa del aire y del suelo (Lieberman *et al.*, 1989; Pukkala *et al.*, 1991; Canham *et al.*, 1990). La vegetación muestra respuesta inmediata ante el aumento de la cantidad de luz (Hobbs y Huenneke, 1992), provocando un incremento en la biomasa del sotobosque, que junto con la acumulación de la trocería generada por el desramado, despunte, desembosque y tronzado generan galerías que brindan

protección ante los depredadores (Frumhoff, 1995, Fredericksen et Al., 1999). Por otro lado, la carga de las trozas así como su arrastre, compactan el suelo, inhibiendo el crecimiento de la vegetación (Mac Donagh y Balbuena, 1996; Mac Donagh et Al., 2000). Al término de la extracción, los residuos se trocean y apilan para permitir su descomposición y como una medida para reducir la erosión del suelo en las áreas de corta (Jayo, 2007; Acosta et Al., 2010).

Justificación

En Agosto de 2006 se llevó a cabo la evaluación para la certificación del manejo forestal de la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, efectuada por especialistas del programa SmartWood de la *Rainforest Alliance* (SmartWood, 2006). Sin embargo se identificaron incumplimientos en el plan de manejo forestal relacionados con la falta de listados de especies de flora y fauna, además de la ausencia de procedimientos para efectuar monitoreos y análisis que permita evaluar los impactos de los tratamientos sobre el bosque residual y las comunidades presentes.

En la actualidad existen pocos trabajos que especifiquen los efectos de las prácticas forestales sobre las comunidades animales y menos sobre las comunidades de mamíferos carnívoros. Por tal motivo este estudio es importante debido a que dará un panorama más concreto acerca de los efectos producidos por el manejo forestal, así como brindar información necesaria para la toma de decisiones sobre las estrategias para mitigar el impacto.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Conocer el efecto del aprovechamiento forestal en la diversidad de mamíferos carnívoros de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca

Objetivos particulares

- Obtener la riqueza específica de mamíferos carnívoros de las zonas de conservación y manejo forestal.
- Estimar la semejanza de la riqueza específica entre áreas.
- Estimar la correlación entre la riqueza específica de mamíferos carnívoros y los componentes de la estructura de la vegetación.

HIPÓTESIS

Ya que los mamíferos carnívoros se desplazan siguiendo a sus presas (Begon et Al., 1999), la hipótesis que se plantea es que debido al aumento en la cobertura vegetal desde la perspectiva horizontal por la reducción en la cobertura del dosel ocasionado por el derribo de árboles, habrá un aumento en la riqueza específica de mamíferos carnívoros en comparación con la zona de conservación.

MÉTODOS

Área de estudio

Las comunidades con las actividades más importantes en materia de manejo forestal dentro del estado de Oaxaca se encuentran en la región de Sierra Norte, destacando el distrito de Ixtlán de Juárez. Dentro de este distrito se encuentra el

municipio de Santa Catarina Ixtepeji, comunidad que cuenta con una certificación internacional debido a la implementación y ejecución de planes de manejo forestal (Figura 1). Esta localidad consta con una superficie total de 21,058 hectáreas (ha), de las cuales 89.9 % (18,932 ha) están destinadas para manejo forestal. Así mismo, alberga una superficie de conservación comunitaria de 1,981 ha equivalentes al 9.4 % de la superficie total (Smartwood, 2006). La topografía del terreno es muy escarpada, presenta laderas pronunciadas con pendientes mayores al 30%. El rango altitudinal va desde los 1600 a los 3300 msnm. El clima varía del templado frío al templado subhúmedo. La precipitación anual oscila de 800 a 1600 mm, dependiendo de la altitud y de la orientación geográfica (UCEFO, 1991).

La vegetación es característica de las zonas boreales con clima templado húmedo, donde predominan los bosques de pino-encino, encino-pino y encino. En la zona están presentes seis tipos de vegetación: bosque de pino-encino, bosque de encino-pino, bosque de encino, selva baja caducifolia, bosque de oyamel-pino-encino y bosques de abeto-encino (Smartwood, 2006).

La selección de las zonas de muestreo fueron determinadas con base en la identificación de dos áreas con características exclusivas; un área intervenida denominada como área de manejo forestal, donde se encuentran rodales que varían en dimensión (de 150 m² a 600 m²) y en tiempo de recuperación desde su último aprovechamiento (de dos a 10 años) utilizados con diferentes fines que van desde la recolección de leña hasta la tala de árboles para obtención de madera, y

otra zona donde no se realiza ningún tipo de aprovechamiento desde 1981 (Garnica et Al., 2006) denominada área de conservación.

Muestreo

El muestreo de mamíferos carnívoros se realizó de octubre del 2010 a septiembre del 2011. Las visitas se efectuaron de manera mensual con una duración de tres a cuatro días. Para su registro se empleó el método de transecto en línea (Mandujano 1993 a, b). En cada una de las zonas se establecieron dos transectos de 2 kilómetros cada uno, que fueron desprovistos de ramas, piedras y hojarasca para permitir un mayor número de impresiones. El registro de mamíferos carnívoros se efectuó a través de métodos directos e indirectos. Los métodos directos consistieron en el avistamiento de los animales. Los indirectos mediante el reconocimiento de huellas, excretas y restos de animales.

Para la obtención de un mayor número de registro de huellas se emplearon dos tipos de dispositivos: 1) Estaciones olfativas con un diámetro aproximado de un metro, constituidas por una capa de tierra fina cernida (Aranda, 2000) y 2) Placas para huellas, elaborados con placas de aluminio con dimensiones 28 cm X 21 cm, cada una se ahumó por el lado superior y se colocaron por grupos de cuatro placas (Barret, 1983; Taylor y Raphael, 1988; Raphael, 1994; Loukmas et Al., 2002). Cada uno de los dispositivos fue cebado con vísceras de pollo, frutas fermentadas y carne de res. Los dispositivos se situaron dentro de los transectos de manera intercalada (estación-placa-estación) con una separación de 200 metros entre cada uno de ellos, hasta completar su longitud total, de tal modo que

fueron colocadas cinco estaciones olfativas y cinco puntos con placas para huellas en cada transecto.

Cuando se encontraron huellas se procedió a tomar sus medidas (largo y ancho) y fotografías, en el caso de las estaciones olfativas se obtuvieron moldes de las impresiones utilizando yeso odontológico y se rotularon para su posterior identificación. Al igual que las huellas, las excretas encontradas fueron recolectadas y almacenadas en bolsas de papel previamente rotulado. Los rastros encontrados se trasladaron y se encuentran almacenados en el Laboratorio de Ecología Animal del CIIDIR Unidad Oaxaca.

Todas las huellas se determinaron con ayuda de las guías de identificación de rastros de mamíferos propuesta por Aranda (2000) y Murie (1974, 1982). Las excretas colectadas fueron identificadas con base en las claves propuestas por Aranda (2000) y Chame (2003).

Caracterización Vegetal

Para la caracterización de individuos arbóreos y arbustivos se establecieron parcelas circulares de 5.7 metros de radio (0.1 ha) en cada punto donde se instalaron los dispositivos (Elzinga et Al., 2001). Se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP, 1.30 m) de todos los árboles localizados dentro de las parcelas y la longitud máxima y la longitud perpendicular de la copa de cada arbusto. Se consideró como arbusto a todo aquél individuo leñoso cuya altura fuera inferior a 1.30 m y que presentara tallos que se bifurcaran desde la base.

Para medir la cobertura vegetal desde la perspectiva horizontal, se utilizó la metodología propuesta por Griffith y Youtie (1988). Se colocó una regla de 2 m de largo por 10 cm de ancho a una distancia de 20 metros de manera perpendicular respecto al transecto. Dicha regla está segmentada en partes iguales por rectángulos con medidas de 20 x 10 cm cada uno. Se tomaron las lecturas correspondientes a altura y ancho y el número de cuadros visibles representa el porcentaje de la cobertura vegetal denominado Cobertura de Protección Horizontal.

ANÁLISIS DE DATOS

Esfuerzo de colecta y éxito de captura

El cálculo del esfuerzo de colecta se efectuó mediante el conteo de las estaciones olfativas multiplicado por el número total de días activos (trampas*día) por el total de periodos de muestreo. Para calcular el esfuerzo de colecta de los avistamientos y rastros encontrados sobre el transecto se consideró el conteo total de kilómetros recorridos. El éxito de captura se obtuvo dividiendo el total de huellas entre el número total de dispositivos.

Riqueza de especies y abundancia relativa

La riqueza se determinó mediante el conteo total de especies de mamíferos carnívoros registradas en cada uno de los sitios de estudio, mientras que la abundancia de huellas se calculó mediante el número total de huellas encontradas

en cada sitio dividido entre el número total de km recorridos en cada una de los periodos de muestreo.

Curvas y modelos de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies son las representaciones graficas del número acumulado de especies en función de alguna medida del esfuerzo de colecta aplicado (Halffter y Ezcurra, 1992), esto con la finalidad de saber si el esfuerzo de colecta fue suficiente para la estimación de la riqueza específica por sitio. Dependiendo del orden en que ingresan los datos de cada unidad de esfuerzo de colecta, la forma de la curva varía y por lo tanto su interpretación cambia, por lo que se aleatorizaron los datos 100 veces con la ayuda del programa EstimateS versión 7.51 (Colwell, 2005).

Si bien esta representación gráfica proporciona una explicación más objetiva que la de los datos no aleatorizados, la interpretación de la misma sigue siendo subjetiva, por lo que se empleó el modelo de Dependencia Lineal para saber si la curva ha alcanzado la asíntota. Este modelo es adecuado para describir la acumulación de especies cuando la región donde se hace el muestreo es grande o los taxa son poco conocidos, de forma que la probabilidad de encontrar una nueva especie nunca será cero (Soberón y Llorente, 1993; Moreno, 2001).

La aplicación de modelos de este tipo permite conocer el número teórico esperado de especies presentes en el área mediante la siguiente fórmula:

$$S(t) = (a/b) (1 - \exp(-bt))$$

donde:

a = tasa de incremento de la lista al inicio de la colecta

b = acumulación de especies

t = esfuerzo de colecta

La estimación de los parámetros del modelo se efectuó con ayuda del programa Statistica versión 5.5

Diversidad Beta

La diversidad beta se calculó entre las distintas zonas a fin de conocer el grado en que difiere la composición de especies de cada tratamiento. Para expresar el grado de similitud entre los sitios, se utilizó el coeficiente de similitud de Jaccard (Moreno, 2001):

$$I_j = c / (a+b-c)$$

donde:

a = Número de especies presentes en el sitio A

b = Número de especies presentes en el sitio B

c = Número d especies presentes en ambos sitios

Correlación entre riqueza específica, abundancia de huellas y componentes de la cobertura vegetal

Para conocer el grado de relación entre la riqueza específica, la abundancia de huellas, cobertura vegetal horizontal, área basal arbórea y cobertura arbustiva, se

calculó el coeficiente de correlación de Pearson (Daniel, 2005) mediante el uso del programa NCSS (Hintze, 2004).

RESULTADOS

Esfuerzo de colecta y éxito de captura

El esfuerzo de colecta total para ambos sitios fue de 960 trampas*día con un total de 192 km recorridos, logrando un total de 58 capturas (huellas), lo que representa un éxito de captura de 3.31 huellas/km. El área de conservación presentó un total de 24 huellas lo que representa 0.25 huellas /km, mientras que en manejo forestal se obtuvo 34 huellas que representa el 0.35 huellas/km (Cuadro 1).

Curvas y modelos de acumulación de especies

Por su parte, el modelo de dependencia lineal estimó que el esfuerzo de colecta en la zona de manejo forestal fue suficiente con cinco periodos de muestreo y la asíntota se alcanza con ocho especies, mientras que en la zona de conservación el modelo estima que la asíntota se alcanza con cuatro especies (Figuras 5 y 6).

Riqueza de especies y abundancia relativa

En total se registraron nueve especies comprendidas en cinco familias y nueve géneros (Cuadro 2). La zona de manejo forestal presentó una mayor riqueza específica (8) en comparación con la zona de conservación (5), en esta última estuvieron ausentes *Bassariscus astutus* (cacomixtle), *Taxidea taxus* (tejón) y

Lynx rufus (lince). El registro del puma (*Puma concolor*) se obtuvo en las cercanías de la zona de conservación, sin embargo no fue tomado en cuenta para la realización de los análisis, esto con la intención de evitar sesgos. La abundancia de huellas en la zona de conservación fue de 24 mientras que en la zona de manejo forestal fue de 34, que representan 0.25 y 0.35 huellas*km respectivamente.

Las especies que presentaron mayor abundancia de huellas en la zona de conservación fueron *Canepatus leuconotus* con 10 y *C. latrans* con seis, mientras que en la zona de manejo forestal fueron *P. lotor* con 19, *L. rufus* con seis y *U. cinereoargenteus* con cinco huellas en ambos sitios de muestreo (Cuadro 3). No obstante, la comparación estadística de la abundancia relativa entre sitios y por especie con la prueba de t student no mostro diferencias significativas a excepción del lince (Cuadro 4).

Diversidad beta

Al emplear el coeficiente de similitud de Jaccard el valor obtenido es de 0.625, este valor indica que existe un 60% de similitud en la composición de especies entre los sitios de muestreo.

Correlación entre abundancia de huellas, riqueza de especies y componentes de la vegetación

No se encontró correlación significativa entre el número de huellas y las variables que caracterizan a la vegetación para ninguna de las zonas (Cuadro 5 y 6).

DISCUSIÓN

Riqueza de especies

La riqueza de especies total de mamíferos carnívoros en el municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, fue de nueve especies, de las cuales todas con excepción de *P. concolor* estuvieron presentes en la zona de manejo forestal, mientras que en la zona de conservación solo fueron registradas *C. latrans*, *U. cinereoargenteus*, *P. concolor*, *M. frenata*, y *C. leuconotus*. Por otra parte, la riqueza total obtenida es similar a los resultados obtenidos en otros estudios realizados en la misma localidad. Botello (2004) registró 10 especies de carnívoros, de los cuales tres especies difieren con los resultados obtenidos en este trabajo: el tigrillo (*Leopardus weidii*), zorrillo manchado (*Spilogale putorius*) y el coatí (*Nasua narica*), mientras que no registró el tlalcoyote (*T. taxus*) y el puma (*P. concolor*). Es probable que la diferencia en la composición se deba a la biología de los animales. Algunas especies tales como *L. weidii* y *N. narica* tienen hábitos principalmente arborícolas (Aranda, 2001), incluso *Spilogale putorius* a pesar de ser de hábitos terrestres, es el único zorrillo que se siente atraído por trepar arboles (Álvarez del Toro, 1991). Esta cualidad influye en la probabilidad de obtener una menor cantidad de registros mediante la observación directa o por medio de la búsqueda de rastros.

La riqueza específica por zona varía en número y en composición. La zona de manejo forestal difiere de la de conservación por registrar tres especies más: *L. rufus*, *T. taxus* y *B. astutus*. La presencia de estas especies puede deberse a que en la zona de manejo forestal existe una gran proporción de madrigueras de roedores creadas por la vegetación y trocería acumulada por el derribo de árboles,

además de observar en varias ocasiones una mayor proporción de reptiles y mamíferos de talla pequeña como liebres y roedores en comparación con la zona de conservación. La dieta de *L. rufus* y *T. taxus* se basa principalmente en pequeños vertebrados (Aranda et Al., 2002) por lo que la presencia de las presas antes mencionadas pudo influir en el registro de los mamíferos carnívoros. Por otra parte, existen trabajos que demuestran que estas especies se pueden encontrar en ambientes con un alto grado de perturbaciones antrópicas (Guevara y Briones-Salas, 2004; Cortes et Al., 2008).

Abundancia relativa

La zona de manejo forestal presentó una mayor abundancia de huellas, sin embargo las diferencias en la abundancia de huellas de manera mensual entre especies no es significativa, a excepción del lince, que muestra una alta significancia (Cuadro 4). Esto puede deberse a que *L. rufus* fue la especie que se registró en un mayor número de periodos de colecta a lo largo del estudio (5) (Figura 4), a diferencia de otras especies como en el caso de *P. lotor*, quien a pesar de ser la especie de la que se obtuvo un mayor número de huellas (19), estas fueron encontradas en un periodo de colecta corto y consecutivo (noviembre- febrero).

El mayor número de especies registradas en la zona de manejo forestal (6) fue el mes de noviembre, mientras que el mes de abril fue el que presento mayor riqueza de especies en la zona de conservación (3) (Figura 2). El menor número de especies registradas en ambos sitios fue en el mes de mayo, esto probablemente

se debe a que fue el mes más seco de la temporada seca, por lo que las condiciones del suelo no fueron las óptimas para permitir la impresión de huellas (Figura 2). Existen trabajos en donde se mencionan que los factores ambientales son una limitante para el registro de rastros en general (Wilson y Delahay, 2001; Botello, 2004), ya que las condiciones del ambiente y sustrato influyen en la detección de las especies. Las estaciones olfativas mostraron poca efectividad en el registro de huellas. El valor del éxito de captura total obtenido con este dispositivo fue bajo en comparación con lo encontrado sobre los transectos. Probablemente el bajo porcentaje de datos se vio directamente determinado por las condiciones climáticas (principalmente viento y lluvia) e incluso por la presencia de animales domésticos. No obstante este tipo de dispositivos son recomendados para realizar estudios a largo plazo, siempre y cuando se encuentren bajo condiciones ambientales no adversas y la incidencia de ganado domestico sea baja (Botello, 2004).

Las placas de huellas no permitieron el registro de alguna especie, por lo que en este trabajo no se consideró para su análisis. La falta de datos indica que este método no es el más indicado para el registro de mamíferos carnívoros, no obstante, existen trabajos como el realizado Taylor y Raphael (1988) donde registraron un total de 21 especies de mamíferos, de los cuales 14 fueron carnívoros. Por otro lado, trabajos como el de Raphael (1994) muestran que se obtiene una mayor cantidad de registros de mamíferos de tallas mediana y pequeña con el uso de estos dispositivos. Un factor que pudo influir en la ausencia de registros es la sensibilidad de las especies para detectar los dispositivos. Al ser

placas de aluminio cubiertas con hollín en la cara superior, estas contrastan con el sustrato natural, lo que permite que los animales la detecten al instante. Un factor adicional a considerar es el comportamiento de los animales. No todos los organismos responden de la misma manera ante un artefacto desconocido como en el caso de las placas para huellas. La presencia de artefactos derivado de la actividad humana puede modificar la conducta de los animales, evitando de esta manera transitar por vías donde se encuentren los dispositivos, volviéndolos más cautelosos y sigilosos (Karanth y Nichols, 1998).

Diversidad beta

El valor de la diversidad beta fue de 0.625, lo que expresa que son similares en un 60%. Tal resultado es similar a lo reportado en otros estudios, como el trabajo de Gallo et Al. (2005), quienes al comparar el recambio de especies entre un bosque sin intervención y bosques con diferentes tratamientos silviculturales obtuvieron valores de 0.64 y 0.67. Por otro lado, García et Al. (2010) obtuvieron valores bajos (0.25 - 0.27) cuando compararon la diversidad de aves entre bosques con aprovechamiento y bosques sin intervención. Tales resultados muestran que existe un importante cambio de especies entre comunidades debido a que existe un mayor grado de degradación del paisaje.

Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que la similitud existente entre la zona de aprovechamiento forestal y la de conservación, puede deberse a la homogeneidad climática, fisiográfica y estructural de la vegetación, ya que son elementos importantes a considerar para determinar si la diversidad beta es alta o baja (Attiwill, 1994; Sarukhan et al, 1996). Según Fonseca (1989), los bosques

estructuralmente más homogéneos tienden a tener menor diversidad y riqueza de especies de mamíferos pequeños, en comparación con bosques más heterogéneos. Por otra parte, las comunidades de mamíferos pequeños en bosques con una etapa temprana de regeneración, presentan una riqueza y diversidad mayor que en los bosques maduros, porque la estructura del bosque con un desarrollo del sotobosque favorece en gran medida la segregación de hábitat incrementando la diversidad local (Fonseca & Robinson, 1990).

Otro factor importante que pudo influir en la similitud es que el grupo de los mamíferos carnívoros cuenta con áreas de distribución grandes, lo que permite que al desplazarse dentro de un área geográfica grande subdividida en unidades más pequeñas de muestreo, puedan estar presentes en estas últimas (Gittleman et Al., 2001).

Correlación entre abundancia de huellas, riqueza de especies y componentes de la vegetación

Los resultados no mostraron diferencias significativas entre la correlación de la riqueza específica y la abundancia de huellas de mamíferos carnívoros respecto a las características de la vegetación entre sitios. El aumento en el número de especies en la zona de manejo forestal puede deberse al aumento en la proporción de presas por la creación de un gran número de galerías formadas por el derribo y acumulo de ramas que proporcionan refugio a diferentes grupos taxonómicos de talla pequeña y que estos mismos son dieta de los carnívoros (Frumhoff, 1995; Fredericksen et. Al., 1999) y que de acuerdo al modelo de Lotka-

Volterra, el aumento de la tasa de mamíferos carnívoros es directamente proporcional al número de presas (Guevara y Sainoz, 2010)

Referente a la correlación entre la cobertura vegetal horizontal y la cobertura arbustiva se observa una tendencia negativa en ambos sitios, pero siendo significativa las diferencias solo en la zona de conservación. Esto puede deberse a que el porcentaje de cobertura desde la perspectiva horizontal, le proporciona protección a las presas contra sus depredadores. La diversidad estructural de la zona de conservación, genera las condiciones ecológicas que cubren los requerimientos de las especies que ahí habitan. Por tal motivo, cuando se reduce la cobertura del dosel, hay un mayor desarrollo del sotobosque en las áreas intervenidas, lo que genera un incremento de la oferta de brotes, semillas, flores y frutos en el sotobosque beneficiando a las especies herbívoras y omnívoras (Deferrari et al. 2001; Spagarino et al. 2001). Por otro lado, la mayoría de las especies registradas en la zona de manejo forestal son consideradas generalistas, por lo que es mayor su tolerancia a perturbaciones en el medio (Aranda et Al., 1995; Guerrero et Al., 2002).

CONCLUSIONES

En este estudio, la comunidad de mamíferos carnívoros del municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca estuvo conformada por nueve especies.

La presencia de un mayor número de especies en la zona de manejo forestal al parecer se debe al aumento de presas presentes en los rodales, por lo que en estudios futuros debería tomarse en cuenta la diversidad de las mismas.

La abundancia relativa de rastros no mostró diferencias entre especies y sitios a lo largo del muestreo a excepción del Lince quien si mostro diferencias significativas.

Los sitios de estudio son similares en su composición específica en más del 60%, por lo que se considera que no existe un recambio alto de especies, aunado a esto, el cambio de la cobertura vegetal desde la perspectiva horizontal no muestra cambios significativos en la diversidad de especies, por lo que se considera que el impacto generado por el manejo forestal sobre la comunidad de mamíferos carnívoros de la Comunidad de Santa Catarina Ixtepeji no es de gran magnitud.

Recomendaciones

El manejo forestal llevado a cabo en la comunidad Santa Catarina Ixtepeji, tiene el potencial de ayudar a la conservación de la fauna por medio de la aplicación de técnicas de manejo mejorado, por lo que se recomienda seguir con el plan de manejo forestal actual, promoviendo la elaboración de listados faunísticos y efectuar monitoreos para el análisis de los posibles impactos sobre diferentes grupos taxonómicos generados por los tratamientos silviculturales.

Así mismo, se recomienda realizar estimaciones de la abundancia de las presas presentes en el área, esto para tener una estimación más completa acerca de la comunidad de carnívoros.

Además se recomienda el empleo de diferentes dispositivos (como fototruampas) aumenta en gran medida el número de registros de mamíferos carnívoros. Dado que la composición específica de mamíferos carnívoros difiere con los resultados obtenidos por otros autores dentro de la misma localidad, es necesaria continuar con este estudio a manera de obtener una mejor valoración de la composición de especies.

LITERATURA CITADA.

- Acosta, R. A., M. S. Sastre y M. M. F. Ramos (2010) *Gestión Forestal Comunitaria en Ixtlán de Juárez Oaxaca, México*. Universidad de la Sierra Juárez. México. 18 pp.
- Alfaro, E. (2006) *Patrones de diversidad de mamíferos terrestres del municipio Santiago Comaltepec, Oaxaca, México*. Tesis de maestría. CIIDIR Unidad Oaxaca. México.
- Andersen, L. y R. Mamani (2009) *Cambio Climático en Bolivia hasta 2100: Síntesis de Costos y Oportunidades*. Documento para el Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en Sudamérica (ERECC-SA). CEPAL.
- Aranda, M. N. López-Rivera y L. López-de Buen (1995) *Hábitos alimentarios del coyote (Canis latrans) en la Sierra de Ajusco, México*. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 65, 89-99.

- Aranda, M. (2000) *Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*. 1ª ed. Xalapa, Veracruz. Instituto de Ecología, A.C. 212p.p.
- Aranda, M., O. Rosas, J. J. Ríos y N. García (2002) *Análisis comparativo de la alimentación del gato montés (Lynx rufus) en dos diferentes ambientes de México*. Acta Zool. Mex. (n.s.) 87: 99-109
- Attiwill, P. M. (1994) *The disturbance of forest ecosystems: The ecological bases for conservative management*. Forest Ecology and Management, 63: 247-300.
- Barret, R. H. (1983) *Smoked aluminum track plots for determining furbearer distribution and relative abundance*. California Fish and Game 69: 189-190.
- Begon, M., J. L. Harper & C. R. Townsend. (1999) *Ecología. Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Tercera edición. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 1148p.
- 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.
- Canham, C. D., J. S. Denslow, W. J. Platt, J. R. Runkle, T. A. Spies and P. S. White. (1990) *Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests*. Canadian Journal of Forest Research, 20:620-631.
- Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza, O. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez, M. Musalem-Santiago y R. López-Aguillón (2008)

- Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. Madera y Bosques 14(2), 2008:51-63*
- Ceballos, G. (2005) *Orden Carnívora*. En: G. Ceballos y G. Oliva, eds. *Los Mamíferos Silvestres de México*. México, D. F. Fondo de Cultura Económica. Pag 348-425.
- Chame, M. (2003) *Terrestrial Mammal Feces: a Morphometric Summary and Description*. Vol. 98 (Suppl. I): 71-94. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.
- Colwell, R. K. (2005) *Estimate S: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 7.5.1 User's Guide and application. University Connecticut.
- Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible (CCMSS). (2006) *Resumen Público de Certificación de Comunidad Ixtlan de Juárez*. CERTIFICADO: SW-FM/COC-147
- Comisión Nacional Forestal (2001) *Programa Estratégico Forestal para México 2000-2025*. CONAFOR-Semarnat. México.
- Coro, P. (1999) *Impacto del aprovechamiento forestal en la comunidad de insectos voladores en un bosque seco, Lomerío, Santa-Cruz-Bolivia*. Tesis de grado. Universidad de San Francisco Xavier, Sucre, Bolivia.
- Cortes, M. 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.
- Daniel, W. W. (2005) *Bioestadística.* Limusa Wiley. México, D.F.
- Davies, J. (1998) *Investigación del impacto potencial de la eliminación de bejucos sobre la diversidad de artrópodos del dosel en Oquiriquia, Bolivia.* Documento Técnico 70, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Elzinga, C. L., D. W. Salzer, J. W. Willoughby y J. P. Gibas (2001) *Monitoring Plant and Animal Populations.* Blackwell Science, USA.
- FAO. 2010. *Casos ejemplares de manejo forestal sostenible en América Latina y el Caribe.* Junta de castillo y León. España. 284 pp.
- Flores, B., D. Rumíz & G. Cox. (2001) *Avifauna del bosque semideciduo Chiquitano (Santa Cruz, Bolivia) antes y después de un aprovechamiento forestal selectivo.* Ararjuba, 9:21-31.
- Flores, B., D. I. Rumiz, T. S. Fredericksen, y N. J. Fredericksen. (2001) *Uso de claros de aprovechamiento, por las aves, de un bosque húmedo tropical Boliviano.* Documento Técnico 100, Proyecto BOLFOR.
- Fonseca, G. A. B. (1989) *Small mammal species diversity in brazilian tropical primary and secondary forests of different sizes.* Revista Brasileira de Zoología, 6: 381-422.

- Fonseca, G. A. B. & J. Robinson (1990) *Forest size and structure: competitive and predatory effects on small mammals communities*. *Biological Conservation*, 53: 265-284.
- Fredericksen, N. J., T. S. Fredericksen, B. Flores, & D. Rumiz. (1999) *Wildlife use of differentsized logging gaps in a Bolivian tropical dry forest*. *Tropical Ecology* 40:167-75.
- Fredericksen, T. S. (2000) *Aprovechamiento forestal y conservación de los bosques tropicales en Bolivia*. Chemonics International. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 22pp.
- Fredericksen, N. J. y T. S. Fredericksen (2000) *Respuesta de la fauna terrestre al aprovechamiento forestal y los incendios en un bosque húmedo tropical en Bolivia*. Chemonics International. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 25pp.
- Frumhoff, P. (1995) *Conserving wildlife in tropical forest managed for timber*. *BioScience*, 45: 456-464.
- Gallo, E., M. V. Lencinas y G. M. Pastur (2005) *Modificación de la biodiversidad por el manejo forestal: plantas, aves e insectos*. Módulo Lengua. Subproyecto 4 – Aves. PIARFON BAP.24pp.
- García, C. M. (2003) *Uso de hábitat del venado cola blanca (Odocoileus virginianus) en Ixtepeji, sierra norte de Oaxaca*. Memoria de residencia profesional. CIIDIR Unidad Oaxaca.
- García, F.J., R. Tapias, M, Fernández, F. J. Vázquez F.J y L. Salvador (2010) *La biodiversidad como herramienta para la gestión y certificación forestal:*

Zonas de alto valor de conservación en montes madereros del suroeste peninsular. Bol. Inf. del CIDEU 8-9: 57-73

Garnica, S. Z. Ch. M. Martínez, P. T. Fuentes (2006) *Informe para la certificación del manejo forestal de la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji en Oaxaca.* SmartWood: Practical Conservation through certified forestry. México. 106 pp

Gittleman, J. L., S. Funk, D. Macdonald y R. Wayne, eds. (2001) *Carnivore conservation.* Cambridge University Press. UK. 2-7. 675p.

Griffith, B. y B. A. Youtie (1988) *Two devices for estimating foliage density and deer hiding cover.* Wildlife Society Bulletin 16(2):206-211.

Guerrero, S., M. H. Badii, S. S. Zalapa y A. E. 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 (n. s.) 86, 119-137.

Guevara, M. L. y A. Sainoz (2010) *Mamíferos–depredadores, ¿controlan las densidades poblacionales de los mamíferos–presa?* Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Depto. de Biología, División de CBS. ContactoS 76, 5–9.

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.

- Halffter, G. (1998) *A strategy for measuring landscape biodiversity*. *Biology International*, 36: 3-17.
- Halffter, G. y E. Ezcurra. (1992) *¿Qué es la biodiversidad?* In: La diversidad biológica de Iberoamérica I, G. Halffter (Comp). *Acta Zoológica Volumen Especial*. CYTED-D, Instituto de Ecología, Secretaría de Desarrollo Social, México. pp. 3-24.
- Halffter, G. & C. Moreno. (2005) *Significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. P.p. 5-18. In G. Halffter, J. Soberon, P. Koleff & A. Melic. M3-Monografías 3er Milenio. CONABIO, DIVERSITAS y S.E.A. Volumen 4: 242 págs.
- Herrera, F. J. C., T. S. Fredericksen & 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
- Hintze, J. (2004) *NCSS and PASS. Number Cruncher Statistical Systems*. Kaysville. Utah. www.ncss.com
- Hobbs, R. J. y L. F. Huenneke. (1992) *Disturbance, diversity and invasion: implications for conservation*. *Conserv. Biol.* 6: 324–337
- Jayo, C. A. (2007) *Estudio para la optimización del sistema de extracción de recursos forestales maderables en la comunidad de Ixtlán de Juárez, municipio de Ixtlán, Oaxaca*. Aliados para la Comunidad Forestal A.C. CONAFOR. Programa PROARBOL. 103 pp.

- Karanth, U. y J. Nichols. (1998) *Estimation of tiger densities in India Using photographic captures and recaptures*. Ecol. 79(8): 2852-2862.
- Lieberman, M., D. Lieberman & R. Peralta. (1989) *Forests are not just swisscheese: canopy stereogeometry of non-gaps in Tropical forests*. Ecology 70: 550-552.
- Loukmas, J. J., D. T. Mayack, and M. E. Richmond. (2002) *Track-plate enclosures: box designs affecting attractiveness to riparian mammals*. American Midland Naturalist 149:219–224.
- Mac Donagh, P y R. Balbuena (1996) *Efecto del tránsito en cosecha forestal sobre la compactación del suelo*. En Sistemas de Producción Forestal. Análisis, Cuantificación y Sustentabilidad. Seminario Internacional, Talca, Chile. p:193-208
- Mac Donagh, P., M. Marek y M. Da Cuña (2000) *Evaluación del impacto del tránsito en la cosecha de Pinus Spp. en Misiones, Argentina*. ISCO 2000. Resumen.
- Mandujano, S. y M. Aranda. (1993a) *Conteo de venados (Odocoileus virginianus: cervidae) en transectos: recomendaciones para su aplicación*. Revista BIOTAM. Vol. 5:1, Instituto de Ecología y Alimentos. Universidad Autónoma de Tamaulipas. 43-46p.p.
- Mandujano, S Y S. Gallina. (1993b) *Densidad del venado cola blanca basada en conteos en transectos en un bosque tropical de Jalisco*. 56:1-37. Acta Zoológica Mexicana. Instituto de Ecología, A. C.

- Moreno, C. E. (2001) *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Murie, O. J. (1974) *Animals Track*. Peterson Field Guild Series, Second edition. Boston, New York. Houghton Mifflin Company. 375 p.p.
- Murie, O. J. (1982) *A field guide to animal tracks*. Second edition. Boston, New York. Houghton Mifflin Company
- Palomares, F, J. A. Godoy, A. Piriz, S. J. O'Brien y W. E. Johnson (2002) *Faecal genetic analysis to determine the presence and distribution of elusive carnivores: design and feasibility for the Iberian lynx*. *Molecular ecology*. 11:2171-2182
- Pukkala, T., P. Becker, T. Kuuluvainen & P. Oker-Blom. (1991) *Predicting spatial distribution of direct radiation below forest canopies*. *Agricultural and Forest Meteorology* 55: 295- 307.
- Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales J. y Castro-Campillo, A. (2005) *Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México*. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 21:21-82.
- Raphael, M. G. (1994) *Techniques for monitoring populations of fishers and American martens*. Pages 224–240 in S. W. Buskirk, A. S. Harestad, M. G. Raphael, and R. A. Powell, editors. *Martens, sables, and fishers: biology and conservation*. Cornell University, Ithaca, New York, USA.

- Sarukhan, J., J. Soberón & J. Larson-Guerra (1996) *Biological conservation in a high beta diversity country*. Pp. 246-263. In: E. di Castri and T. Younes (eds). Biodiversity, science and development: toward a new partnership.
- Smartwood (2006) *Informe de Evaluación para la Certificación del Manejo Forestal de: Comunidad Santa Catarina Ixtepeji en Oaxaca, Oax., México*. Rainforest Alliance.
- Soberón, J. and J. Llorente (1993) *The use of species accumulation functions for the prediction of species richness*. Conservation biology, 7: 480-488.
- Taylor C. A. and M. G. Raphael (1988) *Identification of mammal tracks from sooted track stations in the Pacific Northwest*. Calif. Fish and Game 74(1): 4-15
- Técnica Informática Aplicada, S. A. (TIASA) (1993) *Programa de Manejo Integral Forestal de Ixtlán de Juárez 1993-2002*. 290p.
- Thiollay, J. (1992) *The influence of selective logging on bird species diversity in a Guianan rain forest*. Conserv. Biol., 6: 47-63.
- Whittaker, R. H. (1972) *Evolution and measurement of species diversity*. Taxon, 21(2/3): 213-251.
- White, P. S. and T. A. Pickett (1985) *Natural disturbance and patch dynamics: an introduction*. In S.T.A. Pickett and P.S. White (eds.), The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics, Academic Press, New York, pp.3-13.
- Wilson, G. J. and 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.

UCEFO/wri. (1991). *La organización comunal indígena como alternativa en la protección, fomento, y aprovechamiento forestal de los bosques en Oaxaca, México: El caso de la unión de comunidades y ejidos forestales del estado de Oaxaca*, S.C. Oaxaca: ucefo/wri

Cuadros y figuras.

Cuadro 1. Esfuerzo de colecta y éxito de captura. Est= estaciones olfativas; Trans= transecto.

Zona	Huellas encontradas			Esfuerzo colecta		Éxito captura		Huellas*km
	Est	Trans	Total	Km	Trampa*día	Est	Trans	
Conservación	8	16	24	96	480	0.017	0.167	0.25
Manejo Forestal	5	29	34	96	480	0.010	0.302	0.35
Total	13	45	58	192	960	0.014	0.234	3.31

Cuadro 2. Listado de mamíferos carnívoros registradas en cada sitio. CM= con manejo; SM= sin manejo; H= huella; E = excreta; V = visual; * = ausente; O= otros.

Familia	Género y Especie	Nombre común	Manejo	Conservación
Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	H-E	H
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	H-E	H-E
Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	V	*
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	H	H
Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	H	H
	<i>Taxidea taxus</i>	Tejón	H	*
Mephitidae	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo	H	H
Felidae	<i>Lynx rufus</i>	Lince	H	*
	<i>Puma concolor</i>	Puma	*	O

Cuadro 3. Abundancia relativa de rastros encontrados en cada sitio

Especie	Conservación			Manejo forestal		
	Huellas	Excretas	Otros	Huellas	Excretas	Otros
<i>Canis latrans</i>	6	9	0	0	5	0
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	5	2	0	5	7	0
<i>Puma concolor</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Lynx rufus</i>	0	0	0	6	0	0
<i>Taxidea taxus</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Procyon lotor</i>	1	0	0	19	0	0
<i>Basariscus astutus</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Mustela frenata</i>	2	0	0	3	0	1
<i>Conepatus leuconotus</i>	10	0	1	0	0	1
Total	24	11	3	34	12	3

Cuadro 4. Prueba de t-student para la abundancia mensual de huellas por especie. M= Manejo forestal; C= Conservación

	Sitio	Promedio	t	Significancia
Coyote	M	0	-1.914	0.068603
	C	0.5		
Zorra	M	0.4166	0	1
	C	0.4166		
Comadreja	M	0.25	0.340	0.736874
	C	0.1667		
Zorrillo	M	0	-1.261	0.220592
	C	0.8333		
Mapache	M	1.5833	1.905	0.069924
	C	8.33E-02		
Cacomixtle	M	0	1	0.328183
	C	8.33E-02		
Tejón	M	8.33E-02	1	0.328183
	C	0		
Lince	M	0.5	2.569	0.017503
	C	0		

Cuadro 5. Coeficiente de correlación de Pearson entre ABA= Área basal arbórea; CA= Cobertura arbustiva; CVH= cobertura vegetal horizontal; H= huellas y S= riqueza de especies de mamíferos carnívoros en la zona de Manejo forestal; c= correlación y s= significancia.

		S	H	CVH	CA	ABA
ABA	c	0.274365	0.411548	0.68793	-0.608924	1
	s	0.443001	0.237347	0.027886	0.061698	0
CA	c	-0.435466	0.171547	-0.395511	1	
	s	0.208432	0.63559	0.257929	0	
CVH	c	0.484598	0.429597	1		
	s	0.155766	0.215328	0		
H	c	-0.262821	1			
	s	0.463174	0			
S	c	1				
	s	0				

Cuadro 6. Coeficiente de correlación de Pearson entre ABA= Área basal arbórea; CA= Cobertura arbustiva CVH= cobertura vegetal horizontal; H= huellas y S= riqueza de especies de mamíferos carnívoros en la zona de Conservación; c= correlación y s= significancia.

		S	H	CVH	CA	ABA
ABA	c	0.611358	0.449311	0.234094	-0.074533	1
	s	0.060381	0.192675	0.515071	0.837862	0
CA	c	0.298807	-0.410678	-0.664019	1	
	s	0.40166	0.238439	0.036268	0	
CVH	c	0.227921	0.219827	1		
	s	0.526525	0.541701	0		
H	c	0.160748	1			
	s	0.657311	0			
S	c	1				
	s	0				

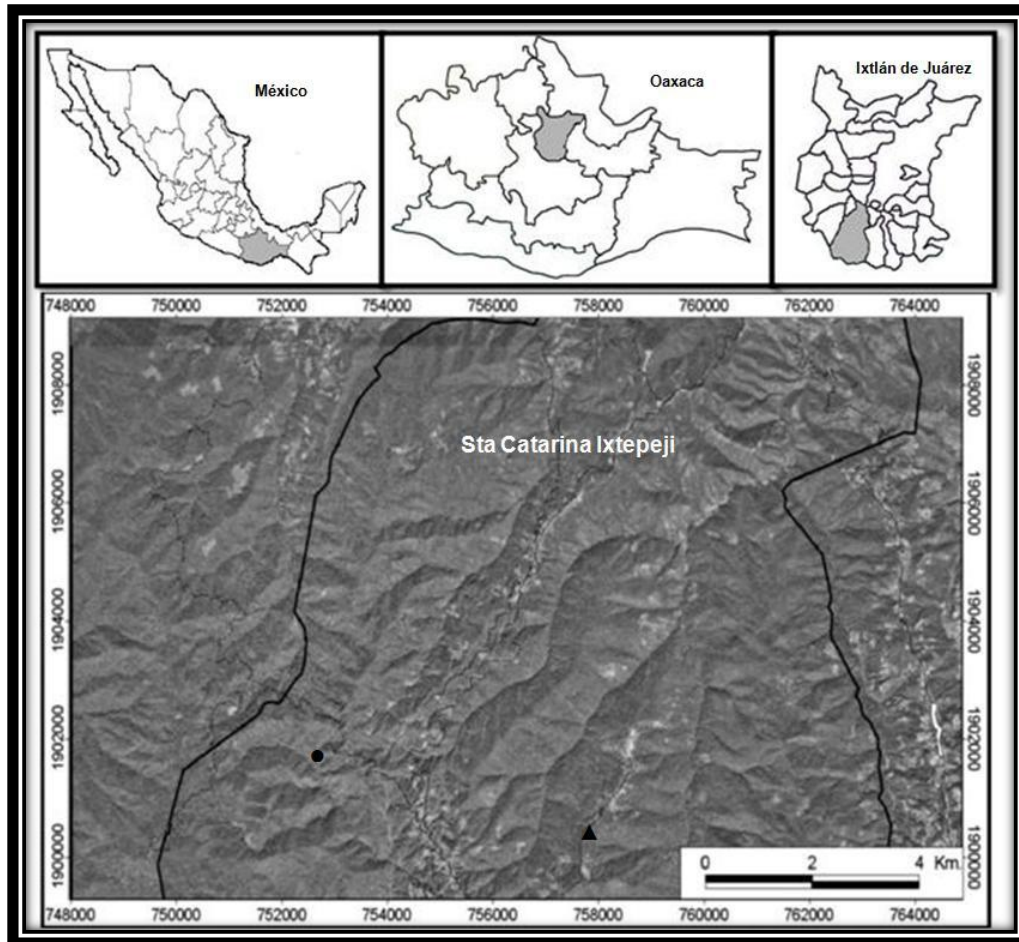


Figura 1. Ubicación del municipio Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. ● Zona de Conservación, ▲ Zona de Manejo Forestal.

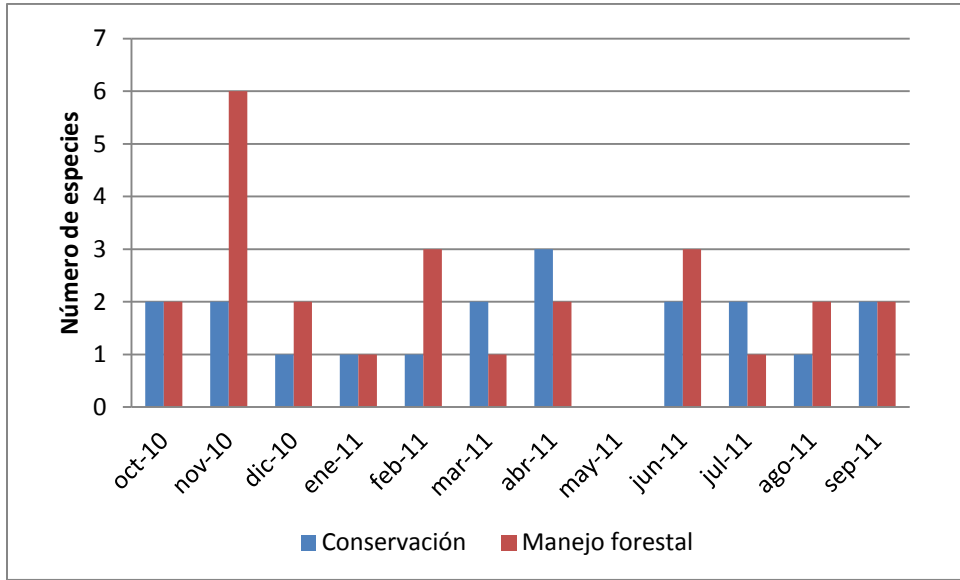


Figura 2. Número de especies registradas por periodo de colecta

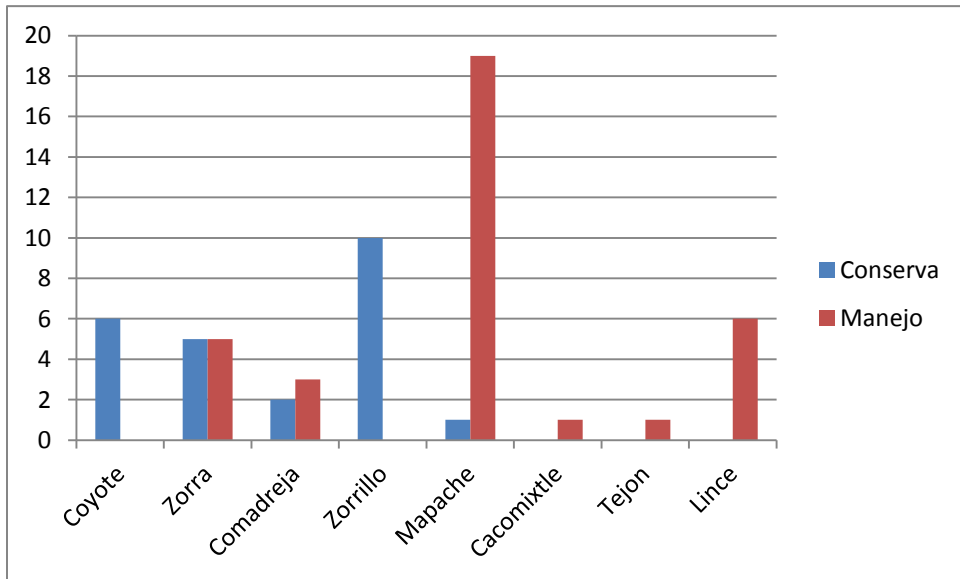


Figura 3. Abundancia de huellas por especie

Especie	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Coyote	■			■						■		
Zorra	■	■					■			■		■
Comadreja							■		■			
Zorrillo						■			■			■
Mapache		■	■	■	■		■					
Cacomixtle		■										
Tejón		■										
Lince		■		■	■						■	■

Figura 4. Registro de huellas por periodo de colecta. ■ Zona de Manejo Forestal: ■ Zona de Conservación

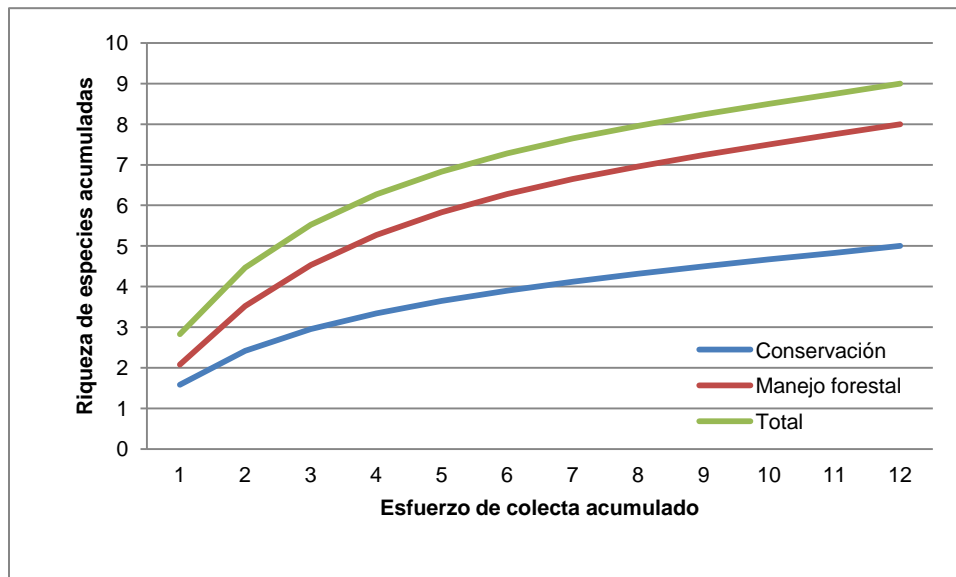


Figura 4. Curvas de acumulación de especies por sitios y total.

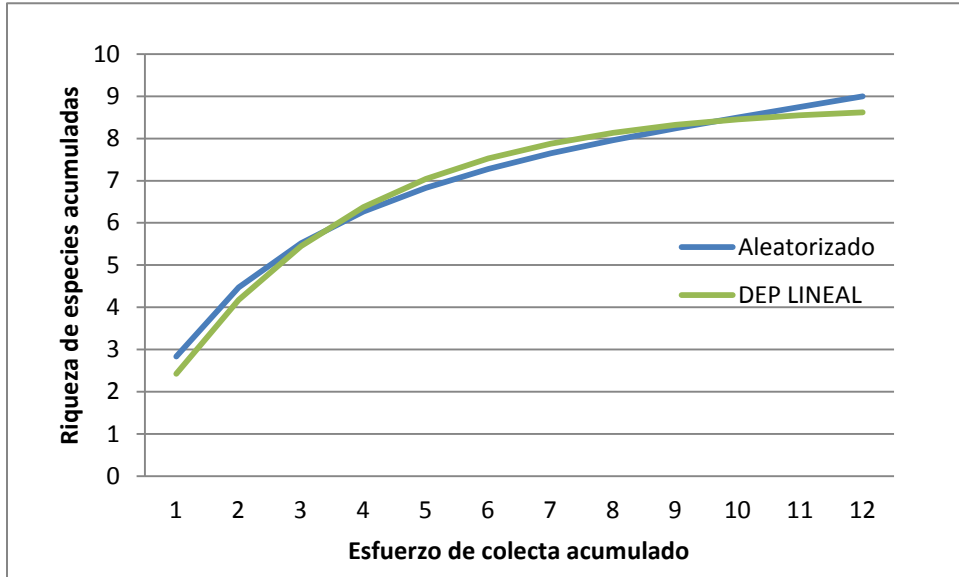


Figura 5. Modelos de acumulación de especies total de la comunidad de Sta. Catarina Ixtepeji.

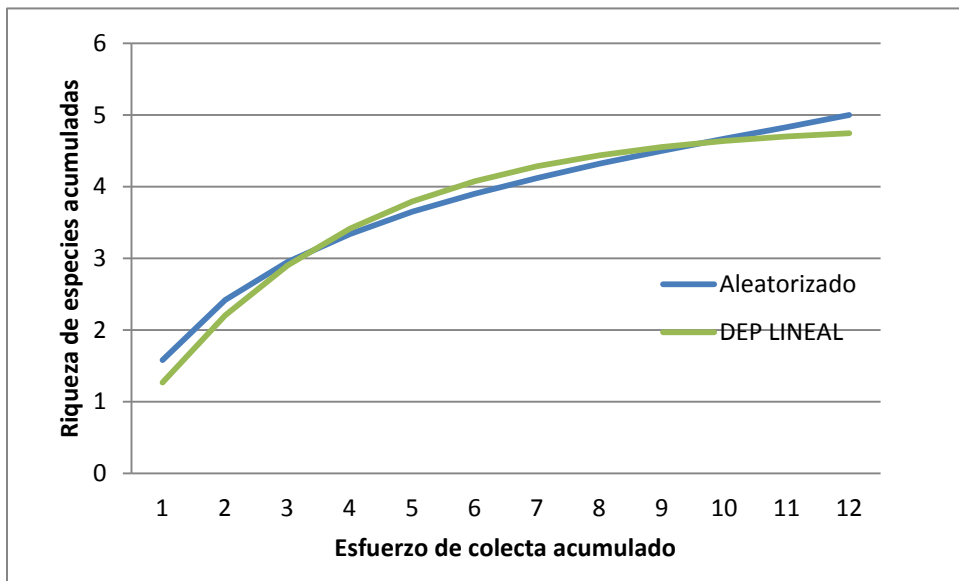


Figura 6. Modelos de acumulación de especies. Sitio de conservación

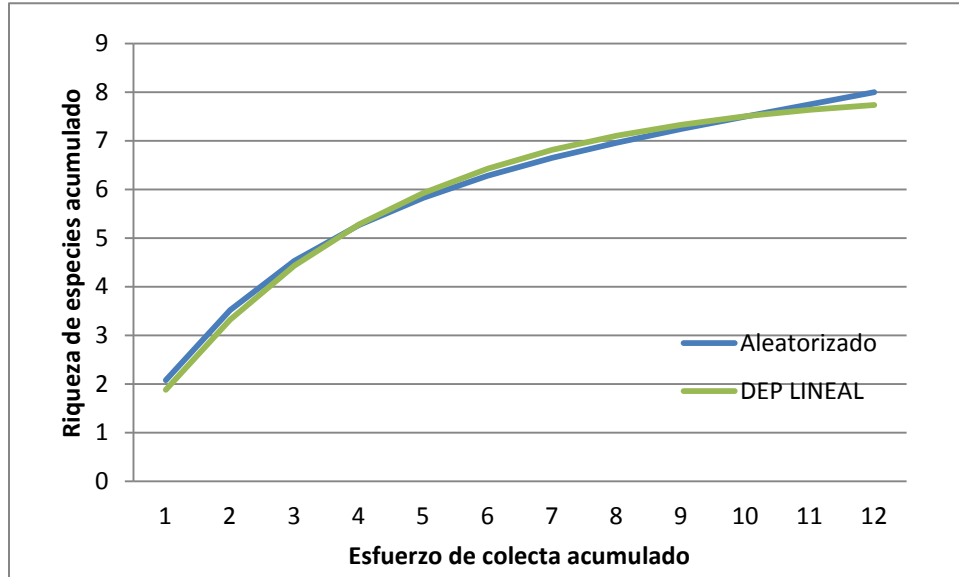


Figura 7. Modelos de acumulación de especies. Sitio de manejo forestal