



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro Interdisciplinario para la Investigación y el Desarrollo Integral
Regional, Unidad Oaxaca

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos
Naturales

Biodiversidad del Neotrópico

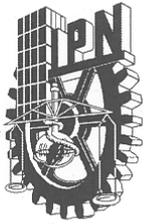
**“DIVERSIDAD DE PEQUEÑOS MAMÍFEROS NO VOLADORES EN
LOS AGROSISTEMAS CAFETALEROS DE SOMBRA EN LA
CHINANTLA ALTA, OAXACA, MÉXICO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:
BIOL. RUSBY GUADALUPE CONTRERAS DÍAZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. JOSÉ ANTONIO SANTOS MORENO



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 14 del mes de mayo del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-Oaxaca)** para examinar la tesis de grado titulada: **Diversidad de pequeños mamíferos no voladores en los agrosistemas cafetaleros de sombra en la Chinantla Alta, Oaxaca, México.**

Presentada por la alumna:

Contreras Apellido paterno	Díaz Apellido materno	Rusby Guadalupe Nombre(s)							
		Con registro:	A	0	8	0	3	6	7

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

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

LA COMISION REVISORA
Director de tesis

Dr. José Antonio Santos Moreno

Dr. Aniceto Rodolfo Solano Gómez

M. en C. Graciela Eugenia González Pérez

M. en C. Sonia Trujillo Argueta

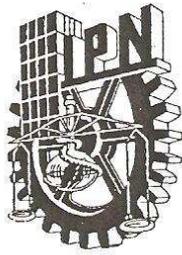
Dr. Alejandro Flores Martínez

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Juan Rodríguez Ramírez



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



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día **14** del mes **mayo** del año **2010**, el (la) que suscribe **Contreras Díaz Rusby Guadalupe** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **A080367**, adscrito (a) al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. José Antonio Santos Moreno y cede los derechos del trabajo titulado: **“Diversidad de pequeños mamíferos no voladores en los agrosistemas cafetaleros de sombra en la Chinantla Alta, Oaxaca, México”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó rusby83@hotmail.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Contreras Díaz Rusby Guadalupe



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

*A mi familia,
sobre todo a mis padres,
por todo ese amor y apoyo que
día tras día me brindan.*

*A Martín,
esto te pertenece
tanto como a mí,
gracias por tu cariño
y apoyo.*



“Si la Ecología, como disciplina, es solo el estudio de la ‘naturaleza’, y si como naturaleza definimos a las especies que viven en ambientes que experimentan un mínimo de impacto humano, entonces es una disciplina que va hacia la extinción”

DAVID TILMAN (1999)

AGRADECIMIENTOS

A cada uno de los miembros de mi comité tutorial, por sus observaciones y atinados consejos que apoyaron al mejor desarrollo de esta tesis:

Dr. José Antonio Santos Moreno
Dra. Martha Demetria Mondragón Chaparro
M. en C. Graciela Eugenia González Pérez
M. en C. Sonia Trujillo Argueta
Dr. Rodolfo Solano Gómez
Dr. Alejandro Flores Martínez

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado. Así como el financiamiento otorgado por el Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI), y la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del IPN, mediante el proyecto "Patrones de distribución de mamíferos terrestres en el estado de Oaxaca" con clave SIP20090705.

Al Biol. Martín Pérez Lustre por todo su apoyo en campo y en cada etapa del proyecto, mostrando un compromiso tan grande como si hubiera sido su propia tesis. Agradezco también todo el cariño que me ha brindado a lo largo de todos estos años, sin él no lo hubiera podido lograr.

A mi familia por intentar comprender mi extraña carrera y mis, todavía más extraños, intereses personales y profesionales.

A las autoridades y pobladores de Santa Cruz Tepetotutla por todas las facilidades, apoyo y confianza brindados para el desarrollo de este proyecto, en especial a quienes fungieron como guías y compartieron su tiempo con nosotros. A los niños Víctor, Juan, Germán, Jazmín, Heladio, Beatriz y Marina, por su curiosidad y apoyo en las actividades de colecta, llegándose a convertir en mis técnicos de campo más eficientes. También quiero expresar mi infinita gratitud a todas aquellas personas que nos abrieron las puertas de su casa y la amabilidad con que nos recibieron, volviéndonos incluso parte de sus familias, no digo nombres para que mi memoria no falle y omita a alguno de ustedes por accidente.

A los futuros biólogos Rocío Magaly García Luís y David Velásquez Hernández por su importante apoyo en las actividades de colecta y los momentos agradables vividos en campo y fuera de él, saben que una gran parte de este logro también les pertenece.

Al Biol. José Adrián Cimé Pool por su valioso apoyo en el ámbito profesional y personal, así como su valiosa aportación bibliográfica.

Al Biol. Jesús Alberto González por acompañarme al campo aún sin tener la obligación, y mostrarme que la Biología es muy amplia.

Al M. en C. Alejandro González Bernal por sus comentarios que enriquecieron este documento, así como sus atinados consejos.

Al Biol. Abraham Sánchez Martínez por su aportación bibliográfica en la parte botánica.

A mi amiga la Lic. Guadalupe Martínez Valdés por todo su apoyo moral y su amistad incondicional desde que éramos niñas.

Al Dr. Gabriel Ramos Fernández por sus observaciones a este documento.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Cambio de uso de suelo y su efecto en la biodiversidad.....	1
1.2 Los cafetales de sombra como refugio de diversidad	2
1.2.1 Sistemas de producción de café en México	3
1.2.1.1. Sistema rusticano o de montaña	3
1.2.1.2. Policultivo tradicional o “jardines de café”	3
1.2.1.3. Policultivo comercial	5
1.2.1.4 Monocultivo bajo sombra.....	6
1.2.1.5 Monocultivo de sol.....	6
1.2.2 Estudios de vertebrados en cafetales	6
1.3 Pequeños mamíferos como especies indicadoras de calidad ambiental.....	8
II. JUSTIFICACIÓN	10
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	11
3.1 Objetivo general	11
3.2 Objetivos específicos	11
3.3 Hipótesis	11
IV. ÁREA DE ESTUDIO	13
V. MÉTODOS	18
5.1 Captura de organismos	18
5.2 Caracterización del hábitat.....	19
5.2.1 Muestreo de vegetación	19
5.2.2 Características abióticas del hábitat.....	19
5.3 Análisis de datos	20
5.3.1 Curvas de acumulación de especies.....	20
5.3.2 Abundancia	21
5.3.3 Índice de Shannon-Wiener (H')	21
5.3.4 Dominancia	22
5.3.5 Relación entre los pequeños mamíferos y su hábitat	23

5.3.5.1. Vegetación.....	23
5.3.5.2. Características abióticas del hábitat	23
VI. RESULTADOS.....	26
6.1 Esfuerzo de muestreo	26
6.2 Composición taxonómica	26
6.3 Riqueza de especies y curvas de acumulación de especies.....	26
6.4 Abundancias	30
6.5 Índice de Shannon-Wiener (H')	30
6.6 Dominancia	31
6.7 Caracterización de hábitat.....	31
6.7.1 Vegetación	31
6.7.2 Características abióticas del hábitat.....	33
VII. DISCUSIÓN.....	40
7.1 Composición taxonómica y riqueza de especies.....	40
7.2 Abundancia	41
7.3 Índice de Shannon-Wiener (H')	42
7.4 Dominancia	43
7.5 Caracterización de hábitat.....	43
7.5.1 Vegetación	43
7.5.2 Características abióticas del hábitat.....	44
VIII. CONCLUSIONES.....	46
IX. LITERATURA CITADA	48
ANEXOS.....	58
Anexo 1. Especies de vertebrados registradas en el area de estudio que depredan pequeños mamíferos según la literatura	58
Anexo 2. Fotografías de la captura, medición, marcaje y liberación de los organismos.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Listado de las especies de pequeños mamíferos registradas y su abundancia en cada cuadrante en BMM y JC	27
Cuadro 2. Número de especies registradas y predichas por el modelo de acumulación de especies para cada unidad de muestreo	28
Cuadro 3. Valores del índice de Shannon-Wiener (H'), prueba t de Hutchenson y grados de libertad calculados para cada unidad de muestreo	31
Cuadro 4. Valores de riqueza de especies (S) e individuos totales (N) para la vegetación en cada cuadrante muestreado	32
Cuadro 5. Tabla ANOVA con los datos obtenidos para cada variable de las características abióticas de los cuadrantes muestreados	34
Cuadro 6. Valores obtenidos con la prueba de agrupación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).....	35
Cuadro 7. Eigenvalores derivados del ACP	36
Cuadro 8. Eigenvectores derivados del ACP	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Los cinco sistemas de producción de café en México	4
Figura 2. Perfil de un transecto de 200 metros en un policultivo tradicional o “jardín de café” en Santos Reyes Nopala, Oaxaca	5
Figura 3. Mapa que muestra la ubicación de la zona de estudio, señalando los tipos de vegetación predominantes en el área de estudio	17
Figura 4. Arreglo de trampas en cada cuadrante del muestreo	18
Figura 5. Curva de acumulación aleatorizada observada y curva de acumulación esperada de acuerdo al modelo de Dependencia Lineal para el BMM	28
Figura 6. Curva de acumulación aleatorizada observada y curva de acumulación esperada de acuerdo al modelo de Dependencia Lineal para el JC1	29
Figura 7. Curva de acumulación aleatorizada observada y curva de acumulación esperada de acuerdo al modelo de Dependencia Lineal para el JC2	29
Figura 8. Regresión lineal entre la riqueza de especies de pequeños mamíferos y la riqueza de especies observada en la vegetación	32
Figura 9. Regresión lineal entre el número de individuos totales de pequeños mamíferos y el número de individuos total observado en la vegetación	33
Figura 10. Distribución de las medias de cada variable por cuadrante	36
Figura 11. Ubicación de los organismos de las diferentes especies en el espacio bidimensional de los primeros tres Componentes Principales.....	38
Figura 12. Ubicación de los organismos registrados en base a la comunidad de colecta en el espacio bidimensional de los tres primeros Componentes Principales	39

RESUMEN

Se analizó la diversidad de pequeños mamíferos presentes en Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) y cafetales de sombra tradicionales conocidos como “Jardines de Café” (JC) en la comunidad de Santa Cruz Tepetotutla, San Felipe Usila, Tuxtepec, Oaxaca. El muestreo en campo se hizo con el método de captura-recaptura en dos cuadrantes en cada comunidad vegetal, cada cuadrante con 40 trampas separadas 10 m una de otra, durante los meses de Abril de 2009 a Enero de 2010. También se obtuvo la riqueza de especies y la abundancia de la vegetación por medio de una modificación del método de Gentry (1982). Se registró un total de 12 especies del orden Rodentia, nueve en el BMM y 12 en los JC. Como los JC presentaron diferencias significativas de diversidad y abundancia entre ellos se analizaron por separado (JC1 y JC2), los cuadrantes de BMM no mostraron diferencias significativas. El BMM y el JC1 no mostraron diferencias significativas en cuanto a diversidad, sin embargo, sí se presentaron en la composición y abundancia de las especies, siendo las especies generalistas y tolerantes a la fragmentación (*Reithrodontomys* y *Sigmodon hispidus*) características de ambos cafetales, a diferencia del género *Peromyscus* y el roedor endémico *Oryzomys chapmani* que caracterizaron el BMM. Se encontró una correlación positiva entre el número de especies y la abundancia de la vegetación, y los observados en pequeños mamíferos, por lo que la cobertura vegetal es importante en la distribución de este grupo debido a que brindan alimento y refugio. Se midió la pendiente en ambos planos (X y Y), el porcentaje de pedregosidad, el número de huecos y oquedades así como la distancia en metros al cuerpo de agua más cercano para cada una de las trampas en un radio de 1 m. Mediante un Análisis de Componentes Principales se determinó que la pedregosidad y el número de oquedades afectan la distribución de las especies, debido a que brindan refugio para sus actividades de reproducción, forrajeo y protección de depredadores. Si bien los cafetales de sombra tradicionales conservan una buena parte de la diversidad de pequeños mamíferos presente en los ecosistemas naturales, no conservan atributos como la composición de las especies y su abundancia, dando pie a la proliferación de especies tolerantes y generalistas a cambio de la disminución de especialistas y endémicos.

ABSTRACT

Small mammal diversity was analyzed on Cloud Forest (BMM) and traditional shaded coffee plantations known as "Coffee Garden" (JC) in Santa Cruz Tepetotutla, San Felipe Usila, Tuxtepec, Oaxaca. I used capture-mark-release method and I sampled two quadrants in every community with 40 Sherman folding traps at 10 m of separation between each other during 2009 April to 2010 January. Twelve species of rodents were registered, 9 on the BMM and 12 on JC. I found significant statistical differences between JC so that JC1 and JC2 were analyzed separately, BMM has no differences between quadrants and they were analyzed together. BMM and JC1 have no diversity (H') differences; however they have differences on species composition and abundances, coffee plantations holds generalist and tolerant fragmentation species (*Reithrodontomys* genus and *Sigmodon hispidus*), on the other hand *Peromyscus* genus and the endemic rodent *Oryzomys chapmani* were in the BMM. I registered species richness and abundance of vegetation by a modification on the Gentry (1982) method. I found a positive correlation between the rodent and vegetation values. Vegetation cover is important in the rodent distribution on the ecosystems because it gives food and shelter to them. I measured on a 1 m radio on every trap the X and Y slope, stony percent, number of hollows and distance meters to water. Principal Component Analysis was applied and the stony and hollows were the most important variables on the species rodent diversity and distribution on the communities, because they give shelter to their reproduction, feeding and predator protection activities. Shaded-coffe plantations preserve most of natural ecosystem diversity but they do not preserve all of its attributes as species composition and abundance. Increasing generalist and tolerant fragmentation species and decreasing specialist and endemic species overcoat on fragile ecosystems as in BMM is due to of its slow successional process and its susceptibility to environmental changes.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Cambio de uso de suelo y su efecto en la biodiversidad

México es un país megadiverso, pero las tasas de deforestación anual son de aproximadamente el 1%. Alrededor del 90% de los bosques tropicales húmedos han sido convertidos en agroecosistemas o asentamientos humanos resultando en una drástica disminución de la biodiversidad (Arriaga *et al.*, 2000). Otros tipos de vegetación dominantes identificados como zonas de alta diversidad y endemidad también muestran una alta deforestación, aproximadamente de un 20% en los bosques tropicales deciduos a un 30% en los bosques mesófilos de montaña (Challenger, 1998; Arriaga *et al.*, 2000). Aunque estas medidas de deforestación proveen ideas generales de las tendencias, poco se puede deducir de sus efectos sobre la diversidad y distribución de las especies (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005b).

Los disturbios naturales o inducidos por el hombre han dado como resultado cambios en la cobertura vegetal, que tienen efectos substanciales sobre la diversidad biológica. Para muchas especies la disminución de la cobertura vegetal se traduce en pérdida de hábitat, una de las principales causas de la extinción de las especies. En contraste, otras especies pueden verse favorecidas por los cambios en el paisaje, incrementando los tamaños poblacionales y su rango de distribución, mientras que otras entran en conflicto con el hombre y llegar a ser consideradas como especies plaga. Cabe destacar que hay especies que no se ven afectadas por el cambio de uso de suelo (Nupp y Swihart, 1998; Cuarón, 2000; Pardini, 2004).

La deforestación es, sin duda alguna, la causa principal de la desaparición de poblaciones y especies de mamíferos en México (Ceballos *et al.*, 2005). Los efectos negativos de la destrucción y fragmentación de la vegetación natural se ven acrecentados por la sobreexplotación de las especies, debido a la cacería y el

tráfico de las mismas. Los impactos de estos factores, son considerables, pero su magnitud precisa es desconocida. Se estima que alrededor del 30% de las especies se encuentran amenazadas o en peligro de extinción y, por lo menos, 13 han desaparecido del territorio nacional en el último siglo (Ceballos *et al.*, 2002; Ceballos *et al.*, 2005).

1.2 Los cafetales de sombra como refugio de diversidad

Los cafetales son considerados como refugios para la biodiversidad y un sistema de cambio de uso del suelo con poco impacto en la naturaleza (Moguel y Toledo, 1996; Calvo y Blake, 1998). En México el café se produce principalmente en las vertientes de las cadenas montañosas del centro y sur del país, cubriendo una superficie de 761,165 ha (Moguel y Toledo, 1996). Oaxaca es uno de los estados en el país que incluye una de las mayores áreas (SAGAR-CMC, 1999).

Los cafetales en México por lo general se establecen como un cultivo de sombra diversificada, donde habitualmente se mantienen elementos de la vegetación arbórea nativa y, por lo tanto, se conserva en parte la estructura original del bosque (Perfecto *et al.*, 1996; Moguel y Toledo, 1999). Además de preservar la mayor parte de sus servicios ambientales como es el mantenimiento de cuencas hidrológicas, retención de carbono, reducción de la erosión del suelo y sirviendo en ocasiones de zona de amortiguamiento para las zonas aledañas bien conservadas, además de contribuir a la conservación de la diversidad biológica (Moguel y Toledo, 1996; Daily *et al.*, 2003; Perfecto *et al.*, 2003; Rappole *et al.*, 2003; Bandeira *et al.*, 2005; Solis-Montero *et al.*, 2005).

En México la importancia del papel de los cafetales en la conservación de los vertebrados ha sido documentada por algunos estudios llevados a cabo principalmente en los estados de Veracruz y Chiapas (Estrada *et al.*, 1993; Gallina *et al.*, 1996, Greenberg *et al.*, 1997; Cruz-Lara *et al.*, 2004; Tejeda-Cruz y

Sutherland, 2004; Pineda *et al.*, 2005; Gordon *et al.*, 2007; González-Romero y Murrieta-Galindo, 2008; Macip-Ríos y Muñoz-Alonso, 2008; Tejeda-Cruz y Gordon, 2008), los cuales han demostrado que los cafetales de sombra son un hábitat que representa un impacto menor en la biodiversidad, pues el grado de perturbación es considerablemente menor que el de actividades como la ganadería y el cultivo de cereales, además de proveer de alimento y refugio a diversas especies (Gallina *et al.*, 1996; Perfecto *et al.*, 1996; Greenberg *et al.*, 1997)

1.2.1 Sistemas de producción de café en México

En México el café se cultiva bajo cinco sistemas de producción clasificados de acuerdo a su nivel de manejo y su complejidad estructural y de vegetación (Moguel y Toledo, 1996; Moguel y Toledo, 1999): *i.* rusticano o de montaña, *ii.* policultivo tradicional o “jardines de café”, *iii.* policultivo comercial, *iv.* monocultivo de sombra, y *v.* monocultivo de sol (Figura 1).

1.2.1.1. Sistema rusticano o de montaña

En este sistema existe una simple sustitución de las plantas (arbustivas y herbáceas) del piso de las selvas o bosques por matas de café, lo cual conlleva a una mínima afectación del ecosistema forestal, mediante una sola remoción del sotobosque, manteniendo el estrato arbóreo debajo del cual se implantan los arbustos de café. Este tipo de producción se observa en áreas aisladas de México y es realizado básicamente por grupos indígenas (Moguel y Toledo, 1996; Moguel y Toledo, 1999).

1.2.1.2. Policultivo tradicional o “jardines de café”

Es un estado más avanzado de manipulación del ecosistema forestal nativo, los cafetos se introducen debajo de los bosques o selvas originales pero, a diferencia del sistema anterior, este es acompañado de numerosas especies de plantas

útiles y existe un sofisticado manejo de las especies nativas e introducidas. Como resultado se obtiene un exuberante “jardín de café”, con una amplia gama de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas tanto de la vegetación natural como de las cultivadas, nativas e introducidas (Figura 2). De esta manera se obtienen otros beneficios de las plantas incluidas en este “jardín” como madera, alimento, medicina y ornamentos, entre otros. Se estima que cerca del 50% de los predios cafetaleros en México se encuentran bajo este sistema (Moguel y Toledo, 1996; Moguel y Toledo, 1999).

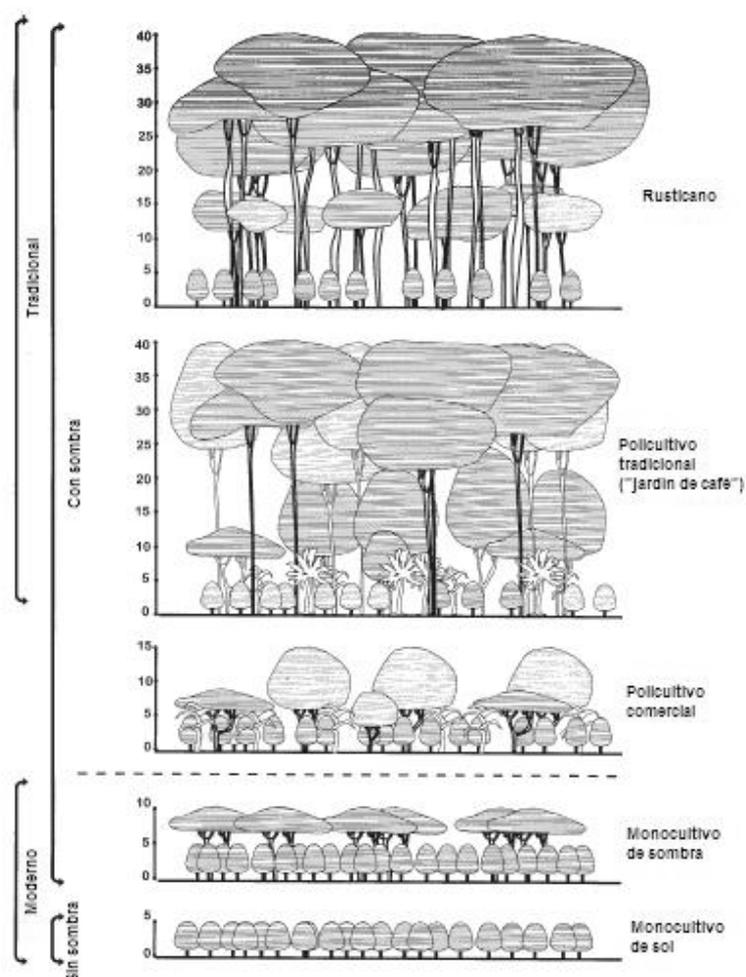


Figura 1. Los cinco sistemas de producción de café en México. Esta clasificación se basa en la complejidad en cuanto a su composición florística y dosel, así como otros componentes (Tomado de Moguel y Toledo, 1999).

1.2.1.3. Policultivo comercial

Consiste en la total remoción de los bosques y selvas originales y la introducción de un conjunto de árboles de sombra apropiados para el cultivo de café (*i. e.* leguminosas que añaden nitrógeno al suelo) y por tener alguna utilidad comercial. Éstas plantaciones son homogéneas donde sólo se utiliza una variedad de café, de cítricos u otro tipo de árboles frutales, por lo que su diversidad biológica y productiva es considerablemente menor que en el caso anterior. Al tener mejores rendimientos, este sistema utiliza agroquímicos con cierta frecuencia (Moguel y Toledo, 1996; Moguel y Toledo, 1999).

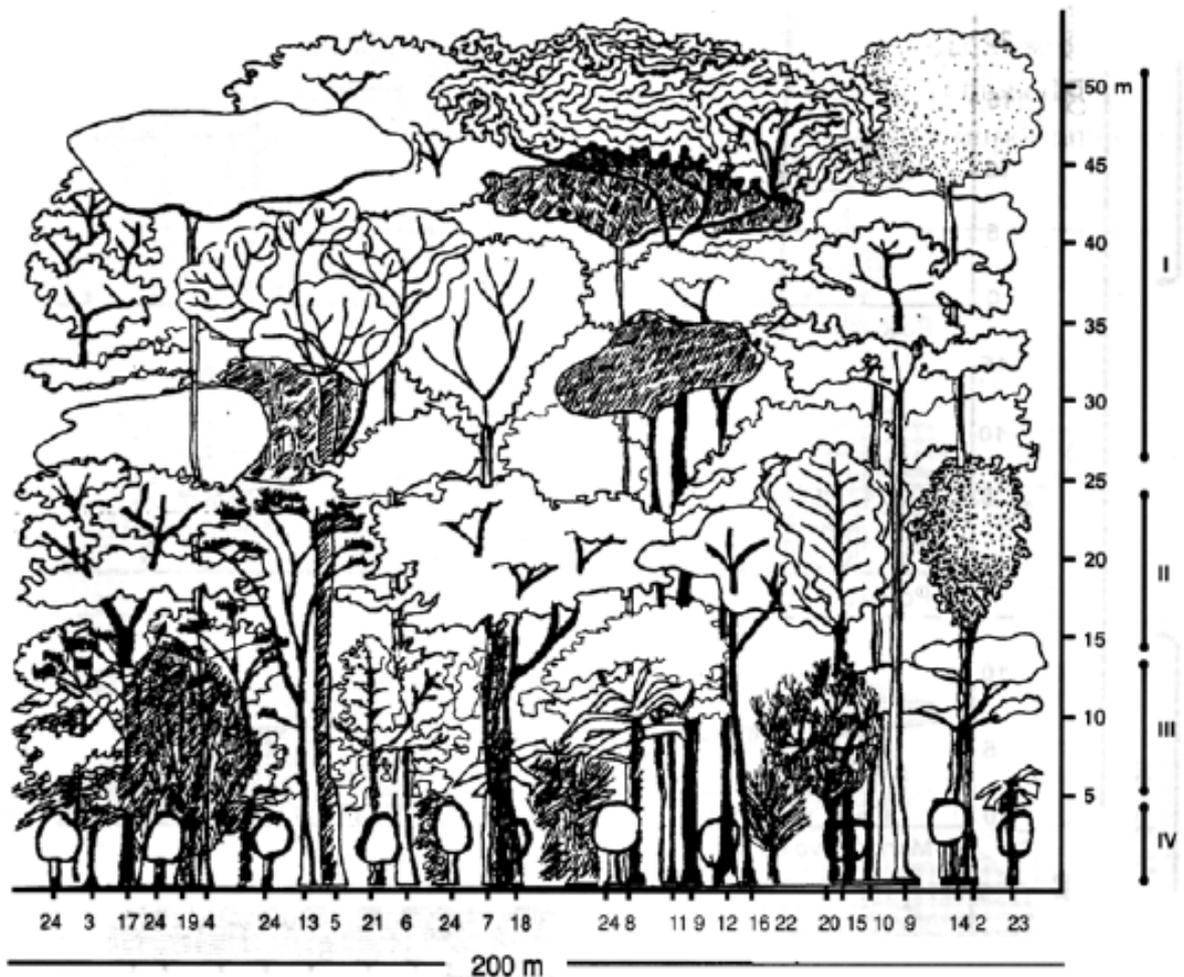


Figura 2. Perfil de un transecto de 200 metros en un policultivo tradicional o “jardín de café” en Santos Reyes Nopala, Oaxaca (Tomado de Moguel y Toledo, 1996).

1.2.1.4 Monocultivo bajo sombra

Este sistema y el siguiente representan los patrones productivos “modernos” introducidos a México por el Instituto Mexicano del Café (INMECAFE) a final de la década de los setenta. Se utilizan de forma casi única y dominan los árboles del género *Inga*. De esta manera se crea una plantación monoespecífica bajo un dosel igualmente especializado. En este caso el uso de agroquímicos se torna una práctica obligada y la unidad productiva se concentra en una producción exclusivamente dirigida al mercado (Moguel y Toledo, 1996; Moguel y Toledo, 1999).

1.2.1.5 Monocultivo de sol

No presenta cobertura vegetal alguna y es expuesto de manera directa al sol, esta modalidad representa un sistema totalmente agrícola que pierde el carácter agroforestal de los sistemas anteriores. Se trata de una plantación especializada que requiere grandes insumos de agroquímicos e incluso maquinaria, así como de cuidados para los que se necesita el empleo de mano de obra durante todo el ciclo anual. En este sistema se alcanzan los más altos rendimientos de café por unidad de superficie (Moguel y Toledo, 1996; Moguel y Toledo, 1999).

1.2.2 Estudios de vertebrados en cafetales

En el país han sido pocos los estudios de fauna silvestre que han sido llevados a cabo en cafetales, entre ellos se encuentran los estudios con anfibios y reptiles de González-Romero y Murrieta-Galindo (2008) quienes estimaron en el estado de Veracruz la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles en cafetales sujetos a diferentes tipos de manejo. Macip-Ríos y Muñoz-Alonso (2008) determinaron el efecto de los cafetales sobre la diversidad de lacertilios (lagartijas) en la región del Soconusco en Chiapas determinando el efecto de los cafetales sobre la diversidad de especies.

Con respecto a aves se encuentran los trabajos de Gordon *et al.* (2007) quienes encontraron que las comunidades de aves fueron más diversas en los cafetales de sombra tradicionales y el bosque que los policultivos comerciales y los cafetales de sol. Tejeda-Cruz y Sutherland (2004) señalan que en la reserva de la biósfera de El Triunfo en Chiapas los cafetales y los bosques primarios no presentan diferencias en cuanto a la diversidad de especies, pero se observaron un predominio de especies generalistas en los cafetales. Esto mismo fue reportado por Tejeda-Cruz y Gordon (2008) en Veracruz. Greenberg *et al.* (1997) en la región cafetalera del este de Chiapas obtuvieron una composición de especies similar entre los cafetales y las zonas boscosas, además consideraron a los cafetales como refugios importantes para las especies migratorias.

En lo referente a mamíferos, se han realizado algunos estudios en los estados de Veracruz y Chiapas. Para la región cafetalera del centro de Veracruz, Estrada *et al.* (1993) estudiaron la diversidad de murciélagos en distintas plantaciones (incluidos cafetales), registrando un mayor número de especies en cafetales que en cualquier otro tipo de plantación, sin embargo, fue un número menor al que presentaron los bosques. Pineda *et al.* (2005) no reportan diferencias significativas entre la riqueza y la composición de especies de murciélagos entre cafetales y los bosques, pero sí en los valores de abundancia de las especies. Sosa *et al.* (2008) determinaron la diversidad de murciélagos de la familia Phyllostomidae en ocho fincas cafetaleras y un fragmento de bosque mesófilo de montaña, y descubrieron que las especies más comunes fueron frugívoros generalistas, tolerantes a ambientes perturbados.

Gordon *et al.* (2007) registraron 13 especies de pequeños mamíferos no voladores, cabe destacar que no hacen mención de las especies que reportan ni datos de su abundancia, solamente indican que dos especies fueron exóticas. Gallina *et al.* (1996) señalan la relación que tiene la estructura de la vegetación de los cafetales con los mamíferos medianos y recomiendan la conservación del estrato arbóreo porque proporciona alimento y protección a la mayoría de las

especies. Gallina *et al.* (2008) determinaron el papel de los cafetales en la conservación de las especies de mamíferos terrestres pequeños y medianos, y de las 22 especies históricas de pequeños mamíferos, sólo pudieron observar ocho (36%), mientras que de las 33 especies de mamíferos medianos fueron registradas 24 (72%). Estos mismos autores señalan que el manejo del cafetal tiene un efecto negativo significativo para la presencia de las especies de mamíferos medianos, pero no para los pequeños.

En Chiapas se encuentra el trabajo de Cruz-Lara *et al.* (2004), quienes estimaron la riqueza y diversidad de mamíferos en cafetales con sombra y la selva mediana perennifolia en la región de la Selva Lacandona, obteniendo una diversidad de especies similar entre ambos ecosistemas, sin embargo, son frecuentes las especies de mamíferos generalistas fueron más frecuentes en los cafetales.

1.3 Pequeños mamíferos como especies indicadoras de calidad ambiental

Como pequeños mamíferos son consideradas aquellas especies menores a 50 g o del tamaño de una rata, aquí se incluyen musarañas, ratones, ratas y pequeñas ardillas (Lira *et al.*, 1994; Jones *et al.*, 1996; Animal Care and Use Committee, 1998). Estas especies desempeñan un papel importante en los procesos ecológicos y ocupan una amplia variedad de nichos ecológicos, contribuyen en gran medida a la diversidad de los ecosistemas, *i. e.* tan solo los roedores abarcan aproximadamente el 45 % de la diversidad de mamíferos de México y conforman la gran mayoría de los taxa endémicos del país (Fa y Morales, 1993; Ceballos *et al.*, 2002). Además, son presas potenciales para otras especies de vertebrados (Monés, 1968; Santos-Moreno y Alfaro, 2009). Consumen grandes cantidades de materia vegetal (hojas, raíces, frutos, semillas), son predadores de insectos y otros invertebrados, e incluso pequeños vertebrados también realizan actividades de dispersión de semillas y ciertos hongos micorrízicos por lo que afectan considerablemente a las poblaciones vegetales (Howe y Smallwood, 1982; Álvarez

y Mayo-Aceves, 1993; Hernández-Betancourt *et al.*, 2005). Sin embargo, también pueden ser vectores y reservorios de ciertas enfermedades así como plagas agrícolas, afectando la salud pública y la economía de ciertos sectores (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005a; Monge, 2008).

Son definidas como especies indicadoras de calidad ambiental aquellas que son particularmente sensibles a la perturbación del medio ambiente y, por lo tanto, se vuelven útiles para determinar la calidad de un hábitat determinado (Miller *et al.*, 1999). Debido a la importancia ecológica que tienen los pequeños mamíferos, han sido propuestos en algunos trabajos como grupo indicador de disturbios en el hábitat (Pearce y Venier, 2005; Cimé Pool, 2006). Aunque si bien algunas especies debido a su grado de especialización en cuanto a dieta y refugio han resultado ser considerablemente sensibles a los disturbios que se presentan en los ecosistemas, otras se han visto claramente beneficiadas ante estos cambios, aumentando tanto sus densidades poblacionales como su tamaño corporal (Bolger *et al.*, 1995; Bayne y Hobson, 1998; Nupp y Swihart, 1998; Malcolm y Ray, 2000; Horváth *et al.*, 2001; Tallmon *et al.*, 2002; Pearce y Venier, 2005; Cimé Pool, 2006).

II. JUSTIFICACIÓN

Los cafetales de sombra han sido considerados refugios de diversidad, sin embargo, este papel se ha discutido ya que algunos estudios sostienen que no brindan todas las características de un bosque primario debido a que albergan especies con cierta tolerancia a la perturbación y se genera la desaparición de especies dependientes en su totalidad de la vegetación primaria (Perfecto *et al.*, 1996; Greenberg *et al.*, 1997; Tejeda-Cruz y Sutherland, 2004).

Oaxaca es una de las principales zonas productoras de café en el país con 176,980 ha distribuidas en 117 municipios (Moguel y Toledo, 1996), sin embargo, no se han llevado a cabo estudios en estos ecosistemas en el estado para conocer la diversidad que sostienen, además no existen estudios comparativos entre ambientes no perturbados y estos agroecosistemas para pequeños mamíferos, lo cual aportaría elementos para definir el rol que juegan los cafetales dentro de la conservación de la biodiversidad.

Es pertinente evaluar el efecto y la magnitud que tiene el cambio de uso de suelo en la diversidad de pequeños mamíferos, identificar que especies son susceptibles a estos cambios, ya que este grupo alberga la mayor diversidad de especies y endemismos dentro de los mamíferos en México. Al contar con este tipo de información se tendrán elementos para conocer el estado en que se encuentran los ecosistemas, y se proveerá de una herramienta para la evaluación de los mismos, debido a que los pequeños mamíferos son un grupo de fácil captura y manejo con ciclos de vida cortos que permite conocer en un período de tiempo menor la tendencia de sus poblaciones, igualmente proporcionarán información significativa acerca de las dinámicas de la biodiversidad local en relación con el nivel de conservación de los diferentes tipos de hábitat dentro de un paisaje determinado (Pearce y Venier, 2005).

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo general

Detectar cambios en la composición y estructura entre las comunidades de pequeños mamíferos presentes en el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) y los cafetales de sombra tradicionales “jardines de café” (JC) en Santa Cruz Tepetotutla, San Felipe Usila, Tuxtepec, Oaxaca.

3.2 Objetivos específicos

- a. Conocer la composición taxonómica de la comunidad de pequeños mamíferos presente en el BMM y JC.
- b. Identificar preferencias de hábitat por parte de las especies con respecto al tipo de ecosistema en el que se encuentran.
- c. Conocer las diferencias de riqueza, diversidad, abundancia y grado de dominancia de pequeños mamíferos entre BMM y JC.
- d. Caracterizar el hábitat de las especies de pequeños mamíferos en JC y BMM.
- e. Identificar relación entre las características del hábitat y la diversidad y abundancia de los pequeños mamíferos en el BMM y JC.

3.3 Hipótesis

La composición taxonómica de la comunidad de pequeños mamíferos no voladores mostrará diferencias entre el BMM y los JC, habiendo un claro aumento de especies tolerantes a la fragmentación y oportunistas en los ambientes que han sido modificados para la producción de café. Los taxa endémicos se encontrarán

únicamente en los ambientes no perturbados debido a que presentan requerimientos de hábitat más específicos que pueden ser modificados por el cambio de uso de suelo.

Además de diferencias a nivel de composición específica se mostraran a nivel de riqueza, diversidad y abundancia, donde el ecosistema que presentará los valores más altos en esos componentes será el BMM.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

Santa Cruz Tepetotutla se ubica en San Felipe Usila, municipio del Distrito de Tuxtepec, localizado en la región del Papaloapan al norte del Estado en la parte alta de la región conocida como La Chinantla, la cual hace referencia a la etnia chinanteca que predomina en la zona (Martín, 1993). Se encuentra a una altura que va de los 100 a más de 3,000 msnm (Centeno-García, 2004).

Esta región se ubica en la provincia fisiográfica Sierra Madre de Oaxaca (Ortiz Pérez *et al.*, 2004) y a la provincia morfotectónica denominada Sierra Madre del Sur, específicamente a la subprovincia de las Tierras Altas de Oaxaca y Puebla (Ferrusquía-Villafranca, 1993). Aparentemente el origen de las rocas más antiguas que conforman esta cordillera, de más de 14 millones de años, se ubica entre el Paleozoico Tardío y el Mesozoico Temprano. Se propone que esta cordillera surgió como consecuencia de la falla de Oaxaca, que corre a lo largo del margen oeste de la Sierra (Centeno-García, 2004). La zona se caracteriza por abruptos gradientes altitudinales y empinadas pendientes, sólo el 17.3 % de éstas están entre 0 y 6°, 38.3 % oscilan entre 6 y 18°, 43.3 % van de 18 a 45°, y 1 % tiene inclinaciones superiores a 45° (Ortiz Pérez *et al.*, 2004).

El área de estudio se encuentra en la cuenca del Papaloapan y, dentro de esta, el río Usila, corriente permanente de un área de 773.7 km², por su extensión está clasificada con un tipo de drenaje de pequeña extensión (menos de 1,000 km²), sin embargo, aporta el 50 % del volumen que entra a la presa Cerro de Oro cuyo vaso fue llenado en 1989, situación que ha tenido una fuerte influencia en lo que es la dinámica hidrológica de la zona, el 50 % restante lo aporta la subcuenca del río Santo Domingo (12,681 km²). El recurso hídrico de esta zona es una de sus características más importantes, el cual está en función de su ubicación en el parteaguas de la Sierra Juárez y la influencia de los vientos alisios del Golfo de México (Rodiles *et al.*, 1995).

La subcuenca del río Usila se divide en nueve subsistemas hidrológicos, entre los cuales se encuentran las cuencas tributarias del río Perfume (36.4 km² de extensión y 6.48 % de pendiente) y el río Tlatepusco (30 km² de extensión y 6.2 % de pendiente). Ambos ríos se forman desde los 2950 msnm, y llegan hasta la cota de los 100 msnm. Los ríos Tlatepusco y Perfume fluyen a lo largo del municipio, el primero atraviesa los predios de Santiago Tlatepusco y el segundo, los de Santa Cruz Tepetotutla y San Antonio Analco. Es importante mencionar además, la presencia del Río Tlacuache que es afluente del Perfume (Rodiles *et al.*, 1995).

La distribución de los climas está determinada fundamentalmente por la distribución de las formaciones fisiográficas. En las partes más altas de las montañas se encuentra el clima templado húmedo (Cm); en la parte media, en las cuencas de los ríos Perfume y Santiago el semicálido, (A)C(m); en la unión de las montañas con la planicie y el relieve cárstico comienza el predominio de los climas cálido húmedos, primero el Am y más allá de la planicie, donde comienza la presa Cerro de Oro el A(f) (García y CONABIO, 1998).

De acuerdo al INEGI e INE (1996) la mayor parte del territorio del municipio de San Felipe Usila está cubierta por bosques y selvas, principalmente selva alta perennifolia y bosque mesófilo de montaña y una porción son terrenos agrícolas y bosque de pino (Figura 3), el tipo de vegetación que abarcará este estudio es el bosque mesófilo de montaña.

El bosque mesófilo de montaña, denominado también bosque de niebla se desarrolla generalmente en sitios con clima templado y húmedo, en altitudes de 800 a 2,400 msnm, por lo que sus temperaturas son muy bajas, llegando incluso a los 0 °C. Durante la época de lluvias, que dura de 8 a 12 meses, prácticamente llueve todo el día, por lo que este tipo de bosque se observa verde todo el año ya que el periodo de carencia de follaje de las especies suele ser breve y se presenta en los meses más fríos del año. De manera general se encuentra compuesto por

tres estratos arbóreos (más de 20 m; de 8 a 15 m; y de 3 a 5 m) y un sotobosque de hasta 2 m compuesto de arbustos y árboles pequeños (Rzedowski, 1978).

El bosque mesófilo de montaña se distribuye de manera discontinua por la Sierra Madre Oriental, desde el suroeste de Tamaulipas hasta el norte de Oaxaca y Chiapas y por el lado del Pacífico desde el norte de Sinaloa hasta Chiapas, encontrándose también en pequeños manchones en el Valle de México (Rzedowski, 1978).

Este tipo de vegetación tiene una gran diversidad y riqueza de elementos epífitos, particularmente orquídeas y conforma comunidades densas, generalmente de 15 hasta 35 m de alto aunque se pueden presentar alturas de 60 m. Son comunes los géneros *Liquidambar*, *Salix*, *Alnus*, *Juglans*, *Clethra*, *Carya*, *Caprinus*, *Platanus*, *Pinus*, *Quercus*, *Magnolia*, *Podocarpus*, *Acer*, *Prunus*, *Abies*, además diversas cicadáceas como *Dioon*, *Zamia* y *Ceratozamia* (Rzedowski, 1978).

En Oaxaca esta comunidad vegetal se desarrolla en forma de una banda al barlovento de la Sierra Madre de Oaxaca entre los (500) 700 – 2500 (3000) m de elevación, así como en porciones elevadas de la Sierra Madre de Chiapas y en áreas intermitentes de la Sierra Madre del Sur en los distritos de Putla, Jamiltepec, Juquila, Miahuatlán y Pochutla (Flores y Manzanero, 1999).

En la vertiente del Golfo son comunes dos modalidades de bosque mesófilo de montaña. La primera modalidad es de encinar mezclado, compuesto principalmente por *Quercus mexicana*, *Q. laurina*, *Q. glaucescens*, *Q. candicans*, *Liquidambar styraciflua* y *Clethra macrophylla*; acompañadas de *Alnus glabrata*, *Cestrum* sp., *Drimys winteri*, *Gymnantes* sp., *Litsea glaucescens*, *Miconia* sp., *Podocarpus reichi*, *Quercus corrugata*, *Q. magnoliifolia*, *Q. skinneri*, *Q. sororia*, *Saurauia* sp. y *Ternstroemia* sp. En sus porciones de baja altitud con *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota*, *Scheelea liebmannii*, *Tabebuia chrysantha* y *Terminaria amazonia* (Flores y Manzanero, 1999).

La otra modalidad es muy diversa en su composición, sobresaliendo las especies *Oreomunnea mexicana*, *Liquidambar styraciflua*, *Vaccinium stenophyllum* y *Podocarpus* sp.; acompañadas, entre otras especies por *Alsophila salvinii*, *Alchornea latifolia*, *Vertiera guianensis*, *Billia hippocastanum*, *Cleyera mexicana*, *Clidemia dentata*, *Cornus disciflora*, *Calliandra acumunata*, *Lycianthes gorgonea*, *L. chiapensis*, *Oreopanax liebmannii*, *Mollendenia guatemalensis*, *Prunus brachybotrya*, *Oreopanax xalapensis*, *Psychotria cuspidata*, *Phoebe helictrerifolia*, *Ternstroemia pringlei*, *T. tepezapote*, *Vaccinium stenophyllum*, *Viburnum disjunctum* y *Weinmannia pinnata*. También se encuentran los géneros *Alchornea*, *Clethra*, *Clusia*, *Conostegia*, *Drimys*, *Dendropanax*, *Fraxinus*, *Hedyosmun*, *Ilex*, *Inga*, *Juglans*, *Leucocarpus*, *Meliosma*, *Miconia*, *Nyssa*, *Oreopanax*, *Persea*, *Pinus*, *Prunus*, *Podocarpus*, *Quercus*, *Saurania*, *Styrax*, *Simplocarpus* y *Simplocos* (Flores y Manzanero, 1999).

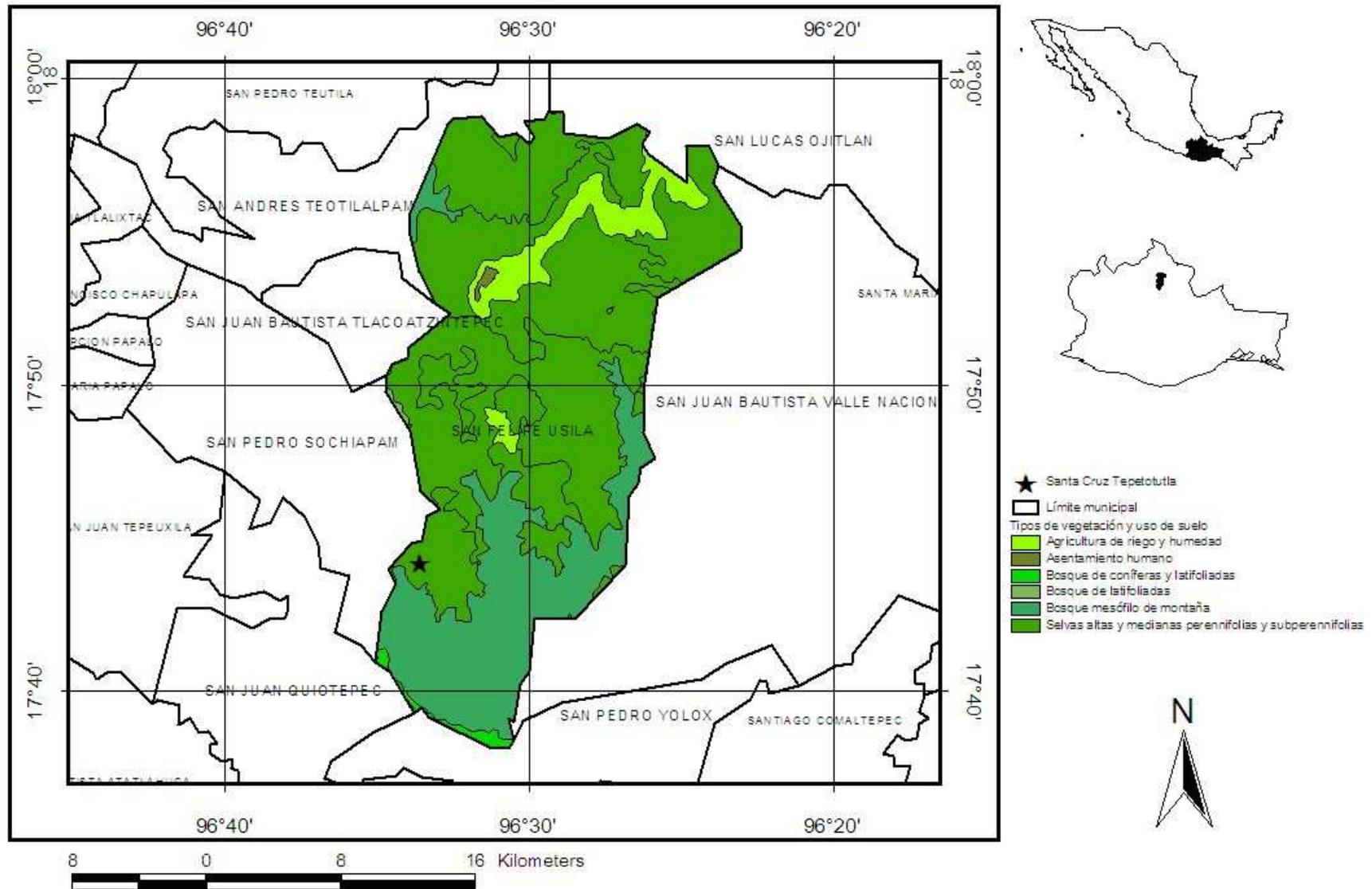


Figura 3. Mapa que muestra la ubicación de la zona de estudio, señalando los tipos de vegetación predominantes en el área de estudio (INEGI e INE, 1996).

V. MÉTODOS

5.1 Captura de organismos

Se llevaron a cabo diez períodos de muestreo de cinco noches de trampeo cada uno, comprendidos entre Abril de 2009 y Enero de 2010. Se establecieron dos sitios de muestreo en bosque mesófilo de montaña y dos en cafetales de sombra tradicionales. En cada sitio se establecieron dos cuadrantes de 70 m de largo por 40 m de ancho, colocando una trampa de aluminio tipo Sherman cada 10 m, haciendo en total 40 trampas en cada cuadrante (Figura 6). Las trampas fueron colocadas en el suelo y cebadas con una mezcla de hojuelas de avena y vainilla.

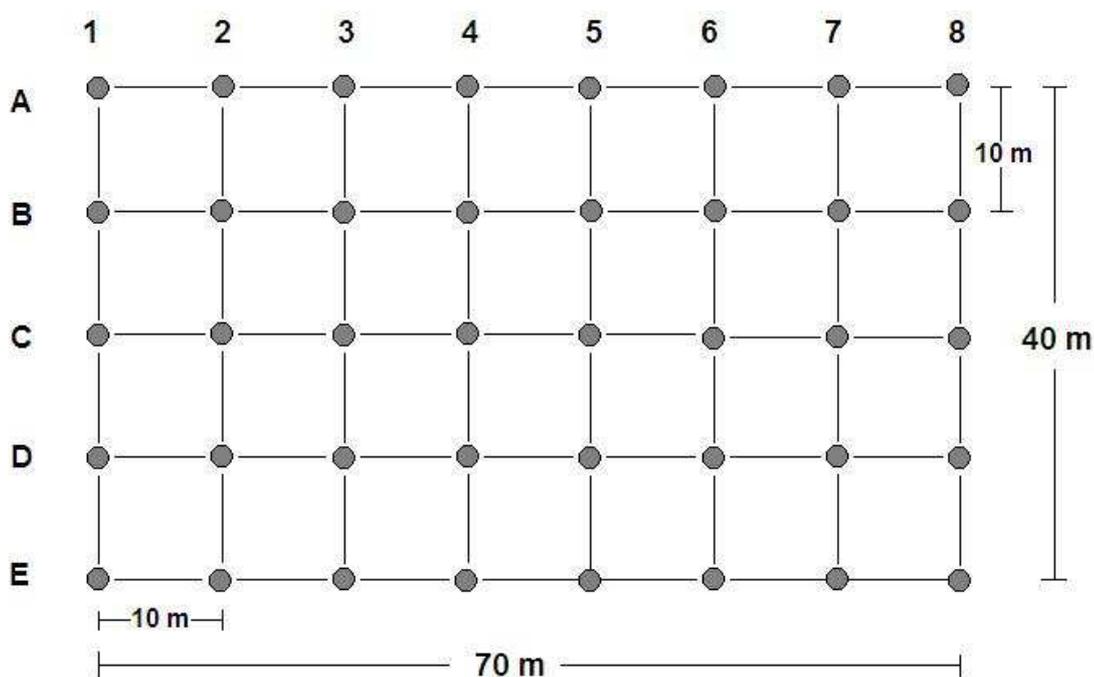


Figura 4. Arreglo de trampas en cada cuadrante del muestreo.

Se empleó el método de captura-recaptura (Krebs, 1985), el cual consiste en la captura de los organismos, su marcaje y posterior liberación. Para cada individuo capturado se registró edad, sexo, así como su condición reproductiva, y las medidas convencionales para mamíferos: longitud total, longitud de la cola

vertebral, longitud de la pata derecha, longitud de la oreja derecha, expresados en milímetros y peso expresado en gramos, de igual manera se registraron datos característicos del área donde fue capturado. Todos los individuos fueron marcados individualmente con aretes numerados tipo 1005-1 (National Band & Tag Co., USA), y liberados posteriormente en el mismo sitio donde fue su captura.

5.2 Caracterización del hábitat

5.2.1 Muestreo de vegetación

Para obtener la riqueza y abundancia de las especies vegetales en cada comunidad se aplicó una modificación del método de Gentry (1982), el cual consistió en determinar la estructura de un conjunto de 5 transectos de 2 x 50 m, es decir, abarcando una superficie de 0.05 ha (500 m²) por sitio (tanto en BMM como en JC), y utilizando un criterio especificado para la inclusión de plantas en la muestra. Este criterio consiste en incluir todas las plantas establecidas en el sustrato cuyo diámetro a la altura del pecho (DAP igual a 1.3 m de altura) sea \geq 2.5 cm, la muestra abarca lianas, árboles, arbustos, muchas hemiepifitas, e incluso hierbas coriáceas y epifitas trepadoras de bajo crecimiento, cada planta es identificada o registrada como una única "morfoespecie". La ventaja principal de este método es la relativa rapidez con la que se obtiene información estructural y florística de la vegetación de un sitio.

5.2.2 Características abióticas del hábitat

En el sitio donde fue colocada cada trampa, se caracterizó un área circular de 3.14 m² considerando cada trampa como el centro y, a partir de ahí, un radio de 1 m. Dentro de esta área se consideraron la pendiente, el porcentaje de pedregosidad en el área, la presencia y número de oquedades formadas por rocas, troncos, etc.,

y la distancia en metros al cuerpo de agua más cercano (Brown y Harney, 1993; García-Estrada *et al.*, 2002).

5.3 Análisis de datos

5.3.1 Curvas de acumulación de especies

Para determinar si se completó o no el inventario se aplicó el modelo de acumulación de especies de dependencia lineal para cada comunidad vegetal muestreada, el cual, es utilizado cuando el área de muestreo es pequeña o el grupo de estudio es bien conocido (Soberón y Llorente, 1993), se basa en el concepto de que el número de especies por reportar decrece mientras el esfuerzo de colecta aumenta (Moreno y Haffter, 2000). Su fórmula es:

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

Donde $S(t)$ es el número de especies esperado en función del tiempo t , a es la tasa de incremento del listado al comienzo de la colecta, b es la acumulación de especies y a/b representa la asintota; que indica que las posibilidades de añadir una nueva especie en el listado tienden a cero (Soberón y Llorente, 1993; Moreno y Haffter, 2000).

Para el cálculo de los valores de a y b se utilizó el programa *Statistica* 6.0 (Statsoft Inc., 2001); los datos de la riqueza observada fueron aleatorizados 100 veces usando el programa *EstimateS* 8.0 (Colwell, 2008).

En los casos en que no se alcanzó la asintota se calculó t_q que indica el tiempo o esfuerzo de colecta requerido para conocer un determinado porcentaje de la

riqueza presente en el área de estudio, en este caso se utilizó el 99 % siendo q igual a 0.99 sustituyendo en la siguiente fórmula:

$$t_q = -1/b \ln(1-q)$$

5.3.2 Abundancia

Las abundancias de cada unidad muestreada en cada comunidad vegetal del estudio fueron comparadas mediante la prueba de bondad de ajuste χ^2 con un nivel de significancia del 95%, los grados de libertad fueron el número de especies (S) menos 1, con la finalidad de encontrar diferencias significativas entre ambas unidades. Si estas no se presentaron, se aplicó la misma prueba entre JC y BMM, de esta manera se descubrirían diferencias entre las abundancias de ambas comunidades.

5.3.3 Índice de Shannon-Wiener (H')

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Para cada comunidad muestreada se calculó H' con el programa *Species Diversity and Richness* (Henderson y Seaby, 2001) para determinar la comunidad con mayor diversidad de especies.

También se aplicó la prueba t de Hutchenson para determinar si existen diferencias significativas entre los valores de Shannon-Wiener correspondientes a cada comunidad vegetal, la fórmula de la prueba es la siguiente:

$$t = \frac{H_1 - H_2}{\sqrt{VarH_1 + VarH_2}}$$

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

Para los grados de libertad,

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

5.3.4 Dominancia

Para determinar el grado de dominancia de la especie más predominante en cada comunidad se calculó el índice de Berger-Parker, el cual se representa de la siguiente manera:

$$d = \frac{N_{\max}}{N}$$

donde N_{\max} es el número de individuos en la especie más abundante. Un incremento en el valor de este índice se interpreta como un aumento en la equidad y una disminución de la dominancia (Magurran, 1988).

5.3.5 Relación entre los pequeños mamíferos y su hábitat

5.3.5.1 Vegetación

Se estimó el coeficiente de correlación de Pearson para encontrar si existe alguna relación entre el número total de especies e individuos observados en la vegetación y los valores mostrados por los pequeños mamíferos, se construyó un modelo de regresión lineal simple para cada parámetro y se muestra a continuación (Montgomery *et al.*, 2006):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

Donde:

y = Número de especies o individuos correspondiente a los pequeños mamíferos.

β_0 = Intercepto, es la media de la distribución de la respuesta en el número de especies cuando el número de especies o individuos de la vegetación es igual a 0.

β_1 = Pendiente o cambio en la media de la distribución del número de especies o individuos producidos por unidad de cambio en el número de especies o individuos de la vegetación.

Para obtener los valores de β_0 y β_1 , así como los límites de confianza, se utilizó el programa *Statística* 6.0 (Statsoft Inc., 2001).

5.3.5.2 Características abióticas del hábitat

Con el fin de conocer si existen diferencias significativas en sus características abióticas entre cada cuadrante muestreado, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de agrupación de medias de Tukey para cada una de las variables medidas, mediante el programa *Statística* 6.0 (Statsoft Inc., 2001).

Se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con la finalidad de encontrar agrupamientos entre los pequeños mamíferos de acuerdo a las características abióticas observadas en su entorno, no se incluyeron los datos obtenidos del muestreo de la vegetación debido a sus distintos tamaños de muestra y el método de campo.

Antes de llevar a cabo el ACP fue necesario un reajuste de los datos mediante su estandarización.

La estandarización se puede definir como la transformación para eliminar inconsistencias en escalas y magnitudes entre variables, así se tienen nuevas variables con media cero y desviación estándar igual a uno (Zavala Hurtado, 1986). Se efectuó mediante la siguiente fórmula:

$$z_{ij} = \frac{(x_{ij} - \bar{x}_j)}{s_j}$$

Dónde:

x_{ij} = es i-ésima observación de la j-ésima variable

\bar{x}_j = es la media muestral de la j-ésima variable

s_j = es la desviación estándar de la j-ésima variable

z_{ij} = es el valor estandarizado de la i-ésima observación en la j-ésima variable.

Una vez realizada la estandarización de los datos se aplicó el ACP con matriz de correlación extraída de los datos estandarizados, se utilizó este método debido a que el tamaño de muestra fue pequeño, utilizando el programa *Statistica* 6.0 (Statsoft Inc., 2001).

El ACP es un método que reduce las dimensiones de un grupo de variables correlacionadas produciendo un pequeño número de variables no correlacionadas

(Componentes Principales) que poseen un porcentaje de la información de los datos, conteniendo la mayor cantidad de dicha información en el Primer Componente Principal (James y McCulloch, 1990), el cual permite conocer las variables abióticas con mayor importancia en la diversidad de pequeños mamíferos.

VI. RESULTADOS

6.1 Esfuerzo de muestreo

Se llevaron a cabo 10 períodos de muestreo, los cuales, abarcaron de Abril de 2009 a Enero de 2010, haciendo un total de 50 noches de muestreo, y un esfuerzo total de captura de 6400 trampas/noche.

6.2 Composición taxonómica

Se registró un total de 284 organismos y doce especies (Cuadro 1), pertenecientes al orden Rodentia, agrupadas en siete géneros y dos familias. Destaca la presencia de *Oryzomys chapmani*, una especie de roedor endémico de México.

Ninguna de estas especies fue registrada de manera exclusiva en el BMM, sin embargo sí hubo pequeños mamíferos que solo fueron registrados en los JC: *Oligoryzomys fulvescens*, *Reithrodontomys fulvescens* y *Sigmodon hispidus*.

6.3 Riqueza de especies y curvas de acumulación de especies

De las 12 especies de pequeños mamíferos registradas, en los JC se ubicaron 12 especies (JC1 = 10; JC2 = 6) y en el BMM nueve.

De acuerdo a la prueba χ^2 las abundancias de pequeños mamíferos en los dos sitios de JC fueron estadísticamente diferentes entre sí, mientras que las dos áreas de BMM no mostraron diferencias, por lo que se construyó un modelo de acumulación de especies para cada cuadrante en JC y uno solo para el BMM.

Cuadro 1. Listado de las especies de pequeños mamíferos registradas y su abundancia en cada cuadrante en BMM y JC. El arreglo taxonómico fue de acuerdo a Wilson y Reeder (2005).

	JC1	JC2	BMM1	BMM2	N	
ORDEN RODENTIA						
SUBORDEN SCIUROGNATHI						
Familia Heteromyidae						
Subfamilia Heteromyinae						
Género <i>Liomys</i>						
<i>Liomys irroratus</i> (Gray, 1868)	2	0	3	8	13	
Familia Muridae						
Subfamilia Sigmodontinae						
Género <i>Oligoryzomys</i>						
<i>Oligoryzomys fulvescens</i> (Saussure, 1860)	16	8	0	0	24	
Género <i>Oryzomys</i>						
<i>Oryzomys chapmani</i> (Thomas, 1898)	2	1	33	22	58	
<i>Oryzomys rostratus</i> (Merriam, 1901)	1	0	1	5	7	
Género <i>Peromyscus</i>						
<i>Peromyscus aztecus</i> (Saussure, 1860)	4	0	22	19	45	
<i>Peromyscus beatae</i> (Tomas, 1903)	4	0	6	7	17	
<i>Peromyscus mexicanus</i> (Saussure, 1860)	17	0	24	22	63	
Género <i>Reithrodontomys</i>						
<i>Reithrodontomys mexicanus</i> (Saussure, 1860)	0	6	2	5	13	
<i>Reithrodontomys fulvescens</i> (Allen, 1894)	9	10	2	1	22	
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> (Saussure, 1861)	0	2	0	0	2	
Género <i>Sigmodon</i>						
<i>Sigmodon hispidus</i> (Say y Ord, 1825)	15	2	0	0	17	
Género <i>Tylomys</i>						
<i>Tylomys nudicaudus</i> (Peters, 1866)	1	0	1	1	3	
	<i>N</i>	71	29	94	90	284
	<i>S</i>	10	6	9	9	12

De acuerdo al modelo de Dependencia Lineal, en el BMM se superó la riqueza de especies esperada, sin embargo en el JC2 todavía no se alcanzó, por lo que se calculó t_q (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de especies registradas y predichas por el modelo de acumulación de especies para cada unidad de muestreo.

	BMM	JC1	JC2
S	9	10	6
a	4.8376	3.4386	1.0594
b	0.5581	0.3375	0.1251
a/b	8.6681	10.1890	8.4652
$t_{0.95}$			23.9376

Las curvas de acumulación construidas con base en los datos que arrojó el modelo se presentan a continuación.

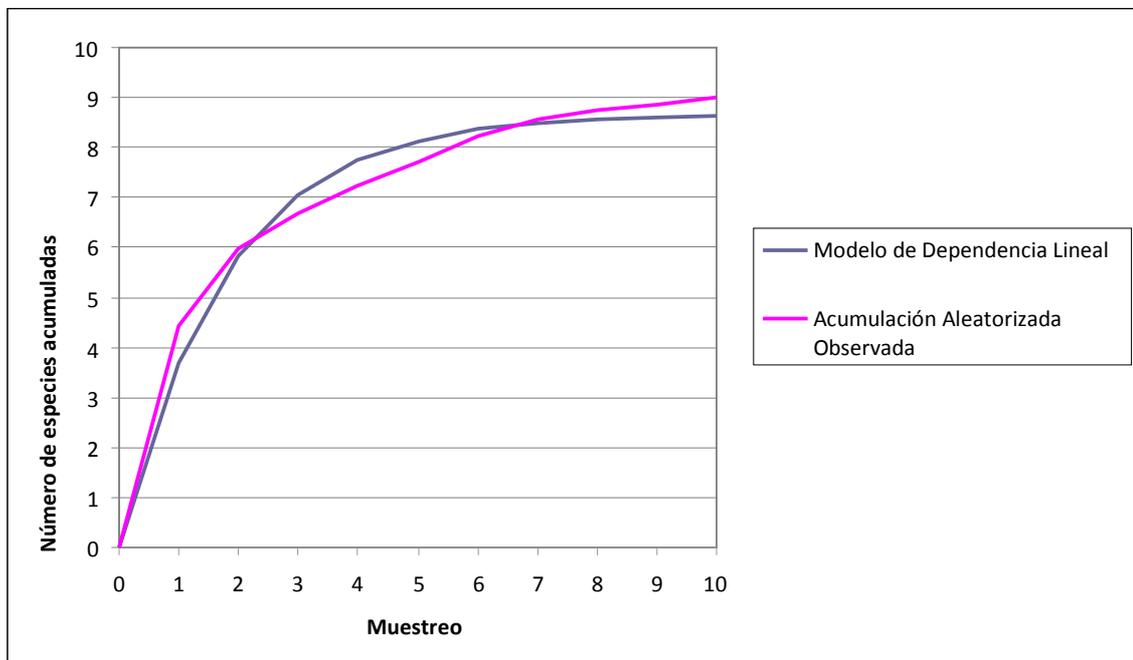


Figura 5. Curva de acumulación aleatorizada observada y curva de acumulación esperada de acuerdo al modelo de Dependencia Lineal para el BMM.

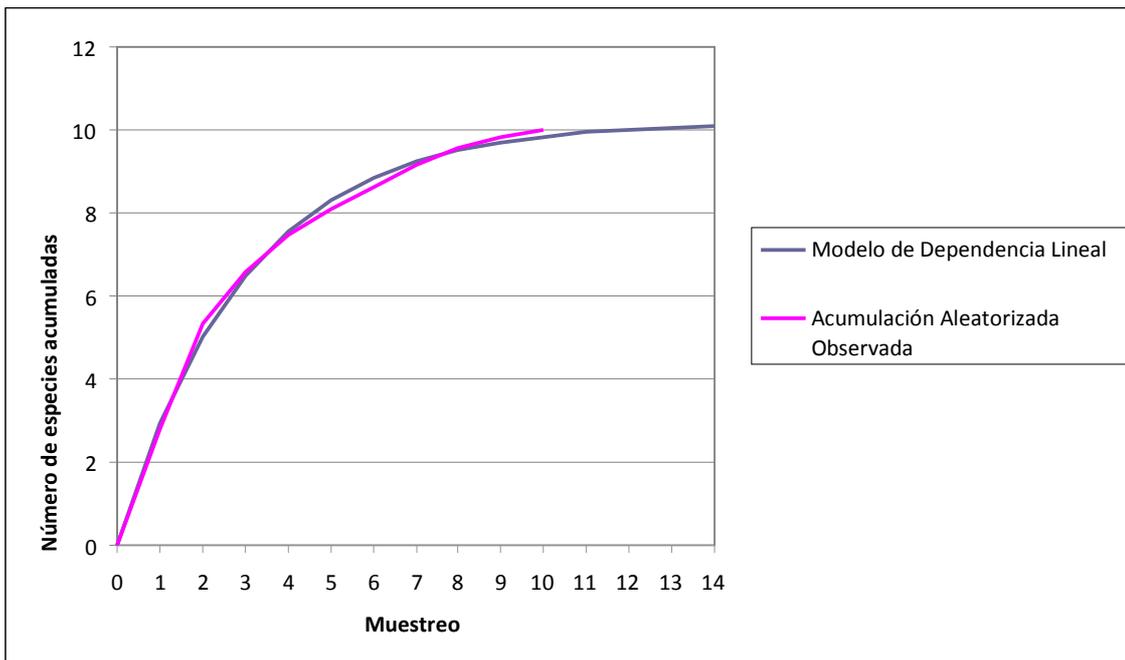


Figura 6. Curva de acumulación aleatorizada observada y curva de acumulación esperada de acuerdo al modelo de Dependencia Lineal para el JC1.

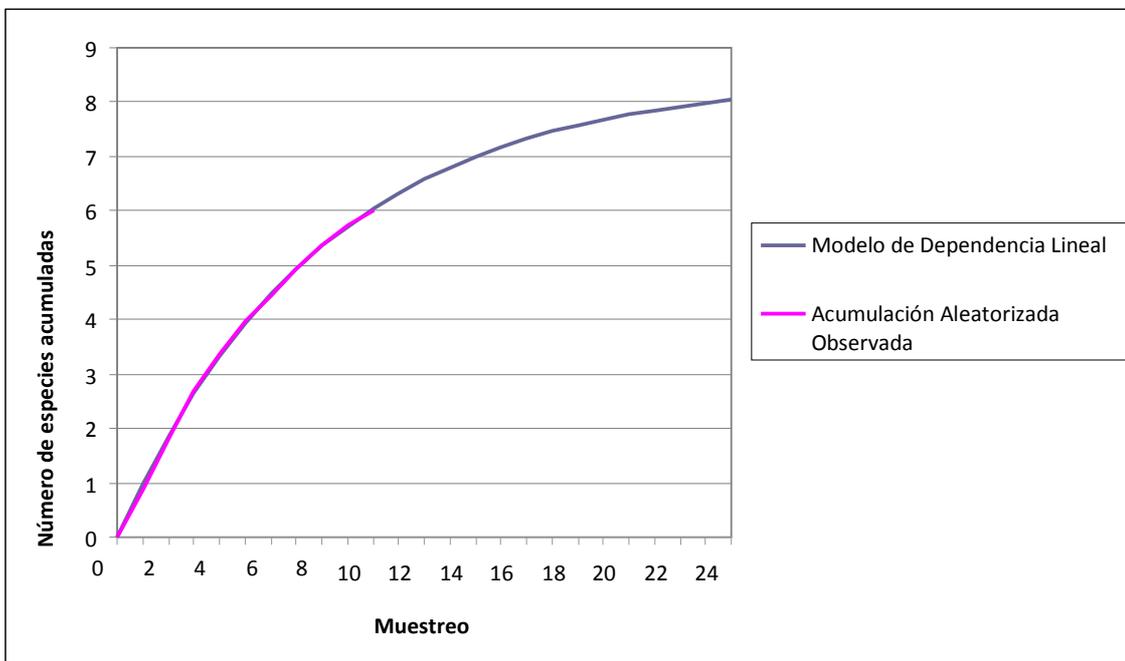


Figura 7. Curva de acumulación aleatorizada observada y curva de acumulación esperada de acuerdo al modelo de Dependencia Lineal para el JC2.

6.4 Abundancia

En relación a la abundancia de las especies de pequeños mamíferos, la prueba χ^2 no arrojó diferencias significativas entre los dos sitios de BMM, sin embargo existen entre los JC debido al pequeño tamaño de muestra de uno de ellos (JC2, n = 29), por lo que se comparó el BMM en su totalidad con cada uno de los cuadrantes de JC.

Entre el BMM y cada unidad de JC sí se presentaron diferencias significativas en la abundancia de las especies, debido a que los JC muestran los valores más bajos (Cuadro 1).

En toda la zona la especie de mayor abundancia fue *Peromyscus mexicanus* con 63 individuos representando el 22.18% del total de los ejemplares registrados, seguido de *Oryzomys chapmani* (20.42%), a diferencia de *Reithrodontomys fulvescens* con el menor número de organismos (0.70%).

En el JC1 la especie más abundante fue *Peromyscus mexicanus* (n=17) en contraste con JC2 donde *Reithrodontomys sumichrasti* (n=10) tenía el mayor número de representantes, en el BMM fue *Oryzomys chapmani* (n=55).

6.5 Índice de Shannon-Wiener (H')

De acuerdo las estimaciones de diversidad obtenidas (H') el JC1 arrojó el valor más alto (2.7607) seguido del BMM total con 2.5246, sin embargo, de acuerdo a la prueba t de Hutchenson, no existen diferencias significativas en la diversidad entre los sitios (Cuadro 3). El JC2 fue el que mostró el valor más bajo por lo que es menos diverso, lo cual se corroboró mediante la prueba t .

Cuadro 3. Valores del índice de Shannon-Wiener (H'), prueba t de Hutchenson y grados de libertad calculados para cada unidad de muestreo. Los valores de H' para cada unidad muestreada se observan en los cuadros sombreados, los valores de t Hutchenson se muestran en la diagonal superior y los grados de libertad en la diagonal inferior.

	H'	JC1	JC2	BMM
		<i>t de Hutchenson</i>		
JC1	2.7607	11.5276	-9.9113	
JC2	61.642	2.2121	8.2466	
BMM	134.2743	43.4477	2.5246	

6.6 Dominancia

La comunidad con el mayor grado de dominancia fue el JC2 ($d = 0.3448$), valor que se debió al hecho que *Reithrodontomys sumichrasti* es la especie más abundante en la comunidad. En el JC1 y el BMM el grado de dominancia fue menor al 30%, *Peromyscus mexicanus* y *Oryzomys chapmani* respectivamente, fueron los responsables de estos valores.

6.7 Caracterización de hábitat

6.7.1 Vegetación

Dado que no se presentaron diferencias significativas en la diversidad y abundancia de pequeños mamíferos en ambos cuadrantes de BMM, se estableció únicamente una unidad de muestreo de vegetación para esta comunidad, sin embargo, se establecieron dos unidades para cada JC ya que estos demostraron ser significativamente diferentes en sus valores de diversidad y abundancia entre sí. Los valores derivados del muestreo se observan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores de riqueza de especies (S) e individuos totales (N) para la vegetación en cada cuadrante muestreado.

	JC1	JC2	BMM
S	23	17	26
N	215	155	188

En el análisis de regresión lineal se obtuvo una correlación positiva entre la riqueza de especies de pequeños mamíferos y la riqueza de especies de la vegetación, los parámetros de esta prueba fueron $\beta_0 = -0.0476$ y $\beta_1 = 0.38095$, siendo el valor de r^2 de 0.7033, lo cual indica que el 70.33% de los cambios en el número de especies de pequeños mamíferos pueden ser explicados por cambios en la riqueza de especies de la vegetación.

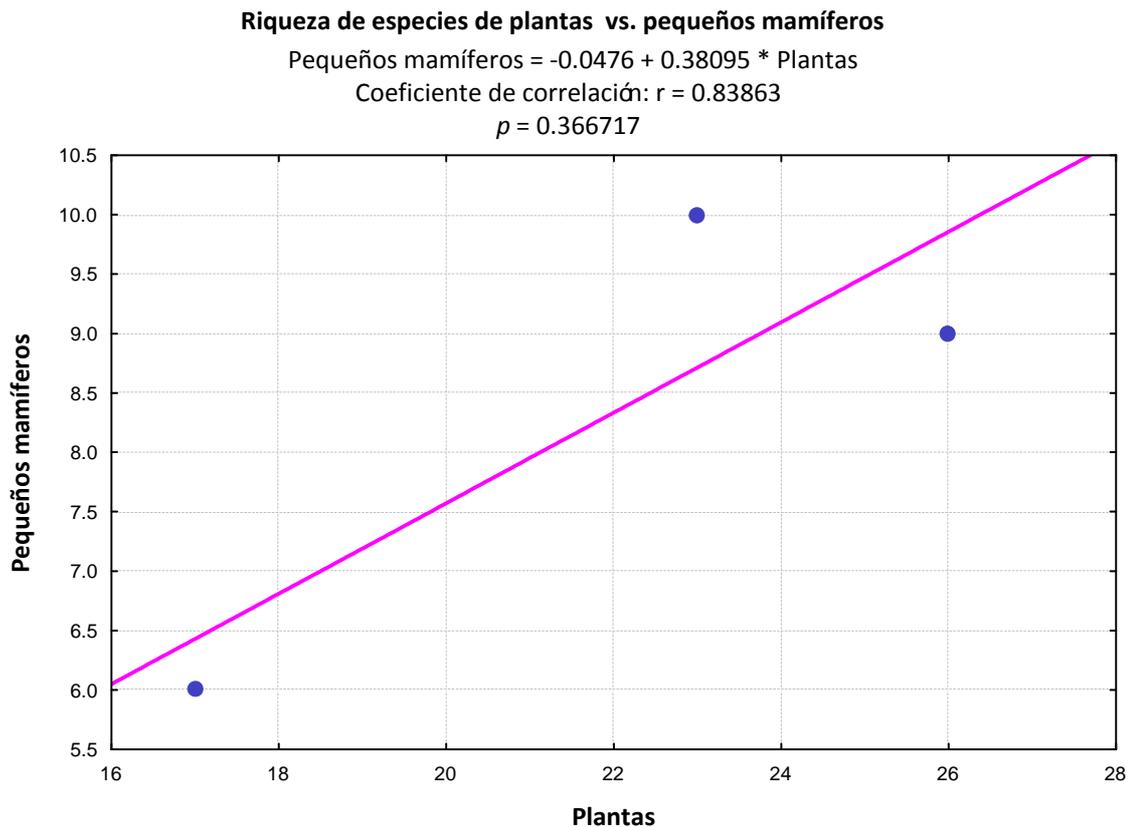


Figura 8. Regresión lineal entre la riqueza de especies de pequeños mamíferos y la riqueza de especies observada en la vegetación.

Se obtuvo una correlación positiva entre el número de individuos de pequeños mamíferos y el número de individuos registrados en la vegetación, se obtuvieron valores de $\beta_0 = -62.70$ y $\beta_1 = 0.84607$, siendo el valor de r^2 de 0.1006, es decir, el 10.06% de los cambios en el número de individuos de pequeños mamíferos pueden ser explicados por cambios en la abundancia de la vegetación. En ambos análisis no se presenta una relación entre ambas variables estadísticamente significativa a un nivel del 95% de confianza.

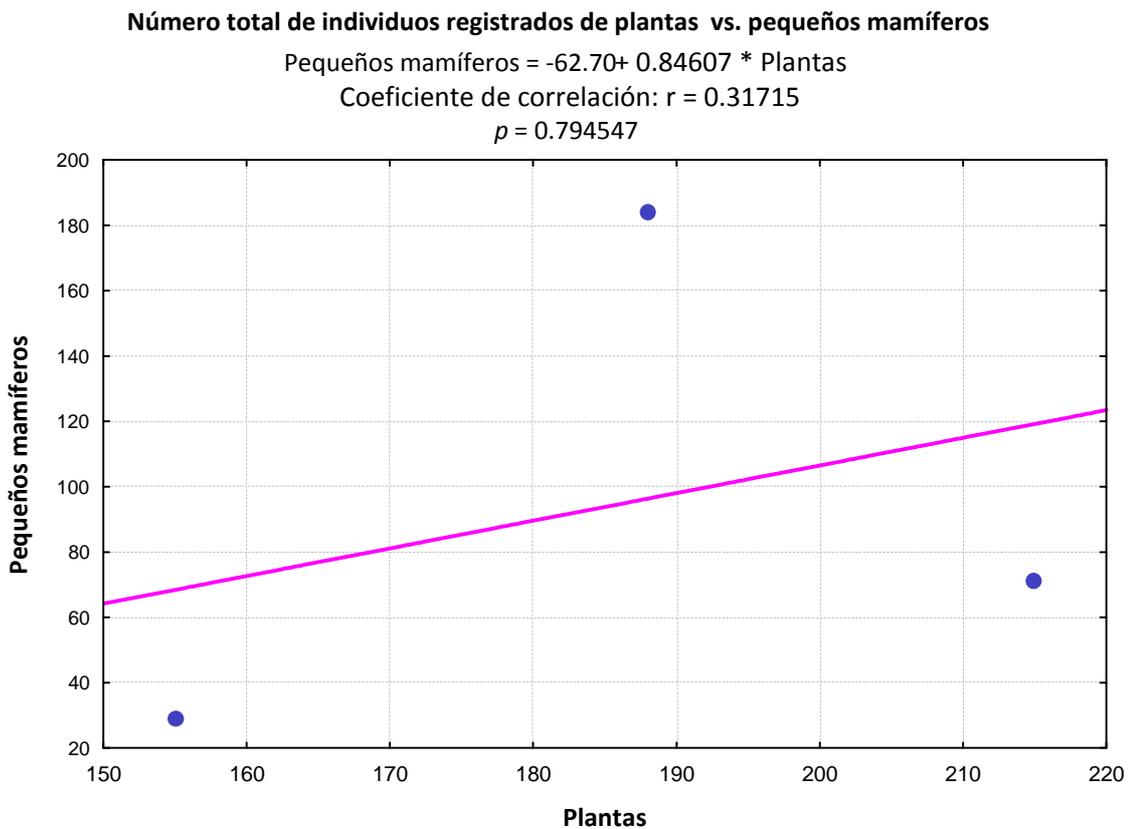


Figura 9. Regresión lineal entre el número de individuos totales de pequeños mamíferos y el número de individuos total observado en la vegetación.

6.7.2 Características abióticas del hábitat

De acuerdo al ANOVA realizado para los parámetros abióticos registrados en los sitios de muestreo, en todas las variables al menos uno de los cuadrantes presenta diferencias significativas en su media con respecto a los demás (Cuadro 5). Esto pudo ser corroborado con la prueba de agrupación de medias de Tukey,

donde para cada variable un cuadrante tiene valores que lo hacen estadísticamente distinto a los demás ($p \leq 0.05$), excepto en la proximidad a cuerpos de agua donde todos los cuadrantes son distintos entre sí (Cuadro 6, Figura 10).

Cuadro 5. Tabla ANOVA con los datos obtenidos para cada variable de las características abióticas de los cuadrantes muestreados.

	GL	SC	CM	F	p
PX					
Cuadrante	1835.91	3	611.971	4.1192	0.0076
Error	23176.50	156	148.567		
Total	25012.41	159			
PY					
Cuadrante	29636.32	3	9878.77	45.3528	0.00
Error	33979.99	156	217.82		
Total	63616.31	159			
Pedregosidad					
Cuadrante	15997.03	3	1999.01	3.9503	0.0095
Error	78941.75	156	506.04		
Total	84938.78	159			
Huecos					
Cuadrante	153.3250	3	17.7750	14.0293	0.0000
Error	197.6500	156	1.2670		
Total	250.9750	159			
Agua					
Cuadrante	42360.0	3	14120.0	50.857	0.00
Error	43312.3	156	277.6		
Total	85672.3	159			

PX: Pendiente del terreno sobre el eje de las x; PY: Pendiente del terreno sobre el eje de las y; Pedregosidad: Porcentaje de pedregosidad en el terreno; Huecos: Número de oquedades; Agua: Proximidad en metros de la estación de trampeo al cuerpo de agua más cercano, GL: Grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio; F: Estadístico de prueba; p: Nivel de significancia.

Cuadro 6. Valores obtenidos con la prueba de agrupación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). Los valores sombreados son estadísticamente distintos.

		JC1	JC2	BMM1	BMM2
PX	JC1		0.9152	0.7872	0.0399
	JC2	0.9152		0.3877	0.0053
	BMM1	0.7872	0.3877		0.3132
	BMM2	0.0399	0.0053	0.3132	
PY	JC1		0.000008	0.6826	0.8329
	JC2	0.000008		0.000008	0.000008
	BMM1	0.6826	0.000008		0.9934
	BMM2	0.8329	0.000008	0.9934	
Pedregosidad	JC1		0.0346	0.9943	0.3370
	JC2	0.0346		0.0164	0.7325
	BMM1	0.9943	0.0164		0.2161
	BMM2	0.3370	0.7325	0.2161	
Huecos	JC1		0.9908	0.000008	0.2791
	JC2	0.9908		0.000008	0.1577
	BMM1	0.000008	0.000008		0.0014
	BMM2	0.2791	0.1577	0.0014	
Agua	JC1		0.000008	0.0092	0.000008
	JC2	0.000008		0.000016	0.0035
	BMM1	0.0092	0.000016		0.000008
	BMM2	0.000008	0.0035	0.000008	

PX: Pendiente del terreno sobre el eje de las x; PY: Pendiente del terreno sobre el eje de las y; Pedregosidad: Porcentaje de pedregosidad en el terreno; Huecos: Número de oquedades; Agua: Proximidad en metros de la estación de trampeo al cuerpo de agua más cercano.

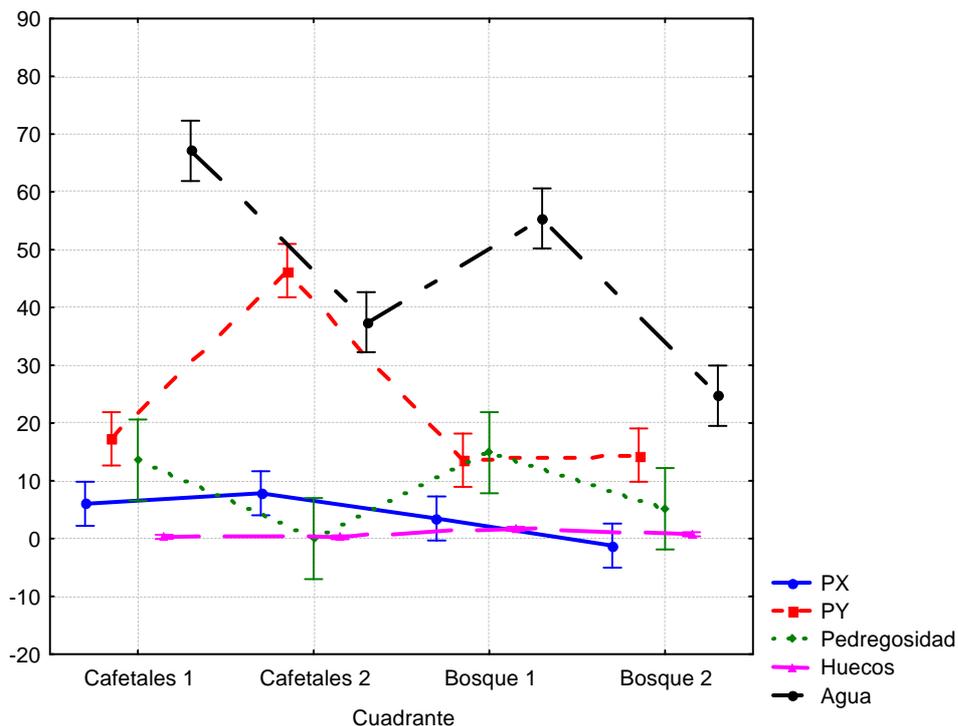


Figura 10. Distribución de las medias de cada variable por cuadrante. Las barras verticales indican intervalos de confianza del 95%. PX: Pendiente del terreno sobre el eje de las x; PY: Pendiente del terreno sobre el eje de las y; Pedregosidad: Porcentaje de pedregosidad en el terreno; Huecos: Número de oquedades; Agua: Proximidad en metros de la estación de trampeo al cuerpo de agua más cercano.

En el ACP, dentro de los Eigenvectores se utilizaron los tres primeros Componentes Principales (CP), ya que estos acumulan el mayor porcentaje de la de la varianza explicada (señalados con “**”) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Eigenvalores derivados del ACP.

Componente	Eigenvalor	Porcentaje de varianza explicada	Porcentaje de varianza explicada acumulado
1	1.61284	32.257*	32.257
2	1.17954	23.591*	55.847
3	0.87859	17.572*	73.419
4	0.8274	16.548	89.967
5	0.50164	10.033	100

Como se puede ver en el Cuadro 8 dentro del Componente Principal 1 (CP1) las variables más importantes fueron el porcentaje de pedregosidad y el número de oquedades. Para los Componentes Principales 2 y 3 (CP2 y CP3) la pendiente, tanto en el eje de las x como el de las y , fueron las que obtuvieron los valores absolutos más altos, para los dos primeros componentes la distancia en metros al cuerpo de agua más cercano tuvo el tercer lugar en importancia.

Cuadro 8. Eigenvectores derivados del ACP.

Variable	CP1	CP2	CP3
Agua	-0.547292	-0.462310	0.149732
Huecos	-0.748700	0.138122	-0.145560
Pedregosidad	-0.849046	-0.027223	-0.007083
PX	0.115822	-0.704071	0.560889
PY	0.135872	-0.671024	-0.721346

PX: Pendiente del terreno sobre el eje de las x ; PY: Pendiente del terreno sobre el eje de las y ; Pedregosidad: Porcentaje de pedregosidad en el terreno; Huecos: Número de oquedades; Agua: Proximidad en metros de la estación de trampeo al cuerpo de agua más cercano.

En la Figura 11 se ilustra la distribución de los individuos registrados para las especies de pequeños mamíferos en el espacio bidimensional de los primeros tres componentes principales, donde se puede observar una tendencia de las especies del género *Reithrodontomys* y a *Sigmodon hispidus* para agruparse en el IV cuadrante (+,-), en cambio el género *Peromyscus* muestra valores más amplios, observándose en todos los cuadrantes del plano.

Este mismo patrón en la distribución de los puntos coincide con el observado entre las comunidades vegetales muestreadas, donde las observaciones de pequeños mamíferos correspondientes al BMM coinciden con la del género *Peromyscus*, y la de ambos JC con la observada entre los *Reithrodontomys* y *Sigmodon hispidus* (Figuras 11 y 12).

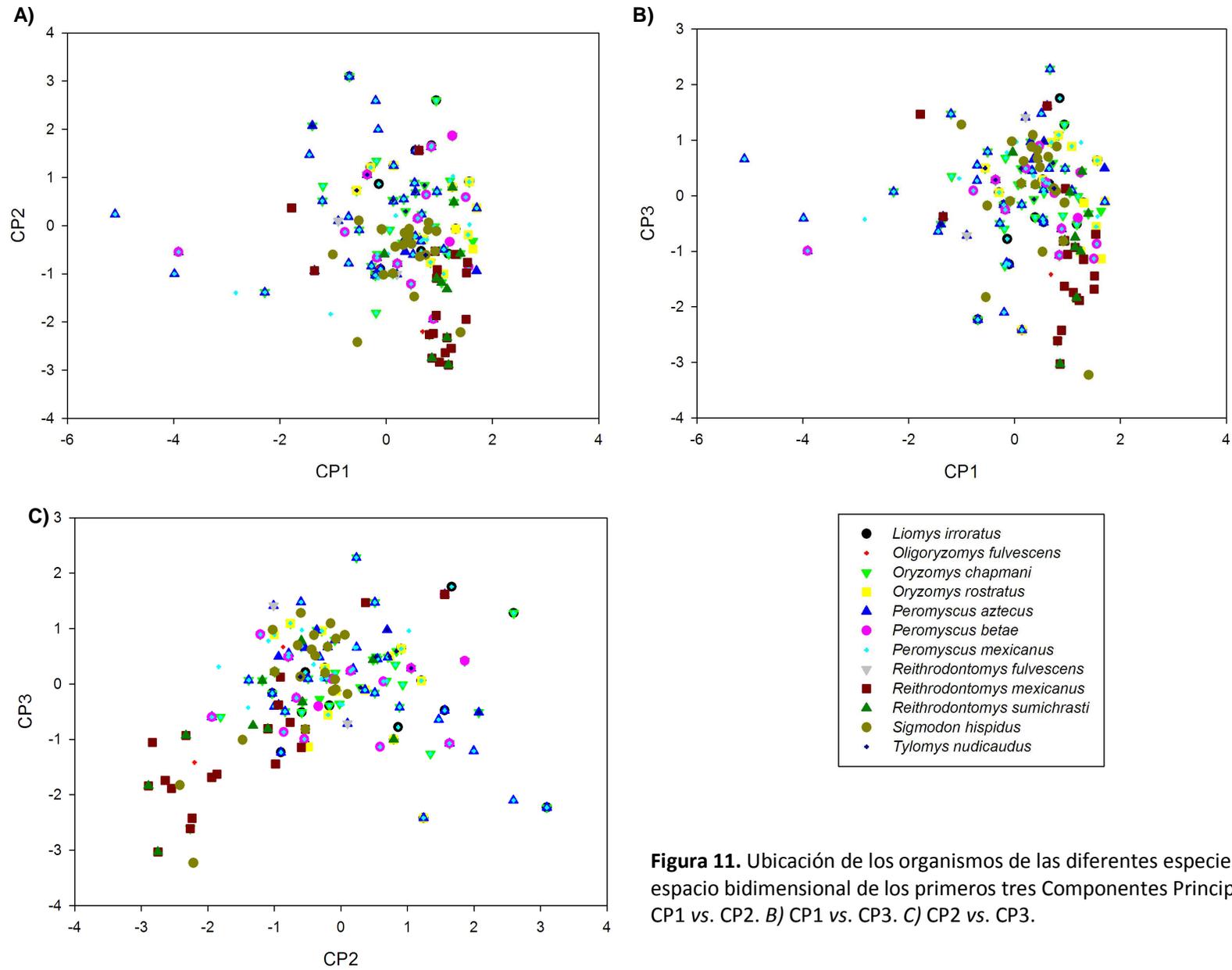


Figura 11. Ubicación de los organismos de las diferentes especies en el espacio bidimensional de los primeros tres Componentes Principales. A) CP1 vs. CP2. B) CP1 vs. CP3. C) CP2 vs. CP3.

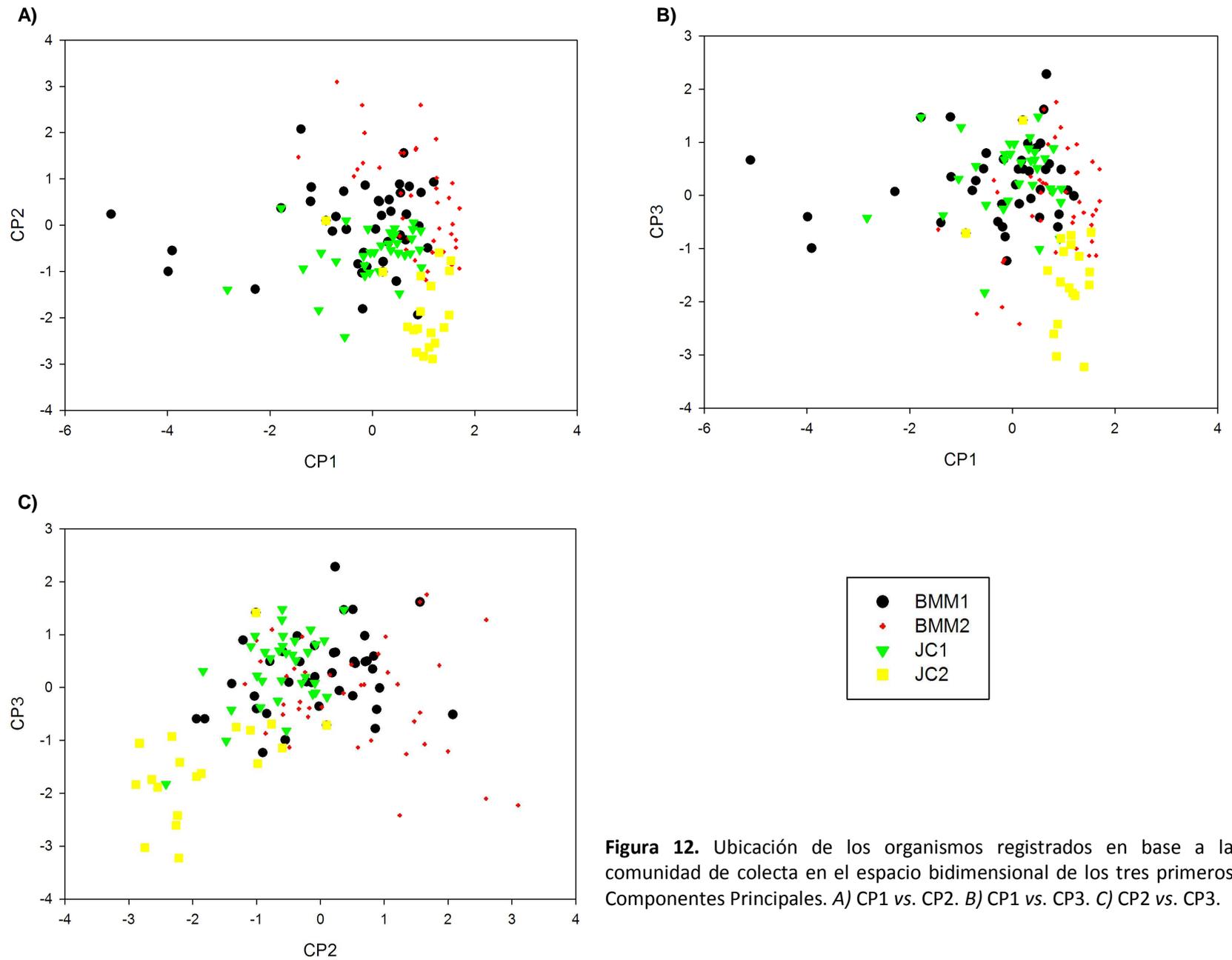


Figura 12. Ubicación de los organismos registrados en base a la comunidad de colecta en el espacio bidimensional de los tres primeros Componentes Principales. A) CP1 vs. CP2. B) CP1 vs. CP3. C) CP2 vs. CP3.

VII. DISCUSIÓN

7.1 Composición taxonómica y riqueza de especies

Se reportaron 12 especies a lo largo de este estudio, de las cuales, todas se presentaron en los JC y nueve a BMM, esta riqueza de especies es mayor a la reportada anteriormente por Pérez Lustre *et al.* (2006), donde registran cinco especies de pequeños mamíferos para la misma zona en un período de colecta de seis meses.

Si únicamente se comparara a nivel de comunidad vegetal, este estudio presenta un mayor número de especies en cafetales que el de otros estudios, como el de Cruz-Lara *et al.* (2004) quienes consiguen para los cafetales de La Lacandona en Chiapas diez especies de pequeños mamíferos. Gordon *et al.* (2007) reconocieron 13 especies para la zona cafetalera del centro de Veracruz, de las cuáles dos de ellas son especies exóticas, a diferencia de este estudio, donde no se observaron especies exóticas. Gallina *et al.* (2008) enlistaron ocho de las 22 especies históricas registradas para la zona en el centro de Veracruz.

Con respecto al BMM, la riqueza de especies presentada en este estudio fue igual a la que obtiene Rúan Tejeda (2006) en este mismo tipo de vegetación en el estado de Veracruz, sin embargo, fue menor al alcanzado por Santos-Moreno (2008) para San Juan Juquila Vijanos en la Sierra Norte de Oaxaca, no obstante hay que destacar que este estudio dedicó un tiempo y esfuerzo de colecta mucho mayor (27,720 trampas/noche) al aquí empleado.

De las especies que se reportan como exclusivas en los JC, *Oligoryzomys fulvescens*, *Reithrodontomys fulvescens* y *Sigmodon hispidus* que son especies afines a condiciones de sabana y cultivos, y tolerantes a la perturbación de los ecosistemas (Cameron y Spencer, 1981; Spencer y Cameron, 1982; Villa y

Cervantes, 2003; Castro Arellano y Santos G., 2005; Ramírez *et al.*, 2005; Sánchez y Oliva, 2005), estas especies también han sido reportadas para este tipo de agroecosistemas en otros estudios (Cruz-Lara *et al.*, 2004; Gallina *et al.*, 2008).

7.2 Abundancia

Las diferencias observadas en cuanto a la abundancia de especies entre ambos JC, se deben principalmente a la cercanía del JC1 con el bosque (200 m en línea recta) y su considerable distancia de la comunidad (1.5 km en línea recta), en contraste con el JC2 (1 km del BMM, 150 m de la comunidad), reflejándose en una clara disminución de la abundancia por parte del JC2. Esto puede deberse a que los organismos que transitan en el bosque pueden acceder a los cultivos cercanos, Estrada *et al.* (1993) señalan que existe una correlación inversa entre la diversidad de murciélagos y el aislamiento de la vegetación como resultado de la fragmentación, y de acuerdo a lo observado en este estudio, esa misma aseveración podría ser aplicable para pequeños mamíferos no voladores a reserva de los diferentes hábitos y menor vagilidad que los murciélagos.

Si bien los JC en conjunto presentan un mayor número de especies, el BMM presenta abundancias mucho más altas incluso en las especies que ambas comunidades comparten, esto se observa en *Peromyscus mexicanus*, que tiene una abundancia de 17 organismos en JC y de 46 en BMM, este patrón también se observa con la misma especie en el trabajo de Cruz-Lara *et al.* (2004) quienes registran en la estación lluviosa 24 y 69 individuos en cafetales y selva mediana subperennifolia, respectivamente. En ambos extremos, se observan *Oryzomys chapmani* con 55 individuos en BMM y 3 en JC, y *Reithrodontomys sumichrasti* con 3 y 19 ejemplares en cada comunidad muestreada, respectivamente. Estas diferencias en cuanto a abundancia se debe a las preferencias de hábitat de cada especie, en el caso de *Peromyscus mexicanus* y *Oryzomys chapmani* son tolerantes a ciertos grados de perturbación antrópica (Horváth, 2005; Romo V.,

2005), sin embargo la primera fue localizada en proporciones mayores en el BMM y la segunda fue registrada en números extremadamente bajos en los cafetales. Con respecto a *Reithrodontomys sumichrasti* es comúnmente encontrado en zonas agrícolas debido a su preferencia por pastizales que le brinden refugio para sus actividades de anidamiento y reproducción, así como su alta tolerancia a perturbaciones antrópicas (Villa y Cervantes, 2003; Ramírez-Pulido *et al.*, 2005).

Existe un incremento de especies generalistas y tolerantes a la perturbación dentro de los cafetales muestreados, por lo que se puede considerar la abundancia de las especies como un elemento indicador de la calidad de hábitat, debido a que la fragmentación natural o inducida del hábitat beneficia a aquellas especies que desarrollan actividades de reproducción, búsqueda de refugio y forrajeo en áreas perturbadas (cafetales). Se observan incrementos considerables en la abundancia de especies generalistas o altamente adaptables, y una considerable disminución de especies sensibles a los cambios en el hábitat, cuyos requerimientos se ven satisfechos en ambientes no perturbados, este mismo patrón ha sido observado en distintos estudios (Carey y Johnson, 1995; Bolger *et al.*, 1997; Bayne y Hobson, 1998; Waters y Zabel, 1998; Sullivan *et al.*, 1999; Cuarón, 2000; Lopes y Ferrari, 2000; Utrera *et al.* 2000; Tejeda-Cruz y Sutherland, 2004; King *et al.*, 1996).

7.3 Índice de Shannon-Wiener (H')

La comunidad que presentó el valor de H' más alto fue el JC1, sin embargo, este valor no fue significativo en comparación con el BMM, el cual posee el segundo valor más alto de H' . No obstante, se pueden observar diferencias en la abundancia de las especies, donde la dominancia de especies generalistas y tolerantes al cambio de uso de suelo caracterizan a ambos cafetales muestreados, y el alto número de *Oryzomys chapmani* y roedores del género *Peromyscus* son más abundantes en el BMM.

7.4 Dominancia

La comunidad con mayor grado de dominancia fue el JC1 debido a la alta abundancia de *Reithrodontomys sumichrasti* y la proporción que ocupa en la comunidad, pues esta especie presenta una fuerte tolerancia a las actividades antrópicas las cuales propician un medio adecuado para una mayor proliferación de la especie, además de restringir a especies con requerimientos más específicos como es el caso de *Oryzomys chapmani*, especie endémica y que fue la más dominante en el BMM.

Este incremento de especies generalistas y disminución de especies con un mayor grado de especialización ha sido observado por diversos autores en el país en otros agroecosistemas (Mellink, 1991; Horváth *et al.*, 2001; Cruz-Lara *et al.*, 2004; Riojas-López, 2006), incluso en otros grupos taxonómicos como las aves (Tejeda-Cruz y Sutherland, 2004; Tejeda-Cruz y Gordon, 2008).

7.5 Caracterización de hábitat

7.5.1 Vegetación

Existe una correlación positiva entre la riqueza de especies de plantas y de roedores, así como entre la abundancia de ambos, esto se debe a que la vegetación brinda a los pequeños mamíferos alimento y refugio. Sin embargo, la composición de las especies vegetales proporciona elementos determinantes para la presencia y abundancia de cierto tipo de pequeños mamíferos, como es la disponibilidad de alimento. La aparición de especies de plantas exóticas en los cafetales y la disminución de elementos nativos propicia una baja de especies de pequeños mamíferos y sus abundancias ya que dependen de la cobertura vegetal original, además que estos suelen ser participes en los mecanismos de dispersión de semillas y, por lo tanto, de propagación de las plantas alterando fuertemente

los procesos de sucesión de las comunidades vegetales (Howe y Smallwood, 1983).

El BMM es rico en una gran cantidad de endemismos y paleoendemismos, así como una alta diversidad, debido a sus orígenes antiguos y el aislamiento ecológico que lo caracteriza (Flores y Gerez, 1994; Challenger, 2003). En conjunto, este bosque tiene una tasa de crecimiento absoluta y un proceso sucesional más lento que otros bosques de las zonas tropicales ante la perturbación, por lo que es considerado un ecosistema de gran fragilidad. Aunque en los cafetales puede haber una gran variedad de elementos florísticos, estos no son comparables con el BMM, si bien pueden considerarse similares desde un punto de vista ecológico funcional, la sustitución del bosque por los cafetales conlleva implícitamente la reducción del hábitat para diversas especies de plantas y animales, y posteriormente, a su extinción (Ortega Escalona y Castillo Campos, 1996).

7.5.2 Características abióticas del hábitat

Cada uno de los cuadrantes muestreados mostró ser estadísticamente distinto a los demás en al menos una de las variables del hábitat evaluadas, sin embargo, destaca el JC2 por su mayor grado de pendiente y menor pedregosidad comparado con los demás cuadrantes, además que presentó la menor diversidad y abundancia de pequeños mamíferos.

La pedregosidad y el número de oquedades localizadas en cada uno de los cuadrantes muestreados son las principales variables que determinaron la distribución de las especies dentro de los mismos, esto se pudo observar en dos de los tres CP utilizados para explicar la varianza de los cuadrantes. Estas características le proveen a los pequeños mamíferos de refugio, sitios de anidación y alimentación, y presumiblemente son factores determinantes en la diversidad de pequeños mamíferos (Horváth *et al.*, 2001). El JC2 presentó los

valores más bajos de pedregosidad y número de oquedades, lo cual se refleja en una disminución de los recursos que la comunidad de pequeños mamíferos obtiene de ellos.

Los valores más extremos en cuanto a las preferencias de pedregosidad y número de oquedades fueron observados donde las especies del género *Peromyscus* y *Oryzomys chapmani*, quienes fueron registradas en sitios con una pedregosidad nula o del 100%, también donde no hubo oquedades como en sitios con la mayor cantidad, a diferencia de las especies del género *Reithrodontomys* y *Sigmodon hispidus* quienes presentaron una distribución más localizada donde se presentaron los valores más bajos de ambas variables. Esto puede ser observado en ambos CP, esto se debe a que estas especies tienen requerimientos de hábitat más específicos que se ven favorecidos por el manejo que presentan los JC, donde se presenta una mayor remoción de rocas y troncos que pudieran brindar refugio a los pequeños mamíferos.

Los valores más bajos de pedregosidad y oquedades se presentaron en los cafetales donde también se presentó la menor abundancia de pequeños mamíferos en comparación con el BMM debido a que estas características brindan a las especies refugio, por lo que su disminución los hace susceptibles al ataque de depredadores pues son más visibles para ellos. En los cafetales fue posible observar seis especies de vertebrados (ver Anexo 1) que se sabe que se alimentan de pequeños mamíferos (Villa y Cervantes, 2003; Ceballos y Oliva, 2005; Servín y Chacón, 2005; Valenzuela Galván, 2005a; Valenzuela Galván, 2005b; Peterson y Chalif, 2008), a diferencia del BMM que presentó únicamente tres especies (Aranda, 2005; Angulo *et al.*, 2008; Peterson y Chalif, 2008) (Anexo 1). Esta mayor incidencia de depredadores en la zona confirma que los cafetales son un área donde se presenta una mayor visibilidad de presas; además, al presentarse aquí una menor pedregosidad los pequeños mamíferos se vuelven más vulnerables al ataque de sus depredadores.

VIII. CONCLUSIONES

Los cafetales de sombra tradicionales, conocidos como “Jardines de café”, conservan una buena parte de la diversidad presente en los ecosistemas naturales, sin embargo, no conservan todos sus atributos como son la composición de las especies y su abundancia. Esto puede dar pie a la proliferación de especies tolerantes a la fragmentación y generalistas, propiciando una disminución de aquellas que son especialistas y endémicas, sobre todo las que son propias de ecosistemas de gran fragilidad como el BMM cuyo proceso sucesional es más lento que otras comunidades vegetales y se caracteriza por albergar taxa más susceptibles a la perturbación.

Aunque este tipo de cafetales no preserva todos los atributos de la diversidad presente en el bosque, son útiles para la conservación de la misma, ya que le brindan refugio a las especies que se han visto desplazadas por actividades agrícolas con mayor impacto en los ecosistemas, como son la agricultura de sol y la ganadería, además de servir como áreas de amortiguamiento para los ecosistemas bien conservados.

En este estudio la abundancia y la riqueza de especies de la vegetación, afectan a la diversidad de pequeños mamíferos, donde un incremento de los valores de la vegetación se refleja en la comunidad de pequeños mamíferos, ya que la vegetación le proporciona alimento y refugio a estas especies. De la misma manera, se observó que la pedregosidad y el número de oquedades son factores determinantes en la distribución de las especies, debido a que estas les brindan a los pequeños mamíferos refugio para sus diversas actividades de reproducción, forrajeo y protección de depredadores, factores determinantes en la diversidad y distribución de las especies dentro de los ecosistemas.

El estudio de las poblaciones y comunidades de pequeños mamíferos es una herramienta adecuada, debido a que es un grupo de fácil captura y manejo con ciclos de vida cortos que permite conocer en un período de tiempo menor la tendencia de sus poblaciones. Además de permitir la evaluación del estado de conservación de los ecosistemas debido a sus requerimientos de hábitat más específicos y a la alta proporción de endemismos que albergan, considerando elementos de composición y abundancia de las especies, además de contribuir al conocimiento de su biología y hábitos ecológicos.

IX. LITERATURA CITADA

- Álvarez, T. y E. Mayo-Aceves. 1993. Contribución al conocimiento de los hábitos alimentarios del ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni* (Merriam, 1898). Acta Zoológica Mexicana 59: 1-51.
- Animal Care and Use Committee. 1998. Guidelines for the capture, handling, and care of mammals as approved by the American Society of Mammalogists. Journal of Mammalogy 79: 1416–1431.
- Angulo, Y., J. Escolano, B. Lomonte, J. M. Gutiérrez, L. Sanz y J. J. Calvete. 2008. Snake venomics of Central American pitvipers: clues for rationalizing the distinct envenomation profiles of *Atropoides nummifer* and *Atropoides picadoi*. Journal of Proteome Research 7: 708–719.
- Aranda, M. 2005. *Leopardus pardalis*. Ocelote. In: Ceballos, G. y G. Oliva (coordinadores). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 358-359.
- Arriaga, L., J. M. Espinosa-Rodríguez, C. Aguilar-Zúñiga, E. Martínez-Romero, Gómez-Mendoza y E. Loa-Loza (2000). Regiones Terrestres Prioritarias de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F.
- Bayne, E. M. y K. A. Hobson. 1998. The effects of habitat fragmentation by forestry and agriculture on the abundance of small mammals in the southern boreal mixedwood forest. Canadian Journal of Zoology 76: 62-69.
- Bolger, D. T, A. C. Alberts, R. M. Sauvajot, P. Potenza, C. McCalvin, D. Tran, S. Mazzoni y M. E. Soulé. 1997. Response of rodents to habitat fragmentation in coastal southern California. Ecological Applications 7(2): 552-563.
- Brown, J. H. y B. A. Harney. 1993. Population and community ecology of heteromyid rodents in temperate habitats. In: Genoways H. H. y J. H. Brown. The American Society of Mammalogists. Special Publication 10: 1-710.
- Calvo, L. y J. Blake. 1998. Bird diversity and abundance on two different shade coffee plantations in Guatemala. Bird Conservation International 8: 297-308.
- Cameron, G. N. y S. R. Spencer. 1981. *Sigmodon hispidus*. Mammalian Species 158: 1–9.

- Carey, A. B. y M. L. Johnson. 1995. Small mammals in managed, naturally young, and old-growth forests. *Ecological Applications* 5(2): 336-352.
- Castro Arellano, I. y M. Santos G. 2005. *Oligoryzomys fulvescens* (Saussure, 1860). Ratón. *In*: Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. 1ª edición. Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F. pp. 703-704.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R. A. Medellín, L. Medrano González y G. Oliva. 2005. Diversidad y conservación de los mamíferos de México. *In*: Ceballos, G. y G. Oliva (coordinadores). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. p. p. 21- 71.
- Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, J. y R. Medellín. 2002. Mamíferos de México. *En*: Ceballos, G. y J. A. Simonetti (eds.). 2002. Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales. CONABIO-UNAM. México, D. F.
- Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. *Mustela frenata*. Comadreja. *In*: Ceballos, G. y G. Oliva (coordinadores). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 380-381.
- Centeno-García, E. 2004. Configuración geológica del estado. *In*: García-Mendoza, A. J.; M. J. Ordóñez y M. A. Briones-Salas (eds.). 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México. 29-42 pp.
- 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 y Sierra Madre. México, D. F. p. p. 87-108.
- Challenger, A. 2003. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. *In*: Sánchez, O., E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (eds.). 2003. Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. INE, México. pp. 17-44.
- Cimé Pool, J. A. 2006. Ecología de comunidades de pequeños roedores en un gradiente de perturbación de selva baja caducifolia espinosa de la Reserva Estatal de Dzilam, Yucatán, México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 64 p.

- Colwell, R. K. 2008. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 8.0. User's Guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>.
- Cruz-Lara, L., C. Lorenzo, L. Soto, E. Naranjo y N. Ramírez-Marcial. 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 20: 63-81.
- Cuarón, A. D. 2000. Effects of land-cover changes on mammals in a Neotropical region: a modeling approach. *Conservation Biology* 14: 1676-1692.
- Daily, G. C., G. Ceballos, J. Pacheco, G. Suzán y A. Sánchez-Azofeifa. 2003. Countryside Biogeography of neotropical mammals: Conservation opportunities in agricultural landscapes of Costa Rica. *Conservation Biology* 17(6): 1814-1826.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada y D. Meritt Jr. 1993. Bat species richness and abundante in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography* 16: 309-318.
- Fa, J. E. y L. M. Morales. 1993. Patterns of mammalian diversity in México. *In*: Ramamoorthy, T. P.; Bye, R., Lot, A. y J. Fa (eds.). Oxford University Press, New York. pp. 319-361.
- Ferrusquía-Villafranca, I. Geology of Mexico-A synopsis: *In*: Ramammorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Biological diversity of Mexico: Diversity and Distribution. Oxford University Press. New York. pp. 3-107.
- Flores-Martínez, A. y G. I. Manzanero-Medina. 1999. Los tipos de vegetación del estado de Oaxaca. *En*: Vásquez-Dávila, M. A. (editor). 1999. Vegetación y flora. Sociedad y naturaleza en Oaxaca 3:7-45.
- Flores V., O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. 2ª edición. CONABIO-UNAM. México.
- Gallina, S., A. González-Romero y R. H. Manson. 2008. Mamíferos pequeños y medianos. *In*: Manson R. H., V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter (editores). 2008. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. p. 161-180.
- Gallina, S., S. Mandujano, y A. González-Romero. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems* 33: 13-27.

- García, E. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Climas (Clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. México.
- García-Estrada, C., Romero-Almaraz M. L. y C. Sánchez-Hernández. 2002. Comparison of rodent communities in sites with different degrees of disturbance in deciduous forest of southeastern Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 85: 153–168.
- Gentry, A. H. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. *In*: M. K. Hecht, B. Wallace, E. T. Prance (eds.). *Evolutionary biology* 15. Plenum Press. New York and London. pp. 1-84.
- González-Romero, A. y R. Murrieta-Galindo. 2008. Anfibios y reptiles. *In*: Manson R. H., V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter (eds.). 2008. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. p. 135-147.
- Gordon, C., R. Manson, J. Sundberg y A. Cruz-Angón. 2007. Biodiversity, profitability, and vegetation structure in a Mexican coffee agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 256–266.
- Greenberg, R., P. Bichier, A. Cruz y R. Reitsma. 1997. Bird populations in shade and sun coffee plantations in Central America. *Conservation Biology* 11: 448-459.
- Henderson, P. A. y R. M. H. Seaby. 2001. Species diversity and Richness. Versión 2.65. Pisces Conservation Ltd. United Kingdom.
- Hernández-Betancourt, S. F., J. Gómez González, J. A. Cimé-Pool, S. Medina Peralta y C. M. Eúan Canul. 2005. First report of use of land snails for *Heteromys gaumeri* (rodentia: heteromyidae) in a subdeciduous forest in Yucatán, México. *Acta Zoológica Mexicana* 21(2): 155-156.
- Horváth, A., I. March y J. H. D. Wolf. 2001. Rodent diversity and land use in Montebello, Chiapas, Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36(3): 169–176.
- Howe, H. F. y J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 13: 201-208.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) e Instituto Nacional de Ecología (INE). 1996. Uso de suelo y vegetación. Escala 1:1 000 000. México.

- James, F. C. y C. E. McCulloch. 1990. Multivariate Analysis in ecology and Systematics: Panacea or Pandora's Box? *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 129 – 166.
- Jones, C., W. J. McShea, M. J. Conroy y T. H. Kunz. 1996. Capturing mammals. *In: Wilson, D. E., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster (eds.). Measuring and monitoring Biological Diversity. Standard methods for mammals. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. p. 115-155.*
- King, C. M., J. G. Innes, M. Flux, M. O. Kimberley, J. R. Leathwick y D. S. Williams. 1996. Distribution and abundance of small mammals in relation to habitat in Pureora Forest Park. *New Zealand Journal of Ecology* 20(2): 215-240.
- Krebs, J. C. 1985. *Ecología, estudio de la distribución y la abundancia*. Editorial Harla. México. 753 pp.
- Lira, I. E., C. Mudespacher y B. García Guido. 1994. *Theria. Diccionario de mamíferos*. AGT Editor, S. A. México, D.F. 174 p.
- Lopes, M. A. y S. F. Ferrari. 2000. Effects of human colonization on the abundance and diversity of mammals in Eastern Brazilian Amazonian. *Conservation Biology* 14(6): 1658-1665.
- Macip-Ríos, R. y A. Muñoz-Alonso. 2008. Diversidad de lagartijas en cafetales y bosque primario en el Soconusco chiapaneco. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 185-195.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey, 179 p.
- Malcolm, J. R. y J. C. Ray. 2000. Influence of timber extraction routes on central African small-mammal communities, forest structure and tree diversity. *Conservation Biology* 14(6): 1623-1638.
- Martin, G. J. 1993. Ecological classification among the Chinantec and Mixe of Oaxaca. *Ethnoecológica* 1(2): 17-33.
- Mellink, E. 1991. Rodent communities associated with three traditional agroecosystems in the San Luis Potosi Plateau, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 33: 363-375.
- Miller, B. R. Reading, J. Strittholt, C. Carroll, R. Noss, M. Soulé, O. Sánchez, J. Terborg, D. Brightsmith, T. Cheeseman y D. Foreman. 1999. Using focal species in the design of nature reserve networks. *Wild Earth*, 11: 81-92.

- Montgomery, D. C., E. A. Peck y G. G. Vining. 2006. Introduction to linear regression analysis. 4a edición. Wiley-Interscience Press. New Jersey, USA. 612 p.
- Moreno, C. E. y G. Halffter. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* 37: 149-158.
- Moguel, P. y V. Toledo. 1996. El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* 43: 40-51
- Moguel, P. y V. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13(1): 11-21.
- Monés, A. 1968. Restos óseos de mamíferos contenidos en regurgitaciones de lechuga del estado de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie de Zoología* 39: 169-172.
- Monge, J. 2008. Estructura poblacional y actividad reproductiva de la rata de campo (*Sigmodon hirsutus*) durante un ciclo de producción de maní (*Arachis hypogaea*) en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 32(2): 161-167.
- Nupp, T. E. y R. K. Swihart. 1998. Effects of forest fragmentation on population attributes of white-footed mice and eastern chipmunks. *Journal of Mammalogy* 79(4): 1234-1243.
- Ortega Escalona, F. y G. Castillo Campos. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* 43: 32-39.
- Ortiz Pérez, M. A., J. R. Hernández Santana y J. M. Figueroa Mah-Eng. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. *In: García-Mendoza, A. J.; M. J. Ordóñez y M. A. Briones-Salas (eds.). 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México. pp. 43-54.*
- Pardini, R. 2004. Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. *Biodiversity and Conservation* 13: 2567–2586.
- Pearce, J. y L. Venier. 2005. Small mammals as bioindicators of sustainable boreal forest management. *Forest Ecology and Management* 208: 153–175.
- Peet, R. K. 1975. Relative diversity indices. *Ecology*, 56: 496-498.
- Pérez Lustre, M., R. G. Contreras Díaz y A. Santos-Moreno. 2006. Mamíferos del bosque mesófilo de montaña del municipio de San Felipe Usila, Tuxtepec, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 10: 29-40.

- Perfecto, I., A. Mas, T. Dietsch y J. Vandermeer. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12: 1239–1252.
- Perfecto, I., R. Rice, R. Greenberg y M. Van der Voort. 1996. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46: 598-608.
- Peterson, R. G. y E. L. Chalif. 1989. Aves de México. Guía de campo. Identificación de todas las especies encontradas en México, Guatemala, Belice y El Salvador. Editorial Diana. México.
- Pineda, E., C. Moreno, F. Escobar y G. Halffter. 2005. Frog, bat and dung beetle Diversity in cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology* 19(2): 400-410.
- PNUD, GEF y Geoconservación, A. C. 2003. Caracterización diagnóstica del Municipio de San Felipe Usila, Tuxtepec, Oax. Informe del subcontrato desarrollo comunitario sustentable, bloque III. Proyecto Manejo Integrado de Ecosistemas en la Región Chinantla-PNUD-GEF-Geoconservación, A. C. México.
- Ramírez, J., J. C. Chávez Tovar y G. Oliva. 2005. *Sigmodon hispidus* (Say y Ord, 1825). Rata algodónera. *In*: Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. 1ª edición. Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F. pp. 799-801.
- Ramírez-Pulido, J., R. Quijano Pérez, U. Aguilera y A. Castro-Campillo. 2005. *Reithrodontomys sumichrasti* (Saussure, 1861). Ratón. *In*: Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. 1ª edición. Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F. pp. 815 - 816.
- Rappole, J. H., D. I. King y J. H. Vega-Rivera. 2003. Coffee and conservation. *Conservation Biology* 17: 334-336.
- Riojas-López, M. E. 2006. Rodent communities in two natural and one cultivated “nopaleras” (*Opuntia* spp.) in north-eastern Jalisco, Mexico. *Journal of Arid Environments* 67: 428–435.
- Rodiles, R., E. Díaz-Pardo y A. Safa. 1995. Estudio sobre la actividad pesquera en la cuenca del río de Usila, Oaxaca. Situación actual y perspectivas. Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales-Universidad Nacional Autónoma de México. Oaxaca, México. 83 p.
- Rúan Tejeda, I. 2006. Efectos de la fragmentación sobre las comunidades de pequeños mamíferos en remanentes de Bosque Mesófilo de Montaña del

centro de Veracruz. Tesis de maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 64 p.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 p.

SAGAR-Consejo Mexicano del Café. 1999. El Cultivo del café bajo sombra en México y su relación con la conservación de la diversidad biológica. Dirección General de Operación. México.

Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson, E. Martínez Meyer y R. Flores. 2005a. Distribución de roedores reservorios del virus causante del síndrome pulmonar por hantavirus y regiones de posible riesgo en México. *Acta Zoológica Mexicana* 21(3): 79-91.

Sánchez-Cordero, V., P. Illoldi-Rangel, M. Linaje, S. Sarkar y A. T. Peterson. 2005b. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126: 465-473.

Sánchez, O. y G. Oliva. 2005. *Reithrodontomys fulvescens* J. A. Allen, 1894. Ratón. *In*: Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. 1ª edición. Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F. pp. 780-782.

Santos-Moreno, A. y A. M. Alfaro Espinosa. 2009. Mammalian prey of barn owl (*Tyto alba*) in southeastern Oaxaca, Mexico. *Acta Zoológica* 25.

Santos Moreno, J. A. 2008. Ecología de comunidades y poblaciones de pequeños mamíferos terrestres en tres estados sucesionales de Bosque Mesófilo de Montaña en la Sierra Norte de Oaxaca, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 201 p.

Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Estudios Municipales, Gobierno del Estado de Oaxaca y Los Municipios de Oaxaca, 1988. Enciclopedia de los Municipios de México. Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F. En: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/municipios/20136a.htm>

Servín, J. y E. Chacón. 2005. *Urocyon cinereoargenteus*. Zorra gris. *In*: Ceballos, G. y G. Oliva (coordinadores). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 354-355.

Soberón-M., J. y J. Llorente-B. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7, 3: 480-488.

- Solís-Montero, L., A. Flores-Palacios y A. Cruz-Angón. 2005. Shade-coffee plantarios as refuges for tropical wild orchids in central Veracruz, Mexico. *Conservation Biology* 19(3): 908-916.
- Sosa, V. J., E. Hernández-Salazar, D. Hernández-Conrique y A. A. Castro-Luna. 2008. *In*: Manson R. H., V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter (editores). 2008. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. p. 181-191.
- Spencer, S. R. y G. N. Cameron. 1982. *Reithrodontomys fulvescens*. *Mammalian Species* 174: 1-7.
- Sullivan, T. P., R. A. Lautenschlager y R. G. Wagner. 1999. Clearcutting and Burning of Northern Spruce-Fir Forests: Implications for Small Mammal Communities. *Journal of Applied Ecology* 36(3): 327-344.
- Statsoft, Inc. 2001. *Statistica for Windows*. Tulsa, Oklahoma, USA.
- Tallmon, D. A., H. M. Draheim, L. S. Mills y F. W. Allendorf. 2002. Insights into recently fragmented vole populations from combined genetic and demographic data. *Molecular Ecology* 11: 699-709.
- Tejeda-Cruz, C. y C. E. Gordon. 2008. Aves. *In*: Manson R. H., V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter (editores). 2008. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. p. 149-160.
- Tejeda-Cruz, C. y W. J. Sutherland. 2004. Bird responses to shade coffee production. *Animal Conservation* 7: 169-179.
- Tilman, D. 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology* 80(5): 1455-1474.
- Utrera, A., G. Duno, B. A. Ellis, R. A. Salas, N. de Manzione, C. Fulhorst, R. Tesh y J. N. Mills. 2000. Small mammals in agricultural areas of the western llanos of Venezuela: community structure, habitat associations, and relative densities. *Journal of Mammalogy* 81: 536-548
- Valenzuela Galván, D. 2005a. *Nasua narica*. Tejón, coatí. *In*: Ceballos, G. y G. Oliva (coordinadores). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 411-413.
- Valenzuela Galván, D. 2005b. *Procyon lotor*. Mapache. *In*: Ceballos, G. y G. Oliva (coordinadores). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de

Cultura Económica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 415-417.

Villa, B. y F. A. Cervantes. 2003. Los mamíferos de México. Instituto de Biología, UNAM. Grupo Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V. México. 140 p.

Waters, J. R. y C. J. Zabel. 1998. Abundances of small mammals in fir forests in northeastern California. *Journal of Mammalogy* 79(4): 1244-1253.

Wilson, D. E. y D. A. M. Reeder. 2005. *Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference*. 3a edición. Vol. 2. The Johns Hopkins University Press. USA. pp. 1559 – 1560.

Zavala Hurtado, J. A. 1986. Introducción al enfoque multivariado en estudios de vegetación. Cuadernos de divulgación INIREB no. 26. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz.

ANEXOS

Anexo 1. Especies de vertebrados registradas en el área de estudio que depredan pequeños mamíferos según la literatura (Villa y Cervantes, 2003; Aranda, 2005; Ceballos y Oliva, 2005; Servín y Chacón, 2005; Valenzuela Galván, 2005a; Valenzuela Galván, 2005b; Angulo *et al.*, 2008; Peterson y Chalif, 2008). Registro: tipo de registro; OD: observación directa del organismo; E: observación de excreta; H: registro mediante observación de huellas.

Especie	BMM	JC	Registro
REPTILES			
<i>Atropoides nummifer</i>	x		OD
AVES			
<i>Asio stygius</i>	x		OD
<i>Buteo jamaicensis</i>		x	OD
MAMÍFEROS			
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>		x	E
<i>Leopardus pardalis</i>	x		E
<i>Mustela frenata</i>		x	OD
<i>Nasua narica</i>		x	H, OD
<i>Procyon lotor</i>		x	H, OD
<i>Didelphis virginiana</i>		x	H, OD

Anexo 2. Fotografías de la captura, medición, marcaje y liberación de los organismos.

