



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**USO DE MANANTIALES POR LOS MAMÍFEROS SILVESTRES EN
BOSQUES TROPICALES DE MICHOACÁN**

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS EN EL ÁREA TEMÁTICA DE ECOLOGÍA Y
CONSERVACIÓN**

P R E S E N T A

JUAN FELIPE CHARRE MEDELLÍN

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Tiberio Cesar Monterrubio Rico

Co-DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Francisco Javier Botello López

Morelia, Michoacán.

Marzo 2012



A papá y mamá, que con su amor y confianza han logrado mi crecimiento personal y profesional

A mis hermanos; Azucena, Joel Antonio y Luis Alberto,

Por sus consejos, cariño y apoyo en todo momento

A mis sobrinos Fátima, María José, Joel (pipi) y Joel Alfonso (ponchito)

Por su inocente manera de alegrarme la vida

A mi novia Laura Alfonsina, por su amor y ser alguien muy importante en mi vida

A mis cuñados Alfonso y Griselda

Que aguantan a mis hermanos y quieren a mis sobrinos

Y a todos los que fueron parte de este proyecto



"Es cierto que muchas veces los grandes descubrimientos se han realizado sin buscarlos directamente, pero el espíritu no preparado es incapaz de detectar esa sorpresa de la naturaleza"

Luis Franco Vera.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, Dr. Tiberio Monterrubio Rico por su amistad, confianza, apoyo, asesoría y críticas.

A mis sinodales Dr. Francisco Botello, Dr. Juan Manuel Ortega Rodríguez, Dr. Rodrigo Núñez y Javier Alvarado Díaz por sus revisiones, invaluableles sugerencias y amistad.

A Laura Alfonsina Chang por su revisión, comentarios y animarme en todo momento.

A Ali Ituriel Villanueva Hernández por su amistad, ayuda en campo y soportarme durante la mayor parte del trabajo de campo.

A mis amigos y compañeros del laboratorio que contribuyeron en algún momento con su granito de arena en la mejora de este trabajo y hacer mas amenos los días de trabajo en el cubículo; Margarito Álvarez Jara y Adrian Morales-Salazar Zamudio.

A Antonio Manuell, Mario Suarez, Margarito Álvarez Jara, Pascual Ramírez, Jimena Venegas y Alberto que me ayudaron en algún momento con el trabajo rudo en campo.

Al biólogo Ramón Cancino por su amistad, ayuda en la identificación de las aves y facilitarnos sus vehículos para poder realizar el trabajo en campo.

A las comunidades de La Playa del Venado (Sr. Manuel Barragan y Lazarito), El Naranja (Sr. Eduardo Soto, Oliverio y Miguel Olvera y Fam.) y San José de los Pinos (Fam. Camorlinga, don Esteban, y los cuates Francisco y Andrés), que gracias a ellos fue posible la realización de este trabajo, ya que gente como ellos forman parte importante del trabajo de campo no solo de esta, sino de toda la investigación que se ejerce en el mundo.

A la Facultad de Biología de la UMSNH por las facilidades otorgadas en la realización de este trabajo.

A CONACYT por la beca 239248 otorgada durante los dos años de la maestría.

Al Programa Institucional de Maestría en ciencias Biológicas del Área Temática de Ecología y Conservación por las facilidades otorgadas y apoyos proporcionados para asistir a congresos.

CONTENIDO

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	10
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
HIPOTESIS	16
MATERIALES Y MÉTODOS	17
ÁREA DE ESTUDIO	17
Descripción física	19
Descripción biótica	20
METODOLOGÍA	21
Trabajo de campo	21
ANÁLISIS DE DATOS	22
Riqueza específica	22
Variación espacio-temporal de la tasa de captura	23
<i>Análisis estadísticos</i>	23
Patrón de actividad	24
Caracterización de los manantiales	25
Análisis espacial de las áreas de influencia de los manantiales	26
RESULTADOS	30
Riqueza específica	30
<i>Riqueza por localidad</i>	30

<i>Curvas de acumulación total</i>	31
<i>Comparación de las curvas de acumulación entre manantiales y veredas</i>	32
Variación espacio-temporal de la tasa de captura	35
<i>Variación de la tasa de captura entre localidades</i>	37
<i>Variación de la tasa de captura entre etapas de la época de sequía</i>	39
Patrón de actividad	43
Caracterización de los manantiales	49
Análisis espacial de las áreas de influencia de los manantiales	54
<i>Distancias a ríos permanentes.</i>	56
<i>Densidad humana</i>	57
<i>Accesibilidad a los manantiales</i>	58
<i>Vigor de la vegetación</i>	59
DISCUSIÓN	62
Riqueza específica	62
Variación espacio-temporal de la tasa de captura	63
Patrón de actividad	65
Caracterización de los manantiales	67
Análisis espacial de las áreas de influencia de los manantiales	68
CONCLUSIONES	71
LITERATURA CITADA	74
ANEXOS	84
Anexo 1. Lista taxonómica de los vertebrados registrados durante el estudio y el estado de conservación (NOM-059-SEMARNAT-2010).....	84
Anexo 2. Mamíferos registrados asociados a los manantiales.....	87

RESUMEN

La importancia que representa el agua en el desarrollo de la vida, hace que sea fundamental estudiar y monitorear la utilización de este recurso por la fauna silvestre. En particular el uso de los manantiales, los cuales en algunas regiones representan la única fuente de agua disponible para la fauna silvestre y también para los seres humanos. Por este motivo y ante la carencia de información en México, en dos grandes periodos de monitoreo (feb/2010 - jun/2010 y nov/2010 - may/2011) se colocaron trampas cámara en 16 manantiales y 12 veredas de tres localidades de la región Sierra-Costa de Michoacán, a fin de establecer la variación espacio - temporal de la riqueza, tasa de captura y patrón de actividad de los mamíferos asociados a los manantiales, así como las características en dos diferentes escalas espaciales de los manantiales, a nivel local con evaluación de las características físicas y de vegetación y a nivel paisaje con sensores remotos y SIG. Con un esfuerzo total de captura de 2811 días/trampa en manantiales, y 969 días/trampa en veredas, se registraron 19 especies de mamíferos, 36 de aves y 8 de reptiles. Entre los mamíferos registrados destacan seis en categorías de riesgo *Panthera onca*, *Leopardus pardalis*, *Leopardus wiedii*, *Tamandua mexicana*, *Puma yagouaroundi* y *Spilogale pygmaea*. Existieron diferencias significativas en la tasa de captura en los manantiales entre localidades para *Nasua narica* y *Leopardus pardalis*, mientras que hay diferencias estadísticamente significativas entre las etapas de la época seca para *Nasua narica* y *Odocoileus virginianus*. La riqueza de especies y la preferencia sobre la utilización de los manantiales parece estar determinada por la cobertura arbórea, pendientes de ladera pronunciada, mayor distancia a cuerpos de agua perennes, menor presencia humana y accesibilidad, y calidad del vigor de la vegetación. Se recomienda la implementación de un programa de manejo de agua mediante la conservación de los manantiales ya existentes en la región, con la finalidad de garantizar a la fauna que habita los bosques tropicales fuentes de agua, que parece ser estratégica durante la época seca. En zonas donde se registra sequía y la ausencia de manantiales sería recomendable establecer bebederos artificiales, siguiendo los criterios aquí descritos y evaluar los resultados de su uso, ya que los cuerpos de agua artificiales podrían mejorar las probabilidades de sobrevivencia de las especies de fauna silvestre que requieren de las mayores cantidades de agua.

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales estacionales son biomas en los que habitan una amplia diversidad de vertebrados (Dirzo y Ceballos, 2010), entre los que predomina el bosque tropical caducifolio (BTC), que cubre el 60 % del área ocupada por los bosques tropicales en México (Trejo y Dirzo, 2000). Este tipo de bosque ocurría históricamente de forma continua desde el sur de Sonora y el suroeste de Chihuahua, hasta Chiapas. Por el interior del país a lo largo de las vertientes de los Ríos Santiago en Nayarit, y Balsas en Michoacán, y hacia la Depresión Central de Chiapas, a través del Istmo de Tehuantepec, cubriendo el 17 % del territorio nacional. Actualmente el BTC es uno de los hábitat más amenazados no solo en México, sino en el mundo, por lo que hoy en día ya no corre de manera ininterrumpida a lo largo de su distribución histórica y se estima que solo 72,900 km² (3.7 %) permanece sin alteración notoria (Rzedowski, 1978; Trejo y Dirzo, 2000). El BTC, es el bosque con mayor tasa de deforestación anual en México, entre 1.4 y 2.0 % (Maser *et al.*, 1997; Trejo y Dirzo, 2000).

Lo anterior es preocupante si se considera que la riqueza de vertebrados terrestres en México en este tipo de bosque se estima en 824 especies (33 %), por lo que se considera uno de los ecosistemas con mayor diversidad en vertebrados terrestres en el país. Además, de las 796 especies endémicas para México, 246 especies (31 %) son encontradas en este tipo de vegetación y 11 % (90 spp.) son endémicas de este bioma (Ceballos y García, 1995).

En Michoacán ocurren principalmente dos tipos de bosques tropicales, el bosque tropical caducifolio, y el bosque tropical subcaducifolio y/o subperenifolio (BTS) (Trejo, 2010). El BTC, también conocido como selva baja, se distribuye ampliamente en tres regiones del estado: Costa, Sierra Madre del Sur y Depresión del Balsas (Trejo, 2010). Mientras que el BTS se encuentra principalmente en las zonas más húmedas de la costa, y en cañadas de la Sierra Madre del Sur, formando manchones discontinuos (Trejo, 2010).

El BTC es un ecosistema que se caracteriza por tener un patrón de lluvias marcadamente estacional en el que la precipitación pluvial se concentra en una breve temporada de lluvias, seguida por una temporada de sequía que dura entre cinco y ocho meses (noviembre a junio; Murphy y Lugo, 1986; Challenger, 1998). En la región del Balsas, donde ocurre la mayor superficie de este tipo de bioma, poco más del 81 % del agua que llueve se

evapotranspira y regresa a la atmosfera, el 15 % escurre por los ríos y arroyos, y el 4 % se infiltra al subsuelo y recarga los mantos acuíferos (Comisión Nacional del Agua, 2008).

El agua infiltrada en el subsuelo da lugar a los manantiales, los cuales se pueden definir como el lugar donde se produce el afloramiento natural de agua subterránea (Agüero, 2004). Por lo general el agua fluye a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada. En los lugares donde existen estratos impermeables, éstos bloquean el flujo subterráneo de agua y permiten que aflore a la superficie (Agüero, 2004). Los manantiales se clasifican de acuerdo a su ubicación topográfica y tipo de afloramiento. Por su ubicación son de ladera, o de fondo; y por su afloramiento son de tipo concentrado o difuso, en los manantiales de ladera el agua aflora en forma horizontal; mientras que en los de fondo el agua aflora en forma ascendente hacia la superficie (Agüero, 2004). Para ambos casos, si el afloramiento es por un solo punto y sobre un área pequeña, es un manantial concentrado y cuando aflora el agua por varios puntos en un área mayor, es un manantial difuso (Agüero, 2004).

Debido a que el agua es un recurso clave en la sobrevivencia de los seres vivos, los manantiales se convierten en una de las principales fuentes de agua durante la época seca en la mayoría de bosques tropicales estacionales (Wallace *et al.*, 2000). Sin embargo, el uso de los manantiales varía ampliamente entre especies y tipos de biomas (Boice, 1972; Gannon *et al.*, 2007; Wolff, 2001), existiendo poca información sobre el uso de los manantiales por parte de la fauna silvestre en México.

En Michoacán, 32 (19.8 %) de las 162 especies de mamíferos (CONABIO, 2005), registradas para el estado, son de talla mediana y grande, que además son los que suelen utilizar los cuerpos de agua como ríos en Chiapas (Bolaños y Naranjo 2010), aguadas en Yucatán (Martínez-Kú *et al.*, 2008; Reyna-Hurtado *et al.*, 2010), tanques artificiales en Arizona (O'Brien *et al.*, 2006) o manantiales en Michoacán (Charre-Medellín *et al.*, 2010).

Los mamíferos de México pueden ser categorizados de acuerdo a su peso (medianos: > 101 gr y < 10 kg, grandes: > 10 kg) (Ceballos *et al.*, 2005). Al ser Michoacán un estado con extensa cobertura de bosques estacionales, y ser los manantiales uno de los pocos suministros de agua para la fauna, es fundamental para el manejo y conservación de las especies evaluar el

uso de los manantiales por los mamíferos que habitan los ambientes tropicales estacionales del estado.

Sin embargo, la mayoría de los mamíferos silvestres son generalmente de hábitos nocturnos y sigilosos, se dificulta su observación, por lo que se les estudia de manera indirecta mediante rastros (huellas, excretas, cráneos, etc.), o capturándolos con diversos tipos de trampas (Aranda, 2000). Todos los métodos mencionados presentan ventajas y desventajas, de las desventajas, en el caso de las huellas en ocasiones no son claras y se dificulta determinar la especie que la generó. Las excretas pueden ser difíciles de encontrar entre la vegetación, y el trampeo puede ser costoso, lo que limita su uso. El empleo de trampas fotográficas activadas mediante sensores de movimiento se han popularizado actualmente para el estudio de fauna silvestre, principalmente en mamíferos medianos y grandes (Kucera y Barrett, 2011). Las trampas cámara son sistemas formados cámaras provistas de un sensor infrarrojo que activan la cámara automáticamente al paso de cualquier objeto que cruce rango de detección. Son ideales para la detección e identificación de especies terrestres de naturaleza sigilosa, útiles en diversos tipos de estudios donde se mide la estimación de riqueza, diversidad, abundancia relativa, densidad, estudios de patrones de actividad y en el monitoreo de recursos claves, entre otros valores (Swann *et al.*, 2011).

También con las trampas cámara podemos conocer las interacciones ecológicas entre especies, como son la competencia, depredación o coexistencia, y analizar si existen factores y características del ambiente que influyan en la selección o uso del hábitat (Sánchez-Cordero *et al.*, 2011). El hábitat es definido como el lugar en que vive un organismo y en ecología es considerado como el área requerida donde un individuo puede realizar todas sus funciones biológicas durante su ciclo de vida, como son reproducción y alimentación (Morrison *et al.*, 1992). La mayoría de los organismos reaccionan ante diversos factores ambientales y sólo pueden ocupar un cierto hábitat de los disponibles. La forma de seleccionar el hábitat por una especie está determinada por su calidad y la adecuación del organismo ante las condiciones ambientales (medio biótico y abiótico) del lugar, la disponibilidad de recursos claves (alimento, agua), y refugio ante la presencia de depredadores (Hutchinson, 1978).

ANTECEDENTES

En México como en otras partes del mundo existe el grave problema de la defaunación, que causa profundos efectos en la estructura, dinámica, estabilidad y diversidad de los bosques y selvas tropicales (Dirzo y Gutiérrez, 2006). La cacería y la pérdida del hábitat de creciente intensidad, hace evidente que la defaunación es diferencial, afectando a los mamíferos medianos y grandes en forma más intensa (Dirzo *et al.*, 2007). En Michoacán existen 162 especies de mamíferos (CONABIO, 2005), de los cuales 31 (19 %) se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT, 2010) y de estos, 11 (35 %) son especies de mamíferos medianos y grandes; cuatro en peligro de extinción (*Tamandua mexicana*, *Leopardus pardalis*, *Leopardus wiedii* y *Panthera onca*), cinco amenazadas (*Puma yagouaroundi*, *Lontra longicaudis*, *Spilogale pygmaea*, *Sphiggurus mexicanus* y *Glaucomys volans*) y dos en protección especial (*Sciurus oculatus*, *Potos flavus*).

Todas las especies de mamíferos medianos y grandes en peligro de extinción y amenazados presentan distribución en bosques tropicales del estado, siendo estos biomas los de mayor disponibilidad en las regiones Costa, Balsas, y Sierra Madre del Sur. Sin embargo, a pesar de que los bosques tropicales de Michoacán concentran el mayor número de especies de mamíferos medianos y grandes en riesgo del estado, actualmente se dispone de poca superficie protegida para la mayoría de las especies, existiendo nula cobertura para algunas de ellas, como en el caso del coendú (Monterrubio *et al.*, 2009). Ante el escenario de deforestación existente, es importante identificar áreas de distribución actual de estas especies, así como elementos clave para su supervivencia, evaluando el uso y la disponibilidad de agua durante los periodos de sequía extrema que sufren las especies que habitan los biomas estacionalmente secos.

Una forma de identificar las áreas de distribución actual, y simultáneamente evaluar recursos claves de estas especies en el estado, es mediante la utilización de trampas cámara (Bridges y Noss, 2011). Las trampas cámara presentan ventajas con respecto a otros métodos de inventario, debido a que pueden muestrearse grandes extensiones con la mínima

perturbación humana. Los animales no tienen que ser capturados, y pueden duplicarse los registros sobre grandes áreas con poco personal (Wemer *et al.*, 1996, Swann *et al.*, 2011).

A pesar de que existen múltiples estudios donde se utilizan trampas cámaras en diversas partes del mundo, son pocos los que evalúan el uso de recursos claves por la fauna silvestre, como lo son el alimento y agua, aun cuando en muchos estudios ecológicos destacan la disponibilidad de agua como una variable fundamental en la dinámica y estabilidad de los ecosistemas tropicales. El agua, determina la distribución y abundancia de las especies de algunos mamíferos (Morgart *et al.*, 2005; Henschel, 2008; Sánchez-Lalinde y Pérez-Torres, 2008, Swann *et al.*, 2011).

Algunos ejemplos notables incluyen a Morais-Vidal, (2007) que determinó mediante trampas cámara la utilización como alimento, de frutos de dos especies de palmeras (*Attalea geraensis* y *Syagrus petraea*) para los vertebrados en un parque de San Paulo, Brasil. En este estudio se encontró que los mamíferos del orden Marsupialia y Rodentia son los mayores consumidores de este recurso. En cuanto a la determinación del agua como recurso clave, en Arizona, Estados Unidos, el Departamento de Arizona de Caza y Pesca (AGFD por sus siglas en inglés) crearon desde 1946 captadores de agua de lluvia en el desierto, utilizados como atrayentes de aves de caza como las Codornices, observando que las poblaciones de fauna silvestre han sido beneficiadas en zonas donde el agua es un factor limitante (Wright, 1959). Además los captadores reducen la presión sobre las fuentes de agua naturales (Wright, 1959; De Vos *et al.*, 1998). Actualmente se han instalado alrededor de 1,000 captadores de agua artificiales, en los cuales se han realizado diversos estudios enfocados principalmente a ungulados como el Borrego Cimarrón (Turner, 1970; Arizona Desert Bighorn Sheep Society, 2004) y el Berrendo (Morgart, 2005). En estos estudios se han empleado trampas cámara como herramienta para evaluar la abundancia, y el patrón de actividad de las poblaciones en torno a estos captadores de agua, con el fin de realizar acciones de conservación y manejo de estas especies. Un trabajo reciente en el cual se estudió la fauna silvestre asociada a dichos captadores, es el presentado mediante cámaras de video por O'Brien *et al.*, (2006) en el cual registran ocho especies de mamíferos de talla mediana y grande en el desierto de Arizona.

En los bosques tropicales existen pocos estudios en donde evalúe el uso del agua como un recurso clave para la fauna silvestres, Vaughan y Weis (1999) mediante observaciones

directas, evaluaron el uso diurno de dos cuerpos de agua (uno natural y otro artificial) por la fauna silvestre en un bosque tropical de Costa Rica, observando un total de 919 individuos, pertenecientes a seis especies de mamíferos y un ave cinegética. La mayoría de individuos que visitaron el cuerpo de agua natural eran *Odocoileus virginianus* y *Tayassu tajacu*, estimándose que son las especies animales con los mayores requerimientos de agua al día. Sin embargo, debido a que solo monitoreaban estos cuerpos de agua durante el día (06:00 a 18:00 hrs), no registraron la actividad nocturna.

En otro estudio se evaluó la distribución de la fauna en relación a cuerpos de agua, Wolff (2001), determinó la distribución de mamíferos durante la época de lluvias, y secas de (1999-2000) en el Parque Nacional Serra da Capibara en Brasil. Mediante observaciones directas en transectos en vehículo y a pie, encontró cinco especies de mamíferos medianos o grandes (*Puma concolor*, *Caniculus paca*, *Pecari tajacu*, *Urocyon cinereoargenteus* y *Odocoileus virginianus*) estableciendo que los requerimientos de agua son mayores para herbívoros, intermedios para omnívoros y menores para carnívoros. En otra investigación, Epaphras *et al.*, (2008) estudió la utilización e importancia del agua en estanques naturales y artificiales, durante la época seca para la fauna silvestre en el Parque Nacional de Ruaha en Tanzania. Concluyó que los mamíferos de talla grande como elefantes, jirafas e impalas, presentan los mayores requerimientos de agua.

En México, existen pocos estudios en los que se considera la importancia del agua como un recurso clave para la fauna silvestre durante la época seca. Bolaños y Naranjo (2001), determinaron mediante la identificación de rastros, la abundancia, densidad y distribución de las poblaciones de ungulados en la cuenca del río Lacantún, en Chiapas. Encontraron diferencias en las abundancias entre épocas, destacando que durante la época de lluvias el registro de rastros presentó un patrón más disperso en los transectos como consecuencia de la mayor disponibilidad de agua en el área. En contraparte, durante la estación seca los rastros presentaban un patrón más agregado en torno a los cuerpos de agua perennes, hipotetizándose que los animales visitaban con mayor frecuencia esos sitios al no disponer de fuentes de agua alternas.

Naranjo (2001), determinó la importancia de los cuerpos agua para el Tapir en México, siendo un factor importante en su hábitat, ya que son utilizados como refugio ante depredadores y parásitos, y como sitios de descanso durante las horas más calurosas del día.

Estrada-Hernández (2008), determinó que las aguadas y arroyos, son un factor importante en el mantenimiento de las poblaciones de jaguares y pumas en la selva maya, principalmente en los bosques secos, debido que alrededor de estos cuerpos de agua se concentran las presas de estos felinos, especialmente durante la época seca. Núñez (2006) encontró un patrón similar al de Estrada-Hernández (2008) para la reserva de la biosfera Cuixmala-Chamela en Jalisco, donde los jaguares y pumas durante la temporada de lluvias se dispersan, mientras que en las secas se concentran aparentemente cerca de las fuentes de agua.

El trabajo presentado por Martínez-Kú y colaboradores (2008), representa el único trabajo publicado en México, en el que se monitorea de manera sistemática algún cuerpo de agua natural, en este caso las aguadas de Calakmul. En este trabajo se determinó la importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande, monitoreando durante casi un año tres sitios con aguadas y tres sin aguadas (seleccionados al azar). Los registros se obtuvieron mensualmente, realizando transectos, para observaciones directas e identificando huellas, obteniendo 1,288 rastros, y 164 avistamientos pertenecientes a 20 especies. Los mamíferos más abundantes fueron los artiodáctilos con el 84.2 % del total, y los menos abundantes fueron los roedores con 3.1 %, encontrándose diferencias temporales entre los sitios con y sin aguadas, sin embargo un análisis de similitud entre sitios mostró la formación de grupos mastofaunísticos, lo cual sugiere que además del recurso hídrico, existen otros factores ambientales bióticos que influyen en la riqueza local y distribución de los mamíferos en esa región.

En la región occidental del país, especialmente en la reserva de Chamela-Cuixmala de Jalisco, Núñez-Pérez (Com. Pers.) monitorea mediante fototrampeo el uso de cuerpos de agua conocidos localmente como “aguajes de temporal” y abrevaderos artificiales por la fauna silvestre, en los cuales ha observado que el uso de los pozos de agua varía a lo largo del año y que de acuerdo a su ubicación es usado por dos o más especies.

Los trabajos antes mencionados determinan la importancia del agua para la fauna, pero ninguno de ellos evalúa el patrón de uso y actividad de cada especie en torno a los cuerpos de

agua estudiados. Además ninguno hace una caracterización biótica y abiótica detallada de las fuentes de agua, a fin de evaluar la relación entre los cuerpos de agua y los factores físicos y ambientales asociados a la riqueza de mamíferos y el uso del cuerpo de agua.

Actualmente el escenario de pérdida de hábitats, y cambio climático y su efecto en la disponibilidad de agua en los manantiales, hace que sea fundamental la generación de información para identificar sitios para conservación, en los cuales se priorice aquellos lugares donde se concentre la mayor riqueza.

JUSTIFICACIÓN

La importancia que representa el agua en el desarrollo de la vida, hace que sea fundamental estudiar y monitorear la utilización de este recurso por la fauna silvestre. En particular el uso de los manantiales, los cuales en algunas regiones representan la única fuente de agua disponible para la fauna silvestre y también para los seres humanos. Por este motivo y ante la carencia de información en México, analizando de manera detallada a los manantiales que utiliza la fauna silvestre, se evaluó detalladamente la importancia que tienen los manantiales en los bosques tropicales de Michoacán para la conservación, no solo de los mamíferos silvestres, sino de toda la fauna que habita en estos biomas, evaluando las características bióticas y abióticas en torno a ellos con la finalidad de tratar de identificar a las especies que hacen el mayor uso de manantiales, y permitirnos establecer las bases de información para un manejo apropiado de estas fuentes de agua a favor de la fauna silvestre, en un escenario de futuro cambio climático.

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinar el uso espacio-temporal de los manantiales por los mamíferos silvestres en tres localidades con bosques tropicales secos del estado de Michoacán.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar la riqueza de vertebrados que usan los manantiales en tres localidades de la región de la costa-sierra de Michoacán.
- ✓ Evaluar las diferencias en la riqueza, y tasa de captura de los mamíferos usando los manantiales entre las distintas localidades y las etapas de la época seca.
- ✓ Determinar el patrón de actividad de los mamíferos asociados a los manantiales en bosques tropicales de Michoacán.
- ✓ Analizar y comparar las características de los manantiales en dos diferentes escalas espaciales, a nivel local con evaluación de las características físicas y de vegetación y a nivel paisaje con sensores remotos y SIG.

HIPOTESIS

Ho: No existe variación en la riqueza y tasa de captura a lo largo de la temporada de secas entre los mamíferos que hacen uso de los manantiales en los bosques tropicales de Michoacán.

Ha: Existe variación en la riqueza y tasa de captura a lo largo de la temporada de secas entre los mamíferos que hacen uso de los manantiales en los bosques tropicales de Michoacán

Ho: No existe variación en la riqueza y tasa de captura de los mamíferos que hacen unos de los manantiales entre las tres localidades estudiadas.

Ha: Existe variación en la riqueza y tasa de captura de los mamíferos que hacen unos de los manantiales entre las tres localidades estudiadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Seleccionamos tres localidades que cumplieran con dos criterios principales para el desarrollo de este trabajo; que son la presencia de bosque tropical y la presencia de manantiales.

Las tres localidades son: San José de Los Pinos en Arteaga (SJP) ($18^{\circ}10'33''\text{N}$, $102^{\circ}31'0''\text{O}$), La Playa del Venado (LPV) en Lázaro Cárdenas ($18^{\circ}10'8''\text{N}$, $102^{\circ}18'29''\text{O}$) y El Naranjal (EN) en Arteaga ($18^{\circ}19'55''\text{N}$, $102^{\circ}47'32''\text{O}$), y se localizan al suroeste del estado de Michoacán en los límites de tres provincias fisiográficas: las Planicies Costeras, Sierra Madre del Sur y Depresión del Balsas (Antaramián y Correa, 2003) (Fig. 1.).

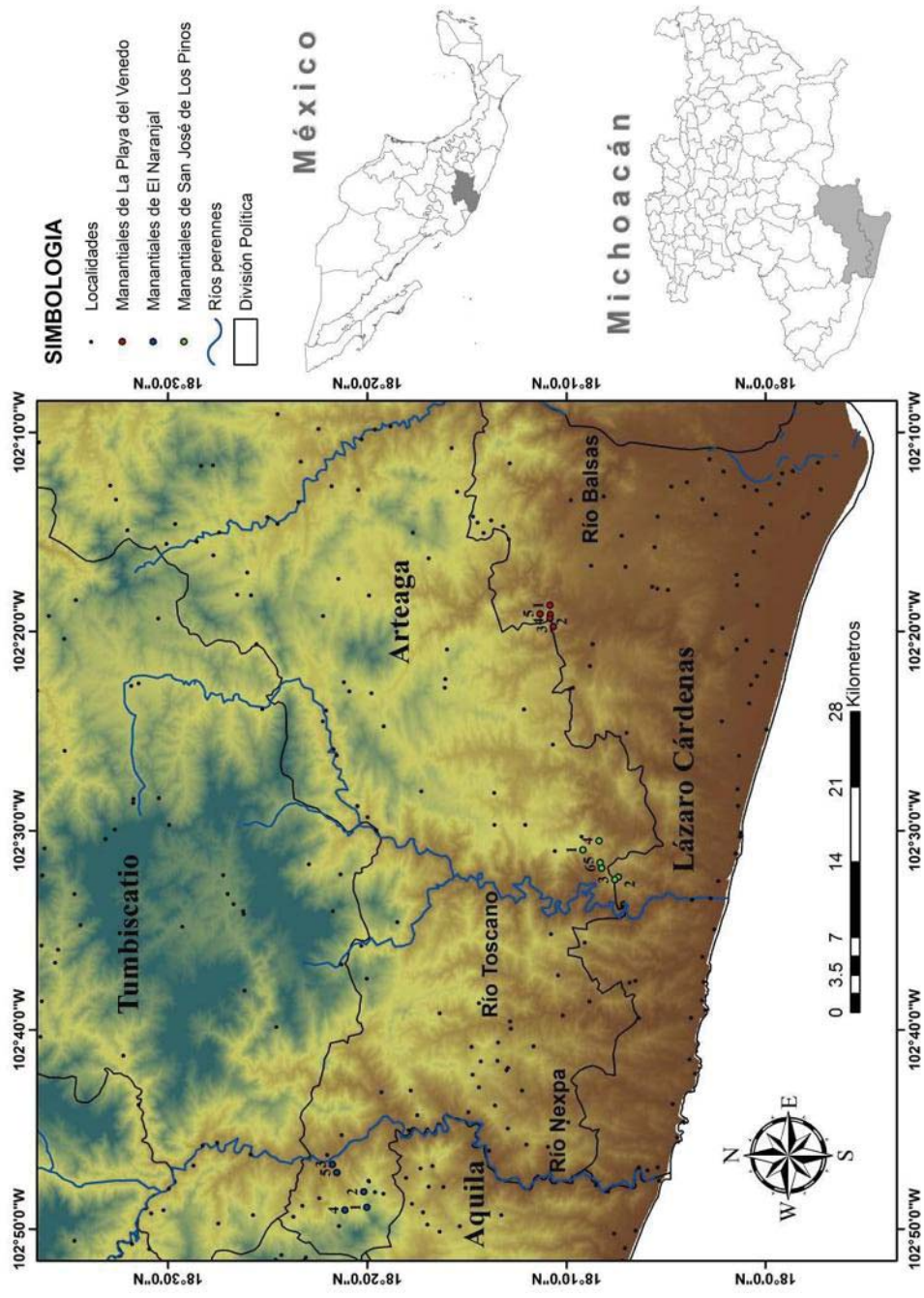


Figura 1. Localización de los manantiales monitoreados en el área de estudio.

DESCRIPCIÓN FÍSICA

El clima cálido subhúmedo o Aw se extiende a lo largo de la costa hasta una altitud de 1,200 msnm, presenta un rango de temperatura que va desde los 24 a 28°C y una precipitación menor a los 1,000 mm anuales (Ortega, 2005).

La formación del suelo está asociada a la composición química de la roca (granito, granodiorita, andesita, caliza y conglomerados), al clima cálido subhúmedo y a la topografía conformada por geoformas cerriles y algunas partes planas. Los suelos dominantes son luvisol, regosol, leptosol y feozem. Los luvisoles se localizan en la zona de transición entre la Sierra Madre del Sur y la zona costera, con una topografía accidentada e influenciada por un clima semicálido. En las zonas moderadamente accidentadas son comunes los suelos de feozem y leptosol, básicamente por la presencia de barrancas y floramientos rocosos. Los regosoles y algunos leptosoles ocupan partes planas con clima cálido subhúmedo y origen aluvial, prevaleciendo el intemperismo físico y con ello la formación de partículas del tamaño de las arenas (Cabrera *et al.*, 2005).

La zona presenta tres grandes ríos perennes; Balsas, Nexpa y Toscano en ese orden de importancia (Israde, 2005). En cuanto a las aguas subterráneas en la región podemos decir que son escasos, en comparación a los acuíferos que presenta la parte norte del estado y la provincia del Eje Neovolcánico. Sin embargo en el área de estudio se da un aprovechamiento de aguas subterráneas a través de norias y pozos, siendo la mayor demanda principalmente de las aguas superficiales como los manantiales (Ortega, 2005). De acuerdo a las propiedades físicas de las rocas, así como de los suelos, la cobertura vegetal y la precipitación media se diferencian en el área cuatro unidades de escurrimiento que varían desde los 0 a 30 % de la precipitación media anual, el coeficiente más bajo (0 a 5 %) se caracteriza por la presencia de rocas calizas y materiales aluviales, lo cual significa que representan los materiales más permeables y sitios donde se ubican las zonas de recarga de mantos acuíferos, por el contrario el coeficiente más alto (20 a 30 %) se caracteriza por la presencia de materiales poco permeables como las Areniscas y Lutitas, las cuales facilitan el escurrimiento superficial del agua de lluvia, presentando las áreas de mayor susceptibilidad a la erosión hídrica (Ortega, 2005).

DESCRIPCIÓN BIÓTICA

La vegetación en el área de estudio está representada principalmente por dos tipos de vegetación con afinidades florísticas neotropicales, que son; el bosque tropical caducifolio y bosque tropical subcaducifolio (Robles, 1999; Rzedowsky, 1978). En la región todas las comunidades vegetales presentan disturbios antropogénicos en algún grado, como pastoreo, tala de especies maderables comerciales, y la agricultura. El bosque tropical caducifolio predomina en la mayor parte de los sitios de estudio, este tipo de vegetación se caracteriza por la pérdida de hojas durante un periodo de 5 a 8 meses al año, su altura varía entre 5 y 15 m., la floración en la mayoría de las especies arbóreas ocurre durante la época seca del año por lo que en ocasiones no se les encuentra con flores y hojas al mismo tiempo, mientras que el bosque tropical subcaducifolio se caracteriza por presentar un estrato arbóreo que va de los 15 a 40 m., formando un dosel uniforme, se intercala con el bosque tropical caducifolio, en lugares que concentran mayor humedad en el suelo, como lo son las zonas planas y bajas con suelos profundos, arenosos o arcillosos y a lo largo de laderas bajas de los cerros, que forman barrancas con suelos someros muy pedregosos y arcillosos (Zavala y Madrigal, 2005).

A nivel local, la vegetación predominante de la comunidad de La Playa del Venado (Lázaro Cárdenas), es el bosque tropical subcaducifolio perturbado y secundario, severamente fragmentado, y en menor medida el bosque tropical caducifolio. Entre las especies de árboles dominantes están presentes: *Brosimum alicastrum*, *Astronium graveolens*, *Bursera simaruba*, *Andira inermis*, *Licania arborea*, *Cordia allidora*, *Ficus cotinifolia*, *Ficus petiolaris* y *Ceiba pentandra* (Téllez-García, 2008) (Fig. 2 A). Mientras que para la comunidad de San José de Los Pinos (Arteaga), además del bosque tropical caducifolio y el bosque tropical subcaducifolio, se encuentran comunidades vegetales templadas en las zonas altas (mayores a 1,000 msnm), en los que predominan los bosque de encino y bosques mixtos pino-encino (COINBIO, 2004) (Fig. 2 B). Por último, localidad de El Naranjal (Arteaga), bosque tropical caducifolio y bosque de pino-encino como comunidades vegetales dominantes (Fig.2 C).



Figura 2. Vegetación de las localidades estudias. A) La Playa del Venado, B) San José de Los Pinos, C) El Naranjal.

METODOLOGÍA

TRABAJO DE CAMPO

En las áreas de muestreo de las tres localidades de estudio, se localizaron con ayuda de gente de la localidad durante Febrero de 2010, cuatro manantiales separados con una distancia mínima entre ellos de 500 m lineales, esto con la finalidad de cubrir mayor superficie de estudio, lograr independencia de los datos y evitar pseudoreplicación.

Se colocó una trampa cámara digital Wildview Xtreme de cuatro o cinco megapíxeles por manantial durante cinco meses (marzo 2010-julio 2010). Durante los últimos dos meses cambiaron algunas cámaras en las tres localidades. En San José de Los Pinos se cambiaron las cámaras de los manantiales 2 y 3 a los manantiales 5 y 6, debido a que no se garantizó la seguridad del equipo. En El Naranjal se cambió la cámara del manantial 3 por el manantial 5, debido a que el manantial se secó completamente, al igual que en la localidad La Playa del Venado, que se cambió el manantial 1 por el manantial 5.

Posteriormente se colocaron nuevamente las trampas cámara en los mismos manantiales (San José de Los Pinos 1, 4, 5, 6; El Naranjal 1, 2, 3, 4 y La Playa del Venado 1, 2, 3, 4) durante siete meses (noviembre 2010-mayo 2011). Adicionalmente, a manera de control se colocaron cámaras sobre veredas a no más de 200 m de cada uno de los 12 manantiales estudiados, con el fin de poder determinar si la tasa de captura de las especies registradas está relacionada por la

presencia del manantial o por el paisaje. La colocación de estas cámaras de control se realizó de la siguiente manera: Durante noviembre y diciembre de 2010, se colocó una trampa cámara para cada una de las tres localidades estudiadas, posteriormente de enero del 2011 a mayo del mismo año se adicionaron tres trampas cámara para cada una de las localidades.

Las cámaras se programaron para disparar después de un minuto y tomar tres fotografías por evento, con la finalidad maximizar la información en cada evento sobre los individuos registrados. Las cámaras se colocaron a dos metros del cuerpo de agua, para contar con un ángulo suficiente y obtener fotografías claras, bien enfocadas, y en un área de detección que permita identificar a las especies (Silver, 2004). Las trampas cámara fueron revisadas cada 40 días aproximadamente para el cambio de baterías y tarjetas de memoria. Por último, se colectó información sobre las características de la vegetación asociadas a los manantiales y el tipo de manantial.

ANALISIS DE DATOS

RIQUEZA ESPECÍFICA

La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. En este estudio se evaluó la riqueza de especies de los mamíferos que hacen uso de los manantiales en tres localidades con bosques tropicales del estado de Michoacán. Nosotros consideramos como animales que hacen uso de los manantiales, a aquellos individuos que utilizan el manantial como; fuente de abastecimiento de agua, refugio, interacciones intra e interespecíficas, o simplemente como lugar de traslado.

Se generaron curvas de acumulación de especies por localidad y total para las especies registradas en manantiales y veredas durante todo el estudio, utilizando el número de semanas como esfuerzo de muestreo. Para el último periodo de muestreo (final de secas, 2011), se generaron curvas de acumulación de especies para los manantiales y veredas, con la finalidad de comparar la riqueza de especies con respecto a la ubicación de las cámaras. Para cada curva se determinó el coeficiente de determinación de la recta (r^2) como medida de bondad del ajuste de la recta.

VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA TASA DE CAPTURA

Utilizando los registros independientes en ciclos de 24 hrs, se calculó la tasa de captura de los mamíferos registrados en los manantiales por localidad y periodo de muestreo. Se consideraron cinco periodos de muestreo, correspondientes a tres etapas de la época de sequía (Cuadro 1).

Cuadro 1. Periodos de muestreo cronológico en que se dividió el estudio.

PERIODO (secas)	1	2	3	4	5
EPOCA	Secas	Fin de Secas	Inicio de Secas	Secas	Fin de Secas
FECHA	Ene-Mar-2010	Abr-Jun-2010	Nov-Dic-2010	Ene-Mar 2011	Abr-May-2011

Se entiende por registro independiente una o más fotografías independientes obtenidas sobre un individuo o grupo de individuos reconocibles para cada ciclo de 24 hrs. En caso de obtenerse varias fotografías independientes en una misma cámara en distintos horarios sobre la misma especie y no reconocibles como individuos distintos, se consideran como un solo registro independiente. En el caso de las fotografías independientes en las que se observó más de un individuo, el número de registros independientes considerado fue igual al número de individuos observados en la misma (Botello *et al.*, 2008; Monroy-Vilchis *et al.*, 2010).

La tasa de captura, la cual se define como la proporción de registros independiente entre el esfuerzo de captura (días/trampa), se calculó tanto para los manantiales como para las veredas (O'Brien *et al.* 2003; Rovero y Marsall, 2009). La tasa de captura se estandarizó a 100 días/trampa, que es una unidad de estandarización para comparar los datos con otros estudios, ya que la tasa de captura en trampas cámara se ha utilizado como una medida indirecta de la densidad de organismos en especies que no pueden reconocerse individuos (Carbone *et al.*, 2001, Silveira *et al.* 2003, Silver *et al.*, 2004, Monroy-Vilchis *et al.* 2009).

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se realizaron análisis estadísticos descriptivos y pruebas de normalidad (Shapiro-Wilks y Kolmogorov-Smirnov) sobre todas las variables numéricas. Aquellas variables que no presentaron normalidad fueron “normalizadas” mediante raíz cuadrada para evaluar diferencias

en tasas de captura entre áreas y entre las etapas en que se dividió la época de sequía utilizando ANOVA de dos vías. Cuando los datos presentaban la dificultad de análisis mediante pruebas paramétricas, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con esta prueba se evaluó la tasa de captura de cinco de las especies más abundantes (*Nasua narica*, *Pecari tajacu*, *Odocoileus virginianus*, *Leopardus pardalis* y *Puma concolor*). Se emplearon tablas de contingencia generando valores esperados para los datos absolutos, y para estimar las porcentajes. También se utilizaron las pruebas post ANOVA de Tukey para determinar que subgrupos mostraban diferencias significativas en aquellos casos en que se empleó ANOVA. Todas las variables para las que se presentan valores promedio se acompañan de desviación estándar (SD). El nivel de alpha empleado fue de 0.05. Todos los análisis se realizaron utilizando distintos módulos del programa estadístico SAS. Para la comparación entre manantiales y veredas se utilizaron los registros independientes de *Nasua narica*, *Pecari tajacu*, *Odocoileus virginianus*, *Leopardus pardalis* y *Puma concolor* obtenidos en forma balanceada durante el fin de secas del 2011, ya que fue el periodo para el cual se tuvo un esfuerzo simultáneo entre los manantiales y las veredas. Para este análisis se usó la prueba de t para dos muestras independientes, con desigualdad de varianzas (Schlotzhauer y Littell, 1997).

PATRÓN DE ACTIVIDAD

Para determinar el patrón de actividad de los mamíferos se utilizaron solamente las fotografías independientes obtenidas en ciclos de 1 hora en los manantiales.

Se entiende por fotografía independiente una o más fotografías obtenidas sobre un individuo o grupo de individuos reconocibles para cada ciclo de 1 hr. En caso de obtenerse varias fotografías independientes en una misma cámara en distintos horarios sobre la misma especie y no reconocibles como individuos distintos, se consideran como un solo registro independiente.

Se observó el patrón de actividad de los mamíferos asociados a los manantiales, para las localidades y para los cinco periodos de muestreo (secas 1, secas 2, secas 3, secas 4 y secas 5).

Con las fotografías independientes en ciclos de 1 hora se determinó el patrón de actividad a lo largo de todo el estudio, para cada una de las especies registradas en los manantiales que obtuvieron al menos 11 fotografías independientes ya que este número se ha considerado como el número mínimo para describir el patrón de actividad (Maffei *et al.* 2004; Monroy-Vilchis *et*

al. 2009). Sin embargo para el jaguar y jaguarundi, los cuales tenían 10 y 6 registros respectivamente, se considero presentar el patrón de actividad debido a su importancia de conservación. Las especies fueron agrupadas de acuerdo a la familia taxonómica a la cual pertenecen. El patrón de actividad se realizó en intervalos de 2 horas para un periodo de 24 horas tal y como lo hacen otros autores (Zarco-González, 2007; Estrada-Hernández, 2008; Monroy-Vilchis *et al.* 2009).

CARACTERIZACIÓN DE LOS MANANTIALES

La cobertura de la vegetación en torno a los manantiales fue medida debido a la protección que proporciona la vegetación al suelo para la estabilidad y funcionamiento de las cuencas hidrológicas, crear microhábitats para la fauna silvestre y proporcionar información cualitativa y cuantitativa sobre la selección del microhábitat por parte de las especies (Ralph *et al.*, 1996; Meza-Sánchez, 2002).

La cobertura de la vegetación se refiere al porcentaje de la superficie del suelo que está cubierta por vegetación; y puede expresarse en términos absolutos (m^2/ha) o bien en porcentaje y puede ser aérea o basal (Meza-Sánchez, 2002). En este trabajo, se evaluaron las características de la vegetación en torno a los manantiales, para obtener información sobre la cobertura de la vegetación que conforma el manantial, con la finalidad de asociar las características de la vegetación de cada manantial con la riqueza observada para cada localidad.

Para esto se estableció una parcela de 10 m de radio tomando como centro cada uno de los manantiales para evaluar el estrato arbóreo, y otra parcela de 5 m de radio dentro de la parcela de 10 m, para evaluar el estrato arbustivo. En las parcelas se midieron todos los árboles y arbustos presentes en la parcela (Fig. 3). Para considerar el estrato arbóreo, se consideró un DAP (diámetro a la altura del pecho) mayor a 5 cm, y para las arbustivas un DB (diámetro basal) menor a 5 cm. En cada estrato se midió la altura, cobertura y distancia al manantial de cada una de las plantas. Tanto para el estrato arbóreo como para el arbustivo, se determino la cobertura de la vegetación utilizando el DAP en el caso del estrato arbóreo y el diámetro basal para el estrato arbustivo. La cobertura fue expresada en porcentaje de acuerdo a lo propuesto por Meza-Sánchez (2002).

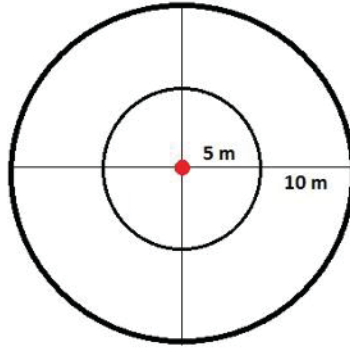


Figura 3. Diseño de parcelas para evaluar los estratos arbóreo (10 m), y arbustivo (5 m) en torno a los manantiales, centrando las parcelas en el manantial.

De acuerdo a la posición y afloramiento, se determinó el tipo de manantial al cual pertenecieron los manantiales estudiados.

ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA DE LOS MANANTIALES

Se evaluó las características de la vegetación y variables topográficas de las tres localidades en torno a los manantiales. Las características se evaluaron en relación a la riqueza de especies por manantial y por localidad. Primero se estableció un área de influencia en torno a cada manantial, en donde el tamaño del área fue determinado de acuerdo a la especie con el ámbito hogareño más grande registrado en cada localidad (*Puma concolor* y *Panthera onca*) con base en la revisión de literatura. Se seleccionó un promedio de ámbito hogareño promedio para pumas y jaguares de 60 km² que se reportan para la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala. (Núñez *et al.* 2002). Se estableció un área de influencia para cada manantial de 60 km², ya que el estudio de Núñez *et al.* (2002) corresponde al estudio de la localidad más cercana y ecológicamente mas similar a nuestra área de estudio.

Utilizando los valores promedio, máximos y mínimos de temperatura y precipitación se seleccionaron seis de las 19 variables ambientales disponibles en WORLDCLIM (www.worldclim.org), para determinar las características ambientales principales que presentan los manantiales y los hábitats asociados. Las variables ambientales analizadas presentan una resolución de 1 km² y son : BIO1 = temperatura media anual, BIO5 = temperatura máxima de

mes más caluroso, BIO6 = temperatura mínima de mes más frío, BIO12 = precipitación anual, BIO13 = precipitación de mes más húmedo, BIO14 = precipitación de mes más seco. Posteriormente, con la ayuda de las herramientas de un Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGis ESRI 9.3, se delimitaron las variables ambientales seleccionadas para el área de estudio. Con la ayuda de un modelo digital de elevación (MDE) se generó una capa de la misma superficie a una resolución de un segundo de arco ($30 \approx m$), sobreponiéndola a las variables. Utilizando la propiedad de autocorrelación espacial (Hawths Tools), se generó un archivo con 3,000 puntos escogidos al azar sobre el área. Posteriormente, con la misma herramienta se tomó la muestra de cada variable climática (cada punto muestra el valor de la variable asignado a ese punto). Finalmente se calculó la distancia inversa ponderada, con lo que el programa calculó los valores intermedios entre los puntos muestreados y se generaron los mapas de las variables ambientales a una resolución de 30 m.

Una vez generados los insumos necesarios para analizar las características ambientales asociadas a los manantiales, se sobrepuso el área de influencia generado anteriormente, para determinar los valores ambientales de cada manantial, y los rangos de las tres localidades.

Utilizando el MDE, se generaron dos mapas con el software Idrisi Andes; uno de aspecto (orientación), y otro de pendiente (inclinación) para los *buffer* generados, y al igual que con las variables ambientales, se extrajo la información sobre los manantiales analizados. Se generó un índice de posición topográfica (IPT), o mapa de geoformas. Consiste en la diferencia entre la elevación de una celda y la elevación promedio de las celdas más cercanas (Guisan *et al.*, 1999, Jones *et al.*, 2000). Los valores positivos indican que la celda está situada en una posición altitudinal superior a la de las celdas que la rodean, mientras que valores negativos indicarán que ésta se encuentra en una posición altitudinal inferior. La combinación de IPT y la pendiente del sitio en que se encuentra el manantial nos permitió situarlos en el contexto general del paisaje. De acuerdo con Jenness, (2006) se definieron seis categorías de posición de los manantiales a lo largo de la pendiente, cañada, ladera, cima, mesa, planicie y valle. El proceso para obtener el IPT y su clasificación se efectuó mediante la extensión “topography tools 9.3”, para ArcGis ESRI 9.3. .

Los ríos perenes que se encuentran en nuestra área de estudio se determinaron de acuerdo al mapa hidrológico de Manderey-R y Torres-Ruata (1990) de la Comisión Nacional para el

Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Se midió la distancia en línea recta de cada manantial al río perene más cercano.

Para estimar la densidad humana en las áreas de influencia de los manantiales, se localizó a las poblaciones humanas con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda del 2005, presentado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (www.inegi.org.mx). Mediante una aplicación de ArcGis 9.3, se midió distancia inversa ponderada (IDW), para evaluar la influencia de las localidades sobre los buffer generados. La IDW asume que cada punto del set de datos tiene una influencia local que disminuye con la distancia y que por lo tanto los valores de los puntos cercanos al nodo que se procesa tiene mayor importancia o peso en el valor será signado al mismo. Por último se evaluó la accesibilidad a cada uno de los manantiales, considerándose la distancia a carreteras, brechas, y veredas, utilizando cartas topográficas de INEGI 1:250,000.

Para evaluar la calidad del hábitat en torno a los manantiales estudiados, se utilizó la teledetección o percepción remota mediante imágenes de satélite. Tecnología de gran utilidad que nos permite medir y registrar la energía electromagnética reflejada o emitida por la superficie de la Tierra, y relacionar tales mediciones con su naturaleza y distribución (Lira, 1987).

Las imágenes de satélite utilizadas fueron tomadas en noviembre del año 2005 por el satélite Landsat, el cual cuenta con imágenes de alta resolución (30 m) sobre extensiones considerablemente amplias (185 x 185 km), lo que nos permitió evaluar el vigor de la vegetación y se puede entender como la calidad de hábitat de la región de estudio (Martín-González *et al.*, 2007).

La forma de medir la calidad del hábitat, fue utilizando un índice de vegetación, el cual se basa en el principio del comportamiento radiométrico de la vegetación vigorosa, aprovechando las características únicas de la vegetación verde, debido a que la vegetación verde vigorosa absorbe el componente rojo visible (0.61-0.68 μm) del espectro por la clorofila, reflejando así muy poca energía solar con respecto a otras coberturas posibles y por otro lado, la vegetación verde vigorosa tiene una gran reflectancia de la energía solar para el componente infrarrojo cercano (0.78-0.89 μm) del espectro, debido a las paredes de las células en las hojas llenas de agua (Eastman, 2006).

Eastman (2006), presentó una clasificación de dichos índices, los cuales están constituidos en aquellos basados en la pendiente y aquellos basados en la distancia. Los índices basados en la pendiente, que son los más ampliamente usados en la evaluación de los recursos naturales, se basan en la combinación de dos bandas electromagnéticas (rojo-infrarrojo cercano), las cuales pueden medir el estado, la abundancia y la biomasa de la vegetación verde.

El índice de vegetación de diferencia normalizada o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) que utilizamos en este estudio, está basado en la pendiente. Este índice propuesto por Rouse *et al.* (1974), minimiza los errores por efectos de la topografía, y produce una escala lineal de medición. Otra ventaja que presenta este índice, es la escala de medición de los resultados que pueden ir desde 1 hasta -1, donde los valores cercanos a -1 indican falta de vegetación, y valores cercanos a 1 indican vegetación vigorosa (Eastman, 2006). La formula en la que se basa el índice es la siguiente:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Infrarrojo cercano} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojo cercano} + \text{Rojo}}$$

RESULTADOS

RIQUEZA ESPECÍFICA

Con un esfuerzo total de captura de 2811 días/trampa en manantiales, y 969 días/trampa en veredas, se registraron 19 especies de mamíferos que corresponden a 17 géneros, 11 familias y 7 ordenes.

La riqueza de mamíferos representan el 61 % de las especies de mamíferos medianos y grandes registradas en Michoacán (32 *spp*; CONABIO, 2005) y el 41 % de los habitantes del bosques tropicales secos de México (46 *spp*; Ceballos y Martínez, 2010).

No todas las especies fueron registradas en cada tratamiento-ubicación (manantial, vereda), ya que hubo registros exclusivos en cada caso. Tres especies se registraron únicamente en las veredas; coyote (*Canis latrans*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y zorrillo de espalda blanca (*Conepatus leuconotus*), y tres especies se registraron exclusivamente en manantiales; oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), jaguarundi (*Puma yagouaroundi*) y zorrillo pygmeo (*Spilogale pygmaea*) (Cuadro 2).

Entre las 19 especies de mamíferos registrados, destacan seis que se encuentran listadas en alguna categoría de la norma oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, y que fueron registrados en los manantiales; cuatro en peligro de extinción; jaguar (*Panthera onca*), ocelote (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*Leopardus wiedii*) y oso hormiguero y dos amenazadas jaguarundi y zorrillo pygmeo, mientras que en las veredas se registraron jaguar, ocelote, y tigrillo (Anexo 1).

RIQUEZA POR LOCALIDAD

La riqueza total de los mamíferos registrados asociados a los manantiales de las tres localidades fue de 16 especies, existiendo variación en la riqueza entre las localidades. La localidad de El Naranjal presento 14 especies, con una especie exclusiva (zorrillo pygmeo) que no se registró en las otras dos localidades. En la localidad de San José de Los Pinos se registraron 13 especies, con una especie exclusiva que fue jaguar, y por último, en La Playa del Venado también se registraron 13 especies, localidad que compartió la riqueza observada de las otras dos localidades (Cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz de riqueza y presencia-ausencia de las especies de mamíferos registrados en torno a manantiales y veredas por localidad (M = manantial, V = vereda).

ESPECIE	SAN JOSÉ DE LOS PINOS		EL NARANJAL		LA PLAYA DEL VENADO	
	M	V	M	V	M	V
<i>Didelphis virginiana</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Dasypus novemcinctus</i>	1	1	1	0	1	0
<i>Tamandua mexicana</i>	1	0	1	0	0	0
<i>Sylvilagus sp.</i>	0	1	0	0	1	1
<i>Sciurus aureogaster</i>	1	1	1	1	1	0
<i>Spermophilus annulatus</i>	1	0	1	1	1	1
<i>Puma concolor</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Puma yagouaroundi</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Leopardus pardalis</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Leopardus wiedii</i>	1	0	1	1	1	1
<i>Panthera onca</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Canis latrans</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Spilogale pygmaea</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Conepatus leuconotus</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Nasua narica</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Procyon lotor</i>	1	0	1	0	1	1
<i>Pecari tajacu</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Odocoileus virginianus</i>	1	1	1	1	1	1
Riqueza de especies	13	11	14	10	13	11

CURVAS DE ACUMULACIÓN TOTAL

El esfuerzo total acumulado fue de 47 semanas de muestreo temporal (manantial y vereda); en la semana 38, se registró la última de las 19 especies de mamíferos reportadas en este estudio. La localidad de La Playa del Venado alcanzó el máximo de especies desde la semana 30 de muestreo. Por el contrario, en San José de Los Pinos hasta en la última semana de muestreo se obtuvo el máximo de especies registradas para la localidad con oso hormiguero como la última especie nueva a la localidad (Fig. 4).

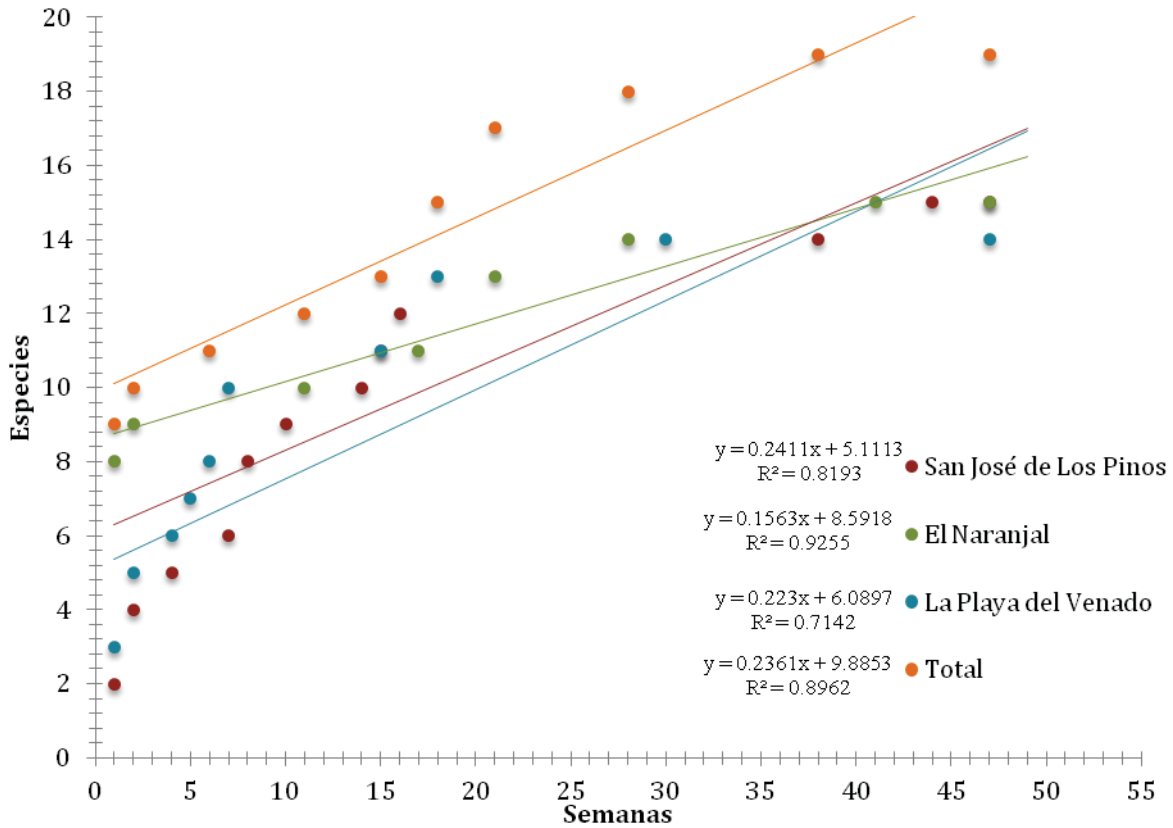


Figura 4. Curva de acumulación de especies combinando el esfuerzo de muestreo en manantiales y veredas por localidad y en general en el estudio.

COMPARACIÓN DE LAS CURVAS DE ACUMULACIÓN ENTRE MANANTIALES Y VEREDAS

El muestreo comparativo entre veredas y manantiales se realizó durante el último periodo de muestreo (abr-may-2011), registrándose 14 especies de mamíferos en los manantiales, y 8 especies en veredas (Fig. 5).

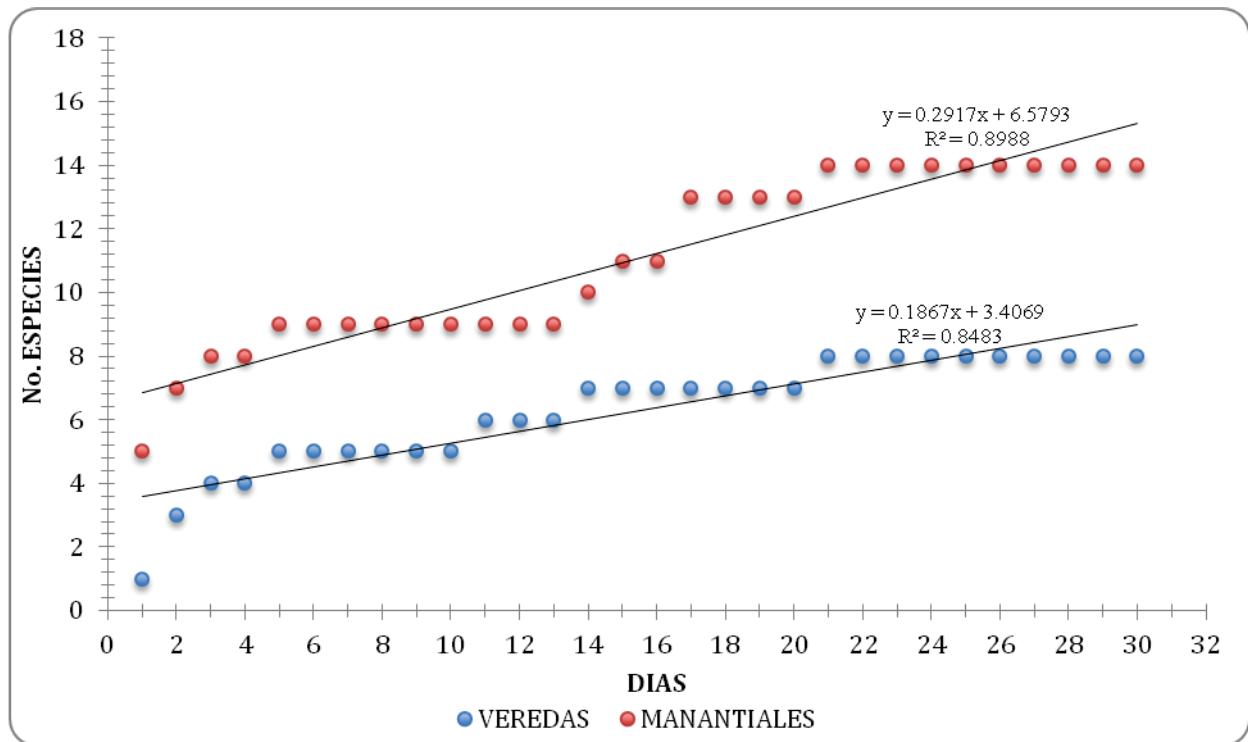


Figura 5. Curvas de acumulación de especies diarias durante el último periodo de muestreo.

El mayor número de especies observadas en un manantial fue de 13, y se observó en el manantial 1 de la localidad de El Naranjal, seguido del manantial 4 de la localidad de La Playa del Venado que presentó 11 especies. Mientras que en la localidad de San José de Los Pinos, se observaron 10 especies en dos manantiales (manantiales 1 y 4). Por último (Cuadro 3). Además de las 19 especies de mamíferos registrados tanto en manantiales como en veredas, se registraron 36 especies de aves y cinco de reptiles, destacando en categoría de riesgo, según la NOM-059-SEMARNAT-2010 cuatro especies de aves (*Nyctanassa violacea*, *Mycteria americana*, *Buteo albonotatus* *Micrastur semitorcuatus*) y cuatro especies de reptiles (*Ctenosaura pectinata*, *Heloderma horridum*, *Micrurus laticollaris*, *Coluber mentovarius*) (Anexo 1).

Cuadro 3. Riqueza de especies por manantial para todo el estudio.

ESPECIE MANANTIAL	San José de Los Pinos						El Naranjal					La Playa del Venado					Total manantiales
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
<i>Didelphis virginiana</i>	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
<i>Tamandua mexicana</i>	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Sylvilagus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Sciurus aureogaster</i>	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	9
<i>Spermophilus annulatus</i>	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	9
<i>Puma concolor</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14
<i>Puma yagouaroundi</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	4
<i>Leopardus pardalis</i>	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
<i>Leopardus wiedii</i>	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	10
<i>Panthera onca</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Spilogale pygmaea</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Nasua narica</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
<i>Procyon lotor</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	4
<i>Pecari tajacu</i>	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	12
<i>Odocoileus virginianus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Total especies	10	4	6	10	7	6	13	10	7	8	7	9	9	7	11	7	
Esfuerzo de Captura por Manantial	225	48	98	119	180	118	208	174	226	240	76	240	230	265	280	84	

VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA TASA DE CAPTURA

Para los manantiales y veredas se obtuvo 28,690 (2,811 días/trampa) y 631 (969 días/trampa) fotografías de mamíferos respectivamente incluyendo aquí las tres fotografías que la trampa cámara tomaba por cada evento en un lapso de un minuto (Cuadro 4).

En las fotografías de los manantiales, el 53.89 % corresponde a una sola especie, coatí (*Nasua narica*), siendo la especie más fotografiada en las tres localidades. Al contrario del conejo (*Sylvilagus* sp.), especie para la que solamente se obtuvo una fotografía en manantial (Cuadro 4). La localidad de La Playa del Venado aportó el porcentaje más alto con 45.8 % de las fotografías tomadas en los manantiales, en la localidad de El Naranjal el 41 %, mientras que en San José de Los Pinos se obtuvo el 13.2 % (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de fotografías obtenidas en manantiales y veredas por especie para cada una de las tres localidades estudiadas (M = manantial, V = vereda).

ESPECIE	SAN JOSÉ DE LOS PINOS		EL NARANJAL		LA PLAYA DEL VENADO		TOTAL POR ESPECIE
	M	V	M	V	M	V	
<i>Didelphis virginiana</i>	20	6	48	5	113	14	206
<i>Dasyus novemcinctus</i>	9	2	7	0	6	0	24
<i>Tamandua mexicana</i>	3	0	7	0	0	0	10
<i>Sylvilagus sp.</i>	0	6	0	0	1	116	123
<i>Sciurus aureogaster</i>	62	5	57	6	184	0	314
<i>Spermophilus annulatus</i>	9	0	434	39	157	8	647
<i>Puma concolor</i>	62	9	187	2	27	16	303
<i>Puma yagouaroundi</i>	0	0	13	0	2	0	15
<i>Leopardus pardalis</i>	20	1	320	18	238	14	611
<i>Leopardus wiedii</i>	40	0	37	3	37	2	119
<i>Panthera onca</i>	23	2	0	0	0	0	25
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	0	1	0	0	0	0	1
<i>Canis latrans</i>	0	0	0	0	0	2	2
<i>Spilogale pygmaea</i>	0	0	7	0	0	0	7
<i>Conepatus leuconotus</i>	0	0	0	2	0	0	2
<i>Nasua narica</i>	2221	62	7120	40	5997	23	15463
<i>Procyon lotor</i>	9	0	6	0	25	1	41
<i>Pecari tajacu</i>	690	18	1448	77	2284	31	4548
<i>Odocoileus virginianus</i>	640	63	2044	19	4076	18	6860
TOTAL POR TIPO DE CAMARA Y LOCALIDAD	3808	175	11735	211	13147	245	
ESFUERZO DE CAPTURA (días/trampa)	788	372	924	406	1099	191	

VARIACIÓN DE LA TASA DE CAPTURA ENTRE LOCALIDADES

Entre las 28,690 fotografías obtenidas en manantiales se obtuvo un total de 3,348 fotografías independientes, de las cuales se obtuvieron 5,963 registros independientes considerando los criterios de independencia para ciclos de 1 y de 24 horas antes descritos (Cuadro 5). La diferencia entre el número de fotografías independientes y los registros independientes se debe a que en algunas fotografías se observó más de un individuo, y el número de registros independientes considerado fue igual al número de individuos observados en la misma. Las especies con mayor tasa de captura durante todo el estudio para las tres localidades fueron, coatí, pacarí (*Pecari tajacu*) y venado (*Odocoileus virginianus*), respectivamente. Para las especies en estatus, el ocelote presentó tasa de captura más alta en las tres localidades (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tasa de captura de los mamíferos registrados en los manantiales con ciclos de 24 horas de independencia para las tres localidades y total FI = fotografías independientes, RI = registros independientes, TC = tasa de captura (registros independientes *100 días/trampa).

ESPECIE	SAN JOSÉ DE LOS PINOS			EL NARANJAL			LA PLAYA DEL VENADO			TOTAL POR ESPECIE		
	FI	RI	TC	FI	RI	TC	FI	RI	TC	FI	RI	TC
<i>Didelphis virginiana</i>	9	9	1.14	22	23	2.31	36	36	3.28	67	68	2.36
<i>Dasytus novemcinctus</i>	4	4	0.51	4	4	0.40	3	3	0.27	11	11	0.38
<i>Tamandua mexicana</i>	1	1	0.13	3	3	0.30	0	0	0.00	4	4	0.14
<i>Sylvilagus sp.</i>	0	0	0.00	0	0	0.00	1	1	3.91	1	1	1.49
<i>Sciurus aureogaster</i>	19	19	2.41	20	20	2.01	43	49	4.46	82	88	3.05
<i>Spermophilus annulatus</i>	6	6	0.76	84	85	8.55	46	43	0.09	136	134	3.19
<i>Puma concolor*</i>	16	16	2.03	40	44	4.43	8	8	0.73	64	68	2.36
<i>Puma yagouaroundi</i>	0	0	0.00	5	5	0.50	1	1	0.09	6	6	0.21
<i>Leopardus pardalis*</i>	6	7	0.89	87	89	8.95	53	56	5.10	146	152	5.28
<i>Leopardus wiedii</i>	12	12	1.52	13	13	1.31	9	9	0.82	34	34	1.18
<i>Panthera onca</i>	10	10	1.27	0	0	0.00	0	0	0.00	10	10	0.35
<i>Spilogale pygmaea</i>	0	0	0.00	3	3	0.30	0	0	0.00	3	3	0.10
<i>Nasua narica*</i>	436	616	78.17	775	2009	202.11	855	1453	132.21	2066	4078	141.55
<i>Procyon lotor</i>	3	3	0.38	1	1	0.10	12	12	1.09	16	16	0.56
<i>Pecari tajacu*</i>	71	145	18.40	118	314	31.59	138	368	33.48	327	827	28.71
<i>Odocoileus virginianus*</i>	72	92	11.68	145	171	17.20	158	200	18.20	375	463	16.07
Total de fotografías independientes	665	940		1320	2784		1363	2239		3348	5963	
Total de registros independientes			788			924			1099			2811
Esfuerzo de captura (días/trampa)												

*Especies cuyas tasas se compararon estadísticamente.

VARIACIÓN DE LA TASA DE CAPTURA ENTRE ETAPAS DE LA ÉPOCA DE SEQUÍA

En la primer etapa del periodo de muestreo (Ene-Mar-2010), se registraron 10 de las 16 especies de mamíferos que usaron los manantiales durante todo el estudio. Durante el segundo periodo (Abr-Jun-2010), se adicionan tres especies; jaguar, zorrillo pigmeo y armadillo (*Dasypus novemcinctus*). En el tercer periodo (Nov-Dic-2010) se adicionan dos especies (oso hormiguero y jaguarundi), y en el quinto periodo (Abr-May-2011) de muestreo, se agregó la última especie (conejo) a la lista de 16 especies registradas en manantiales (Cuadro 6).

La especie con la mayor tasa de captura del estudio para los cinco periodos de muestreo fue el coatí con 137.9 en promedio (Cuadro 6). La especie con la menor tasa de captura durante el estudio fue el conejo (Cuadro 6).

Para venado, pecarí y coatí, la tasa de captura más alta que indica una mayor actividad en los manantiales, se observó durante las etapas 2 y 5, que corresponden a la época de fin del periodo de sequía del 2010 y 2011 respectivamente. Por el contrario la tasa de captura más baja para las tres especies se observó durante el periodo 3, que corresponde al inicio de secas del segundo año (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tasa de captura de los mamíferos registrados en los manantiales para los cinco periodos de muestreo FI = fotografías independientes, RI = registros independientes, TC = tasa de captura (registros independientes *100 días/trampa).

ESPECIE	PERIODO1			PERIODO2			PERIODO3			PERIODO4			PERIODO5		
	FI	RI	TC	FI	RI	TC	FI	RI	TC	FI	RI	TC	FI	RI	TC
<i>Didelphis virginiana</i>	6	7	1.8	10	10	1.4	10	10	2.4	18	18	2.2	23	23	5.3
<i>Dasyus novemcinctus</i>	0	0	0.0	5	5	0.7	2	2	0.5	1	1	0.1	3	3	0.7
<i>Tamandua mexicana</i>	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	0.2	1	1	0.1	2	2	0.5
<i>Sylvilagus sp.</i>	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	0.2
<i>Sciurus aureogaster</i>	7	7	1.8	33	33	4.5	8	8	1.9	16	16	2.0	18	18	4.1
<i>Spermophilus annulatus</i>	34	34	8.5	19	20	2.7	4	4	1.0	41	42	5.1	38	38	8.7
<i>Puma concolor*</i>	21	25	6.3	21	21	2.9	4	4	1.0	13	13	1.6	5	5	1.1
<i>Puma yagouaroundi</i>	0	0	0.0	0	0	0.0	1	1	0.2	5	5	0.6	0	0	0.0
<i>Leopardus pardalis*</i>	32	34	8.5	32	33	4.5	16	16	3.8	39	42	5.1	27	27	6.2
<i>Leopardus wiedii</i>	1	1	0.3	14	14	1.9	1	1	0.2	10	10	1.2	8	8	1.8
<i>Panthera onca</i>	0	0	0.0	2	2	0.3	0	0	0.0	3	3	0.4	5	5	1.1
<i>Spilogale pygmaea</i>	0	0	0.0	3	3	0.4	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0
<i>Nasua narica*</i>	406	811	202.8	1147	2097	285.7	97	161	38.2	261	639	78.1	155	372	84.9
<i>Procyon lotor</i>	3	3	0.8	5	5	0.7	7	7	1.7	0	0	0.0	1	1	0.2
<i>Pecari tajacu*</i>	44	129	32.3	119	270	36.8	22	58	13.8	89	224	27.4	53	146	33.3
<i>Odocoileus virginianus*</i>	30	47	11.8	121	158	21.5	27	30	7.1	121	137	16.7	76	91	20.8
Total	584	1098	400	1531	2671	734	200	303	421	618	1151	818	415	740	438
Esfuerzo de captura															

*Especies cuyas tasas se compararon estadísticamente.

Fue posible comparar estadísticamente las tasas de captura para cinco especies entre localidades y etapas. Existió diferencia significativa entre localidades para el ocelote ($H = 20.96$, G.L 2, $P = 0.0001$), con una tasa de captura comparativamente más baja para San José de Los Pinos con 0.89, mientras que en La Playa del Venado y El Naranjal fue de 5.10 y 8.95 respectivamente. En coatí ($H = 12.22$, G.L 2, $P = 0.0022$) se observó una tasa menor en la localidad de San José de Los Pinos (78.17), después La Playa del Venado (132.21) y El Naranjal (202.11). Entre periodos las diferencias significativas se observaron en venado ($H = 14.58$, G.L 4, $P = 0.0056$) en el coatí ($H = 13.78$, G.L 4, $P = 0.008$) con tasas relativamente más bajas para el periodo 3 (inicio de secas) en ambos casos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores de la anova no paramétrica Kruskal-Wallis para las diferencias de la tasa de captura entre localidades y periodos.

ESPECIE	LOCALIDADES		PERIODOS	
	H	P	H	P
<i>Puma concolor</i>	4.90	0.0859	6.53	0.159
<i>Leopardus pardalis</i>	20.96	0.0001*	5.17	0.2692
<i>Nasua narica</i>	12.22	0.0022*	13.78	0.008*
<i>Pecari tajacu</i>	3.92	0.1408	5.76	0.2175
<i>Odocoileus virginianus</i>	3.68	0.1585	14.58	0.0056*

*Diferencia significativa

De las 631 fotografías obtenidas en veredas, 205 fotografías fueron consideradas como independientes en ciclos de 24 horas, obteniéndose 224 registros independientes (Cuadro 8).

Debido a que la tasa de captura se estandarizó a 100 noches/trampa, se comparó la tasa de captura para las 13 especies de mamíferos que se registraron tanto en manantiales como en las veredas entre las tres localidades (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de la tasa de captura entre los mamíferos registrados en manantiales y veredas para cada localidad y en general. TC = tasa de captura (registros independientes * 100 días/trampa).

ESPECIE	SAN JOSÉ DE LOS PINOS		EL NARANJAL		LA PLAYA DEL VENADO		TOTAL POR ESPECIE	
	Manantial	Vereda	Manantial	Vereda	Manantial	Vereda	Manantial	Vereda
	TC	TC	TC	TC	TC	TC	TC	TC
<i>Didelphis virginiana</i>	1.14	1.08	2.31	0.99	3.28	5.76	2.36	1.96
<i>Dasybus novemcinctus</i>	0.51	0.54	0.4	0	0.27	0	0.38	0.21
<i>Sylvilagus sp.</i>	0	1.08	0	0	3.91	12.04	1.49	2.79
<i>Sciurus aureogaster</i>	2.41	0.81	2.01	0.49	4.46	0	3.05	0.52
<i>Spermophilus annulatus</i>	0.76	0	8.55	3.2	0.09	3.14	3.19	1.96
<i>Puma concolor*</i>	2.03	1.34	4.43	0.25	0.73	3.66	2.36	1.34
<i>Leopardus pardalis*</i>	0.89	0.27	8.95	2.71	5.1	4.19	5.28	2.06
<i>Leopardus wiedii</i>	1.52	0	1.31	0.25	0.82	0.52	1.18	0.21
<i>Panthera onca</i>	1.27	0.54	0	0	0	0	0.35	0.21
<i>Nasua narica*</i>	78.17	5.65	202.11	4.19	132.21	2.62	141.55	4.44
<i>Procyon lotor</i>	0.38	0	0.1	0	1.09	0.52	0.56	0.10
<i>Pecari tajacu*</i>	18.4	3.76	31.59	1.97	33.48	8.38	28.71	3.92
<i>Odocoileus virginianus*</i>	11.68	4.84	17.2	1.48	18.2	4.71	16.07	3.41
Esfuerzo de captura	788	372	924	406	1099	191	2811	969

*Especies cuyas tasas se compararon estadísticamente.

Entre las 13 especies que fueron registradas tanto en manantiales como en veredas, en 12 de ellas las tasas de captura fueron más altas en los manantiales, y solo en el conejo se observó la tasa de captura más alta en vereda (Cuadro 8). Solo en cinco especies se pudo comparar las diferencias en el número de registros independientes entre manantiales y veredas en un submuestreo balanceado, el coatí, el venado y el pecarí mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), con mayor abundancia de registros independientes de las tres especies en manantiales que en veredas en la prueba de t Student (Cuadro 9).

Cuadro 9. Diferencias en tasas de captura en cinco especies entre manantiales y veredas Valor de prueba de T Student, y valor de probabilidad. .

ESPECIE	T	P
<i>Puma concolor</i>	0.16	0.87
<i>Leopardus pardalis</i>	1.63	0.1141
<i>Nasua narica</i>	4.32	0.0003*
<i>Pecari tajacu</i>	2.65	0.0191*
<i>Odocoileus virginianus</i>	2.54	0.0191*

*Diferencia significativa

PATRÓN DE ACTIVIDAD

La actividad de los mamíferos a lo largo de día en los manantiales se dividió en tres periodos; diurnos (08:01-18:00 hrs), crepusculares (06:01-08:00 y 18:01-20:00 hrs) nocturnos (20:01-06:00 hrs). La actividad crepuscular en las figuras se indica con recuadros rojos. El patrón de actividad general de los mamíferos que usaron los manantiales, en las tres localidades, muestra un pico de actividad entre las 08:01 y 12:00 hrs, con ligera variación a lo largo de los cinco periodos de muestreo (Fig. 6). La actividad muestra un incremento al amanecer (06:01-08:00 hrs), teniendo un pico máximo de actividad entre las 10:01-12:00 hrs, y con una disminución gradual en la tarde. La menor actividad se observó entre las 00:01-04:00 hrs (Fig. 6, D). En 13 de las 16 especies registradas se dispuso de suficientes registros para determinar el patrón de actividad registrada en los manantiales. Las especies para las que no se generó el patrón de actividad, fueron; zorrillo pygmeo, oso hormiguero y conejo.

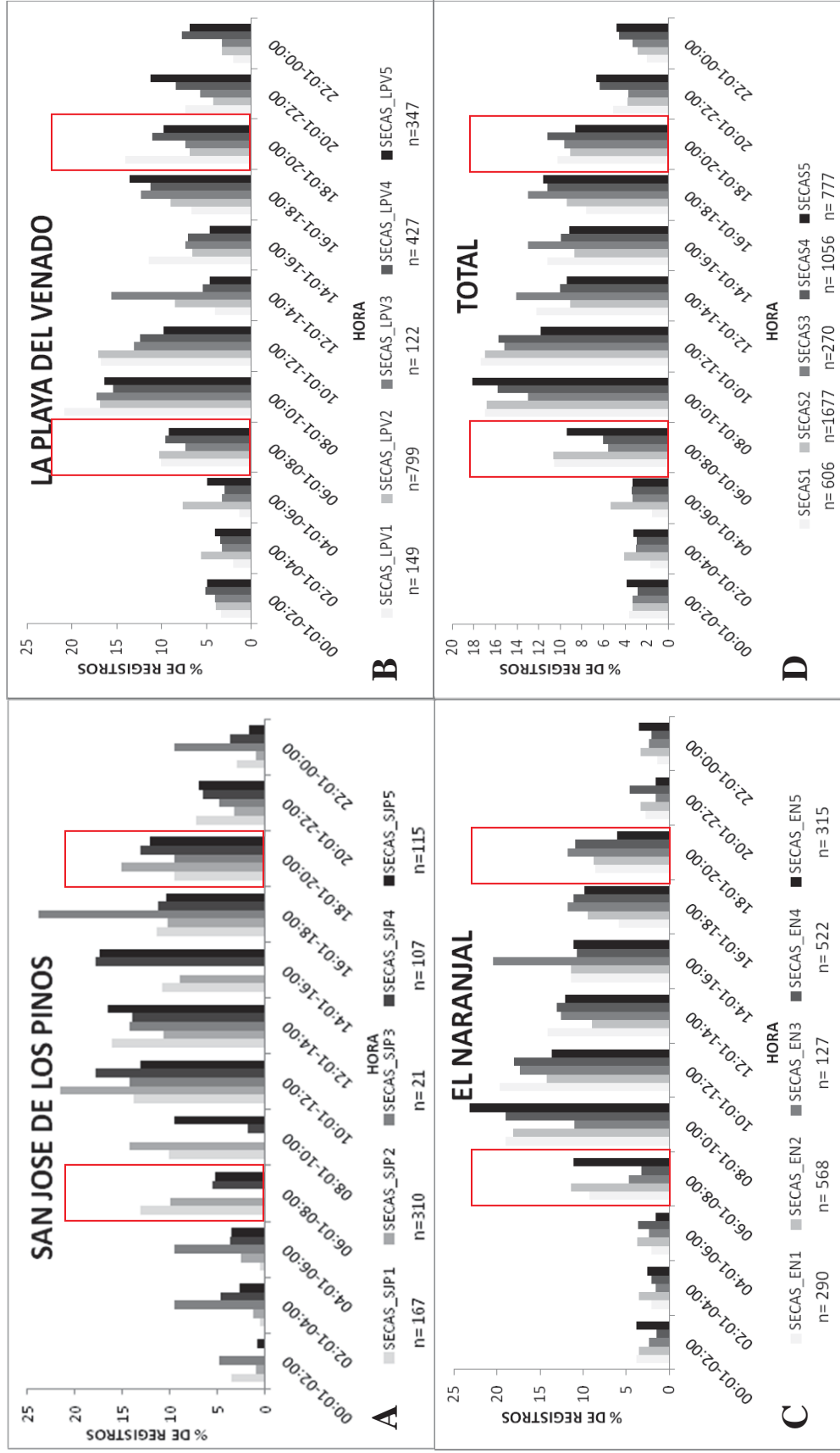


Figura 6. Patrón de actividad de la mastofauna asociada a los manantiales por periodo de muestreo para cada localidad y en total.

La actividad del tlacuache y armadillo es principalmente nocturna, con excepción de un registro de armadillo durante el medio día (Figs. 7 y 8). La actividad de las ardillas fue casi exclusivamente diurna, presentando un pico de actividad entre las 08:01-10:00 hrs, la ardilla gris se registró activa más temprano que el cuinique (Fig. 9).

El patrón de actividad de los felinos varió entre las especies. El jaguarundi presento exclusivamente actividad diurna, mientras que el puma presentó actividad a lo largo del día, con mayor actividad crepuscular al final de la tarde (16:01-22:00 hrs). El ocelote mostró actividad durante todo el día, presentando un pico de actividad entre las 02:01 y las 06:00 hrs (n = 43, 25 %). El tigrillo presentó dos picos de actividad, uno entre 20:01-22:00 hrs (n = 9, 24 %), y el segundo entre las 00:01-02:00 hrs (n = 9, 24 %), sólo se observó un registro diurno entre las 08:01-10:00 hrs Por último, el jaguar presento actividad a lo largo de todo el día (Fig. 10).

Las dos especies de Procyonidos (coatí y mapache), presentaron distintos patrones de actividad. El mapache solo fue nocturno, mientras que el coatí estuvo activo durante las 24 hrs del día, teniendo un pico de mayor actividad entre las 08:01-10:00 hrs, disminuyendo a medida que transcurre el día (Fig. 11).

El pecarí presenta dos picos de actividad, el primero entre 08:01-10:00 hrs y el segundo entre 18:01-20:00 hrs (Fig. 12). En el venado la actividad es todo el día, con un pico de actividad entre las 10:01-12:00 hrs (Fig. 13).

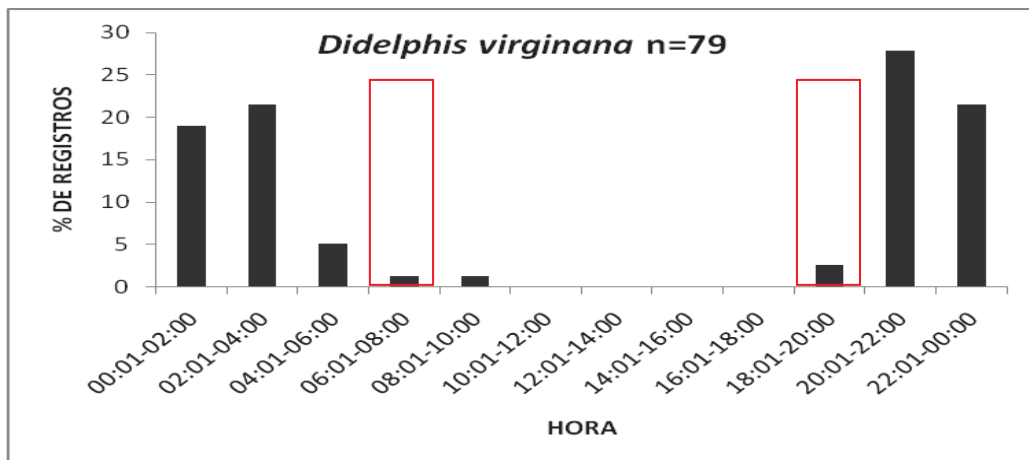


Figura 7. Patrón de actividad total del tlacuache.

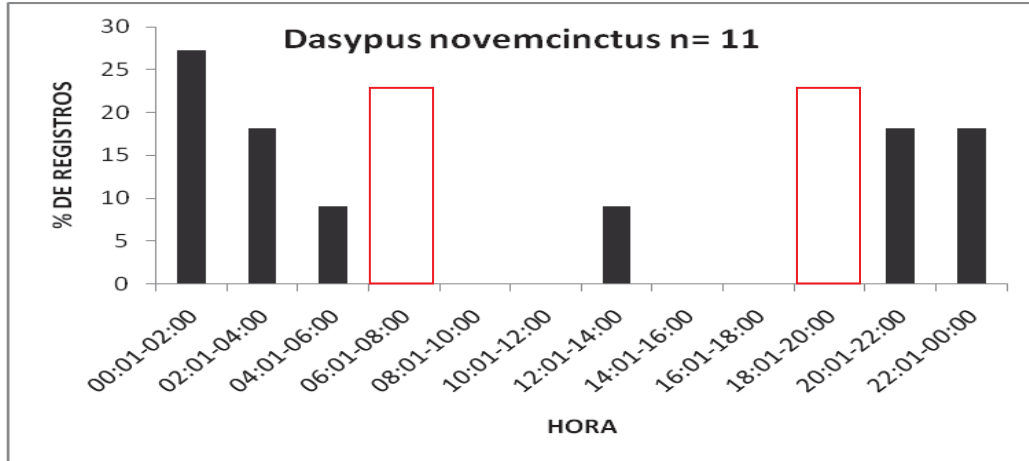


Figura 8. Patrón de actividad del armadillo.

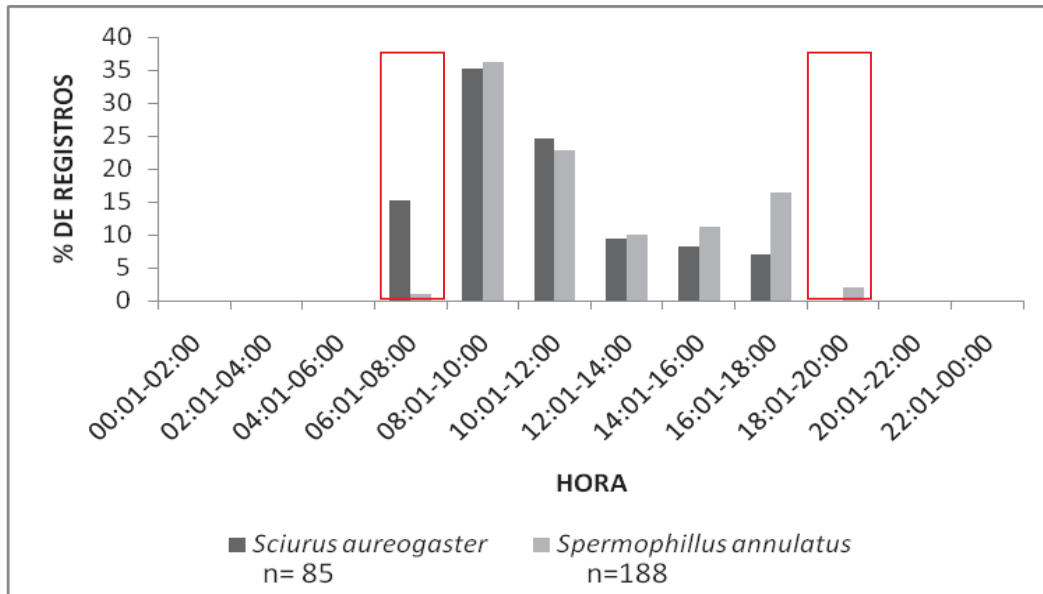


Figura 9. Patrón de actividad de las ardillas registradas en los manantiales.

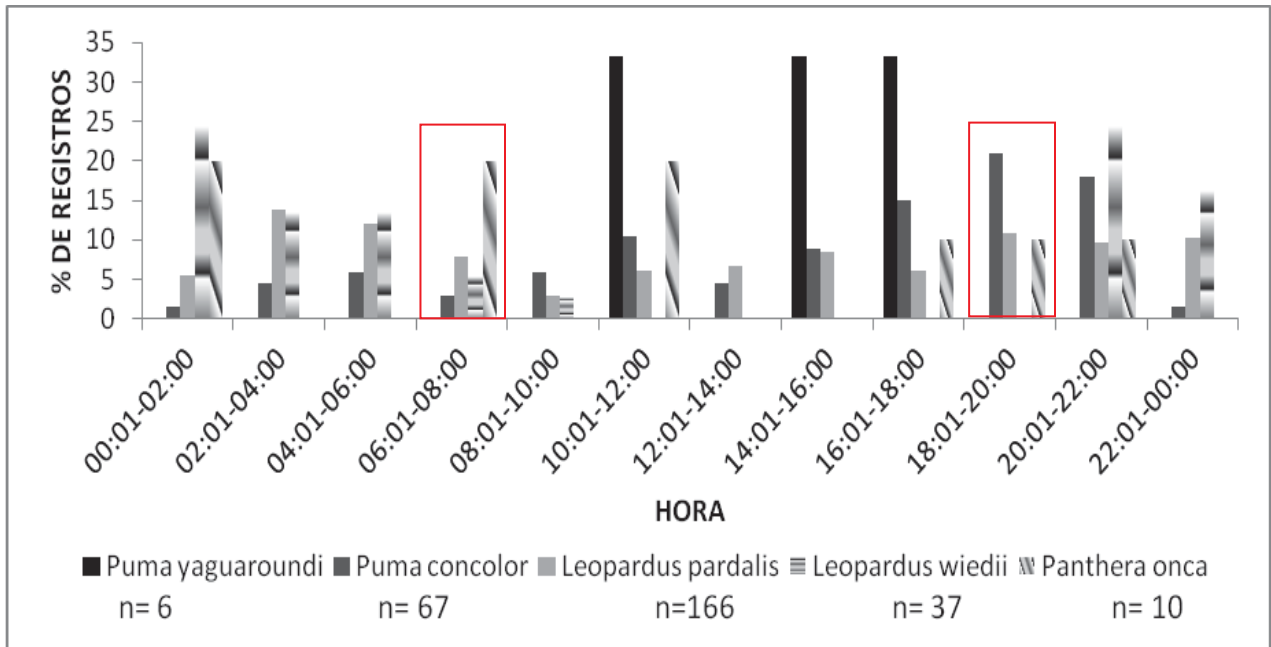


Figura 10. Patrón de actividad de cinco felinos.

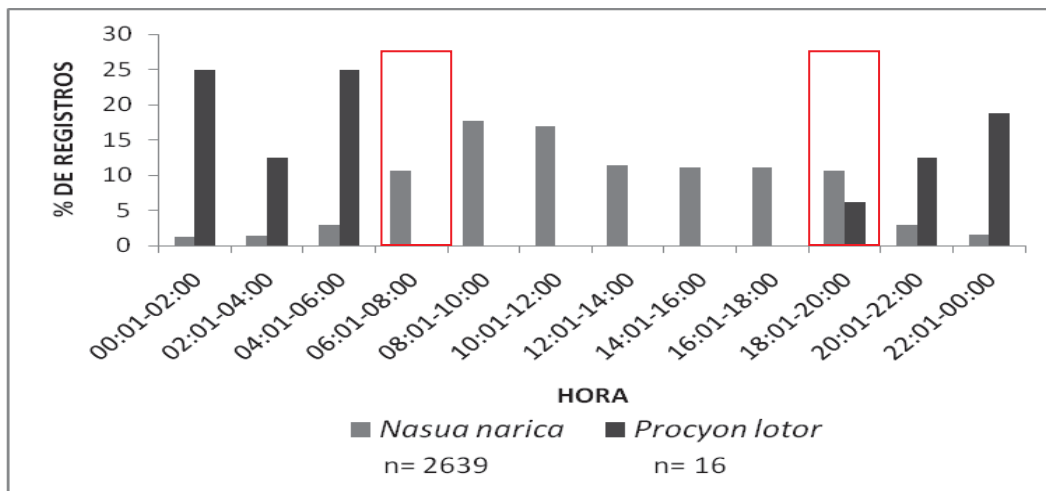


Figura 11. Patrón de actividad de coati y mapache.

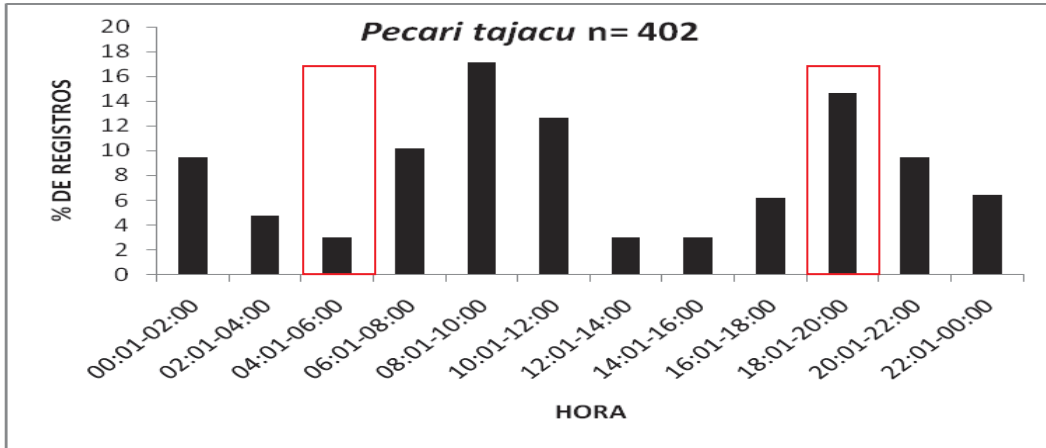


Figura 12. Patrón de actividad del jabalí.

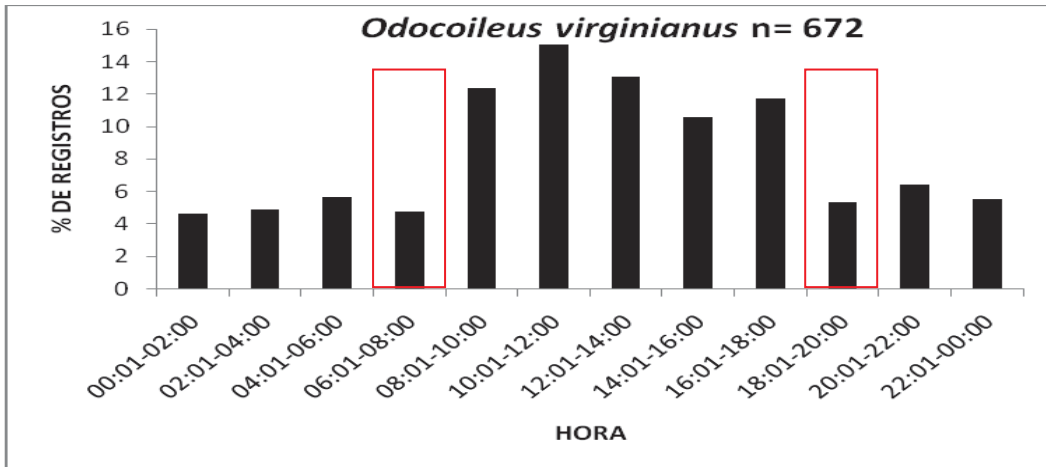


Figura 13. Patrón de actividad del venado.

CARACTERIZACIÓN DE LOS MANANTIALES

En noviembre de 2010, se registró información de las parcelas de vegetación en 12 de los 16 manantiales monitoreados a lo largo del estudio (4 x localidad). Los manantiales que se excluyeron para este análisis fueron aquellos que durante los últimos dos meses del primer periodo de muestreo fueron reemplazados por las razones que fueron detalladas en la metodología.

El área de las parcelas de 10 m de radio que se utilizó para medir el estrato arbóreo fue de 986.96 m² para todos los manantiales, mientras que para las parcelas de 5 m de radio del estrato arbustivo fue de 246.74 m². A pesar de no determinar la composición florística en su totalidad de árboles y arbustos en las parcelas, se observó la presencia de algunas especies características de los bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios de Michoacán en las tres localidades, como lo son; papelillo (*Bursera* sp.), higuera (*Ficus* sp.), Huje (*Brosimum alicastrum*) y culebro (*Astronium graveolens*).

El porcentaje de cobertura vegetal arbórea es mayor en los manantiales de El Naranjal (47.8 % en promedio) y menores en La Playa del Venado (16 % en promedio). El manantial con mayor porcentaje de cobertura arbórea fue el manantial 1 de El Naranjal (82.8 %), mientras que el manantial 1 de La Playa del Venado mostró el menor porcentaje (8.1 %). Para el estrato arbustivo, en general se observó porcentajes de coberturas bajos para todos los manantiales, por ejemplo 0.09 %, 1.1 % y 2.1 % (Cuadro 10).

En cuanto al tipo de manantial, la mayoría (n = 10) son de fondo con respecto a su posición, y por su afloramiento la mayoría son difusos (n = 7) (Cuadro 10). La riqueza de especies de mamíferos parece estar asociada a valores más altos de cobertura arbórea (Cuadro 10).

Cuadro 10. Tipo de manantial, porcentaje de cobertura arbórea y arbustiva, y riqueza de mamíferos.

MANANTIAL	TIPO DE MANANTIAL		PORCENTAJE DE COBERTURA ARBÓREA	PORCENTAJE DE COBERTURA ARBUSTIVA	RIQUEZA DE ESPECIES
	Posición	Afloramiento			
SJP_1	Fondo	Difuso	66.8	5.7	10
SJP_4	Fondo	Difuso	45.9	12.3	10
SJP_5	Ladera	Difuso	30.0	2.1	7
SJP_6	Fondo	Difuso	28.6	4.1	6
EN_1	Fondo	Concentrado	82.8	3.5	13
EN_2	Fondo	Difuso	49.9	4.2	10
EN_3	Fondo	Concentrado	30.9	4.3	7
EN_4	Fondo	Difuso	34.8	16.7	8
LPV_1	Ladera	Concentrado	8.1	1.1	9
LPV_2	Fondo	Concentrado	25.7	5.3	9
LPV_3	Fondo	Difuso	11.9	12.1	7
LPV_4	Fondo	Concentrado	20.8	0.9	11

Utilizando la distancia de los arboles al centro del manantial en cada parcela, se determinó la estructura de la comunidad arbórea en los manantiales de cada localidad. San José de Los Pinos (Fig. 14), El Naranjal (Fig. 15) y La Playa del Venado (Fig. 16).

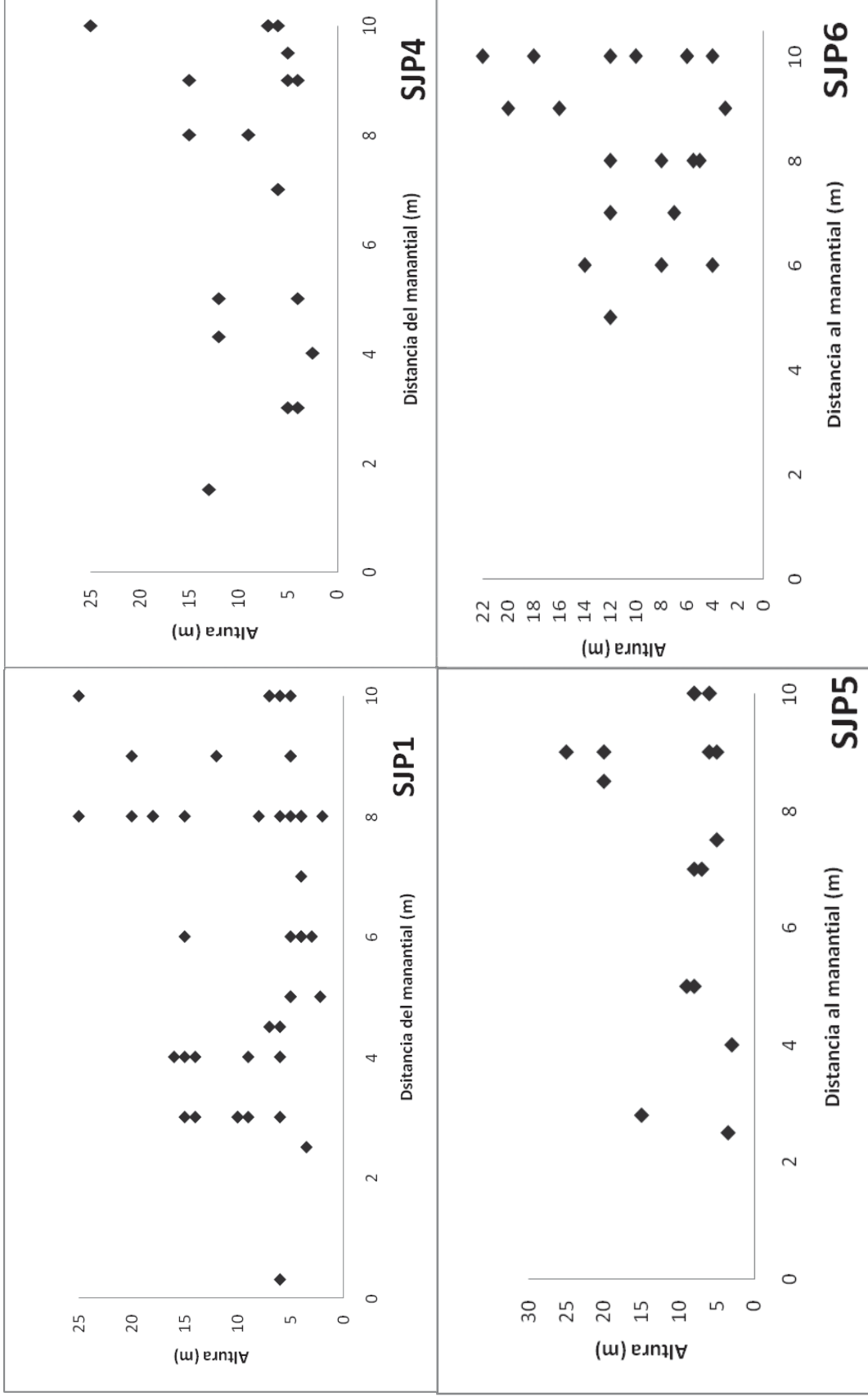


Figura 14. Estructura de los arboles en los manantiales de San José de Los Pinos.

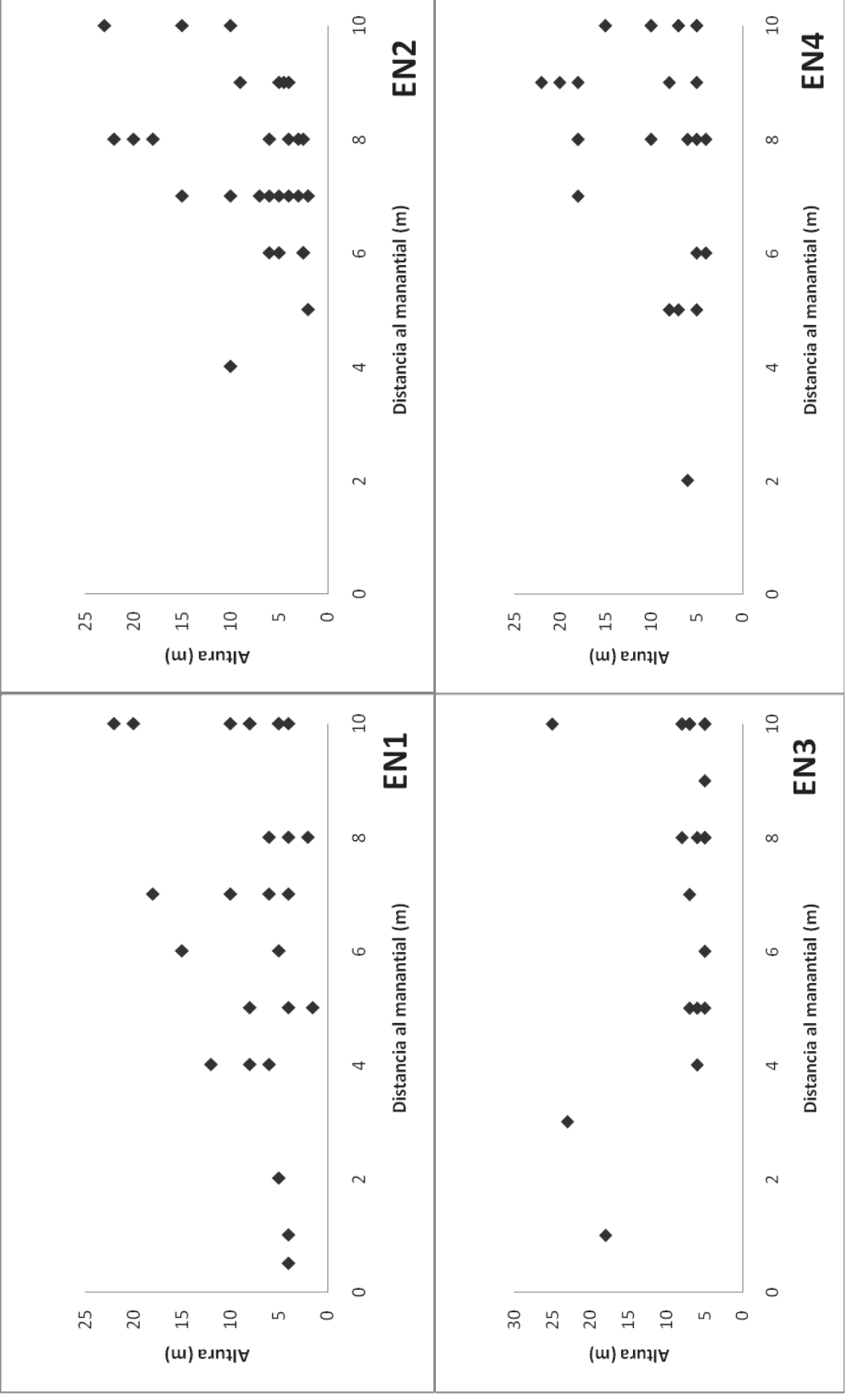


Figura 15. Estructura de los arboles en los manantiales de El Naranjal.

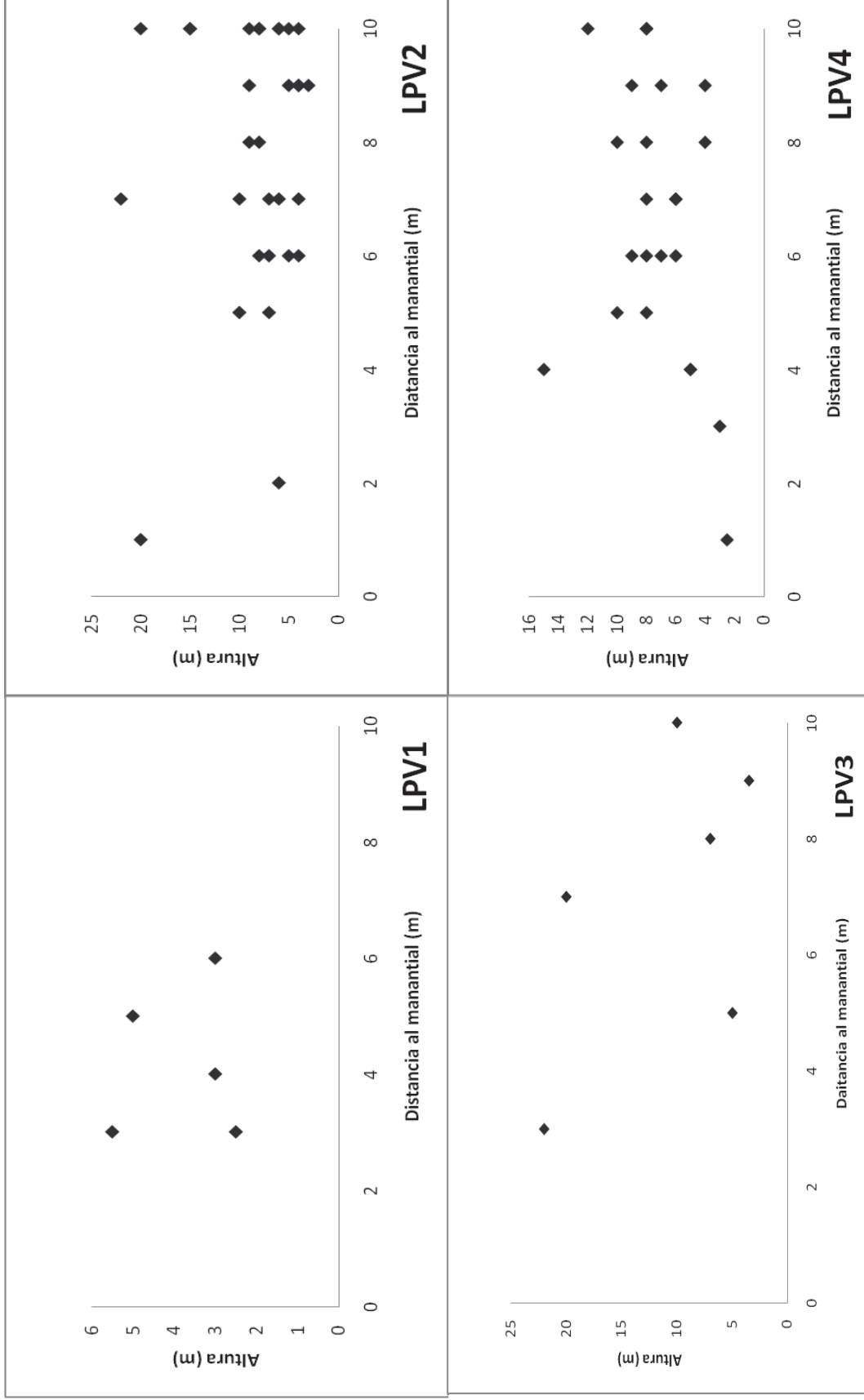


Figura 16. Estructura de los arboles en los manantiales de La Playa del Venado.

ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA DE LOS MANANTIALES

La superficie de las áreas de influencia (60 km^2) delimitadas para el conjunto de manantiales de cada localidad fue distinta ya que la distancia existente entre los manantiales de cada localidad influyó en la dimensión de su área de influencia. Para El Naranjal fue de 112.4 km^2 , en San José de Los Pinos de 105.7 km^2 y en La Playa del Venado de 82.4 km^2 .

Los resultados de las variables ambientales (temperatura y precipitación) para cada uno de los manantiales, muestran que los valores de temperatura media anual (Bio_1), oscilan en general entre los 22.6 y 26.6°C , en donde los las temperaturas máximas del mes más caluroso (Bio_5), se localizan en los manantiales de la localidad de La Playa del Venado (LPV), y las temperaturas máximas del mes más frío están en los manantiales de El Naranjal (EN). En cuanto a la precipitación anual (Bio_12), el manantial EN_1 presenta el valor más alto (1217.8 mm), mientras que los valores de la precipitación del mes más lluvioso (Bio_13) y la precipitación del mes más seco (Bio_14), se localizan en los manantiales de San José de Los Pinos (SJP) (Cuadro 11).

Las variables de aspecto, pendiente y geoforma analizadas para cada manantial mostraron distintos resultados. La orientación de la pendiente (aspecto) en la cual se localizan los manantiales de la localidad El Naranjal, fue en su mayoría ($n=4$) orientados hacia el noreste, mientras que para las otras dos localidades, no existió una orientación predominante. En cuanto a la inclinación de la pendiente en la que se ubican los manantiales, estos ocurrieron desde 7° en el manantial EN_5 hasta 43° en EN_1. La geoforma que predomina para los manantiales fue la de cañada ($n = 13$), seguido de ladera ($n = 2$), y en cima ($n = 1$) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Valores de las variables ambientales y físicas asociadas a los manantiales monitoreados y la riqueza de especies observada.

MANANTIAL	Bio_1 (°C)	Bio_5 (°C)	Bio_6 (°C)	Bio_12 (mm)	Bio_13 (mm)	Bio_14 (mm)	Aspecto	Pendiente	Geoforma	Riqueza de especies
SJP_1	24.7	32.3	14.9	1138.8	291.5	1.4	SUR	33	CAÑADA	10
SJP_2	24.8	32.3	15.0	1146.2	296.4	1.0	SURESTE	15	CAÑADA	4
SJP_3	24.9	32.4	15.1	1143.5	295.9	1.0	SUR	20	CAÑADA	6
SJP_4	25.3	33.0	15.5	1125.3	290.5	1.1	SUROESTE	36	LADERA	10
SJP_5	25.5	33.1	15.6	1125.9	291.6	1.0	OESTE	22	CAÑADA	7
SJP_6	25.5	33.2	15.7	1124.6	291.5	1.0	NOROESTE	16	CAÑADA	6
EN_1	22.6	29.9	13.2	1217.8	288.0	2.8	NORESTE	43	CAÑADA	13
EN_2	23.1	30.6	13.7	1198.6	285.7	2.5	NORESTE	26	CAÑADA	10
EN_3	24.4	32.2	14.8	1153.8	274.8	2.1	NORESTE	12	LADERA	7
EN_4	22.8	30.3	13.5	1206.8	284.1	2.7	NORESTE	16	CAÑADA	8
EN_5	24.2	32.0	14.6	1162.4	277.6	2.1	NOROESTE	7	CAÑADA	7
LPV_1	25.6	33.9	15.5	1023.4	255.3	1.9	SUR	21	CIMA	9
LPV_2	25.5	33.7	15.4	1032.7	257.8	1.9	ESTE	31	CAÑADA	9
LPV_3	25.5	33.7	15.4	1036.6	259.1	2.0	OESTE	22	CAÑADA	7
LPV_4	25.4	33.7	15.4	1034.5	258.3	1.9	OESTE	23	CAÑADA	11
LPV_5	25.3	33.6	15.2	1030.0	256.1	2.0	NORESTE	28	CAÑADA	7

En cuanto al análisis de las variables ambientales para la zona de influencia (Buffer) de los manantiales para cada localidad, estas mostraron que los intervalos de valores más altos para las seis variables, se localizaron en la localidad El Naranjal, mientras que los más bajos fueron para San José de Los Pinos a excepción de la variable Bio_5 que fue para La Playa del Venado (Cuadro 12).

Cuadro 12. Valores de las variables ambientales para las áreas de influencia de las localidades estudiadas.

VARIABLES	SAN JOSE DE LOS PINOS (13 spp)	EL NARANJAL (14 spp)	LA PLAYA DEL VENADO (13 spp)
BIO_1 (°C)	23.0-26.8	19.6-25.6	23.7-26.7
BIO_5 (°C)	30.4-34.6	26.4-33.8	31.8-35.1
BIO_6 (°C)	13.4-16.8	10.6-15.9	13.8-16.6
BIO_12 (mm)	1093-1179	1107-1310	1000-1092
BIO_13 (mm)	282-298	263-301	246-270
BIO_14 (mm)	0.8-1.9	1.6-3.9	1.0-2.7

DISTANCIAS A RÍOS PERMANENTES.

Los manantiales de la localidad La Playa del Venado son los que se encuentran más retirados del río más cercano (Río Balsas), se localizan en promedio a 16 km de distancia, mientras que los de El Naranjal se encuentran en promedio a 3 km del Río Nexpa, y finalmente los de San José de Los Pinos se localizan en promedio a 2.3 km del río Toscano (Fig. 17).

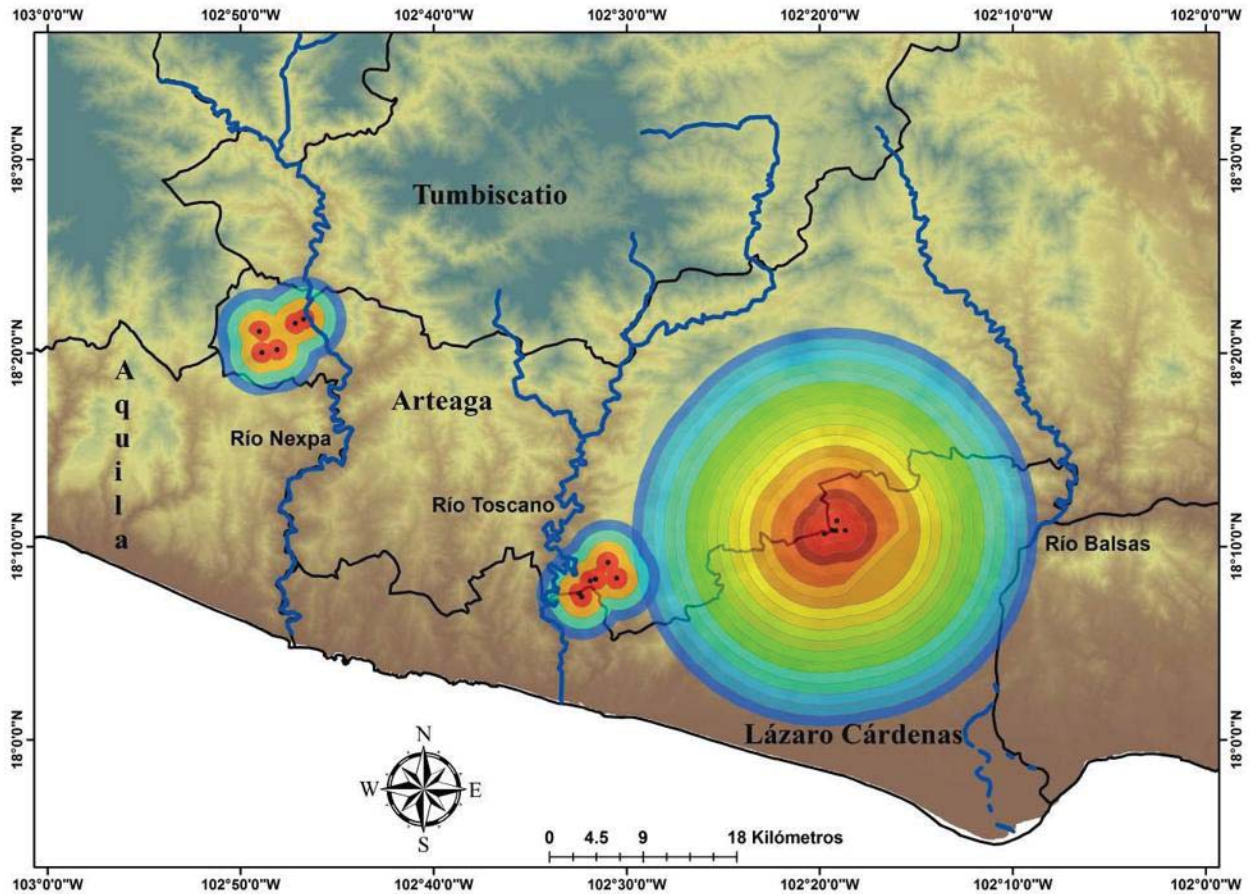
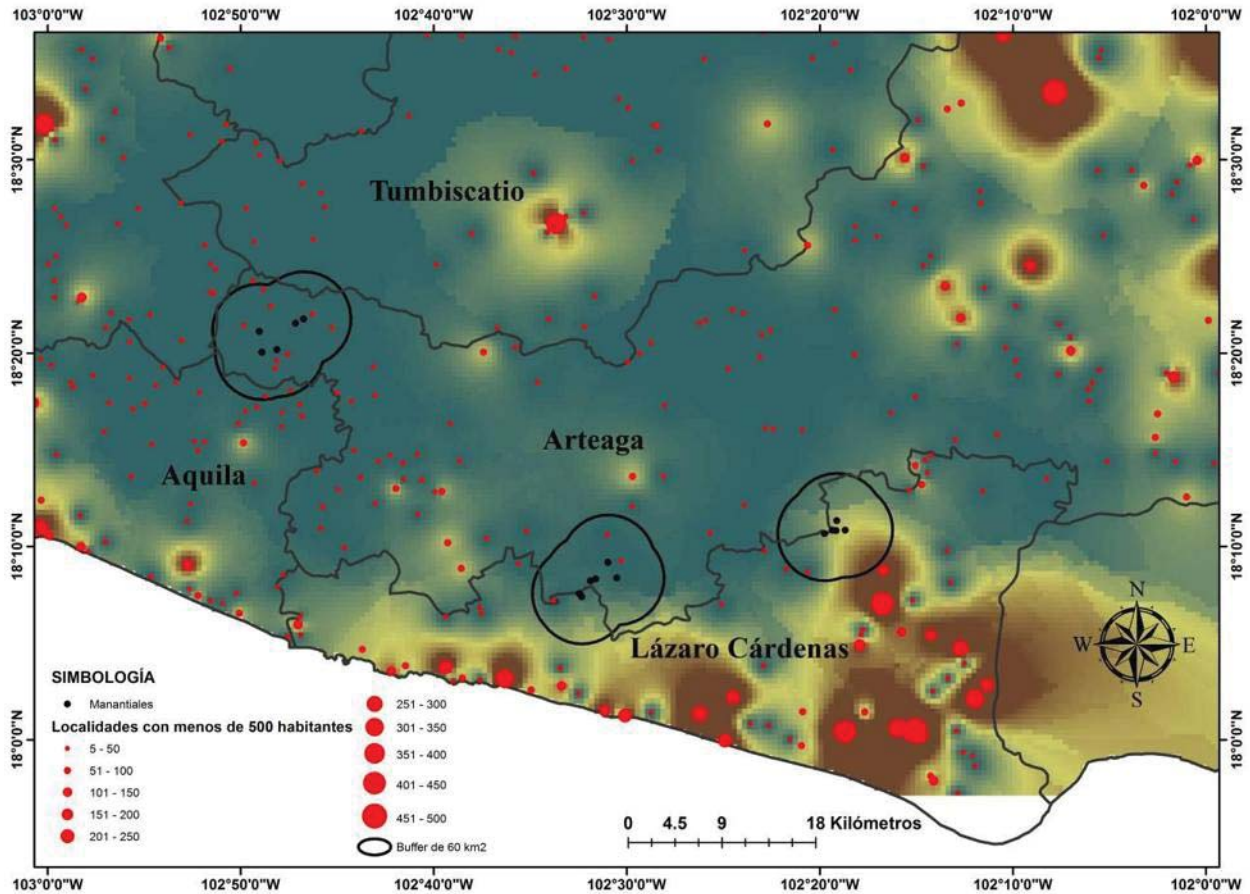


Figura 17. Distancia de los manantiales al cuerpo de agua perene más cercano de acuerdo con Manderey-R y Torres-Ruata (1990) en CONABIO. Cada anillo representa un buffer de 1 km para el manantial.

DENSIDAD HUMANA

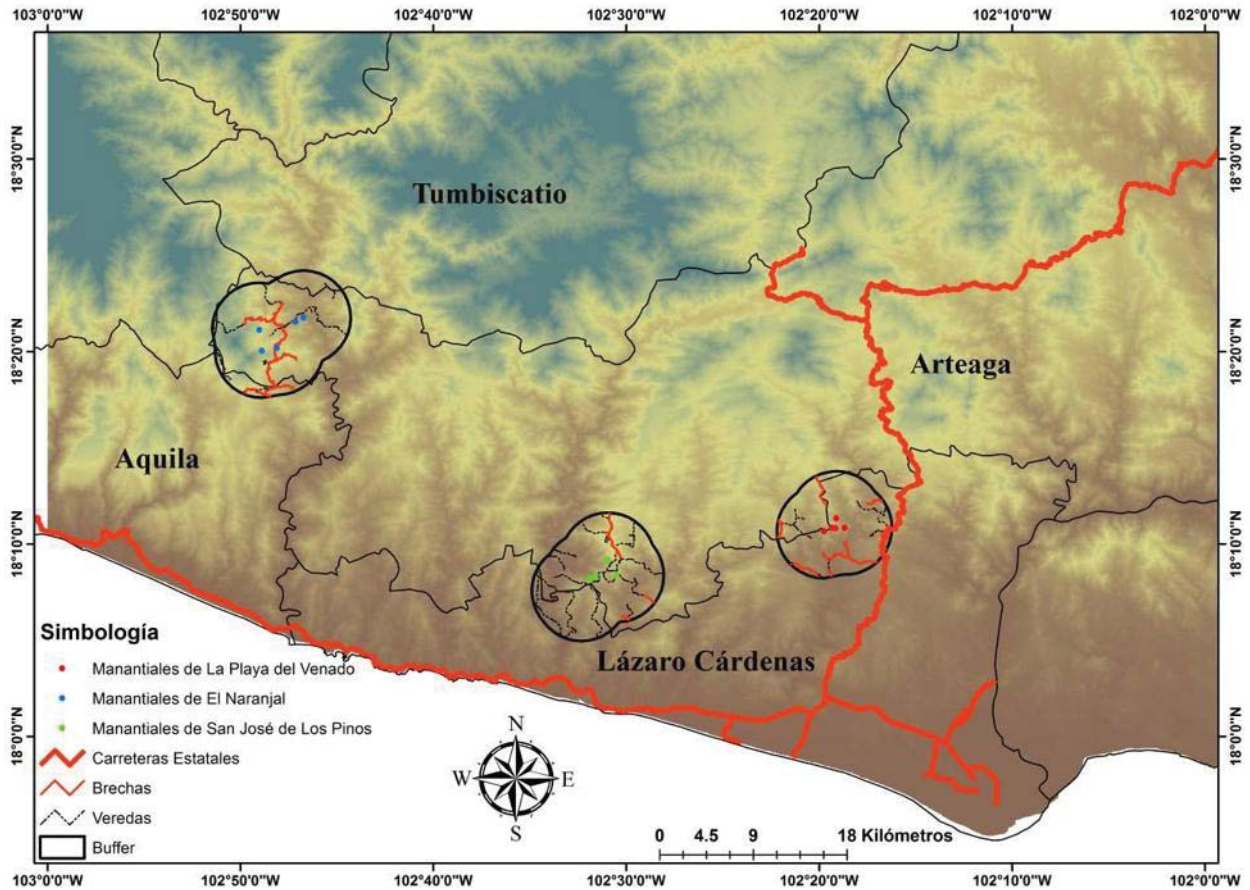
Dentro del área de influencia de las localidades estudiadas se encuentran diversas poblaciones humanas con menos de 50 habitantes. En torno a El Naranjal se presentan 10 poblaciones, en San José de Los Pinos tres, y en La Playa del Venado solo una. La mayoría de las poblaciones con más de 200 habitantes se localizan sobre la costa de Michoacán (Fig. 18). A pesar de que La Playa del Venado presenta solo una localidad dentro del buffer, las localidades en la periferia pueden tener una gran influencia sobre los manantiales de esta localidad (Fig. 18).



Figuras 18. Poblaciones humanas con menos de 500 habitantes y área de influencia en el área de estudio.

ACCESIBILIDAD A LOS MANANTIALES

La accesibilidad a los manantiales monitoreados varía de acuerdo al tipo de camino, en la localidad de La Playa del Venado existe una mayor accesibilidad, por la cercanía de 3.5 km a la carretera estatal Morelia-Lázaro Cárdenas, además de presentar seis caminos o brechas de terracería, las cuales se aproximan hasta 1 km de los manantiales. Por el contrario, los manantiales de San José de Los Pinos, a pesar de presentar el mayor número de veredas cercanas, cuenta con solo una ruta de terracería (Fig. 19).



Figuras 19. Vías de acceso (carreteras, brechas y veredas) en el área de estudio (INEGI, 1:250,000).

VIGOR DE LA VEGETACIÓN.

De acuerdo al NDVI, se determinó la calidad de la vegetación dentro de las áreas de influencia de cada localidad estudiada (Fig. 20). Mostrando que San José de Los Pinos presenta el menor porcentaje en el vigor de la vegetación bajo, mientras que El Naranjal presenta el mayor porcentaje en el vigor de la vegetación alto (Cuadro 13).

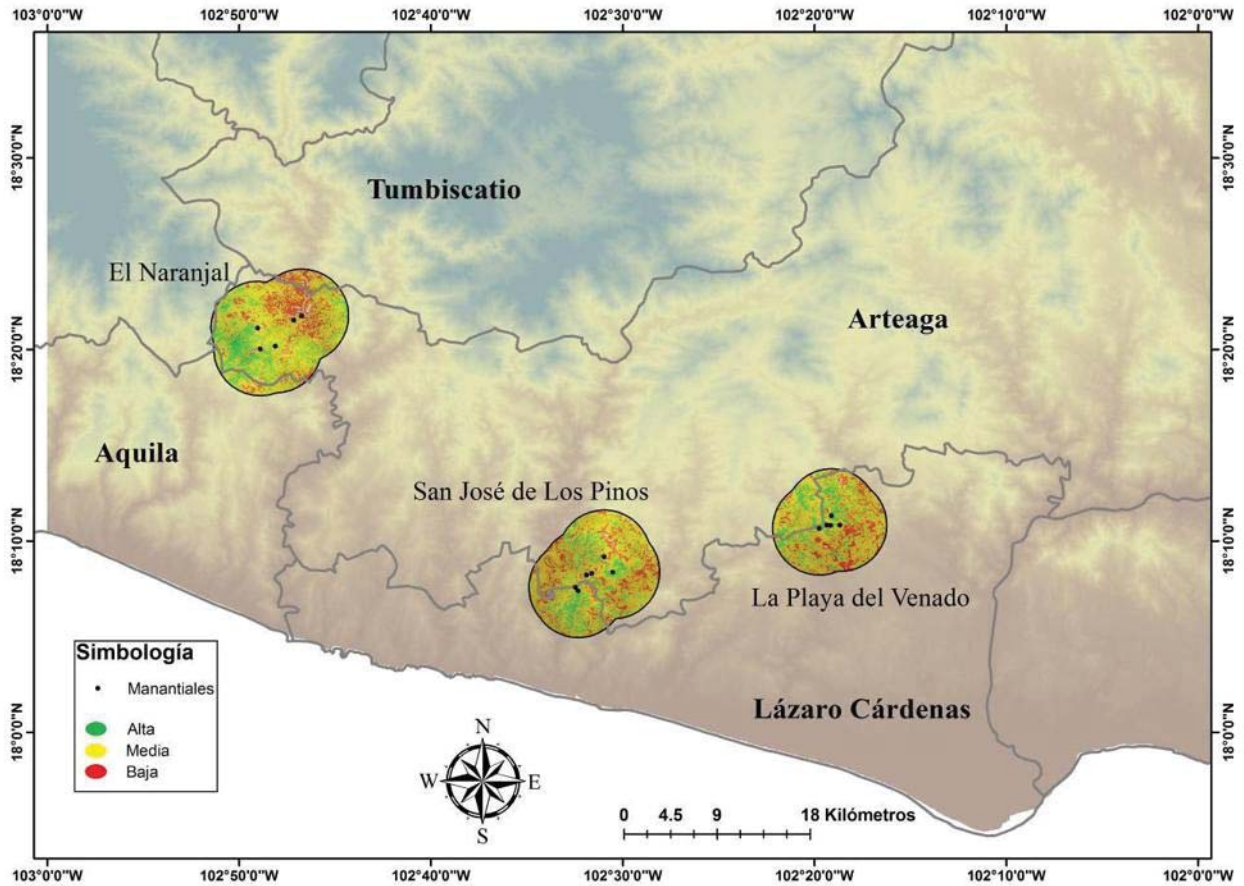


Figura 20. Vigor de la vegetación asociada a los manantiales estudiados.

Cuadro 13. Porcentajes del vigor de la vegetación con respecto a la superficie en las categorías de alta, media y baja para las localidades estudiadas.

LOCALIDAD	CALIDAD ALTA	CALIDAD MEDIA	CALIDAD BAJA
SAN JOSE DE LOS PINOS (13 spp)	14.8	70.0	15.2
EL NARANJAL (14 spp)	16.9	65.5	17.6
LA PLAYA DEL VENADO (13 spp)	16.5	67.7	15.8

A pesar de que El Naranjal presenta el mayor porcentaje de calidad de hábitat alto, cinco de los seis manantiales de San José de Los Pinos se ubican en un hábitat con buena calidad, mientras que el manantial EN_3 de El Naranjal, fue el único que se ubico en la categoría de baja calidad de hábitat (Cuadro 14).

Cuadro 14. Categorías de vigor de vegetación asociada a cada uno de los manantiales y la riqueza de especies observada.

MANANTIAL	Vigor de vegetación	RIQUEZA DE ESPECIES
SJP_1	ALTA	10
SJP_2	ALTA	4
SJP_3	ALTA	6
SJP_4	ALTA	10
SJP_5	MEDIA	7
SJP_6	ALTA	6
EN_1	MEDIA	13
EN_2	MEDIA	10
EN_3	BAJA	7
EN_4	ALTA	8
EN_5	ALTA	7
LPV_1	MEDIA	9
LPV_2	MEDIA	9
LPV_3	MEDIA	7
LPV_4	ALTA	11
LPV_5	MEDIA	7

DISCUSIÓN

RIQUEZA ESPECIFICA

Los manantiales presentaron mayor tasa de captura fotográfica que las veredas para la gran mayoría de las especies de mamíferos medianos y grandes, ilustrando que los manantiales son un recurso muy importante para la comunidad de mamíferos en los meses secos del año en las selvas estacionales de Michoacán. En los manantiales monitoreados se registraron 16 de las 19 especies de mamíferos haciendo uso de los manantiales, mientras que en las veredas se registró el mismo número de especies, sin embargo, el coyote, zorra gris y zorrillo de espalda blanca fueron exclusivos de las veredas y el osos hormiguero jaguarondi y zorrillo pigmeo fueron exclusivas de manantiales.

Las 19 especies de mamíferos reportadas en este trabajo se pueden considerar especies de talla mediana y grande, representando el 61 % de las especies de mamíferos medianos y grandes, pero presentando las especies más grandes de bosques tropicales secos en Michoacán los cuales se estima son 31 *spp.* (Ceballos y Martínez, 2010). Además, los manantiales no son solo importantes para mamíferos, ya que se registraron 36 especies de aves y 8 de reptiles.

Con base en los resultados obtenidos, los manantiales resultan ser lugares estratégicos para registrar especies sigilosas y en categorías de riesgo, tanto de mamíferos (*Panthera onca*, *Leopardus pardalis*, *Leopardus wiedii* y *Tamandua mexicana*, *Puma yagouarondi*, *Spilogale pygmaea*), aves (*Nyctanassa violacea*, *Mycteria americana*, *Buteo albonotatus* *Mycrastus semitorcuatus*) y reptiles (*Ctenosaura pectinata*, *Heloderma horridum*, *Micrurus laticollaris*, *Coluber mentovarius*) debido a que el agua de los manantiales es un recurso clave para la fauna, al igual que las aguadas en Calakmul, Yucatán, (Reyna-Hurtado *et al.*, 2010).

La colocación de las cámaras en manantiales durante el final de la época seca parece ser una estrategia confiable de monitoreo en zonas con características orográficas, ambientales y ecológicas similares a las presentadas en este trabajo, ya que durante el último periodo de muestreo, la comparación de las curva de acumulación de especies entre manantiales y veredas mostró un mayor número de especies registradas (14 *spp.* 4 en estatus) en manantiales, que en veredas (8 *spp.* 2 en estatus). Esto es razonable si consideramos que durante la época de fin de secas en los bosques tropicales secos, el agua se convierte en un recurso clave para la fauna, por

lo que la mayoría de las especies de vertebrados tienen que recurrir a las fuentes de agua disponibles en ese momento, llámense ríos en Chiapas (Bolaños y Naranjo 2010), aguadas en Yucatán (Martínez-Kú *et al.* 2008; Reyna-Hurtado *et al.* 2010), tanques artificiales en Arizona (O'Brien *et al.*, 2006) o manantiales en Michoacán (Charre-Medellín *et al.*, 2010).

El diseño de muestrear manantiales resultó clave para el registro de especies de mamíferos para las cuales se desconocía su presencia en el estado de Michoacán como el jaguar (Charre-Medellín *et al.*, en prensa), o para especies que se carecía de registros recientes (<10 años), y muy pocos registros históricos (ocelote, tigrillo, jaguaroundi, oso hormiguero, zorrillo pygmeo) (Álvarez-Solórzano y López-Vidal, 1998).

Este estudio profundiza y complementa resultados preliminares anteriormente obtenidos por Charre *et al.* (2010), en una evaluación rápida de manantiales en municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán. Durante los meses de mayo y junio de 2009 en la localidad de La Playa del Venado Charre-Medellín *et al.*, (2010) registraron 10 especies de mamíferos haciendo uso de los manantiales, mismas que fueron registradas en este trabajo, además del mapache, conejo y ardilla gris. Sin embargo, por alguna razón, algunas especies como los cánidos no utilizan los manantiales como fuente de agua, el coyote fue registrado solamente en las veredas.

VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA TASA DE CAPTURA

La marcada estacionalidad que presentan los bosques tropicales caducifolios en el Pacífico central de México es uno de los factores que influye en las comunidades de mamíferos, ya que el tipo de vegetación y la disponibilidad de recursos durante la época seca afecta la diversidad y abundancia de los organismos a nivel local (Ceballos y Martínez, 2010).

Las especies con mayor tasa de captura a lo largo de las tres localidades y de los cinco periodos de muestreo fueron coatí, pecarí, venado. Algo similar a lo reportado en otros trabajos en ambientes tropicales de México y Centroamérica, en donde evaluaron la importancia de cuerpos de agua (ríos, aguadas, abrevaderos naturales y artificiales) y encontraron que estas especies son las más abundantes en torno a los cuerpos de agua durante la época seca (Vaughan y Weis, 1999; Bolaños y Naranjo, 2001; Wolff, 2001; Martínez-Kú *et al.*, 2008).

Para las cinco especies (coatí, venado, pecarí, puma y ocelote) para las que se pudo comparar estadísticamente, la tasa de captura entre localidades y etapas de la época de sequía, se observó que en el ocelote y coatí existen diferencias significativas entre localidades, siendo San José de Los Pinos la localidad que determina esta diferencia. En cuanto a los periodos de muestreo, se observó diferencia significativa para coatí y venado, siendo el periodo 3 (inicio de secas) el que determinó la diferencia.

Como se esperaba, se observó un patrón general en el aumento de la tasa de captura para las especies más abundantes a lo largo de los periodos de muestreo, en donde la tasa de captura disminuye al inicio de secas (noviembre-diciembre) y aumenta conforme avanza la época seca, observándose la mayor tasa de captura al final de la época seca (abril-junio), y este patrón se observó en los dos ciclos del estudio. En el caso particular de las cinco especies de felinos registradas haciendo uso de los manantiales, la mayor tasa de captura está relacionada con el final de la época seca, donde el agua es más escasa y los felinos parecen concentrarse en torno a los manantiales. Este patrón puede explicarse por dos causas principales, la disponibilidad de agua y de presas. Durante este periodo existe mayor actividad de la fauna en torno a estos cuerpos de agua. Las imágenes fotográficas revelaron la presencia de especies de aves y mamíferos que forman parte de la dieta de los felinos. En los manantiales se registró chachalacas, palomas, e iguanas, así como tlacuaches, armadillos y ardillas que son parte de la dieta de jaguarundis, ocelotes y tigrillos. Además de venados, coatí y pecarí que son dieta de jaguar y puma. Un patrón similar lo observó Estrada-Hernández (2008), en BTC de la selva maya para pumas y jaguares, donde alrededor de los cuerpos de agua se concentran las presas de estos felinos durante la época seca. También ha sido reportado por Núñez (2006) para la reserva Cuixmala-Chamela en Jalisco.

En cuanto a la colocación de las cámaras en manantiales y veredas durante el último periodo de muestreo (fin de secas), encontramos que no existe diferencia para los felinos (ocelote y puma) y sí para especies gregarias como coatí, pecarí y venado. Esto es debido a que en los manantiales se concentran mayor cantidad de individuos que además permanecen por más tiempo frente a la cámara, lo que aumenta la probabilidad de detección. Mientras que en las veredas las especies de hábitos gregarios no necesariamente pasan frente a la cámara de manera

agrupada, y el tiempo en el que están expuestos a la cámara es menor por lo que normalmente solo aparece en las fotografías una porción del número de los individuos totales.

Con base en lo anterior, podemos señalar que la colocación de las cámaras en manantiales durante la época seca en bosques tropicales es una buena estrategia para identificar la riqueza y diversidad de mamíferos de una región, ya que nos permite registrar especies que por sus características de rareza o poco abundantes son difíciles de detectar en veredas. En especies donde se puede identificar individuos mediante patrones individuales de manchas, el mayor número de fotos es deseable, por lo que es posible que se pueda identificar a un mayor número de individuos en un esquema de muestreo de manantiales que en veredas. Sin embargo, si se trata de estudios poblacionales, tanto las veredas como los manantiales nos permiten identificar individuos cuyos datos se pueden convertir en estimaciones de densidad o abundancia.

PATRÓN DE ACTIVIDAD

Los efectos en los cambios de la fenología y disponibilidad de recursos en los bosques tropicales caducifolios durante la época seca, hace que las especies animales muestren diferentes formas de enfrentar la estacionalidad ambiental, incluyendo movimientos locales y regionales, cambios en el patrón de actividad y uso de espacio, cambios en la dieta, acumulación de grasa o recursos alimentarios y adaptaciones fisiológicas para enfrentar la falta de agua (Ceballos y Valenzuela, 2010). Por tal motivo, es importante conocer el patrón de actividad de los mamíferos, en torno a los manantiales. El patrón de actividad general de los mamíferos asociados a los manantiales muestra una tendencia de mayor actividad entre las 08:01 y las 12:00 hrs, tanto para las tres localidades como para los cinco periodos de monitoreo (inicio de secas, secas y fin de sacas). Estos resultados contrastan a lo observado por Monroy-Vilchis *et al.* (2010) y Srbek-Araujo y García (2005), quienes mencionan que la mayoría de los mamíferos neotropicales son de actividad nocturna. Nuestros resultados nos permiten plantear otra hipótesis donde creemos que el patrón de actividad se ve fuertemente influenciado por la disponibilidad de agua, la cual puede afectar la distribución y abundancia local de las especies. Observándose un mayor intervalo de actividad para las especies en zonas con agua durante la época seca, y una actividad casi nocturna en zonas con poca disponibilidad de agua como ocurre en zonas áridas (O'Brien *et al.*, 2006).

Otra explicación asociada tiene que ver con el patrón de actividad de las tres especies que aportan la mayor biomasa de mamíferos en estos bosques (Charre-Medellín *et al.*, 2010), coatí, venado y pecarí, en estas especies se concentró el 82 % (2,768) de las fotografías independientes.

Van Schaik y Griffiths (1996) mencionan que el tamaño corporal se relaciona con el patrón de actividad, de manera que los animales más grandes por sus mayores requerimientos energéticos, deben alimentarse por periodos más prolongados, por lo que son activos tanto de día como de noche. Mientras que los hábitos nocturnos de los animales pequeños (< 10 kg), se relacionan con la disminución del riesgo de depredación. Sin embargo, algunos de los resultados de este estudio no apoyan totalmente esta conclusión, ya que especies de menos de 10 kg como el coatí, jaguarundi y las ardillas fueron activos principalmente durante el día. Es posible que el riesgo de depredación para explicar la mayor actividad nocturna de muchos mamíferos se refiera a especies menores a 1 kg de peso, y no a especies de entre 1 y 10 kg. Además, es probable que otros factores ambientales adicionales (temperatura, humedad, disponibilidad de agua), como inherentes a la etapa de vida de cada individuo (sexo, edad, estatus reproductivo), influyan de forma adicional sobre su patrón de actividad observado.

A pesar de que no existen trabajos en México en los cuales se evalúe el patrón de actividad de los mamíferos de mayor talla asociados a cuerpos de agua mediante trampas cámara, si existen evaluaciones de la actividad con cámaras trampa colocadas sobre caminos o veredas en los que se ha estimado la tasa de captura de algunas de las especies registradas en este trabajo. Monroy-Vilchis *et al.* (2010) registra 19 especies de mamíferos medianos y grandes en las Sierra de Nanchititla utilizando trampas cámara sobre veredas. De las 19 especies, nueve son especies compartidas en este trabajo y la tasa de captura de estas especies es menor que lo reportado durante este trabajo, para las mismas especies.

El patrón de actividad de las tres especies más abundantes (coatí, venado y pecarí) en los manantiales fue muy similar (mayor actividad diurna) a lo largo de todo el estudio. En el caso del coatí, su pico de actividad fue entre las 08:01-12:00 hrs, lo cual contradice a lo observado en las sabanas de Brasil por Costa *et al.* (2009), quien menciona que durante la época seca, las manadas de coatíes presenta la mayor inactividad durante las horas del medio día. Estos autores sugieren que este cambio estacional puede estar relacionado con una estrategia de ahorro de energía, ya que durante la temporada seca los recursos alimenticios son escasos, sin embargo,

nosotros encontramos que ante la falta de un recurso clave como el agua, los coatíes permanecen activos durante las horas más calurosas del día durante la temporada seca en BTC. El venado presenta su pico de actividad entre las 10:01-12:00 hrs, sin embargo, Galindo-Leal y Weber (2005) mencionan que la actividad del venado está influida por factores como el sexo, edad, época reproductiva, características del hábitad, disponibilidad de recursos, actividad de depredadores y actividades humanas, teniendo un pico de actividad para el forrajeo más o menos constante entre 05:00-08:00, 17:00-19:00 y 22:00-01:00 hrs, por lo que la actividad observada en este trabajo se debe principalmente a la necesidad de consumir agua. El pecarí, a diferencia de coatí y venado, mostró dos picos de actividad muy claros 08:01-10:00 y 18:01-20:00 hrs, lo cual coincide con lo reportado por otros autores que mencionan una actividad principalmente diurna entre las 09:00 y las 12:00 hrs (Harmsen *et al.*, 2011).

El patrón de actividad de los felinos tiende a estar asociado a la de sus presas, mientras que sus presas deben enfrentarse a la búsqueda de recursos y evitar a sus depredadores (Harmsen *et al.*, 2011). En este estudio, la actividad del puma y el jaguar parecieron estar relacionadas a la búsqueda de presas potenciales. La actividad del puma en los manantiales entre las 16:01-22:00 hrs representa el 53.7 % de los registros de esta especie y se sobrepone con el pico de actividad vespertino del pecarí con el 30 % de los registros para ese mismo horario. La mayor actividad del jaguar se observó entre las 06:00-12:00 hrs, coincidiendo con el pico de actividad de tres presas; coatí (45.3 %) venado (32.1 %) y pecarí (40.0 %). Este mismo patrón en el cual se ha observado un mayor agrupamiento de presas potenciales para el jaguar y puma se ha observado durante la época seca en aguadas y arroyos de la selva maya por Estrada-Hernández (2008), y en pozas de agua de la costa de Jalisco por Núñez (2006).

CARACTERIZACIÓN DE LOS MANANTIALES

La cobertura y estructura de la vegetación y el tipo de manantial, son algunos de los factores que están determinando la utilización de uno u otro manantial por los mamíferos en los bosques tropicales de Michoacán durante la época de secas.

Con base en los resultados obtenidos, la mayor riqueza de especies (14) ocurrió en la localidad de El Naranjal, que presentó el porcentaje de cobertura del estrato arbóreo promedio para los manantiales más alto (47.8 %) y por el contrario, la localidad de La Playa del Venado,

que presentó el porcentaje más bajo de cobertura del estrato arbóreo (16 %) presentó la menor riqueza de especies (13).

En el caso de manantiales específicos también se observó esta relación. Manantiales que presentaron mayor cobertura del estrato arbóreo, aunque un menor esfuerzo de monitoreo presentaron mayor riqueza de especies, esta situación se observó en el manantial EN_1, con la riqueza más alta de 13 especies y un esfuerzo de captura bajo (208 días/trampa). En contraste los manantiales EN_3 y EN_4 en los que se muestreó por un periodo más prolongado de 265 y 280 días/trampa respectivamente, presentaron valores de cobertura arbórea menor y una riqueza de especies (7 y 11 respectivamente). Evidencia complementaria que respalda esta relación es lo observado en los manantiales de Playa del Venado, en los que se observó la menor riqueza de especies y en esos manantiales se registró la menor cobertura arbórea. Podemos suponer que al igual que en las aguadas de Yucatán, en los manantiales de las selvas estacionales de Michoacán un factor que incide sobre su utilización por un mayor número de especies, es la cobertura arbórea (Martínez-Kú *et al.*, 2008; Reyna-Hurtado *et al.*, 2010).

ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA DE LOS MANANTIALES

En este trabajo, la mayoría de los manantiales (n =13) se localizaron sobre cañadas, que a su vez registraron el total de las especies de mamíferos asociados a estos cuerpos de agua. En general en los manantiales con mayor inclinación de pendiente se observó la mayor riqueza de especies. Se ilustra en el manantial 1 de El Naranjal, en el que se registró el mayor número de especies, y como se encuentra al pie de un risco sobre una cañada, presenta la inclinación más pronunciada (43°).

La orientación de la pendiente de los manantiales parece no determinar la presencia de las especies en los manantiales, sin embargo, Mandujano *et al.* (2004) encontró que dentro del bosque tropical caducifolio, el venado prefirió las colinas con exposición norte durante la época seca, lo cual se corrobora para esta especie en los manantiales con orientación noreste, en donde se reportamos en promedio con respecto a las demás orientaciones el mayor número de registros independientes (43), esto se interpreta como estrategia para obtener alimento, conservar el agua.

Los intervalos de temperatura mínimas y máximas, así como la precipitación en las tres localidades monitoreadas, juegan un rol importante en la dinámica de los mamíferos que hacen uso de los manantiales durante la época seca.

La localidad con mayor heterogeneidad ambiental (intervalos mayores en las 6 variables analizadas) es El Naranjal, los intervalos de temperatura promedio (Bio_1), temperatura máxima del mes más cálido (Bio_5), temperatura máxima del mes más frío (Bio_6), precipitación anual (Bio_12), precipitación del mes más húmedo (Bio_13) y precipitación del mes más seco (Bio_14) fueron los más extremos, contrastando con San José de Los Pinos que parece ser el ambientalmente más homogéneo. Esta localidad presenta intervalos de valores más bajos en cinco de las seis variables. a excepción de Bio_5 (temperatura máxima del mes más caluroso) La Playa del Venado se encuentra en una fase intermedia.

Especies como el pecarí y el venado requieren mayores cantidades de agua (Vaughan y Weis, 1999; Wolff, 2001), por lo que la lejanía de los manantiales a los ríos perennes en este estudio está relacionada con la tasa de captura de estos herbívoros. La localidad más alejada de un río, que fue La Playa del Venado, que está a 16 km del río Balsas se observó la mayor tasa de captura para estas dos especies. Por el contrario en San José de Los Pinos, donde la distancia de los manantiales al río Toscano están en promedio a 2.3 km, se observó menor tasa de captura de estas especies. Bolaños y Naranjo (2001) señalaron la importancia de los ríos para las poblaciones de ungulados en la cuenca del río Lacantún, en Chiapas.

El agua en los bosques tropicales caducifolios es fundamental para el consumo humano, la ganadería, el desarrollo de la agricultura de riego, y para las actividades como el turismo, y los manantiales en esta zona juegan un papel fundamental en las actividades de la gente (Balvanera y Maass, 2010). Por este motivo, nosotros consideramos que entre más grande sea la población humana que vive en torno a los manantiales, mayores serán los requerimientos de este recurso y el impacto sobre la fauna que ahí habita. Los manantiales de El Naranjal presentan la mayor cantidad de poblaciones humanas ($n = 10$) las cuales presenta menos de 50 habitantes cada una, mientras que La Playa del Venado, a pesar de solo tener una población de menos de 50 habitantes dentro del área de influencia, colinda con poblaciones más grandes, las cuales tienen mayor impacto en los manantiales de esta localidad.

Para especies como el jaguar, que se registro solo en la localidad de San José de Los Pinos, la poca actividad humana parece determinar su presencia, puesto que el acceso a los manantiales de esta localidad es menor en comparación de La Playa del Venado, donde a 3.5 km pasa la carretera estatal y además existen cinco rutas de accesos por brechas de terracería (Obs. Pers.).

Otro factor importante en las características del hábitat asociado a los manantiales estudiados fue la calidad de hábitat evaluado como el vigor de la vegetación a partir de NDVI (Eastman, 2006). Bello *et al.* (2004) menciona que las fuentes de agua incrementan la calidad de hábitat de un lugar, ya que la utilizan una mayor cantidad de organismos, permitiendo una mayor distribución y abundancia de una especie.

La localidad de El Naranjal presenta el mayor porcentaje de pixeles con vigor de la vegetación alto, coincidiendo con la mayor riqueza de especies, y la mayor cantidad de especies en categorías de riesgo (zorrillo pygmeo, jaguaroundi, ocelote, tigrillo, oso hormiguero).

CONCLUSIONES

Los manantiales representan una fuente de agua muy importante para la sobrevivencia de una gran cantidad de vertebrados durante la época seca en los bosques tropicales de Michoacán.. En este trabajo se pudo documentar una mayor tasa de captura de registros de la mayoría de especies en manantiales que en veredas, este patrón se observó en 12 de 13 especies que se registraron tanto en manantiales como en veredas. En el estudio se registraron 19 especies de mamíferos, 36 de aves y 8 de reptiles. Entre los mamíferos registrados destacan seis en categorías de riesgo *Panthera onca*, *Leopardus pardalis*, *Leopardus wiedii*, *Tamandua mexicana*, *Puma yagouaroundi* y *Spilogale pygmaea*.

La colocación de las cámaras en manantiales durante el final de la época seca parece ser una estrategia pertinente de monitoreo. Se obtuvo un mayor número de registros en manantiales que en veredas para la gran mayoría de especies, y en el caso de estudios poblacionales de especies que se pueden determinar individuos mediante patrones de manchas es necesario maximizar el número de imágenes por periodo de muestreo. También los inventarios resultaron ser más rápidos si las cámaras se colocan en manantiales que en veredas.

El diseño de monitoreo de manantiales proporcionó los primeros registros de jaguar obtenidos en el estado de Michoacán, por lo que la evaluación de recursos claves como lo es el agua durante la época seca es una alternativa eficiente para registrar especies que por su naturaleza sigilosa y su baja densidad son difíciles de detectar en regiones donde existe una marcada estacionalidad.

Más del 90 % de las fotografías tomadas, y las tasas de captura más altas corresponden a tres especies *Nasua narica*, *Odocoileus virginianus* y *Pecari tajacu*.

Existieron diferencias significativas en la tasa de captura en los manantiales entre localidades para *Nasua narica* y *Leopardus pardalis*, mientras que hay diferencias estadísticamente significativas entre las etapas de la época seca para *Nasua narica* y *Odocoileus virginianus*.

Para las especies de hábitos gregarios como coatí, pecarí, y venado hay diferencias significativas en los registros independientes obtenidos entre las cámaras colocadas en veredas y los manantiales durante el final de la época seca en bosques tropicales. Mientras que para especies de hábitos solitarios como el puma y ocelote aunque hubo una mayor tasa de captura en manantiales, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

En este estudio no se encontró evidencia suficiente para aseverar que existe relación entre los patrones de actividad de los mamíferos asociados a los manantiales y factores externos como la temperatura, humedad, disponibilidad de agua o factores inherentes a los individuos de cada especie como el sexo, edad y estatus reproductivo. Sin embargo, para algunas especies como el venado, coatí y pecarí si se observa una mayor actividad en los manantiales durante el periodo más caluroso del día.

La riqueza de especies y la preferencia que tienen las mismas sobre la utilización de los manantiales parece estar determinada por un grupo de variables como cobertura arbórea, pendientes de ladera pronunciada, mayor distancia a cuerpos de agua perennes, menor presencia humana y accesibilidad, y calidad del vigor de la vegetación.

Se recomienda la implementación de un programa de manejo de agua mediante la conservación de los manantiales ya existentes en la región, con la finalidad de garantizar a la fauna que habita los bosques tropicales fuentes de agua, que parece ser estratégica durante la época seca. El uso de manantiales debe de estudiarse en otras regiones con ambientes estacionales similares pero que presente condiciones topográficas distintas para poder evaluar el efecto topográfico sobre el uso de las especies de los manantiales. En zonas donde se registra sequía y la ausencia de manantiales sería recomendable establecer bebederos artificiales,

siguiendo los criterios aquí descritos y evaluar los resultados de su uso, ya que los cuerpos de agua artificiales podrían mejorar las probabilidades de sobrevivencia de las especies de fauna silvestre que requieren de las mayores cantidades de agua.

Por último, este estudio establece las bases para un monitoreo a futuro del uso de los manantiales por parte de las especies de fauna silvestre, y estos datos son importantes ante la posibilidad de que con el cambio climático se vean alterados los patrones de precipitación local afectando negativamente a la fauna. El monitoreo de manantiales en selvas estacionales puede ser una estrategia que permita detectar cambios en la disponibilidad de agua de estas selvas, y sus efectos en la fauna, permitiendo establecer estrategias de manejo mediante suministros de agua en los meses más críticos de la época seca. El monitoreo en manantiales también debe de efectuarse en áreas naturales protegidas con presencia de selvas secas y estacionales como una medida de obtención de datos y para la toma de decisiones de manejo oportunas.

LITERATURA CITADA

- Aranda, M. 2000. *Huellas y Otros Rastros de los Mamíferos Grandes y Medianos de México*. Instituto de Ecología. 212 p.
- Agüero, R. 2004. *Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales*. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú. 25 p.
- Álvarez-Solórzano, T. y J. C. López-Vidal. 1998. *Biodiversidad de los mamíferos en el Estado de Michoacán*. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Base de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. P020. México D. F.
- Antaramián, H., E. y G. Correa P. 2003. Fisiografía. *In: Atlas Geográfico de Michoacán*. Secretaría de Educación Pública en Michoacán y Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo. Segunda Edición. Editora EDDISA, México. p. 42-46.
- Arizona Desert Bighorn Sheep Society. 2004. *Wildlife Water Developments and Desert Bighorn Sheep in the Southwestern United States*. E. U. A. 20 p.
- Balvanera, P. y M. Maass. 2010. Los servicios ecosistémicos que proveen las selvas secas.. *In: Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury-Creel y R. Dirzo (eds.). Fondo de Cultura Económica, CONABIO, CONANP, Alianza WWF-Telcel, Ecociencia S.C. y TELMEX. México, D. F. p. 251-269.
- Bello, J., S. Gallinay y M. Equihua. 2004. Movements of white tailed deer and their relationship with precipitation in the northeastern of México. *Interciencia* 29:357-361
- Boice, R. 1972. Water addiction in captive desert rodents. *Journal of Mammalogy* 53:395–398.
- Bolaños, J. y E. Naranjo. 2001. Abundancia, densidad y distribución de las poblaciones de ungulados en la cuenca del río Lacantún, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5:45-57.
- Botello, F. V. Sánchez-Cordero y G. Gonzalez. 2008. Diversidad de carnívoros en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. *In Avances en el estudio de los mamíferos en México II*. C. L. Monterrubio, E. Espinoza y J. Ortega (eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología. México. p. 335-341.

- Bridges, A. S. y A. J. Noss. 2011. Behavior and activity patterns. *In: Camera traps in animal ecology. Methods and Analyses.* O'Connell, A. F., J. D. Nichols and K. U. Karanth, (eds.). Springer. Tokyo, Dordrecht Heidelberg, London, New York. p. 57-69.
- Cabrera, A., J. C. Gonzáles y J. M. Ayala. 2005. Los suelos. *In: La Biodiversidad de Michoacán: Estudio de Estado.* L.Villaseñor y O. Leal (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. p. 29-31.
- Carbone, C., S. Christie, K. Conforti, T. Coulson, N. Franklin, J. R. Ginsberg, M. Griffiths, J. Holden, K. Kawanishi, M. Kinnaird, R. Laidlaw, A. Lynam, D. W. Macdonald, D. Martyr, C. McDougal, L. Nath, T. O'Brien, J. Seidensticker, D. J. L. Smith, M. Sunquist, R. Tilson y W. N. Wan Shahrudin. 2001. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation* 4:75-79.
- Castillo, M. A. 2010. *Los sistemas de información geográfica y los recursos naturales.* Documento en línea <http://www.ecosur.mx/ecofronteras/ecofrontera/ecofront17/pdf/remota.pdf> revisado el 23 de Abril del 2010.
- Charre-Medellín, J. F., C. Z. Colín-Soto y T. C. Monterrubio-Rico. 2010. Uso de manantiales de filtración por los vertebrados durante la época seca en un bosque tropical fragmentado en la costa de Michoacán. *Acta Zoológica Mexicana* 26(3):737-743.
- Charre-Medellín, J. F., T. C. Monterrubio-Rico, F. J. Botello, L. León-Paniagua y R. Nuñez. En prensa. First records of jaguar (*Panthera onca*) from the state of Michoacán, México. *The Southwestern Naturalist*.
- Ceballos, G. y C. Galindo. 1984. *Mamíferos silvestres de la Cuenca de México.* Limusa, D. F., México.
- Ceballos, G. y A. García. 1995. Conserving neotropical biodiversity: the role of dry forests in western México. *Conservation Biology* 9:1349-1356.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R. Medellín, L. Medrano y G. Oliva. 2005. Diversidad y Conservación de los Mamíferos de México. *In: Los Mamíferos Silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.* G. Ceballos y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica. México, D. F. p. 21-70.

- Ceballos G. y L. Martínez. 2010. Mamíferos. *In: Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury-Creel y R. Dirzo (eds.). Fondo de Cultura Económica, CONABIO, CONANP, Alianza WWF-Telcel, Ecociencia S.C. y TELMEX. México, D. F. p. 119-144.
- Ceballos, G. y D. Valenzuela. 2010. Diversidad, ecología y conservación de los vertebrados en Latinoamérica. *In: Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury-Creel y R. Dirzo (eds.). Fondo de Cultura Económica, CONABIO, CONANP, Alianza WWF-Telcel, Ecociencia S.C. y TELMEX. México, D. F. p. 93-118.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- COINBIO. 2004. *Inventario de flora y fauna; comunidad indígena Los Pozos, Municipio de Arteaga, Michoacán*. México. 100 p.
- Comisión Nacional del Agua. 2008. *Estadísticas del agua 2008 región IV Balsas*. Documento en línea <http://www.conagua.gob.mx/OCB07/NotaP/sit.pdf>, revisada el 19 de agosto del 2009.
- CONABIO. 2005. *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado*. Gobierno del Estado. Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Costa, E., R. Mauro y S. Silva. 2009. Group composition and activity patterns of brown-nosed coatis in savanna fragments, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Braz. J. Biol.* 69: 985-991.
- De Vos, Jr., J. C., W. B. Ballard y S. S. Rosenstock. 1998. Research design considerations to evaluate efficacy of wildlife water developments. *In: Center for Law, Science, and Technology. Proceedings of a symposium on environmental, economic, and legal issues related to rangeland water developments*, 13–15 November, 1997, Tempe, Arizona. Arizona State University, Tempe, AZ, U.S.A. p. 606-612.

- Dirzo, R. y G. Gutiérrez. 2006. Análisis de los efectos ecológicos del aprovechamiento forestal en el Corredor Biológico Mesoamericano: mamíferos, plantas y sus interacciones. Universidad Nacional Autónoma de México. *Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. BJ005*. México D. F.
- Dirzo, R., E. Mendoza y P. Ortiz. 2007. Size-related differential seed predation in a heavily defaunated neotropical rain forest. *Biotropica* 3:355-362.
- Dirzo, R. y G. Ceballos. 2010. Las selvas secas de México: un reservorio de biodiversidad y laboratorio viviente. *In: Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury-Creel y R. Dirzo (eds.). Fondo de Cultura Económica, CONABIO, CONANP, Alianza WWF-Telcel, Ecociencia S.C. y TELMEX. México, D. F. p. 13-17.
- Eastman, R. 2006. *IDRISI Andes guide to GIS and image processing*. Clark Labs, Clark University, Main Street. Worcester, MA. USA.
- Epaphras, A. M., E. Gereta, I. A. Lejora, G. E. Ole Meingataki, G. Ngumbi, Y. Kiwango, E. Mwangomo, F. Semanini, L. Vitalis, J. Balozzi, y M. G. G. Mtahiko. 2008. Wildlife water utilization and importance of artificial waterholes during dry season at Ruaha National Park, Tanzania. *Wetlands Ecol Manage* 16:183-188.
- Estrada-Hernández, C. G. 2008. Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) en la Selva Maya, Centroamérica. *Revista Mexicana de Mastozoología* 12:113-130.
- Galindo-Leal, C. y M. Weber.. 2005. *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1790). *In: Los Mamíferos Silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica. México, D. F. p. 517-521.
- Gannon, W., R. Sikes y The Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogist. 2007. Guidelines of the American society of mammalogists for the use of wild mammals in research. *Journal of Mammalogy* 88(3):809-823.
- Guisan, A., S. B. Weiss y A. D. Weiss. 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology* 143:107-122.

- Harmsen, B. J., R. J. Foster, S. C. Silver, L. E. T. Ostro y C. P. Doncaster. 2011. Jaguar and puma activity patterns in relation to their main prey. *Mammalian Biology* 76:320–324.
- Henschel, P. 2008. *The conservation biology of the leopard Panthera pardus in Gabon: Status, threats and strategies for conservation*. PhD Dissertation: University of Göttingen.
- Hutchinson, G. E. 1978. *An introduction to population ecology*. Yale University Press New Haven C. T.
- Israde, I. 2005. Los cuerpos de agua. In: *La Biodiversidad de Michoacán: Estudio de Estado*. L. Villaseñor y O. Leal (eds). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. p. 32-37.
- Jenness, J. 2006. *Topographic position index (tpi_jen.avx) extension for ArcView 3.x*. Jenness Enterprises. Available at: <http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>. Descargada 02 de Febrero 2011.
- Jones, K. B., D. T. Heggem, T. G. Wade, A. C. Neale, D. W. Ebert, M. S. Nash, M. H. Mehaffey, K. A. Hermann, A. R. Selle, S. Augustine, I. A. Goodman, J. Pedersen, D. Bolgrien, J. M. Viger, D. Chiang, C. J. Lin, Y. Zhong, J. Baker y R. D. Van Remortel. 2000 . Assessing landscape conditions relative to water resources in the western United States: A strategic approach. *Environmental Monitoring and Assessment* 64: 227–245.
- Kucera, T. E. y Barrett, R. H. 2011. A history of camera trapping. In: *Camera traps in animal ecology. Methods and Analyses*. O'Connell, A. F., J. D. Nichols and K. U. Karanth (eds.). Springer. Tokyo, Dordrecht Heidelberg, London, New York. p. 9-26.
- Lira, J. 1987. *La percepción remota: nuestros ojos en el espacio*. 1ra. edición. Fondo de Cultura Económica. México.
- Maderrey-R, L. E. y Torres-Ruata, C. 1990. *Hidrografía*. Extraído de *Hidrografía e hidrometría*, IV.6.1 (A). Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1: 4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Maffei, L., E. Cuellar y A. Noss. 2004. One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? camera trapping in the Kaa-Iya National Park. *Journal Zoology* 262:295-304.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.

- Mandujano, S., S. Gallina, G. Arceo y L. A. Pérez-Jiménez. 2004. Variación estacional del uso y preferencia de los tipos vegetacionales por el venado cola blanca en un bosque tropical de Jalisco. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 20(2):45-67.
- Martín-González F., F. Carreño-Conde y M. A. De Pablo. 2007. Aplicación de imágenes Landsat (tm y etm+) en estudios geoestructurales en el NO del Macizo Iberico. *Cadernos Lab. Geológico de Laxe Coruña* 32:47-62.
- Masera, O., M. J. Ordoñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long term scenarios. *Climatic Change* 35:256-259.
- Martínez-Kú, D. H., G. Escalona-Segura y J. A. Vargas-Contreras. 2008. Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México. *In: Avances en el estudio de los mamíferos II*. C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega (eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología A. C., México. p. 449-468.
- Meza-Sánchez, R. 2002. *Metodología para evaluar las poblaciones de Mezquite (Prosopis spp.)*. SAGARPA, INIFAP-CIR-Noroeste-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B.C.S. México.
- Monroy-Vilchis, O. M. Zarco-González, C. Rodríguez-Soto, L. Soria-Díaz y V. Urios. 2009. Cougar and jaguar habitat use and activity patterns in central Mexico. *Animal Biology* 59:145-157.
- Monroy-Vilchis, O. M. Zarco-González, C. Rodríguez-Soto, L. Soria-Díaz y V. Urios. 2010. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Rev. Biol. Trop.* 59(1):373-383.
- Monterrubio-Rico T. C., J. M. Ortega-Rodríguez, R. Cancino-Murillo, N. Mendoza-Cardenas y A. Pérez-Arteaga. 2010. Distributional and ecological records of the Mexican hairy dwarf porcupine (*Sphiggurus mexicanus*) from Michoacán, México. *The Southwestern Naturalist* 55 (1) 143-145.
- Morais-Vidal, M. 2007. *Frutos de duas espécies de palmeiras como recurso alimentar para vertebrados no Cerrado Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP)*. Tesis de Maestría. Instituto de Biociencias de San Paulo. Brasil.

- Morgart, J. R., J. J. Hervert, P. R. Krausman, J. L. Bright, and R. S. Henry. 2005. Sonoran pronghorn use of anthropogenic and natural water sources. *Wildlife Society Bulletin* 33:51-60.
- Morrison, M. L. B. G. Marcot. y R. W. Mannan. 1992. *Wildlife-habitat relationships: concepts and applications*. The University of Wisconsin Press. Madison, Wisconsin.
- Murphy, P. G., y A. E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forests. *Annual review of ecology and systematics* 17:67-88.
- Naranjo, E. 2001. El tapir en México. *Biodiversitas* 36:1-3.
- Núñez B., R. Miller y F. Lyndzey. 2002 . Ecología del jaguar en la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala. *In: El jaguar en el nuevo milenio*. Medellín, R., C. Equihua, C. Chetkiewicz, P. Crawshaw, A. Robinowitz, K. Redford, J. Robinson, E. Sanderson y A. Taber. (eds.). Fondo de cultura económica. México. D. F. p. 107-126.
- Núñez, R. 2006. *Patrones de actividad, movimiento y ámbito hogareño del jaguar y del puma en la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco*. MSc thesis, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- O'Brien, T., M. Kinnaid y H. Wibisono. 2003. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical landscape. *Animal Conservation* 6: 131-139.
- O'Brien, C. S., R. B. Waddell, S. S. Rosenstock y M. J. Rabe. 2006. Use of Water Catchments in Southwestern Arizona. *Wildlife Society Bulletin* 34(3):582-591.
- Ortega, J. M. 2005. Características del área. *In: Biodiversidad en la región norte de la costa del estado de Michoacán*. D. Huacuz y J. Ponce (eds.). Editorial Morevallado. Morelia, Michoacán, México. p. 17-37.
- Ralph, C. J. G. R. Geupel. P. Martín. T. E. Desante. y B. Mila. 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. United State Department of Agricultura. Forest service technical report psw-gtr. 159 p.
- Reyna-Hurtado, R., G. O'Farril, D. Sima, M. Andrade, A. Padilla y L. Sosa. 2010. Las aguadas de Calakmul: Reservorios de vida silvestre y de la riqueza natural de México. CONABIO. *Biodiversitas* 93:1-6.
- Robles, J. S. 1999. *Las cactáceas de Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

- Rouse, J. W., R. Haas, J. A. Schell y D. W. Deering. 1974. *Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS*. Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Goddard Space Flight Center. Washington D.C.
- Rovero, F. y A. Marshall. 2009. Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology* 46:1011-1017.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México, D.F.
- Sánchez-Cordero V., F. Botello, G. Magaña-Cota y J. Iglesias. 2011. Vampire bats, *Desmodus rotundus* feeding on white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*. *Mammalia* 75:91-92.
- Sánchez-Lalinde, C. y J. Pérez-Torres. 2008. Uso de Hábitat de carnívoros simpátricos en una zona de bosque seco tropical de Colombia. *Mastozoología Neotropical* 15(1):67-74.
- Schlotzhauer, S. y R. C. Littell. 1997. *SAS® System for Elementary Statistical Analysis, Second Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059-2010). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación (30 de diciembre de 2010), México, D.F.
- Silveira, L., T. A. Ja'como y J. A. Diniz-Filho. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation* 114:351-355.
- Silver, S. 2004. *Estimando la abundancia de jaguares mediante trampas-cámara*. Wildlife Conservation Society. 27 p.
- Silver, S., E. T. L. E. T. Ostro, L. K. Marsh, L. Maffei, A. J. Noss, M. J. Kelly, R. B. Wallace, H. Gomez Y G. Ayala. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx* 38(2):1-7.
- Srbek-Araujo, A.C. y A. García. 2005. Is camera trapping an efficient method for surveying mammals in Neotropical forests? A case study in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 21: 121-125.
- Swann, D. E., K. Kawanishi y J. Palmer. 2011. Evaluating Types and Features of Camera

- Traps in Ecological Studies: A Guide for Researchers. *In: Camera traps in animal ecology. Methods and Analyses.* O'Connell, A. F., J. D. Nichols and K. U. Karanth. (eds.). Springer. Tokyo, Dordrecht Heidelberg, London, New York. p. 27-43.
- Téllez-García, L. 2008. *Abundancia relativa y características del hábitat de anidación del loro cabeza amarilla (Amazona oratrix) en diferentes condiciones de conservación de la vegetación.* Tesis de Maestría. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, Michoacán.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forests: a national and local analysis in México. *Biological Conservation* 94:133-142.
- Trejo, I. 2010. Las selvas secas de México: un reservorio de biodiversidad y laboratorio viviente. *In Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México.* Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury-Creel y R. Dirzo. (eds.). Fondo de Cultura Económica, CONABIO, CONANP, Alianza WWF-Telcel, Ecociencia S.C. y TELMEX. México, D. F. p. 41-51.
- Turner, J. C. 1970. Water consumption by desert bighorn sheep. *Desert Bighorn Council Transactions* 14: 189–197.
- Van Schaik, C.P. y M. Griffiths. 1996. Activity Periods of Indonesian Rain Forest Mammals. *Biotropica* 28: 105-112.
- Vaughan C. y K. Weis. 1999. Neotropical dry forest wildlife water hole use and management. *Revista de Biología Tropical* 47(4): 1039-1044.
- Wallace, R. B., R. Lilian, E. Painter, D. I. Rumiz y J. C. Herrera. 2000. La estacionalidad y el manejo de vida Silvestre en los bosque de producción del oriente de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 8:65-81.
- Wemer, Ch., T. H. Kunz, G. Lundie-Jenkins y W. J. McShea. 1996. Mammalian signs. *In: Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for mammals.* D. E. Wilson, F. Russell Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster (eds.). Smithsonian Institution Press. Washington D. C. p. 157-176.
- Wolff, F. 2001. *Vertebrate ecology in caatinga: A. Distribution of wildlife in relation to water. B. Diet of pumas (Puma concolor) and relative abundance of felids.* Tesis de Maestría, Missouri-St. Louis University.

- Wright, J. T. 1959. Desert wildlife. *Arizona Game and Fish Department Wildlife Bulletin* 6, Phoenix, AZ, USA.
- WORLDCLIM. 2011. Capas de variables climáticas formato raster. En: www.worldclim.org.
- Zarco-Gonzalez, Marta Mariela. 2007. *Distribución y abundancia de los mamíferos medianos y grandes en la Sierra de Nanchititla*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Zavala, C y X. Madrigal. 2005. Inventario de Flora. *In: Biodiversidad en la región norte de la costa del estado de Michoacán*. D. Huacuz y J. Ponce (eds.). Editorial Morevallado. Morelia, Michoacán, México. p. 41-59.

ANEXOS

ANEXO 1. LISTA TAXONÓMICA DE LOS VERTEBRADOS REGISTRADOS DURANTE EL ESTUDIO Y EL ESTADO DE CONSERVACIÓN QUE LES CONFIERE LA SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Estado de Conservación	
CLASE REPTILIA	
ORDEN SQUAMATA	
FAMILIA IGUANIDAE	
<i>Ctenosaura pectinata</i>	Amenazada
FAMILIA HELODERMATIDAE	
<i>Heloderma horridum</i>	Amenazada
FAMILIA ELAPIDAE	
<i>Micrurus laticollaris</i>	Protección especial
FAMILIA COLUBRIDAE	
<i>Drymarchon melanurus</i>	
<i>Coluber mentovarius</i>	Amenazada
CLASE AVES	
ORDEN CICONIFORMES	
FAMILIA ARDEIDAE	
<i>Nyctanassa violacea</i>	Amenazada
FAMILIA CICONIDAE	
<i>Mycteria americana</i>	Protección especial
FAMILIA CATHARTIDAE	
<i>Cathartes aura</i>	
<i>Coragyps atratus</i>	
ORDEN FALCONIFORMES	
FAMILIA ACCIPITRIDAE	
<i>Buteo nitidus</i>	
<i>Buteo albonotatus</i>	Protección especial
<i>Buteo brachyurus</i>	
FAMILIA FALCONIDAE	
<i>Mycrastus semitorcuatus</i>	Protección especial
GALLIFORMES	
FAMILIA CRACIDAE	
<i>Ortalis Poliocephala</i>	
COLUMBIFORMES	
FAMILIA COLUMBIDAE	
<i>Leptotila verreauxi</i>	
<i>Columbina flavirostris</i>	
<i>Zenaida asiática</i>	
<i>Columbina inca</i>	
ORDEN CUCULIFORMES	

FAMILIA CUCULIDAE
 Piaya cayana
 Crotophaga sulcirostris
 STRIGIFORMES
 FAMILIA STRIGIDAE
 Strix virgata
 PICIFORMES
 FAMILIA PICIDAE
 Dryocopus lineatus
 PASSERIFORMES
 FAMILIA COTINGIDAE
 Tityra semifasciata
 FAMILIA CORVIDAE
 Calocitta formosa
 Cyanocorax yncas
 Cyanocorax samblasianus
 FAMILIA TURDIDAE
 Chatarus sp.
 FAMILIA EMBERIZIDAE
 Pheocticus melanocephalus
 Passerina leclancherii
 Passerina versicolor
 Passerina ciris
 Cyanocompsa parellina
 Cardinalis cardinalis
 Piranga flava
 Piranga bidentata
 Wilsonia pusilla
 Seiurus sp.
 Granatellus venustus
 Mniotilta varia
 Basileuterus lachymosa
 FAMILIA ICTERIDAE
 Icterus postulated
 CLASE MAMMALIA
 ORDEN DIDELPHIMORPHIA
 FAMILIA DIDELPHIDAE
 Didelphis virginiana
 ORDEN CINGULATA
 FAMILIA DASYPODIDAE
 Dasypus novemcinctus
 ORDEN PILOSA
 FAMILIA MYRMECOPHAGIDAE
 Tamandua mexicana
 ORDEN LAGOMORPHA

Peligro de extinción

FAMILIA LEPORIDAE	
<i>Sylvilagus sp.</i>	
ORDEN RODENTIA	
FAMILIA SCIURIDAE	
<i>Sciurus aureogaster</i>	
<i>Spermophilus annulatus</i>	
ORDEN CARNIVORA	
FAMILIA FELIDAE	
<i>Puma concolor</i>	
<i>Puma yagouaroundi</i>	Amenazada
<i>Leopardus pardalis</i>	Peligro de extinción
<i>Leopardus wiedii</i>	Peligro de extinción
<i>Panthera onca</i>	Peligro de extinción
FAMILIA CANIDAE	
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	
<i>Canis latrans</i>	
FAMILIA MEPHITIDAE	
<i>Conepatus leuconotus</i>	
<i>Spilogale pygmaea</i>	Amenazada
FAMILIA PROCYONIDAE	
<i>Nasua narica</i>	
<i>Procyon lotor</i>	
ORDEN ARTIODACTYLA	
FAMILIA TAYASSUIDAE	
<i>Pecari tajacu</i>	
FAMILIA CERVIDAE	
<i>Odocoileus virginianus</i>	

ANEXO 2. MAMÍFEROS REGISTRADOS ASOCIADOS A LOS MANANTIALES.



Figura 21. Tlacuache (*Didelphis virginiana*)



Figura 22. Armadillo (*Dasypus novemcinctus*)



Figura 23. Oso Hormiguero (*Tamandua mexicana*)



Figura 24. Conejo (*Sylvilagus sp.*)

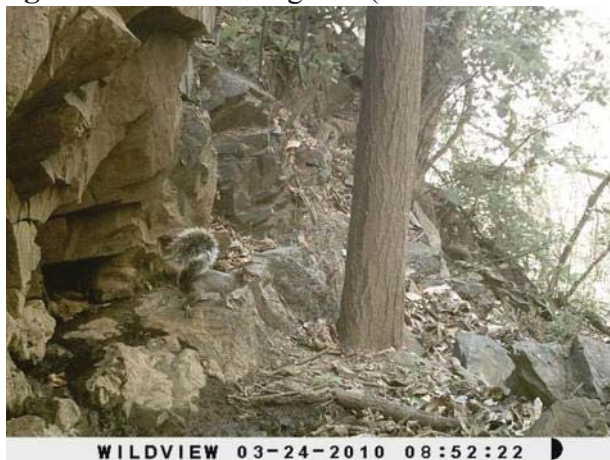


Figura 25. Ardilla gris (*Sciurus aureogaster*)



Figura 26. Cuinique (*Spermophilus annulatus*)



Figura 27. Puma (*Puma concolor*)



Figura 28. Jaguarundi (*Puma yaguaroundi*)



Figura 29. Ocelote (*Leopardus pardalis*)



Figura 30. Tigrillo (*Leopardus wiedii*)

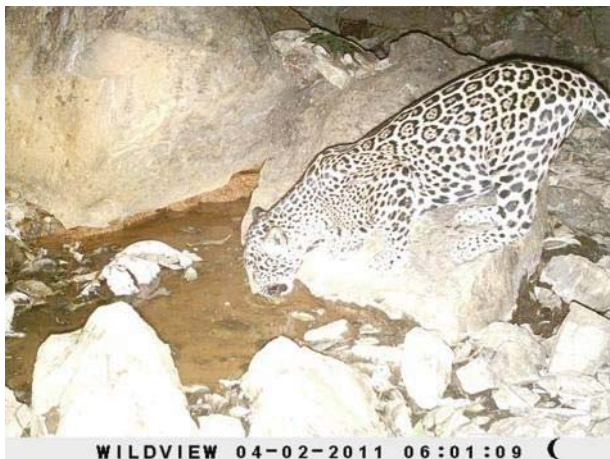


Figura 31. Jaguar (*Panthera onca*)



Figura 32. Zorrillo Pigmeo (*Spilogale pygmaea*)



Figura 33. Coatí (*Nasua narica*)



Figura 34. Mapache (*Procyon lotor*)



Figura 35. Pecarí (*Pecari tajacu*)



Figura 36. Venado (*Odocoileus virginianus*)