



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

---

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral  
Regional, Unidad Oaxaca

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos  
Naturales

Biodiversidad del Neotrópico

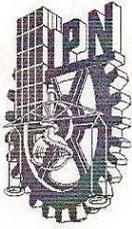
**“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA COMUNIDAD DE  
PEQUEÑOS MAMÍFEROS EN UN FRAGMENTO DE SELVA  
MEDIANA SUBPERENNIFOLIA CON DIFERENTES GRADOS DE  
PERTURBACIÓN”**

**T E S I S**

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

PRESENTA:  
**BIOL. MARTÍN PÉREZ LUSTRE**

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. JOSÉ ANTONIO SANTOS MORENO



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

## SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

### ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 12 del mes de noviembre 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: **“Distribución espacial de una comunidad de pequeños mamíferos en un fragmento de selva mediana subperennifolia con diferentes grados de perturbación”**.

Presentada por el alumno:

**Pérez**

Apellido paterno

**Lustre**

materno

**Martín**

nombre(s)

Con registro:

B	0	8	1	3	4	8
---	---	---	---	---	---	---

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

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis

Dr. José Antonio Santos Moreno

Dr. Emilio Martínez Ramírez

Dr. Aniceto Rodolfo Solano Gómez

Dr. Alejandro Flores Martínez

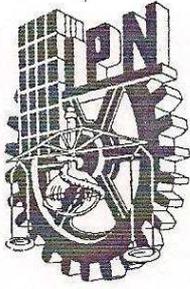
M. en C. Sonia Trujillo Argueta

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.

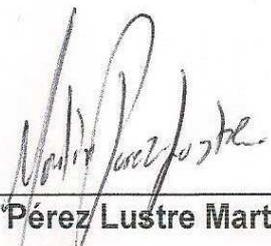


**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESION DE DERECHOS**

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 12 del mes noviembre del año 2010, el (la) que suscribe **Pérez Lustre Martín** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B081348**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dr. José Antonio Santos Moreno y cede los derechos del trabajo titulado: **“Distribución espacial de una comunidad de pequeños mamíferos en un fragmento de selva mediana subperennifolia con diferentes grados de perturbación”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

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

  
Pérez Lustre Martín



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

**Para mi familia, porque no importa hasta dónde llegue, siempre que lo haga con convicción, a mi lado estarán y siempre me apoyarán.**

**Para mis amigos, por su apoyo a lo largo de todos estos años.**

## AGRADECIMIENTOS

A mis asesores por su apoyo y conocimiento compartido.

Dr. Alejandro Flores Martínez

Dr. Emilio Martínez Ramírez

Dr. Rodolfo Solano Gómez

M en C. Sonia Trujillo Argueta

Al Dr. José Antonio Santos Moreno por el invaluable apoyo que me otorgó.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico, así como a la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN por el financiamiento para el trabajo en campo a través de los proyectos con clave 20090705 y 20100377.

A la Bióloga Rusby Guadalupe Contreras Díaz por su apoyo en la presentación del documento, por el cariño brindado a largo de todo éste tiempo y por su invaluable amistad.

Al C. P. Jorge Galguera por las facilidades otorgadas para trabajar en la zona de estudio.

A la Dra. Martha Demetria Mondragón Chaparro por las revisiones tan valiosas.

Al Biólogo Aparicio Vásquez por sus enseñanzas en Sistemas de Información Geográfica.

A la futura Bióloga Nidia, por su valiosa amistad, por sus palabras que tanto bien me hicieron y por todo el apoyo en la realización de éste sencillo reflejo.

## CONTENIDO

<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	iv
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Distribución espacial.....	1
1.1.1 Relación entre escalas geográficas.....	1
1.1.2 Factores que limitan la distribución.....	2
1.1.3 Distribución vertical.....	3
1.2 Fragmentación.....	5
1.2.1 Tamaño y efecto de los fragmentos sobre las especies.....	6
<b>II. JUSTIFICACIÓN</b> .....	9
<b>III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	10
3.1 Objetivo general.....	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
3.3 Hipótesis.....	10
<b>IV. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	11
4.1 Descripción.....	11
4.1.1 Selva mediana subperennifolia.....	14
4.1.1.1 Estratificación.....	15
<b>V. MÉTODOS</b> .....	16
5.1 Colocación de trampas.....	16
5.2 Riqueza de especies.....	17
5.3 Diversidad.....	18

5.4 Selección de estratos en el espacio vertical y abundancia de especies.....	19
5.5 Determinación de estaciones de muestro con características de perturbación similares.....	20
<b>VI.RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
6.1 Esfuerzo de muestreo.....	22
6.2 Composición taxonómica.....	22
6.3 Riqueza de especies.....	22
6.4 Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ).....	26
6.5 Selección de estratos en el espacio vertical.....	26
6.6 Abundancia.....	28
6.6.1 Variación de las abundancias a través del tiempo.....	28
6.7 Caracterización de estaciones de muestreo con microhábitat similares.....	33
6.8 Áreas de distribución.....	35
<b>VII. DISCUSION.....</b>	<b>37</b>
7.1 Riqueza de especies.....	37
7.2 Selección de estratos y relación con la perturbación.....	37
7.3 Abundancia.....	40
7.4 Estaciones de muestreo con características similares.....	41
<b>VIII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>51</b>
Anexo 1. Variables de microhábitat tomadas para cada estación de muestreo.....	51
Anexo 2. Área de distribución de <i>Marmosa mexicana</i> .....	52
Anexo 3. Área de distribución de <i>Tlacuatzin canescens</i> .....	53
Anexo 4. Área de distribución de <i>Nyctomys sumichrasti</i> .....	54
Anexo 5. Área de distribución de <i>Tylomys nudicaudus</i> .....	55

Anexo 6. Área de distribución de <i>Oryzomys chapmani</i> .....	56
Anexo 7. Área de distribución de <i>Peromyscus aztecus</i> .....	57
Anexo 8. Área de distribución de <i>Liomys pictus</i> .....	58

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Parámetros obtenidos por el modelo de dependencia lineal para los diferentes estratos.....	22
<b>Cuadro 2.</b> Listado de especies de pequeños mamíferos registrados en la zona de estudio.....	23
<b>Cuadro 3.</b> Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), prueba $t$ de Hutchenson y grados de libertad para los diferentes estratos.....	26
<b>Cuadro 4.</b> Valores obtenidos con la prueba de agrupación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para las frecuencias de captura de especies entre estratos.....	27
<b>Cuadro 5.</b> Valores obtenidos con la prueba de agrupación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para las abundancias de especies a través del tiempo.....	29
<b>Cuadro 6.</b> Valores obtenidos a través de las regresiones lineales.....	31
<b>Cuadro 7.</b> Eigenvalores derivados del Análisis de Componentes Principales hasta el 100% de la varianza acumulada.....	33
<b>Cuadro 8.</b> Eigenvectores derivados del análisis de componentes principales.....	34
<b>Cuadro 9.</b> Área de distribución de las especies en la zona de estudio y número de individuos capturados para cada una de ellas.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Factores que limitan la distribución de las especies.....	3
<b>Figura 2.</b> Ubicación de Pluma Hidalgo, municipio perteneciente al distrito de Pochutla, Oaxaca.....	12
<b>Figura 3.</b> Tipos de vegetación predominantes en el área de estudio.....	13
<b>Figura 4.</b> Posición de los transectos en el área de estudio.....	16
<b>Figura 5.</b> Curva de acumulación de especies para el área total de estudio.....	24
<b>Figura 6.</b> Curva de acumulación de especies para el estrato del suelo.....	24
<b>Figura 7.</b> Curva de acumulación de especies para el estrato medio.....	25
<b>Figura 8.</b> Curva de acumulación de especies para el estrato alto.....	25
<b>Figura 9.</b> Distribución de las medias de cada especie por estrato.....	27
<b>Figura 10.</b> Distribución de las abundancias de cada especie por mes.....	30
<b>Figura 11.</b> Número de días con lluvia y número de especies de árboles en fructificación para cada periodo de muestreo.....	30
<b>Figura 12.</b> Regresiones lineales entre la abundancia, número de especies de árboles fructificando y número de días de lluvia de <i>M. mexicana</i> .....	32
<b>Figura 13.</b> Regresiones lineales entre la abundancia, número de especies de árboles fructificando y número de días de lluvia de <i>T. nudicaudus</i> .....	32
<b>Figura 14.</b> Regresiones lineales entre la abundancia, número de especies de árboles fructificando y número de días de lluvia de <i>N. sumichrasti</i> .....	32
<b>Figura 15.</b> Estaciones de muestreo agrupadas por el Análisis de Componentes Principales.....	34
<b>Figura 16.</b> Frecuencias de captura de cada especie por estación de muestreo.....	36

## RESUMEN

Con el objeto de conocer la distribución en el espacio vertical y horizontal de las especies de una comunidad de pequeños mamíferos y la relación que ésta presenta con la perturbación en un fragmento de selva mediana subperennifolia, se realizaron 10 periodos de muestreo de cinco días cada uno, de Noviembre de 2009 a Agosto de 2010. Los organismos fueron capturados en tres diferentes estratos, el suelo, el medio (11 a 13 m) y el alto (21 a 23 m) con un esfuerzo de muestreo de 4500 trampas/noche para el área total de estudio y de 1500 para cada uno de los estratos. Se registraron un total de ocho especies (*Liomys pictus*, *Peromyscus aztecus*, *Peromyscus mexicanus*, *Oryzomys chapmani*, *Tylomys nudicaudus*, *Nyctomys sumichrasti*, *Tlacuatzin canescens* y *Marmosa mexicana*), de las cuales *N. sumichrasti* y *T. nudicaudus* presentaron una clara preferencia por el estrato arbóreo, mientras que *M. mexicana* no presentó selección por ningún estrato y *T. canescens* quedó restringido al estrato del suelo y medio. No se encontró una diferencia significativa entre la diversidad terrestre y arbórea, sin embargo al realizar los análisis por estrato, el medio y alto presentaron diferencias significativas. Las especies *N. sumichrasti*, *T. nudicaudus* y *M. mexicana* presentaron diferencias significativas en su abundancia en Junio, así como en febrero para esta última, sin embargo solamente las primeras dos presentaron una correlación positiva con el número de especies de árboles fructificando y no así con el número de días de lluvia. Se encontraron tres grados de perturbación en el área de estudio distribuidos en las diferentes estaciones de muestreo. Las áreas de distribución de las especies que utilizan el estrato arbóreo es menor a las especies terrestres y en el caso de *T. canescens* y *M. mexicana* queda restringida a la zona mejor conservada

## ABSTRACT

In order to know the distribution in the vertical and horizontal space from a small mammals species in a community and its relationship with disturbance in a evergreen forest fragment, ten samples of five days each one were made from December 2009 to August 2010. Small mammals were captured at three levels, ground, 11 to 13 (medium) and 21 to 23 (high) meters above ground, with a 4500 night/trap sample effort for the total study area and 1500 for each level. Eight species were captured (*Liomys pictus*, *Peromyscus aztecus*, *Peromyscus mexicanus*, *Oryzomys chapmani*, *Tylomys nudicaudus*, *Nyctomys sumichrasti*, *Tlacuatzin canescens* y *Marmosa mexicana*) from which *N. sumichrasti* and *T. nudicaudus* showed a clear preference for the arboreal stratum, while *M. Mexicana* showed no preference for any stratum and *T. canescens* was restricted to ground and medium level. No significant difference was found between arboreal and terrestrial diversity, nonetheless comparing each stratum as the traps were set, it was a significant difference in the diversity between medium and high level. Three species (*N. sumichrasti*, *T. nudicaudus* and *M. mexicana*) showed significant difference in their abundance in June and also February for the last one, however, just the first two had a positive correlation with the species number of fruiting trees, not so for the number of days with rain. Three different disturbance degrees were identified in the study area. The distribution of arboreal species was less than terrestrial and for *T. canescens* and *M. Mexicana* was restricted to the area with less degree of disturbance.

## I. INTRODUCCION

### 1.1 Distribución espacial

El entendimiento de la distribución espacial de los mamíferos y sus movimientos dentro de un área, es importante para la interpretación de muchos procesos tanto ecológicos como evolutivos, así como para la formulación de planes de manejo para diversas especies (Martin *et al.*, 2001).

En el medio natural no hay dos especies de animales que sean estructuralmente idénticas, es por eso que no hay dos funcionalmente idénticas o que tengan exactamente los mismos requerimientos ambientales. Los caracteres morfológicos, fisiológicos y conductuales que determinan y distinguen a una especie también determinan y distinguen sus requerimientos de hábitat. Cada especie requiere un ambiente específico, una combinación particular de factores físicos y abióticos, en donde cada una de ellas es funcionalmente única, persiguiendo un particular modo de vida dentro de su medio ambiente. El medio ambiente específico que una especie ocupa y el papel funcional que ésta juega en dicho hábitat constituyen el nicho ecológico del animal (Vaughan *et al.*, 2000; Martin *et al.*, 2001).

#### 1.1.1 Relación entre escalas geográficas

La distribución de las especies sucede a dos niveles: la distribución geográfica, la cual hace referencia a los ensambles o conjuntos de especies que existen al nivel regional y continental, los cuales son el objeto de estudio de la Ecología Geográfica y la Macroecología y la distribución local de los individuos, la cual hace referencia a las comunidades o grupos de especies que interactúan ecológicamente al nivel local. En ambas escalas la distribución de las especies no es continua, más bien es un mosaico determinado por diversos factores. A nivel local las interacciones ecológicas tienen una mayor influencia al determinar la distribución de las especies, mientras que al nivel regional y continental los factores históricos evolutivos son los que explican más

adecuadamente dicho fenómeno (Vaughan *et al.*, 2000; Arita y Rodríguez, 2003; Krebs, 2009).

Sin embargo para poder entender la relación que existe entre ambas escalas y la distribución que presentan las especies, se debe de tener en cuenta que las faunas regionales se construyen con la totalidad de las especies de las respectivas comunidades locales, pero también podemos entender la relación entre las dos escalas suponiendo que las comunidades locales son subconjuntos regionales de especies, contexto en el cual se da la idea de que existen mecanismos reales que determinan cuales de las especies presentes en una región forman parte realmente de una comunidad local dada. Esta idea o concepto fue propuesto por Elton en 1932 en el cual expresa que de todas las especies de plantas o animales que pueden potencialmente estar presentes en un sitio dado, solo una fracción de ellas realmente lo hace; por lo tanto deben existir mecanismos selectivos que limitan la presencia de ciertas especies en ciertos lugares (Elton, 1932; Arita y Rodríguez, 2003).

La distribución de una especie en particular (o grupo de poblaciones) es determinada por el clima apropiado, la disponibilidad de recursos adecuados, barreras de dispersión y las interacciones interespecíficas con todos los demás organismos con los cuales comparte la misma área. La habilidad de dispersión también determina cuales especies son las más probables de encontrarse en un área dada cuando un hábitat adecuado está presente (Vaughan *et al.*, 2000).

### 1.1.2 Factores que limitan la distribución

Krebs (2009) presenta una serie de jerarquías para poder entender las razones del porqué los organismos de alguna especie en particular se encuentran presentes en algunos lugares y en otros no (Fig. 1). Uno de los primeros pasos que se deben de tomar en cuenta para examinar la razón del porqué una especie no se encuentra en determinado lugar, es conocer su capacidad de dispersión, ya que la razón de la restricción de su distribución puede ser que dicha especie aun no ha tenido el tiempo suficiente para colonizar

determinadas áreas. Así mismo se debe de tener conocimiento acerca del comportamiento de dicha especie, ya que ésta puede estar limitada en su distribución geográfica por la selección de un rango de hábitats que son más restringidos que el que puede ser capaz de ocupar exitosamente. A una escala más local, la presencia de otros organismos como depredadores, parásitos patógenos o competidores, son los factores principales que afectan la distribución de muchas especies, algunos otros organismos tienen la capacidad de envenenar el medio ambiente con agentes químicos y afectar la distribución de otras especies, así mismo la temperatura, la luz, la estructura del suelo y la humedad son factores determinantes.

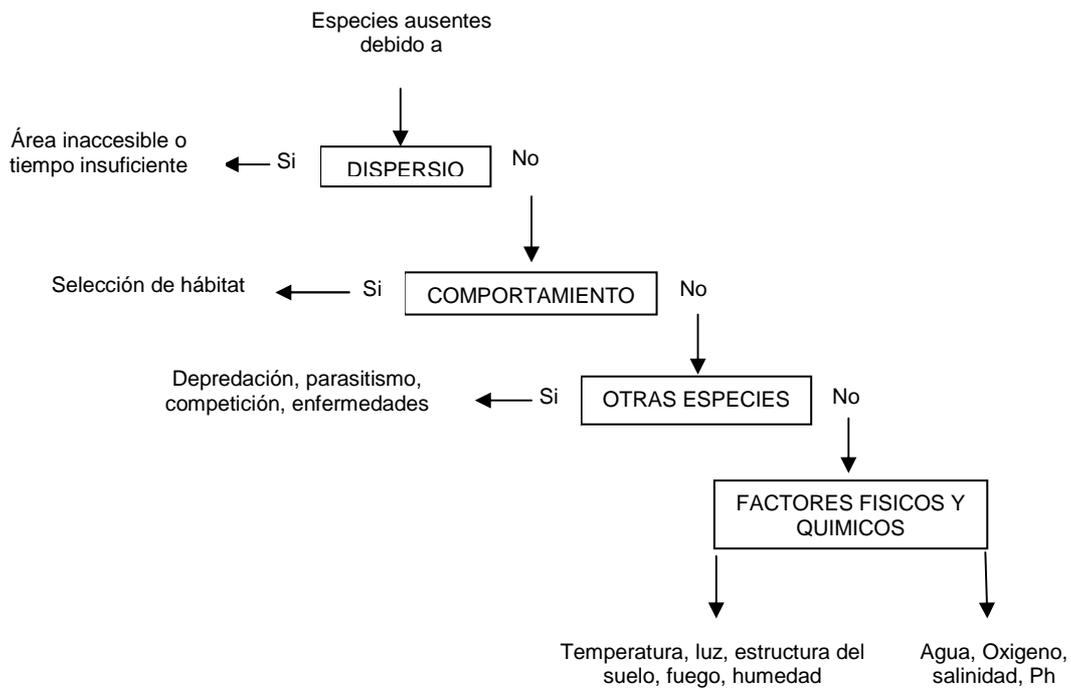


Figura 1. Factores que limitan la distribución de especies (Tomado de Krebs, 2009)

### 1.1.3 Distribución Vertical

En localidades donde el espacio es limitado, la estratificación vertical puede resultar en la reducción de la competencia interespecífica por determinado recurso e incrementar el número de especies coexistentes, pudiendo esto ser explicado debido a que posiblemente el dosel ofrece una mayor cantidad de ejes para el distribución de nichos, permitiendo que un mayor número de

especies se puedan encontrar en la misma área (Passamani, 1995; Malcolm, 2004).

Estudios como el de McClearn *et al.*, (1994) y el de Malcolm y Ray (2000) demuestran un marcado uso del espacio vertical por pequeños mamíferos, con muchas especies siendo estrictamente terrestres, otras presentando un uso tanto del suelo como del sotobosque, algunas más que utilizan principalmente el sotobosque y el dosel y algunas pocas que se encuentran prácticamente restringidas al dosel.

No es de sorprender que dada su dependencia sobre los árboles, los mamíferos arborícolas alcancen su mayor diversidad y abundancia en los doseles con una mayor complejidad y con un mayor número de estratos, ya que estas características pueden ofrecer una mayor disponibilidad de fuentes de alimentos adecuadas para cada especie, por lo tanto la distribución de los mamíferos del dosel se verá afectada principalmente por la disponibilidad de recursos a través del tiempo y por la competencia con otras especies por el mismo recurso (Malcolm, 2004).

Generalmente se entiende como pequeño mamífero aquellas especies con peso menor a 50g o del tamaño de una rata, sin embargo para este estudio se incluyeron a todas aquellas especies que por sus dimensiones caben en una trampa Sherman de 7.6 X 8.8 X 22.8 cm, ya que por ejemplo *Tylomys nudicaudus* es una rata arborícola que llega a pesar hasta 370g (Lira *et al.*, 1994; Jones *et al.*, 1996; Animal care and use committee, 1998; Ceballos y oliva, 2005). Uno de los primeros trabajos realizados para pequeños mamíferos con el objetivo de conocer el papel que juega el grado de desarrollo de diferentes estratos tanto verticales como horizontales dentro de sus comunidades, fue el que llevó a cabo en los llanos de Venezuela August, (1983), estudio en el cual encontró una correlación positiva entre el número de especies de mamíferos y la estratificación vertical del hábitat, dando como una posible explicación que el aumento en esta riqueza se debe principalmente al aumento de recursos conforme aumenta la complejidad del hábitat. En otros trabajos como el de Malcolm (1991) y McClearn (1994) se puede observar que dentro de una

estratificación vertical, algunas especies suelen ser capturadas con mayor frecuencia en ciertos estratos que en otros, pudiendo ser explicada esta preferencia por determinado estrato, porque minimiza la competencia con otras especies por determinado recurso (Passamani, 1995).

Para entender mejor estas diferencias entre uso de los diferentes estratos, Leite *et al.*, (1996) evaluaron la relación que existe entre el alimento y el uso del espacio vertical de tres especies de marsupiales simpátricos, concluyendo que la dieta junto con el tamaño corporal eran los principales factores que afectan su distribución. Otros autores como Cummins y Slade (2007) han notado la preferencia de estratos arbóreos solamente en determinadas épocas del año, concluyendo que la variación en la distribución se debe básicamente al comportamiento y dejando solamente una serie de suposiciones para la explicación de dicha variación.

En México existen pocos trabajos en los cuales se involucre el estrato arbóreo, como el de Collett *et al.*, (1975) y el de Schnell *et al.*, (2008), donde algunas especies de roedores demuestran preferencia por dicho estrato, así mismo Pérez-Lustre y Santos-Moreno (2010), muestrearon en tres niveles sobre el suelo a *Nyctomys sumichrasti* analizando algunos parámetros demográficos y distancias recorridas.

## **1.2 Fragmentación**

La pérdida del hábitat involucra la reducción de su tamaño y puede dar como resultado la transformación del mismo en diferentes fragmentos, el proceso subsecuente es conocido como fragmentación, que puede ser definida como la transformación de un hábitat continuo en diversos fragmentos que varían en tamaño y configuración. Mientras que la pérdida del hábitat tiene impactos negativos consistentes sobre la biodiversidad, la fragmentación puede tener impactos negativos o positivos dependiendo de las circunstancias y las especies de interés (Wilcove *et al.*, 1986; Didham, 1997; Bender *et al.*, 1998; Fahring, 2003).

La fragmentación puede resultar en diversos o un solo fragmento del hábitat original, mientras que el número de éstos tiende a disminuir como resultado de la comunidad original que continua siendo destruida. Dos de los factores más importante que influyen la supervivencia de especies en los fragmentos, son el tamaño y el potencial de los mismos para conectarse con otros fragmentos, ya que una buena conectividad puede minimizar los impactos negativos y permitir a las diferentes especies, ya sea a nivel individual o de comunidad el utilizar más de un fragmento para mantener la riqueza original (Hilty *et al.*, 2006; Saunders *et al.*, 1991; Murcia, 1995).

### 1.2.1 Tamaño y efecto de los fragmentos sobre las especies

Los fragmentos grandes generalmente tienen la capacidad para sostener un mayor número de especies, lo que se traduce en una mayor capacidad para sostener especies nativas, sin embargo mientras que el mantenimiento de diversos fragmentos de gran tamaño puede ayudar a algunas especies a sobrevivir, un solo fragmento que contenga el hábitat original puede ser de gran riesgo, debido a que alguna enfermedad, catástrofe natural o algún otro evento estocástico podría potencialmente desaparecer todas las especies remanentes. De igual manera muchas especies que requieren áreas grandes para mantener el funcionamiento de sus poblaciones necesitarán moverse entre los diferentes fragmentos, de esta manera algunas especies serían capaces de sobrevivir como metapoblaciones en múltiples fragmentos del hábitat, pero solo si existe suficiente intercambio de individuos entre los mismos (Bascompte *et al.*, 2002; Fahring, 2003; Hilty *et al.*, 2006).

Otra manera en que la distancia entre los fragmentos influencia a las diferentes especies, es la manera en la que éstas utilizan los hábitat adyacentes que han son utilizados por los humanos, las especies pueden tener diferentes escalas espaciales de movimiento, de tal manera que algunas de ellas necesitarán moverse más allá de los fragmentos remanentes, adentrándose en éste tipo de hábitats (Hilty *et al.*, 2006).

Especies con una gran movilidad deben teóricamente sobrevivir mejor en paisajes fragmentados y entre los fragmentos más alejados de la fuente de hábitat original. Tales especies pueden moverse entre los fragmentos y por lo tanto minimizar los efectos negativos tanto demográficos y genéticos que una población pequeña presenta. Sin embargo este no siempre es el caso, ya que muchas especies que poseen la capacidad física, no se mueven entre los diversos fragmentos, particularmente cuando éstos están demasiado separados. Por otro lado las especies con baja movilidad u otros impedimentos conductuales para moverse están generalmente restringidas a un solo fragmento por lo que presentan un alto riesgo de extinción local (Hilty *et al.*, 2006; Krebs, 2009).

Uno de las grandes limitaciones en nuestro entendimiento de la fragmentación es el diferenciar entre lo naturalmente homogéneo y la fragmentación inducida antropogénicamente. Mientras que algunas especies presentan adaptaciones a la fragmentación natural, la mayoría de ellas sufren consecuencias adversas a la fragmentación inducida. Es debido a esta diferencia que el mantenimiento y la creación de conexiones entre los fragmentos, se vuelve de primera importancia para la conservación de las diferentes especies que se encuentran en hábitats antropogénicamente alterados. De igual manera una de las características que comparten es que los parches del hábitat que son pequeños contienen una menor cantidad de especies, así como de especialistas, es decir, especies que dependen de hábitats específicos, alimento u otros factores limitantes para su supervivencia (Fahring, 2003; Wilcove *et al.*, 1986).

La fragmentación generalmente tiene efectos negativos en la heterogeneidad del hábitat, la cual asume que hábitats estructuralmente complejos pueden proveer de una mayor cantidad de nichos y diversas formas para la explotación de los recursos ambientales, incrementando de ésta manera la diversidad de especies, hipótesis que ha sido ampliamente discutida en diversos trabajos (Simpson, 1949; MacArthur y Wilson, 1967; Lack, 1969). Al verse afectada la heterogeneidad ambiental también se interrumpen diversos procesos biológicos como la dispersión y la adquisición de recursos, sin embargo no todas las

especies en un ecosistema son igualmente afectadas por las estructuras espaciales, dependiendo de si el efecto de estas estructuras es heterogeneidad o fragmentación (Spitzer *et al.*, 1997; Greenberg y Lanham, 2001; Rainio y Niemela, 2003).

## II. JUSTIFICACIÓN

El estudio de los patrones que se repiten en la distribución de las especies es un importante componente en la ecología, ya que por medio de estos se pueden generar síntesis predictivas de la utilización del espacio por la especies animales, así mismo el entendimiento de los factores responsables de que una especie se encuentre presente o ausente en determinado hábitat o aquellos que alteran su abundancia relativa en dicho hábitat es un prerrequisito cuando se tiene como objetivo la evaluación en la selección de éste (Morris, 1998).

La relevancia tanto ecológica como geográfica que tiene la forma del hábitat al estructurar las comunidades animales, será evidente solamente después de que diversos estudios sean completados en una variedad de organismos y en una variedad de hábitats y, preferentemente, se debe de tomar en cuenta aquellos hábitats que predominan actualmente, es decir, lo hábitats que han sido modificados por actividades humanas o bien los remanentes de hábitat original que se encuentran inmersos en ellos, ya que de esta manera se puede llegar a comprender los cambios o adaptaciones que están sufriendo las especies por la intervención del hombre (August, 1983; Manson, *et al.*, 2008).

La pérdida del hábitat y la consecuente fragmentación son consideradas por muchos científicos como las mayores amenazas para la biodiversidad del planeta y la mayor causa de extinción hoy en día, es por eso que el conocer la distribución y abundancia de las especies que se encuentran en un remanente de hábitat original, inmerso en un hábitat modificado por actividades humanas, o bien para este estudio, un agroecosistema de café, cobra relevancia al sumarse a todos aquellos estudios que intentan comprender los cambios y adaptaciones a los que están siendo sometidas la especies en la actualidad.

### **III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **3.1 Objetivo general:**

Conocer la distribución espacial que presentan las especies de una comunidad de pequeños mamíferos en un fragmento de selva mediana subperennifolia con diferentes grados de perturbación.

#### **3.2 Objetivos específicos:**

- 1.- Conocer la composición taxonómica de la comunidad de pequeños mamíferos presentes en el área de estudio.
- 2.- Conocer las diferencias de riqueza, diversidad y abundancia de las especies entre el estrato arbóreo y terrestre.
- 3.- Conocer si existe preferencias de hábitat por parte de las especies en el espacio vertical.
- 4.- Conocer la relación entre la perturbación del área y la distribución de las especies.

#### **3.3 Hipótesis**

Como hipótesis general se presenta la idea que en un fragmento de hábitat, la complejidad dentro del mismo se mantiene como el principal factor afectando la distribución de las especies de pequeños mamíferos, es decir, dado que la estratificación tanto vertical como horizontal permite la presencia de un mayor número de nichos se espera una mayor diversidad y abundancia en aquellos lugares dentro de la zona de estudio que presenten una mayor complejidad en su estructura.

## IV. AREA DE ESTUDIO

### 4.1 Descripción

El estudio se llevó a cabo en los terrenos de la finca cafetalera “La Frontera” ubicada en el municipio de Pluma Hidalgo perteneciente al Distrito de Pochulta, en la región Sierra-Costa en el sur del estado de Oaxaca (Figura 2), a su vez ubicado en la Sierra Madre Oriental y la cuenca del Río Copalita (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990; Maderey-R y Torres-Ruata, 1990).

Dentro de la finca se encuentran remanentes de selva mediana subperennifolia, fragmentos de selva en los cuales nunca ha sido cultivado el café debido principalmente a la Orografía del terreno, siendo utilizados principalmente como paso hacia otras zonas de cultivo y ocasionalmente para la extracción de leña.

Dentro de la zona se presentan los climas: cálido subhúmedo (Aw) y el semicálido templado húmedo (ACw2), ambos con lluvias en verano. La distribución de los climas está determinada fundamentalmente por la distribución de las formaciones fisiográficas (INEGI, 2004).

Las principales comunidades vegetales presentes en la zona de estudio son Selva mediana subperennifolia y Bosque Mesófilo de Montaña (Figura 3) (INEGI e INE, 1996), ambos modificados para la agricultura de café de sombra de tipo rusticano, en el cual 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, manteniendo el estrato arbóreo debajo del cual se implantan los arbustos de café (Moguel y Toledo, 1999).

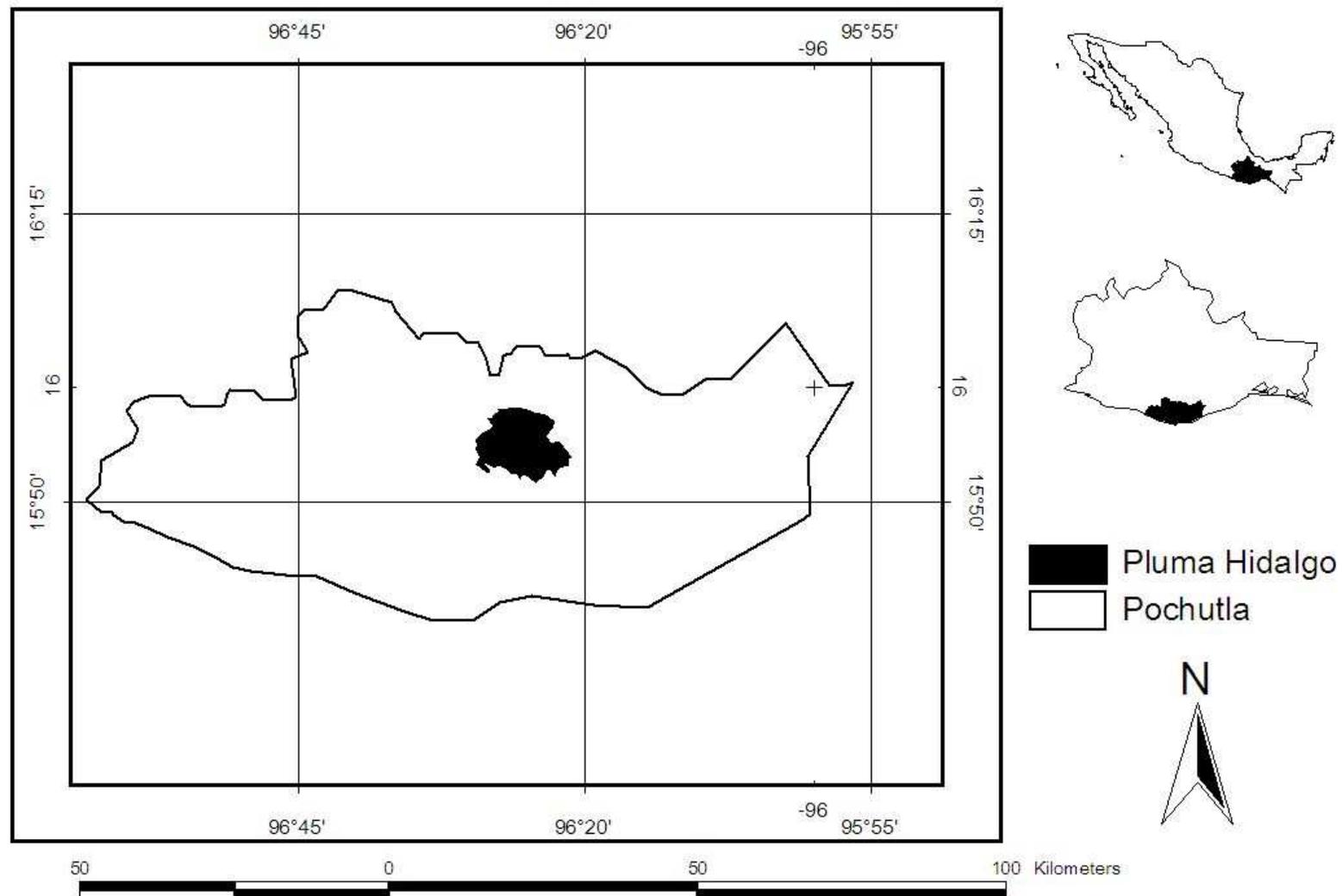


Figura 2. Ubicación de Pluma Hidalgo, municipio perteneciente al distrito de Pochutla, Oaxaca.

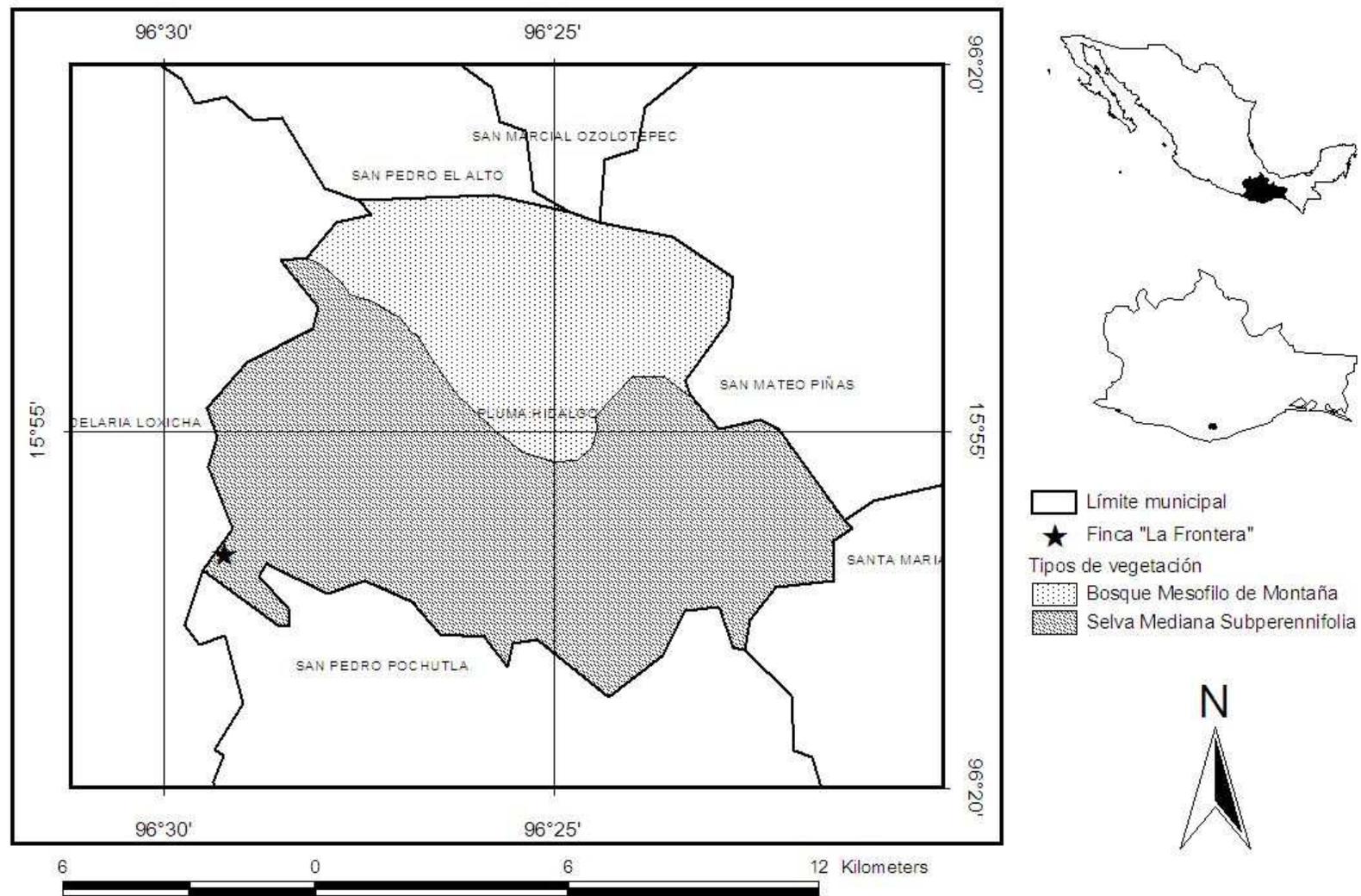


Figura 3. Tipos de vegetación predominantes en el área de estudio (INEGI e INE, 1996)

#### 4.1.1 Selva mediana subperennifolia

Este tipo de vegetación se presenta en las zonas más húmedas del clima A, Al igual que la selva alta perennifolia, como en zonas con precipitaciones del orden de 1 100 a 1 300 mm anuales, con una época de sequía bien marcada que puede durar de 3 a 4 o incluso 5 meses. Las temperaturas donde se desarrolla esta selva son muy semejantes a las de la selva alta perennifolia (22 a 26°C), llegando a presentar oscilaciones de 6 a 8 °C entre el mes más frío y el mes más cálido (Pennington y Sarukhán, 2005).

Los suelos de estas selvas son principalmente derivados de materiales calizos de diversas características, en la mayoría de los casos son suelos muy someros en terrenos de topografía cárstica, de colores oscuros con abundantes contenidos de materia orgánica y valores de pH cercanos a la neutralidad, frecuentemente se encuentra un gran número de roca aflorante, especialmente caliza. El drenaje de estos suelos es por lo general muy rápido debido a la fuerte pendiente de los terrenos donde se encuentran, así como por la naturaleza porosa de las rocas y el material calizo. Esta característica es la que probablemente hace que la vegetación, a pesar de encontrarse en un clima de selva alta perennifolia, reduzca notablemente, en 25 a 50 % de sus especies, el follaje en la época de sequía (Pennington y Sarukhán, 2005).

Algunas de estas especies del estrato arbóreo superior o medio que quedan desnudas durante un periodo que puede abarcar hasta tres meses y que frecuentemente coincide con su época de floración son: *Bursera simaruba*, *Zuelania guidonia*, *Carpodiptera ameliae*, *Tabebuia rosea*, *Alseis yucatanensis*, *Aspidosperma megalocarpon* y *A. cruentum*, *Coccoloba barbadensis* y *C. spicata*, *Swartzia cubensis*, *Thouinia paucidentata* y *Vitex gaumeri*, dependiendo del área de que se trate. La especie mejor caracterizada en estas selvas es *Brosimum alicastrum*, cuya presencia es generalmente dominante.

En Oaxaca la mediana subperennifolia de la vertiente del Pacífico, en los declives de la Sierra Madre del Sur esta formada por numerosos elementos típicos de la selva alta perennifolia de la vertiente del Golfo, entre ellos:

*Calophyllum brasiliense*, *Poulsenia armata*, *Acosmium panamense* y *Chrysophyllum mexicanum*. Los árboles miden alrededor de 25 a 30 metros de alto y varios elementos pierden las hojas durante la época seca, pero no llega a notarse un cambio claro en la fisonomía de la vegetación; probablemente este sea un tipo de vegetación transicional entre la selva alta perennifolia y la mediana subperennifolia.

#### 4.1.1.1 Estratificación

La altura de esta selva puede en ocasiones igualar a la de la selva alta perennifolia, pero es frecuente que los árboles no sean tan altos, muchas veces debido a la naturaleza rocosa y la gran inclinación de los terrenos donde se encuentra, lo que impide el desarrollo de árboles gigantescos que necesitan una amplia área de sujeción en el suelo para que no los derriben los vientos. La forma de la copa de los árboles del estrato superior tiende a ser más angulosa que redondeada debido a la inclinación del terreno.

En esta selva se pueden distinguir tres estratos arbóreos: uno inferior de 4 o 5 a 10 o 12 m, uno intermedio de 11 o 13 a 20 o 22 m y uno superior de 21 o 23 a 30 o 35m (Sarukhán, 1968).

En el norte de Veracruz y Puebla y el sureste de Hidalgo y San Luis Potosí, la composición florística de estas selvas incluye, además de *Brosimum alicastrum*, las siguientes especies en el estrato superior: *Aphananthe monoica*, *Bursera simaruba*, *Dendropanax arboreus*, *Sideroxylon capiri*, ssp. *Tempisque*, *manilkara zapota*, *Carpodiptera ameliae* y *Hernandia sonora* (palo de campana) (Rzedowski, 1996; sarukhán, 1968). En el estrato medio esta compuesto principalmente por *Alchornea latifolia*, *Chrysophyllum mexicanum*, *Cumpania* spp., *Guarea glabra* (hoja blanca), *Pimenta dioica*, *Sapranthus humilis*, *Protium copal*, *Zuelania guidonia* y *Trichilia havanensis*; dependiendo de las condiciones locales, alguna o algunas de estas especies pueden llegar a ser muy abundantes y dominar el estrato medio.

## V. METODOS

### 5.1 Colocación de trampas

Dentro del área de estudio se trazaron tres transectos, los cuales quedaron arreglados como se muestra en la Figura 4 principalmente debido a la heterogeneidad del hábitat, es decir, que debido a la necesidad de utilizar el estrato arbóreo, solamente fue posible colocar estaciones de muestreo en aquellas áreas en donde se encontraran árboles lo suficientemente gruesos como para soportar el peso de una persona o bien que tuvieran ramas en una forma horizontal o diagonal no mayor a 45°, para de esta manera facilitar la colocación de las trampas y minimizar su caída al suelo por efecto de la lluvia y viento, razón por la cual también fueron colocados como soporte un par de clavos a lado de cada trampa.

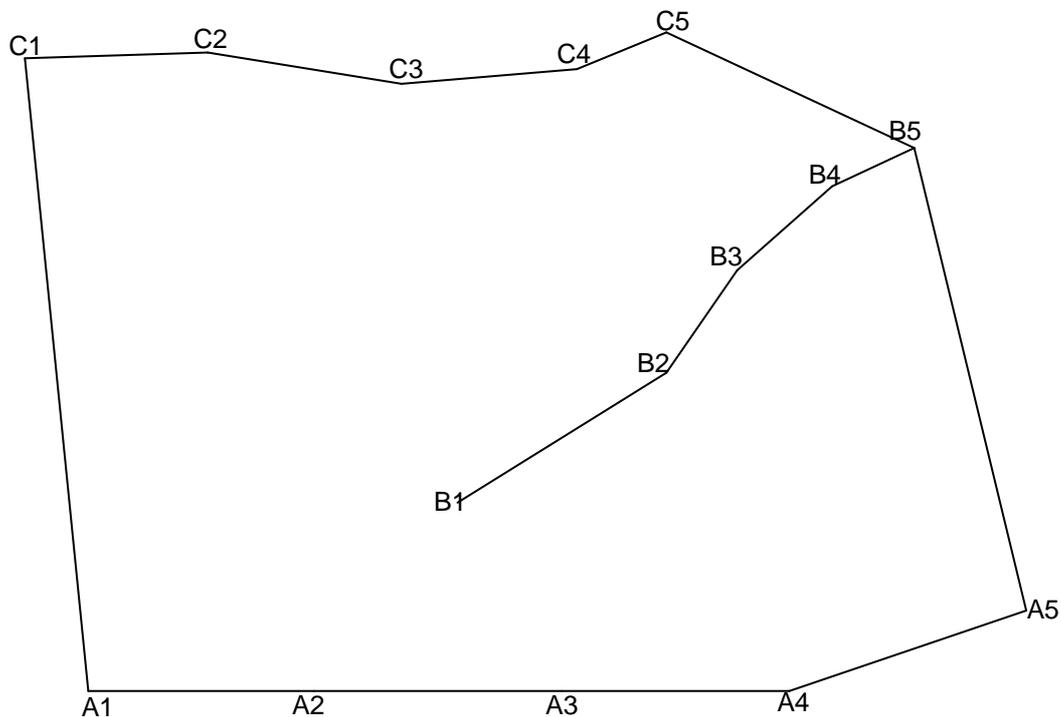


Figura 4. Posición de los transectos en el área de estudio

Dentro de cada transecto se ubicaron cinco estaciones de muestreo en las cuales fueron colocadas seis trampas Sherman cebadas con una mezcla de

avena y vainilla, de las cuales dos fueron colocadas en el suelo, dos en el estrato medio a una altura de 11 a 13 metros y dos en el dosel a una altura de 21 a 23 metros. En total fueron colocadas 90 trampas distribuidas en 15 estaciones de trampeo equivalentes a un cuadrante con la superficie de 8600 m<sup>2</sup> (0.86 hectáreas). Se colocaron dos trampas en cada estrato de la estación de trampeo para evitar la situación de no registrar ciertas especies, o bien de individuos previamente registrados en el momento en el que visiten determinada estación, debido a que la trampa puede estar ocupada por otro individuo. De esta manera se aumentan las posibilidades de capturar a los diferentes individuos que transiten por la misma ruta.

Las trampas de cada estación se revisaron y cebaron diariamente por la mañana, para de esta manera capturar individuos tanto diurnos como nocturnos, asumiendo que el cebo no fue removido por insectos u otro tipo de animales. Para escalar los árboles se utilizó la técnica de una sola cuerda y se colocó una polea encadenada a la rama para poder tener acceso a la trampa diariamente.

## 5.2 Riqueza de especies

Para conocer si el número de especies registradas es igual al que se esperaría en la zona, se aplicó el modelo de Dependencia Lineal, el cual es utilizado cuando el área de muestreo es pequeña o el grupo de estudio es bien conocido, bajo el concepto de que el número de especies a encontrar en la zona decrece conforme aumenta el esfuerzo de muestro (Soberón y Llorente, 1993; Moreno y Haffter, 2000). La fórmula del modelo es:

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

En donde:

$S(t)$  = Número de especies esperado en función del tiempo ( $t$ )

$a$  = Tasa de incremento del listado al comienzo de la colecta

$b$  = Acumulación de especies

$a/b$  = Asíntota; que indica que las posibilidades de registrar una nueva especie en el listado tienden a cero (Soberón y Llorente, 1993; Moreno y Haffter, 2000).

El modelo fue aplicado tanto para la zona total de estudio como para los diferentes estratos en donde fueron colocadas las trampas, de esta manera también se obtuvieron estimaciones para el estrato del suelo, medio y alto. Para el cálculo de los valores de  $a$  y  $b$  se utilizó el programa *Statistica* versión 7 (StatSoft Inc, 2004) y para aleatorizar los datos (100 ocasiones) el programa *EstimateS* 8.0 (Colwell, 2008).

### 5.3 Diversidad

Se calculó el índice de equidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, midiendo el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar (Magurran, 1988; Peet, 1974).

Este índice fue calculado con el programa *Species Diversity and Richnes* (Henderson y Seaby, 2001) tanto para el estrato del suelo como para los dos estratos arbóreos, siendo su fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

En donde  $S$  es el número de especies y  $p_i$  es la proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos.

Posteriormente se aplicó la prueba  $t$  de Hutchenson para determinar si existen diferencias significativas entre los estratos, comparándose dos a la vez: suelo-medio, suelo-alto y medio-alto con las formulas:

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

$$t = \frac{H_1 - H_2}{\sqrt{VarH'_1 + VarH'_2}}$$

$$gl = \frac{(VarH'_1 + VarH'_2)^2}{(VarH'_1)^2 / N_1 + (VarH'_2)^2 / N_2}$$

En donde:

$VarH'$  = Varianza de la muestra en cuestión

$H'$  = Índice de Shannon-Wiener en la muestra.

$P_i$  = proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos.

$N$  = Número de individuos en la muestra

$S$  = Número de especies en la muestra

#### **5.4 Selección de estratos en el espacio vertical y abundancia de especies**

Para conocer si existen diferencias significativas en las frecuencias de captura para cada especie en los diferentes estratos y de esta manera ver si existe alguna preferencia por alguno de ellos, ya sea por una o varias especies se aplico un Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de agrupación de medias de Tukey para las frecuencias de cada especie, calculados con el programa *Statística* versión 7 (StatSoft Inc, 2004). Este mismo análisis se llevo a cabo para conocer si existen diferencias en las abundancias de las especies a través de los 10 meses de muestreo.

Para cada muestreo se tomo nota del número de días con lluvia y el número de especies de árboles fructificando, de esta manera se realizaron regresiones múltiples para aquellas especies en las que su abundancia presento variación en el tiempo, esto para conocer la relación que existe entre la abundancia de dichas especies con esta dos variables, sin embargo al llevar a cabo los análisis no se generaron modelos que indicaran una relación significativa (ver resultados), por lo cual se tomo la decisión de realizar modelos de regresión

lineal simple para cada una, tanto para el número de especies de árboles fructificando como para el número de días de lluvia, siendo su formula (Montgomery *et al.* 2006):

$$y = \beta_0 + \beta_1x$$

Donde:

$y$  = Número de individuos de la especie correspondiente a determinado periodo de tiempo.

$\beta_0$  = Intercepto (Es la media de la distribución de la respuesta en el número de individuos cuando el periodo de tiempo es igual a cero)

$\beta_1x$  = Pendiente o cambio en la media de la distribución de individuos de la especie en cuestión, producida por unidad de cambio en el tiempo.

Para llevar a cabo el análisis se utilizo el programa *PASW Statistics* version 18.0.0 (Pasw soft, 2009).

### **5.5 Determinación de estaciones de muestreo con características de perturbación similares**

Debido a la dificultad que existe para reconocer diferencias en el grado de perturbación de un hábitat, así como el efecto que éstas tiene sobre la distribución de las especies (Tews, 2004), para este estudio se tomaron nueve variables de microhábitat que fueron consideradas informativas para dicho propósito. (DBH); número de árboles con un DBH (Diámetro a la altura del pecho igual a 1.3 m) mayor o igual a 2.5 cm., (PC); número de plantas de café, (CV); Cobertura vegetal, (AL); Número de árboles con lianas, (CD); Cobertura del dosel, (NC); número de ramas del árbol en donde fueron colocadas las trampas que se encuentran en conexión con otros árboles, (PG); porcentaje de pedregosidad, (PD); pendiente del terreno y (HU); número de huecos en el suelo y base de los árboles.

Las variables fueron tomadas para cada estación de muestreo y en un radio de cinco metros tomando como origen el árbol donde fueron colocadas las

trampas. La pendiente del terreno fue tomada con un clinómetro mientras que la cobertura del dosel, se tomó con un densiometro esférico.

Para conocer aquellas estaciones que presentan características de microhabitat similares se llevo a cabo un análisis de componentes principales (ACP) por medio del programa *PASW Statistics* version 18.0.0 en donde se reduce la dimensión a cierto número de componentes, los cuales son combinaciones lineales de las variables originales que presentan una mayor correlación entre sí (Manly, 2005; Meyers et al, 2006).

Ya que las estaciones fueron agrupadas debido a las similitudes entre sus variables, estas variables fueron tomadas como características del grupo que se formo, tomando como una zona diferente a cada grupo de estaciones en el espacio tridimensional formado por los componentes. Así mismo se asumió que las variables indicadoras de un bajo nivel de perturbación son aquellas que permiten tener una mayor heterogeneidad en la estructura vertical del hábitat, es decir, aquellas variables que permiten una mejor representación de los diferentes estratos, como puede ser la cobertura del dosel, el número de conexiones con árboles adyacentes y el número de árboles con lianas. Por el contrario el número de plantas de café fue tomada como una variable indicadora de perturbación, asumiendo que las estaciones que presenten un mayor número son aquellas más cercanas a los cultivos y por lo tanto más susceptibles de alteración. De esta manera los grupos de estaciones de muestreo formados por el ACP fueron tomados como zonas dentro del área de estudio que presentan un grado de perturbación diferente.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Esfuerzo de muestreo

Durante Noviembre de 2009 a Agosto de 2010 se llevaron a cabo 10 periodos de muestro con una duración de cinco días cada uno, sumando 50 noches de muestreo para cada uno de los estratos y un esfuerzo de captura de 4500 trampas/noche en total y de 1500 tanto para el estrato del suelo, medio y alto.

### 6.2 Composición taxonómica

Se registraron un total de 213 individuos, de los cuales 194 pertenecen al orden Rodentia que se encuentran agrupados en dos familias, cinco géneros y seis especies, mientras que los otros 19 pertenecen al orden Didelphimorphia, agrupados en una sola familia, dos géneros y dos especies (Cuadro 2). Destaca la presencia de *Tlacuatzin canescens* la cual es una especie endémica de México.

### 6.3 Riqueza de especies

En el Cuadro 1 se presentan los valores obtenidos por medio del modelo de Dependencia Lineal y en las figuras 5 a 8 se muestran las curvas de acumulación tanto para el área total de estudio como para cada uno de los diferentes estratos. Para todos los casos se alcanzó el número de especies predichas por el modelo, por lo cual se puede decir que tanto para el área total como para los estratos éste se encuentra bien representado.

Cuadro 1. Parámetros obtenidos por el modelo de dependencia lineal. S: Número de especies; a: Tasa de incremento del listado al comienzo de la colecta; b: Acumulación de especies; a/b: asíntota.

	Área Total	Suelo	Medio	Alto
S	8	7	7	5
a	10.069982	3.287134	3.929964	2.382871
b	1.31805	0.491086	0.596543	0.507590
a/b	7.63993103	6.69360748	6.58789237	4.69447688

Cuadro 2. Listado de especies de pequeños mamíferos registrados en la zona de estudio (Wilson y Reeder, 2005)

ORDEN DIDELPHIMORPHIA

Familia Didelphidae

Subfamilia Didelphinae

Género *Marmosa*

*Marmosa mexicana* (Merriam, 1897)

Género *Tlacuatzin*

*Tlacuatzin canescens* (Allen, 1893)

ORDEN RODENTIA

SUBORDEN SCIUROGNATHI

Familia Heteromyidae

Subfamilia Heteromyinae

Género *Liomys*

*Liomys pictus* (Thomas, 1893)

Familia Muridae

Subfamilia sigmodontinae

Género *Oryzomys*

*Oryzomys chapmani* (Thomas, 1898)

Género *Peromyscus*

*Peromyscus aztecus* (Saussure, 1860)

*Peromyscus mexicanus* (Saussure, 1860)

Género *Tylomys*

*Tylomys nudicaudus* (Peters, 1866)

Género *Nyctomys*

*Nyctomys sumichrasti* (Saussure, 1860)

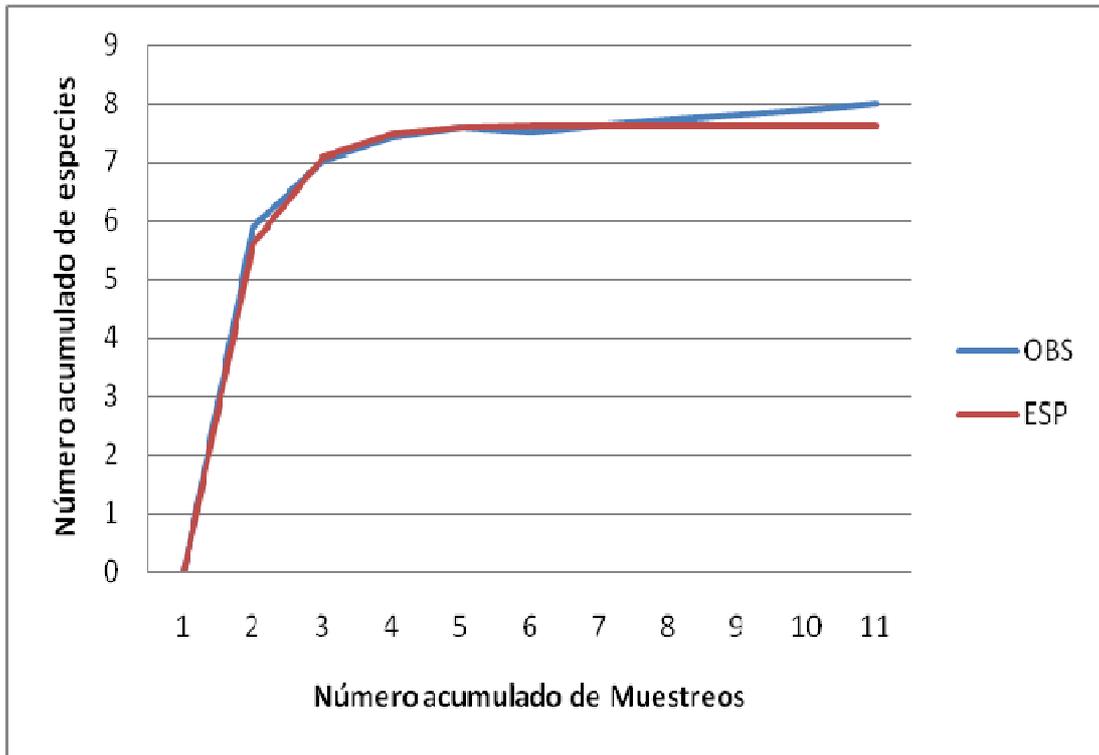


Figura 5. Curva de acumulación aleatorizada observada (OBS) y curva de acumulación esperada por el modelo de dependencia lineal para el área de estudio (ESP).

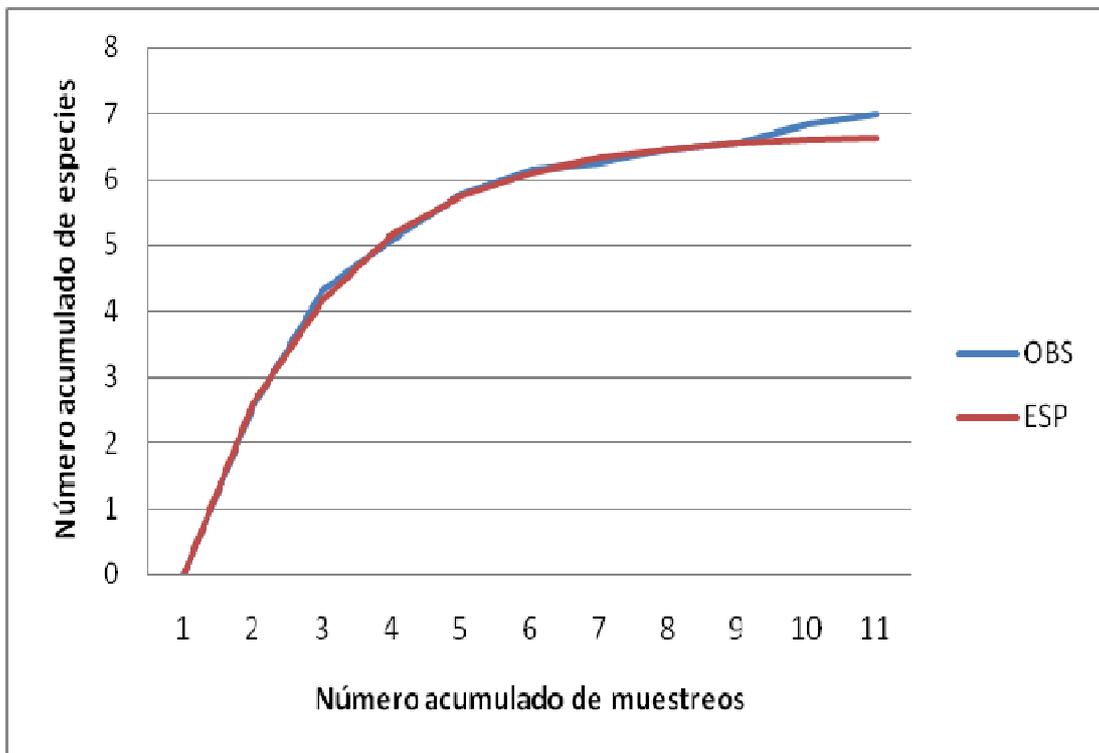


Figura 6. Curva de acumulación aleatorizada observada (OBS) y curva de acumulación esperada por el modelo de dependencia lineal para el estrato del suelo (ESP).

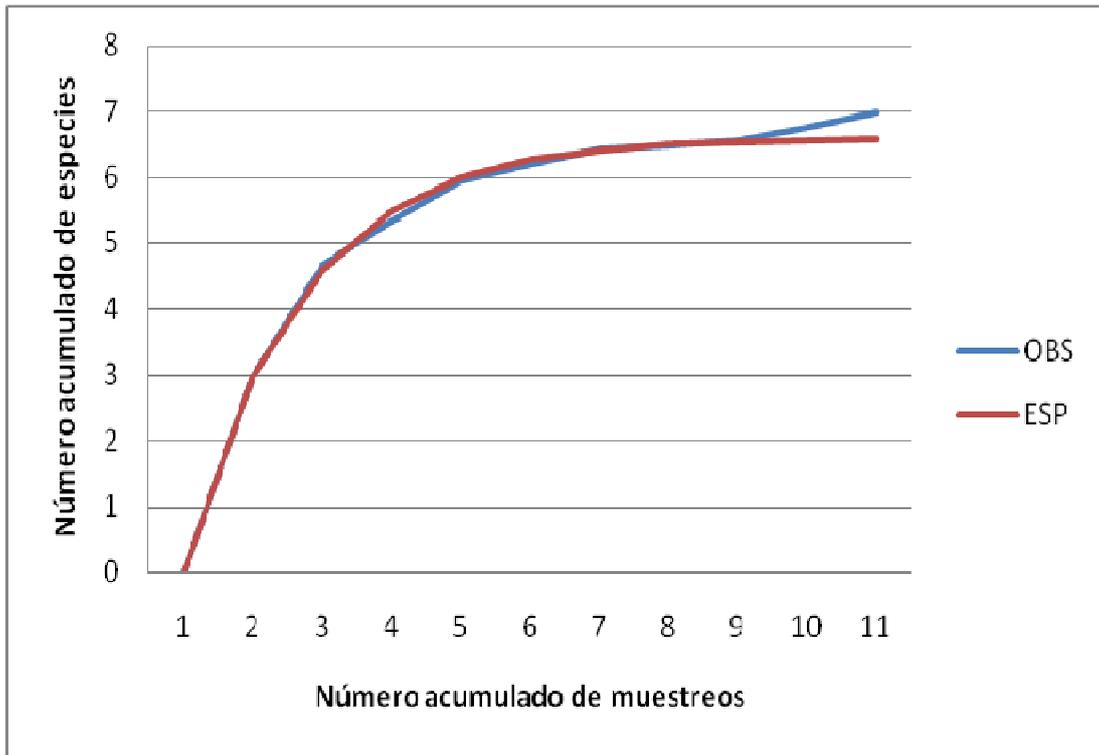


Figura 7. Curva de acumulación aleatorizada observada (OBS) y curva de acumulación esperada por el modelo de dependencia lineal para el estrato medio (ESP).

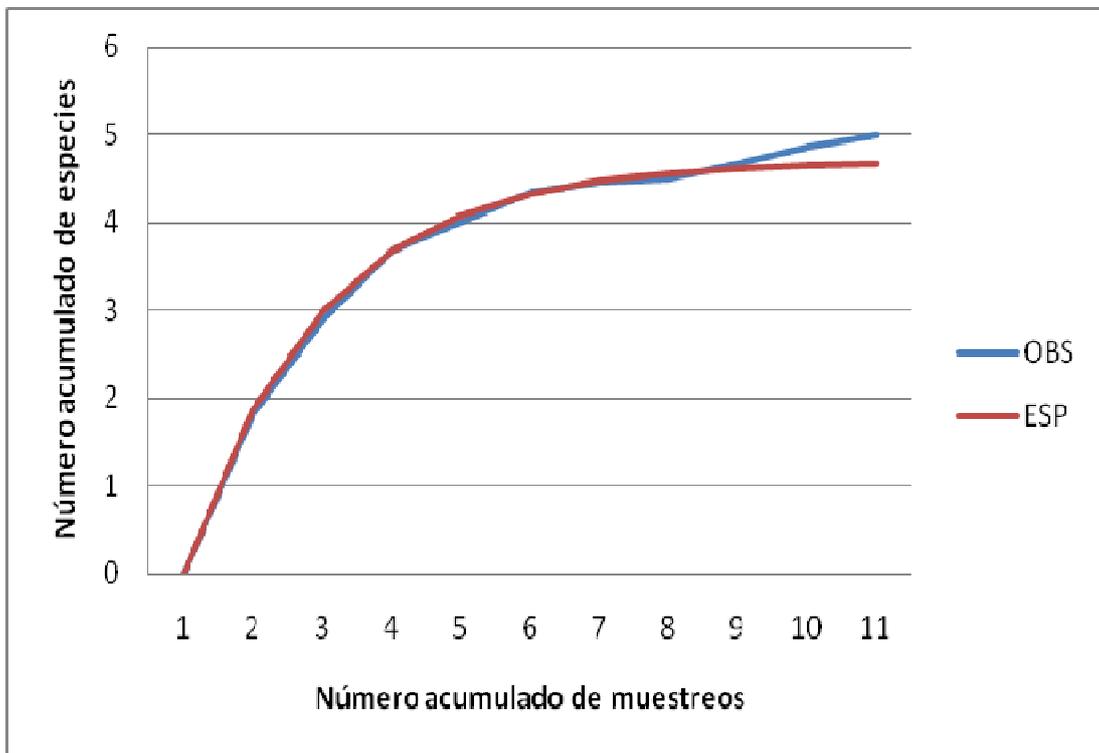


Figura 8. Curva de acumulación aleatorizada observada (OBS) y curva de acumulación esperada por el modelo de dependencia lineal para el estrato alto (ESP).

## 6.4 Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ )

Los valores obtenidos para cada uno de los estratos se muestran en el Cuadro 3, en donde se observa que el estrato del suelo arrojó un valor de Shannon de 1.41, mientras que el arbóreo fue de 2.34 y por medio de la  $t$  de *Hutchenson* se pudo comprobar que no existe diferencia significativa entre la diversidad de ambos estratos. Sin embargo al utilizar la división por estratos del suelo, medio y alto de acuerdo a como fueron colocadas las trampas, se encuentra un valor de Shannon de 2.41 para el medio y de 1.68 para el alto, valores que por medio de la prueba de  $t$  presentan una diferencia significativa en su diversidad.

Cuadro 3. Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Celdas sombreadas), Prueba  $t$  de Hutchenson (Diagonal superior) y grados de libertad calculados (Diagonal inferior) para cada uno de los estratos, así como para el estrato terrestre y arbóreo.

		Suelo	Medio	Alto	Arbóreo
	$H'$				
			$t$ de Hutchenson		
Suelo		1.4173	-42.2248	-6.8273	
Medio	Grados de Libertad	141.0442	2.4114	19.0411	
Alto		62.2489	56.5695	1.6807	-44.6462
Terrestre				221.2726	2.3488

## 6.5 Selección de estratos en el espacio vertical

Debido a que *Peromyscus mexicanus* fue registrado solamente en un periodo de muestreo y que tuvo una muestra muy baja (cinco individuos) para los cuales no se obtuvo ninguna recaptura, esta especie fue excluida de los análisis. El Análisis de Varianza arrojó un valor de  $F = 5.7948$  y una significancia de  $p = 0.000003$ , por lo que en todas las especies al menos uno de los estratos presenta diferencias significativas en su media de las frecuencias de captura con respecto a los demás, lo cual fue corroborado con la prueba de agrupación de medias de Tukey (Cuadro 4), en donde se observa que no es así para *Marmosa mexicana*.

Cuadro 4. Valores obtenidos con la prueba de agrupación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para las frecuencias de captura de especies entre estratos. Los valores en rojo son aquellos estadísticamente distintos.

ESPECIE	ESTRATO	ESTRATO	
		MEDIO	ALTO
<i>P. aztecus</i>	SUELO	0.000731	0.000049
	MEDIO		0.320551
<i>M. canescnes</i>	SUELO	0.066899	0.243119
	MEDIO		0.004460
<i>O. chapmani</i>	SUELO	0.006655	0.006655
	MEDIO		1.000000
<i>M. mexicana</i>	SUELO	0.055496	0.275995
	MEDIO		0.381592
<i>T. nudicaudus</i>	SUELO	0.003424	0.043756
	MEDIO		0.448409
<i>L. pictus</i>	SUELO	0.000000	0.000000
	MEDIO		0.969568
<i>N. sumichrasti</i>	SUELO	0.040999	0.040999
	MEDIO		1.000000

En la Figura 9 se observa que tanto *P. aztecus*, *O. chapmani* y *L. pictus* de acuerdo a las diferencias en las medias de frecuencias de captura quedan restringidas al estrato del suelo, mientras que *M. mexicana* no presenta selección por ningún estrato.

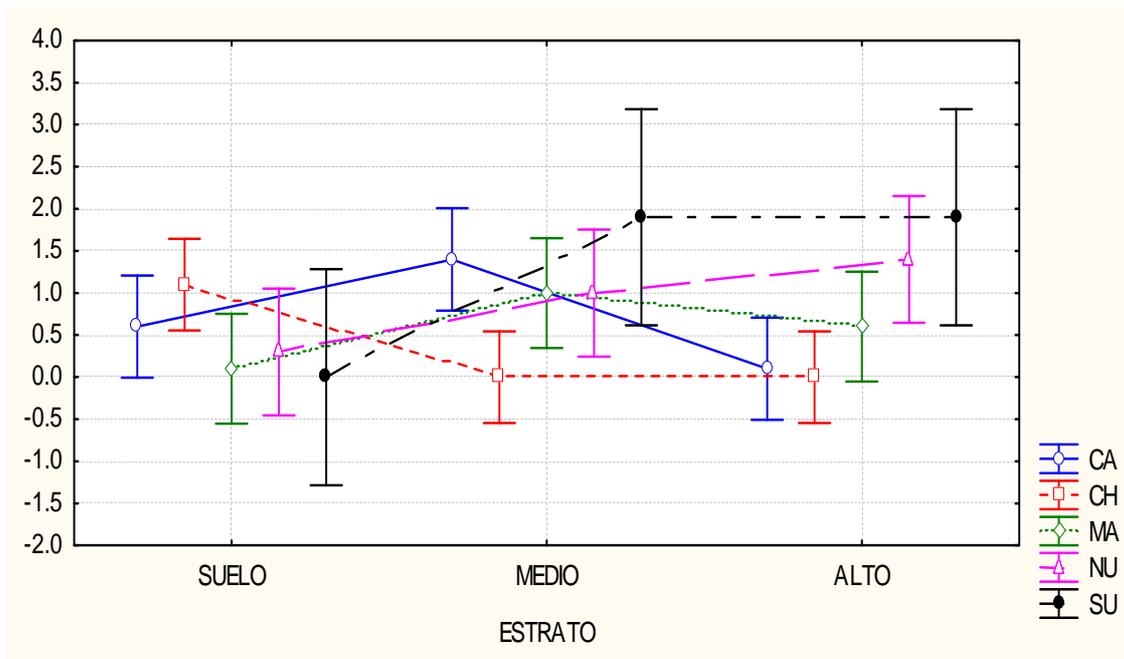


Figura 9. Distribución de las medias de cada especie por estrato. Las barras verticales denotan intervalos de confianza al 95% de confianza. CA: *T. canescens*; CH: *O. chapmani*; MA: *M. mexicana*; NU: *T. nudicaudus*; SU: *N. sumichrasti*.

Así mismo se puede decir que *T. canescens* presenta una selección por los estratos suelo y medio, así como *T. nudicaudus* y *N. sumchrasti* por los estratos medio y alto.

## 6.6 Abundancia

En la zona de estudio la especie que presentó mayor abundancia fue *Liomys pictus* con un total de 103 individuos que representan el 48.35% del total, seguido de *Peromyscus aztecus* con 43 (20.18%), mientras que la especie de menor abundancia fue *P. mexicanus* con solamente cinco individuos (2.34%), seguido de *O. chapmani* con ocho individuos que representan el 3.75%.

En el estrato del suelo se capturaron un total de 158 individuos del cual *L. pictus* y *P. aztecus* se mantienen como las especies más abundantes, la primera con 102 individuos que representa el 64.55% y la segunda con 39 (24.68%). Mientras que las especies con menor abundancia fueron *M. mexicana* y *P. mexicanus* representados por un solo individuo cada una (0.63%). Así mismo en el estrato medio el número de individuos fue de 45, en donde las especies más abundantes fueron *P. aztecus* y *N. sumichrasti* con un total de 11 individuos cada una (24.44%) y las de menor abundancia fueron *P. mexicanus* con dos (4.44%) y *L. pictus* con un individuo (2.22%). Por lo que respecta al estrato alto la especie más abundante fue *N. sumichrasti* con 14 individuos (45.16%), seguida por *T. nudicaudus* con 10 (32.25%), así como *T. canescens* con un individuo (3.22%) y *P. mexicanus* con dos (6.45%) representan las especies de menor abundancia.

### 6. 6.1 Variación de las abundancias a través del tiempo.

Para conocer sí las abundancias variaron a través del tiempo y al igual que para la selección de estratos se aplicó un Análisis de Varianza, que arrojó un valor de  $F = 2.08353$  y una significancia de  $p = 0.000572$ , lo que indica que para los diez meses al menos uno presenta variaciones en las medias de las abundancias de las especies. En el Cuadro 5 se presenta la prueba de

agrupación de medias de Tukey solamente para aquellas especies en las que se encontró una diferencia significativa, excepto para *P. mexicanus*.

Cuadro 5. Valores obtenidos con la prueba de agrupación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para las abundancias de especies a través del tiempo. Los valores en rojo son aquellos estadísticamente distintos.  
Ma: *Marmosa mexicana*; NU: *T. nudicaudus*; SU: *N. sumichrasti*.

		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
MA	NOV	0.526	0.526	0.018	0.526	0.526	0.526	0.067	1.000	0.526
	DIC		1.000	0.004	1.000	0.211	1.000	0.018	0.526	0.211
	ENE			0.004	1.000	0.211	1.000	0.018	0.526	0.211
	FEB				0.004	0.067	0.004	0.526	0.018	0.067
	MAR					0.211	1.000	0.018	0.526	0.211
	ABR						0.211	0.211	0.526	1.000
	MAY							0.018	0.526	0.211
	JUN								0.067	0.211
	JUL									0.526
NU	NOV	1.000	1.000	0.709	0.709	0.709	0.709	0.073	0.459	0.709
	DIC		1.000	0.709	0.709	0.709	0.709	0.073	0.459	0.709
	ENE			0.709	0.709	0.709	0.709	0.073	0.459	0.709
	FEB				0.459	0.459	0.459	0.146	0.709	1.000
	MAR					1.000	1.000	0.035	0.270	0.459
	ABR						1.000	0.035	0.270	0.459
	MAY							0.035	0.270	0.459
	JUN								0.270	0.146
JUL									0.709	
SU	NOV	0.823	0.823	0.655	0.655	1.000	0.823	0.021	0.655	1.000
	DIC		0.655	0.504	0.823	0.823	1.000	0.034	0.823	0.823
	ENE			0.823	0.504	0.823	0.655	0.013	0.504	0.823
	FEB				0.375	0.655	0.504	0.008	0.375	0.655
	MAR					0.655	0.823	0.054	1.000	0.655
	ABR						0.823	0.021	0.655	1.000
	MAY							0.034	0.823	0.823
	JUN								0.054	0.021
JUL									0.655	

En la Figura 10 se muestra la variación de la abundancia de *M. mexicana*, la cual aumento en Febrero y Junio, así como de *T. nudicaudus* y *N. sumichrasti* quienes también presentaron un aumento en el mes de Junio, mes en el cual

se encontraron uno de los valores más altos en el número de especies de árboles fructificando y el número de días con lluvia para cada periodo de muestro (Fig. 11).

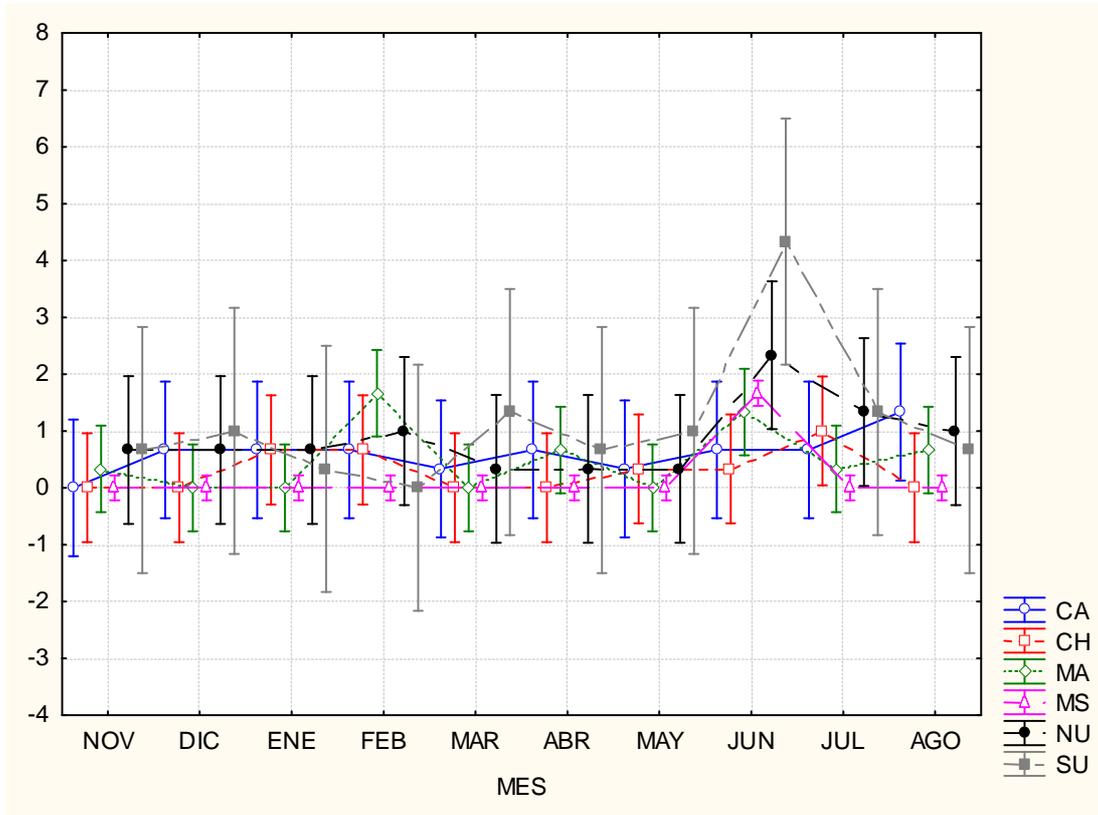


Figura 10. Distribución de las abundancias de cada especie por mes. Las barras verticales denotan intervalos de confianza al 95% de confianza. CA: *T. canescens*; CH: *O. chapmani*; MA: *M. mexicana*; ME: *P. mexicanus*; NU: *T. nudicaudus*; SU: *N. sumichrasti*.

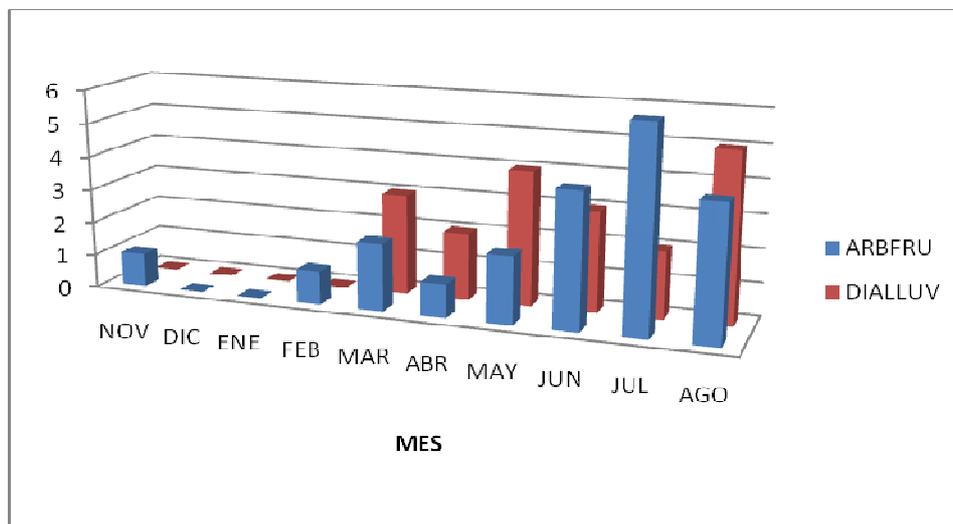


Figura 11. Número de días con lluvia (DIALLUV) y número de especies de árboles en fructificación (ARBFRU) para cada periodo de muestro.

Los modelos de regresión múltiple generados con el método hacia atrás para cada una de las especies (*M. mexicana*: Modelo 1;  $R^2= 0.075$ ,  $p= 0.761$ . Modelo 2;  $R^2= 0.042$ ,  $p= 0.568$ . *T. nudicaudus*: Modelo 1;  $R^2= 0.452$ ,  $p= 0.122$ . Modelo 2;  $R^2= 0.355$ ,  $p= 0.06$ . *N. sumichrasti*: Modelo 1;  $R^2= 0.015$ ,  $p= 0.039$ . Modelo 2;  $R^2= 0.0134$ ,  $p= 0.160$ ), no presentaron una relación significativa entre la variable dependiente y la combinación lineal de variables independientes.

Al llevar a cabo las regresiones simples se obtuvieron los valores mostrados en el Cuadro 6 en donde se puede observar que el número de especies de árboles fructificando y el número de días de lluvia por muestreo nos ofrecen una muy pobre explicación en la variación de las abundancias de *M. mexicana* y *N. sumichrasti* a través del tiempo (Fig. 12, 14 ), a diferencia de *T. nudicaudus* en la cual se encontró una correlación positiva en donde el 35% de la variación en abundancia puede ser explicado por variaciones en el número de especies de árboles fructificando por mes (Fig. 13), no así en el número de días con lluvia.

Cuadro 6. Valores obtenidos a través de las regresiones lineales. FRU: Número de especies de árboles fructificando; LLUV: Número de días de lluvia.

Variable	Valores	Especie		
		<i>Marmosa Mexicana</i>	<i>Tilomys nudicaudus</i>	<i>Nyctomys Sumichrasti</i>
FRU	Constante	1.109	1.433	1.559
	Log	0.186	0.556	0.877
	$r^2$	0.042	0.355	0.23
LLUV	Constante	1.531	2.379	2.146
	Log	-0.016	0.117	0.66
	$r^2$	0	0.014	0.116

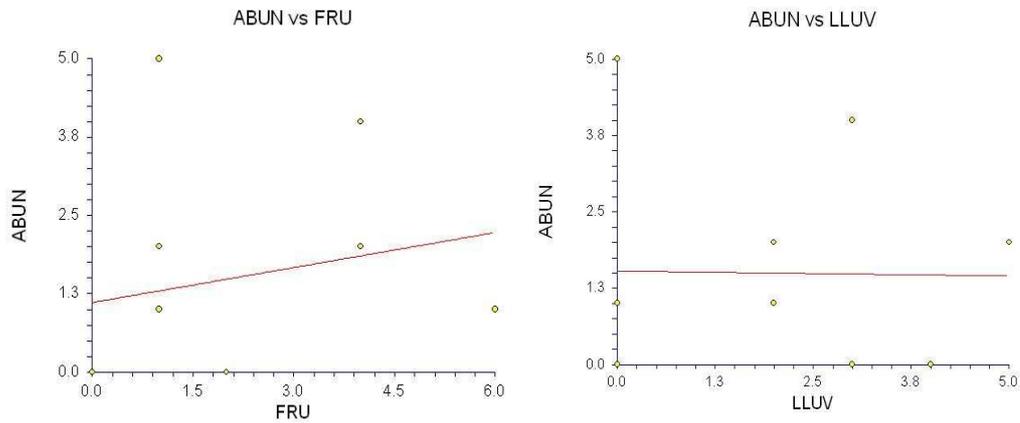


Figura 12. Regresiones lineales entre la abundancia (ABUN), número de especies de árboles fructificando (FRU) y número de días de lluvia (LLUV) de *M. mexicana*.

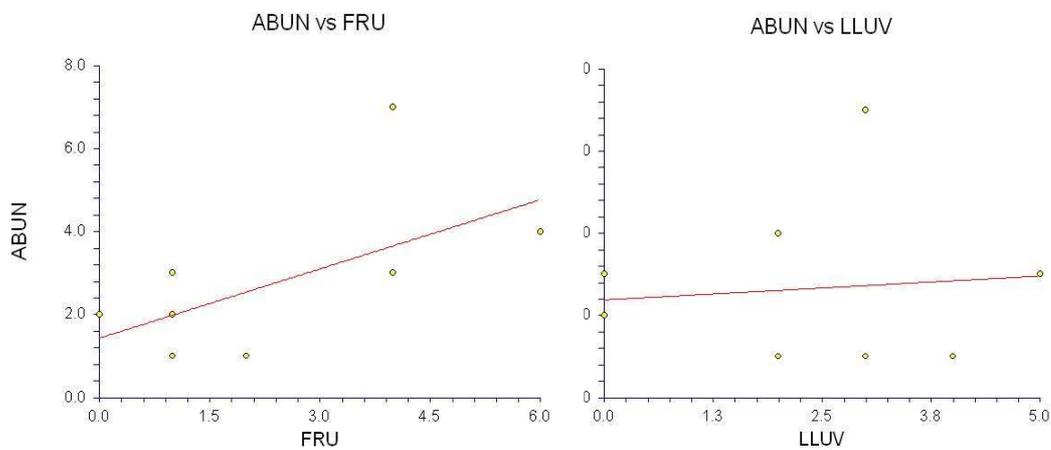


Figura 13. Regresiones lineales entre la abundancia (ABUN), número de especies de árboles fructificando (FRU) y número de días de lluvia (LLUV) de *T. nudicaudus*.

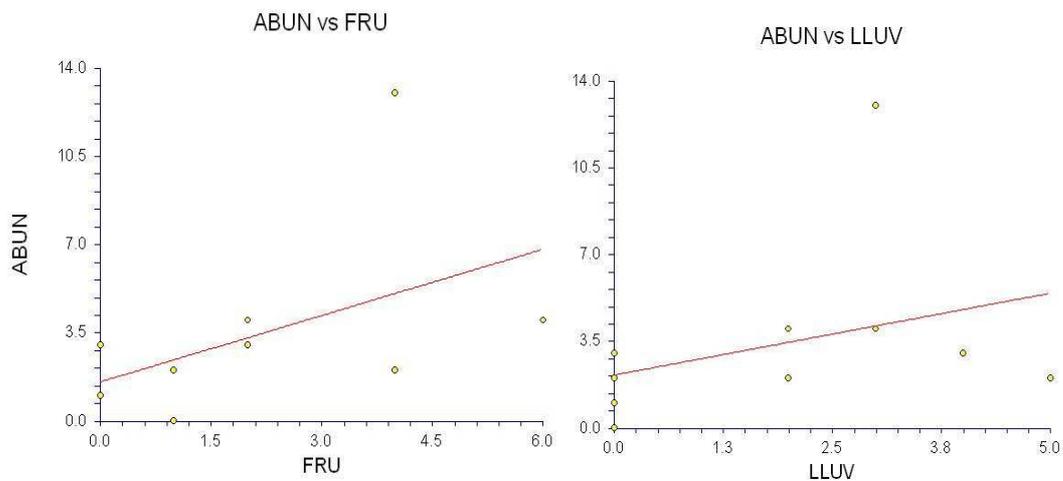


Figura 14. Regresiones lineales entre la abundancia (ABUN), número de especies de árboles fructificando (FRU) y número de días de lluvia (LLUV) de *N. sumichrasti*.

## 6.7 Caracterización de estaciones de muestreo con microhábitat similares.

Debido a que las variables se encontraban medidas en diferentes escalas, éstas fueron estandarizadas a valores Z (Meyers *et al.* 2006), por lo cual se utilizó una matriz de covarianza (Borgongnone *et al.* 2001), posteriormente se realizó el análisis y en el Cuadro 7 se presentan los Componentes Principales (CP) en los cuales se acumula el mayor porcentaje de varianza explicada, siendo los primeros tres los que contienen el 93.33 % de la misma y por lo tanto los que fueron utilizados para la caracterización del microhábitat.

Cuadro 7. Eigenvalores derivados del Análisis de Componentes Principales hasta el 100% de la varianza acumulada. Los valores en rojo representan los tres componentes que acumulan el mayor porcentaje de la varianza.

<b>Eigenvalores iniciales</b>			
Componente	Total	% de la varianza	% acumulado
1	11.5520	77.0135	77.0135
2	1.2495	8.3303	85.3438
3	1.1989	7.9928	93.3365
4	0.7607	5.0713	98.4079
5	0.1715	1.1431	99.5510
6	0.0542	0.3613	99.9123
7	0.0127	0.0848	99.9971
8	0.0004	0.0029	100.0000

En el Cuadro 8 se puede observar que para el Componente 1 (CP1), las estaciones de muestreo más importantes fueron A1, B5, A3 y B1 y al comparar dichas estaciones con los valores de las variables originales (Anexo 1), se puede observar que las variables que las caracterizan son la cobertura del dosel, que presenta valores idénticos en cada una a excepción de B5, el número de conexiones y el número de árboles con lianas, ya que ambas variables presentan valores muy bajos en las estaciones antes mencionadas.

Para el Componente 2 se puede observar claramente que se trata de la pendiente la que caracteriza a las estaciones A5, B2, A4 y C2, ya que es en éstas en que dicha variable presenta los valores más altos. De igual manera para el componente 3 se observa que las variables que caracterizan a las estaciones C5, C4 y C3 son la Cobertura del dosel, la pedregosidad y

nuevamente el número de conexiones ya que alcanzan sus valores más elevados en dichas estaciones.

Por lo anterior se puede decir que por medio del Análisis de Componentes Principales se pudieron identificar tres combinaciones en las características del microhábitat que nos definen tres zonas, cada una de las cuales se encuentra formada por el grupo de estaciones de muestreo agrupadas por cada CP (Fig. 15).

Cuadro 8. Eigenvectores derivados del Análisis de Componentes principales. Los valores en rojo representan los igevalores más importantes para cada componente.

	Componente		
	1	2	3
A1	0.890	0.414	0.068
B5	0.861	0.317	0.355
A3	0.854	0.364	0.354
B1	0.804	0.204	0.445
B3	0.792	0.514	0.317
C1	0.711	0.660	0.189
A2	0.651	0.393	0.449
A5	0.373	0.878	0.188
B2	0.317	0.831	0.400
A4	0.409	0.827	0.090
C2	0.320	0.805	0.427
B4	0.487	0.626	0.598
C5	0.338	0.047	0.906
C4	0.162	0.484	0.816
C3	0.413	0.541	0.666

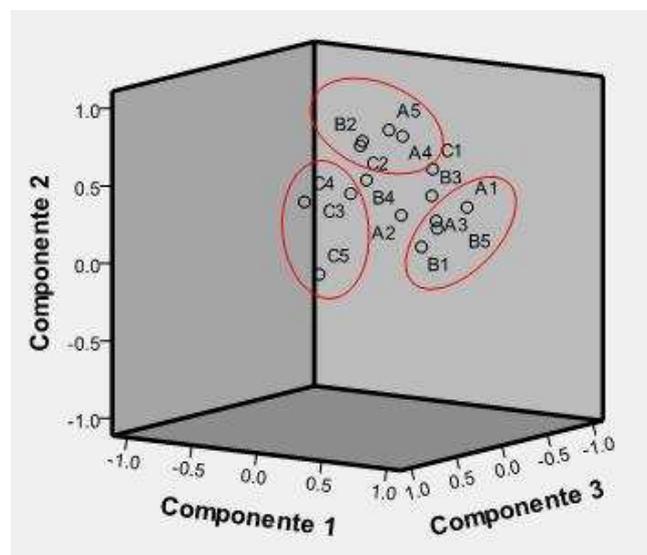


Figura 15. Estaciones de muestreo agrupadas por el Análisis de Componentes Principales.

La primer zona o bien la zona que presenta una mayor perturbación, se encuentra caracterizada por una cobertura del dosel que en su mayoría presenta valores del 62.55% y hasta el 75.06%, así como que es posible encontrar hasta dos árboles que presenten lianas, o bien ninguno, así como árboles que presenten de una a tres conexiones con arboles adyacentes. La segunda zona si bien se encuentra determinada en el CP2 solamente por presentar una pendiente del 75 al 80 %, que son los valores más altos en toda la zona de estudio, también se puede observar que coincide con uno o dos árboles con lianas y árboles con una solo conexión a otros árboles.

Con lo que respecta a la zona número tres, o bien, aquella que presenta una perturbación menor se encuentra caracterizada por tener la cobertura de dosel más alta la cual va de 83.4 a 91.74 %, el mayor número de conexiones entre árboles adyacentes de 3 a 6 y entre un 20 a 85 % de pedregosidad. Así mismo, aunque no fue una variable que fuera tomada por el ACP, dos de las estaciones agrupadas en el CP3 presentan el mayor número de árboles con DBH  $\geq$  2.5 cm, siendo de 34 a 38 árboles.

### 6.8 Áreas de distribución.

Las quince estaciones de muestreo formaron un polígono de 8600 m<sup>2</sup> en el cual quedaron inmersas las áreas de distribución de las diferentes especies (Cuadro 9, Anexo 2 a 8), las cuales se obtuvieron por la unión de aquellas estaciones de muestreo en las que se registro al menos un individuo de la especie en cuestión.

Cuadro 9. Área de distribución de las especies en la zona de estudio y número de individuos capturados para cada una de ellas.

Especie	Área		Perímetro m	No. Individuos
	Ha	m <sup>2</sup>		
<i>P. aztecus</i>	0.8	8000	386.97	43
<i>T. canescens</i>	0.03	300	133.44	10
<i>O. chapmani</i>	0.1	1000	182.03	8
<i>M. mexicana</i>	0.13	1300	161.41	9
<i>L. pictus</i>	0.86	8600	371.6	103
<i>T.nudicaudus</i>	0.55	5500	311	15
<i>N. sumichrasti</i>	0.37	3700	277.93	20
Total	0.86	8600	371.6	208

Así mismo en la Figura 16 se muestran las estaciones de muestreo en las cuales fueron capturadas cada una de las especies, así como aquellas en las cuales cada especie fue capturada más frecuentemente.

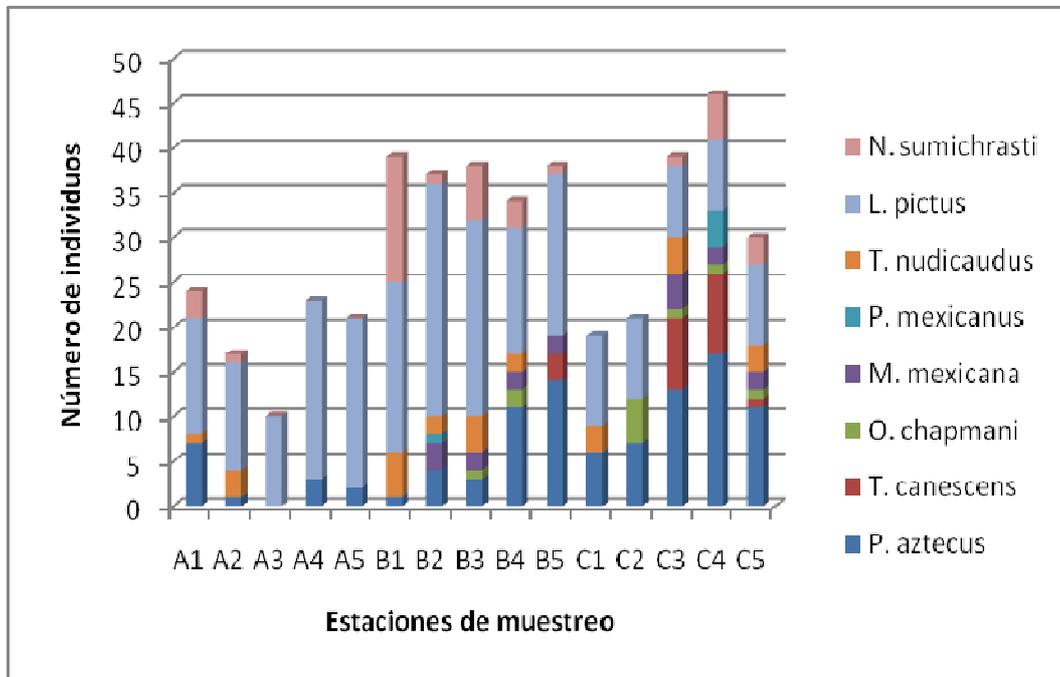


Figura 16. Frecuencias de captura de cada especie por estación de muestreo

## VII. DISCUSION

### 7.1 Riqueza de especies

Las seis especies de roedores y las dos de marsupiales registradas para este estudio concuerdan con lo observado para trabajos similares en bosques tropicales, oscilando de cuatro a once y de dos a seis especies respectivamente (Zuhn y Mares, 1987; Gallina *et al.* 1996; Mares y Ernest 1995, Medellín, 1992). Sin embargo ésta riqueza es menor al compararla con trabajos en donde fueron muestreados los diferentes estratos verticales, ya que han sido registradas de 13 a 17 especies de roedores y entre siete y ocho especies de marsupiales, con algunas de ellas siendo capturadas solamente en el estrato arbóreo, las cuales no hubieran sido registradas de haber muestreado solamente en el suelo (Leite *et al.* 1996; Angelice y Luiselli, 2005; Lambert *et al.* 2005).

De las ocho especies registradas solamente *N. sumichrasti* no fue capturada para el estrato terrestre siendo al parecer estrictamente arbórea, patrón que ha sido observado anteriormente para una selva baja (Ceballos, 1990), cumpliéndose lo esperado al tener el estrato arbóreo una mayor complejidad tendría un mayor número de nichos potenciales, así como de recursos y por lo tanto una mayor riqueza de especies (August, 1983). Sin embargo al realizar las observaciones por estratos se observa que el que presenta una menor riqueza es el estrato alto, ya que solamente fueron registradas cinco especies, mientras que para el suelo y el medio se registraron siete, esto debido principalmente a que comparten especies que utilizan ambos estratos indistintamente como *T. canescen* y *M. mexicana*.

### 7.2 Selección de estratos y relación con la perturbación.

De todas las especies que fueron capturadas en el estrato arbóreo solamente *T. nudicaudus* y *N. sumichrasti* presentaron una marcada preferencia por éste, ya que de acuerdo a los análisis estadísticos, a lo largo del estudio no utilizaron el estrato terrestre, con excepción de *M. mexicana* y *T. canescens* las cuales utilizan el estrato de suelo y el arbóreo indistintamente, sin embargo ésta última

queda delegada del estrato alto probablemente porque siendo de menor tamaño no es capaz de competir con *M. mexicana*, ya que ambas requieren de hábitats y recursos similares, alimentándose principalmente de insectos y algunos frutos (Reid, 1997; Ceballos y Oliva 2005). La especie de mayor tamaño puede ser capaz de utilizar el estrato con mejores recursos, quedando de esta manera particionado su hábitat y así puedan coexistir en la misma área. Para otras especies de marsupiales se ha encontrado una correlación positiva del tamaño del cuerpo con el diámetro de los soportes utilizados para su movimiento y los movimientos realizados, siendo las especies de mayor tamaño capaces de explotar un mayor número de hábitats (Cunha y Vieira, 2002).

Un ejemplo del efecto que tiene sobre las especies la presencia de una mayor cantidad de estratos en el espacio vertical puede ser lo observado para *T. canescens*, en donde se estimó una densidad de hasta 4.5 individuos por hectárea en una selva baja de la Estación Biológica de Chamela (Ceballos, 1990), mientras que en el presente trabajo se estimó una densidad de 11.6, quedando su distribución restringida en un área total de 0.03 hectáreas, la cual se encuentra conformada por aquellas estaciones que presentan un mayor grado de conservación, a excepción de estación B5 la cual se encuentra muy cercana a estas. Por otro lado *M. mexicana* presenta una mayor tolerancia a la perturbación quedando su área de distribución restringida tanto al área mejor conservada como a las estaciones que se encuentran alrededor de ésta.

Por observación propia al momento de liberar a los individuos de las diferentes especies se pudo constatar que estas dos, al presentar dedos oponibles y por lo tanto no utilizar las garras como principal medio para sostenerse al trepar, a diferencia de los roedores, presentaron dificultades para moverse cuando se liberaron en árboles con las ramas muy gruesas, probablemente porque requieren de ramas con un grosor proporcional al tamaño de sus extremidades para desplazarse, no siendo capaces de saltar de rama en rama como fue observado para *T. nudicaudus* y *N. sumichrasti*. Esta puede ser una de las razones por la cual los tlacuaches tengan la necesidad de utilizar el estrato terrestre, para de esta manera tener acceso a recursos a los cuales no pueden

a través del arbóreo, así mismo esto explicaría el porqué su área de distribución se encuentre en la zona que presenta una mayor complejidad en cuanto a su estructura vertical.

De la misma manera puede ser explicada la distribución de *T. nudicaudus* y *N. sumichrasti*, las cuales presentan áreas de distribución similares con clara presencia en aquellas estaciones con alto grado de perturbación, manteniéndose el patrón observado para las especies anteriores, en que la de mayor tamaño presenta un área de distribución mayor. Si bien también fueron capturadas en el área conservada, la mayor frecuencia de captura se encuentra en las estaciones con una mayor perturbación mostrando una coexistencia y posiblemente también competencia entre sí al alimentarse ambas de frutas y semillas (Reid, 1997; Ceballos y Oliva 2005), así como una partición del área con las especies de tlacuaches.

Como se mencionó antes, la principal razón para esta partición puede ser debido a la dificultad de los marsupiales para explotar lugares que carecen de los elementos necesarios como lianas, conexiones entre los árboles y una suficiente cobertura del dosel que les permitiría una mayor movilidad, el moverse a través del suelo para explotar dichos lugares involucra una mayor distancia y por lo tanto una mayor exposición a los depredadores (Leiner *et al.* 2010).

Con lo que respecta a las especies terrestres solamente *O. chapmani* presenta una distribución limitada a determinada área, no observándose una influencia clara por la perturbación, sin embargo éste género en particular se encuentra asociado a cuerpos de agua (Esher *et al.*, 1978), siendo de esta manera mas entendible su distribución al encontrarse en aquellas estaciones más cercanas al cauce del río. Tanto *L. pictus* como *P. aztecus* presentaron una amplia distribución en el área total de estudio, encontrándose esta última ausente solamente en una estación de muestreo.

### 7.3 Abundancia

Las especies que se encontraron confinadas al suelo también resultaron tener una mayor abundancia, disminuyendo ésta en aquellas especies que utilizan el estrato arbóreo, sin embargo se debe de tomar en cuenta que el área potencialmente útil por estas últimas puede verse fuertemente afectada por la discontinuidad del hábitat debido a la perturbación, ya que mientras para las especies terrestres ésta puede ser concebida como heterogeneidad del hábitat, para las especies arborícolas puede ser concebida como fragmentación del mismo (Sanders et al., 1991; Spitzer et al., 1997; Greenberg y Lanham, 2001; Rainio y Niemela, 2003), disminuyendo de esta manera el uso de dichos hábitats y concentrándose su abundancia en aquellos que son más adecuados para la busca de recursos y protección en contra de depredadores, como ha sido observado para otras especies de mamíferos de talla media (Hodson *et al.* 2010).

De las tres especies que presentaron variación en su abundancia a través del tiempo, solamente de *T. nudicaudus* y *N. sumichrasti* se presenta una explicación del 35 y 23% de cambios en su abundancia con respecto al número de especies de árboles en fructificación, mostrando una correlación positiva, mientras que el número de días de lluvia no ofreció explicación para ninguna especie. Para una selva mediana adyacente a cafetales se han observado el incremento en el número de individuos de pequeños mamíferos en la estación lluviosa (Cruz-Lara *et al.* 2004), sin embargo para este trabajo las abundancias se mantiene constantes. Al encontrarse la zona de estudio en la rivera de un río es posible que no se vea afectada tan fuertemente por la falta de lluvia.

Si tomamos en cuenta que el único mes en que aumento la abundancia de *T. nudicaudus* y *N. sumichrasti* coincidió con el aumento de especies de árboles fructificando, podemos interpretarlo como una fuente de alimento constante que permite un cierto número de individuos para cada especie, beneficiándose con el aumento de éste recurso las especies que están restringidas al estrato arbóreo ya que pueden explotarlo de manera directa.

Este razonamiento puede ayudar a comprender de cierta manera la distribución de las especies, ya que al hábitat al permitir solamente cierto número de individuos, al tener cierta cantidad de recursos, sea necesario que éstos se vean en la necesidad de tener su territorio bien delimitado, es por eso que la mayoría de las que se alimentan principalmente de frutos y semillas *L.pictus*, *P.aztecus*, *T. nudicaudus* y *N. sumichrasti* (Reid, 1997) coincidieran en tener las áreas de distribución más grandes proporcional al área de estudio, tanto las arborícolas como las terrestres, precisamente por la necesidad de buscar alimento, así mismo las dos especies de marsupiales que basan su dieta básicamente en pequeños insectos (Reid, 1997), no mostraran una influencia evidente del número de especies de árboles fructificando y al no representar una competencia marcada por este recurso, se puede decir que dicha competencia de basa en la necesidad de nichos, razón por la cual puedan coexistir al quedar restringidas a cierta área.

#### **7.4 Estaciones de muestreo con características de microhábitat similares.**

El mayor número de especies por estación de muestreo se encontró en aquellas estaciones las cuales de acuerdo al Análisis de Componentes Principales conforman el área con una menor perturbación (C3, C4 y C5), así como en aquellas que se encuentran alrededor de esta zona, apoyando la hipótesis en que una mayor heterogeneidad ambiental permite un mayor número de especies debido a que los distintos estratos proporcionan una mayor variedad de nichos, así como de recursos (Simpson, 1949; MacArthur y Wilson, 1967; Lack, 1969).

Si bien es cierto que los cafetales son importantes para el mantenimiento de la diversidad de mamíferos en ecosistemas transformados como es el caso de la selva mediana (Cruz-Lara *et al.* 2004), también es cierto que es necesario guardar cierta complejidad estructural en estos para mantener la riqueza y diversidad (Gallina *et al.* 1996). Esto fue posible observarlo para el presente trabajo, en que las estaciones de muestreo más cercanas al cafetal fueron las que presentaron un menor número de especies y una menor abundancia,

observándose una mayor influencia sobre las especies arborícolas quienes presentan una mayor adaptación a su hábitat (Malcolm, 2004).

## VIII. CONCLUSIONES

Si bien ha sido comprobado para diversas comunidades vegetales que la heterogeneidad ambiental es el principal factor que afecta la distribución y riqueza de las especies, debido a que una mayor complejidad estructural permite una mayor disponibilidad de nichos y de recursos, permitiendo de esta manera que una mayor cantidad de especies pueda coexistir en el mismo hábitat. Este patrón ha sido estudiado generalmente en hábitats bien conservados y utilizando solamente el estrato del suelo, así como en muy pocos casos se ha muestreado algunos metros sobre éste.

En éste trabajo ha sido posible observar el efecto de la complejidad del hábitat, así como la relación de la perturbación sobre especies de pequeños mamíferos tanto terrestres como aquellas que utilizan el estrato arbóreo. Se observa que aquellas zonas que presentan una mayor heterogeneidad ambiental, es decir, que presentan una mayor complejidad estructural en el estrato vertical y por lo tanto una mayor cantidad de nichos y recursos potenciales, consideradas para este trabajo como las que presentan un menor grado de perturbación, coinciden en albergar el mayor número de especies. Así mismo fue posible encontrar que las distribuciones de dos de las especies que utilizan el estrato arbóreo, *T. canescens* y *M. mexicana* quedan restringidas a esta zona, mientras que *N. sumichrasti* y *T. nudicaudus* presentan una distribución más amplia incluyendo zonas con mayor perturbación. De las especies capturadas solamente en el suelo, *Oryzomys chapmani* fue la única que su área de distribución se encontró restringida, mientras que la *L. pictus* y *P. aztecus* abarcaron el área total de estudio. Se atribuye a la perturbación que las áreas de distribución de las especies arborícolas es más pequeña, esto debido a la dependencia que presentan por la estructura arbórea y al disminuir ésta en las zonas perturbadas el hábitat potencial para estas especies se ve fragmentado y por ende reducido, mientras que para las especies terrestres ésta discontinuidad no es tan obvia.

Los cafetales son importantes para el mantenimiento de la riqueza y diversidad de los mamíferos, sin embargo cuando se reduce la complejidad estructural de los mismos esta importancia disminuye debido a que las especies que presentan una mayor adaptación a su hábitat, como lo son las especies arbóreas, se ven fuertemente afectadas al quedar reducida su área potencial de distribución, lo cual lleva a una disminución en dichos atributos.

## IX. LITERATURA CITADA

Angelici, F. M. y Luiselli, L. 2005. Patterns of specific diversity and population size in small mammals from arboreal and ground-dwelling guilds of a foresta area in southern Nigeria. *Journal of Zoology*. 265. 9-16.

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.

Arita, T. H y Rodríguez P. 2003. Ecología geográfica y Macroecología. En: Llorente, B. J y Morrone, J. J. 2003. Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Editores. Facultad de ciencias, UNAM. México D. F.

August, P. V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammals communities. *Ecology* 64: 1495-1507.

Bascompte J, Possingham H, Roughgarden J (2002). Patchy populations in stochastic environments: critical number of patches for persistence. *Am Nat* 159: 128–137.

Bender, D. J., T. A. Contreras y L. Fahring. 1998. Hábitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect. *Ecology*. 79 (2): 517-533.

Borgongnone, G. M., Bussi, J. y Hough, G. 2001. Principal component analysis: Covariance or correlation matrix?. *Food quality and preference* 12: 323-326.

Ceballos, G. 1990. Comparative natural history of small mammals from tropical forests in Western Mexico. *Journal of Mammalogy*. 71 (2). 263-266.

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.

Cervantes-Zamora, Y., S. L. Cornejo-Olguín. R. Lucero-Marquez, J. M. Espinosa-Rodriguez, E. Miranda-Viquez y A. Pineda-Velasquez. 1990. Clasificación de regiones naturales de México, IV, 10. 2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala: 1, 4,000, 0000.

Collett, S., C. Sánchez H., K. A. Shump Jr., W. R. Teska & R. H. Baker. 1975. Algunas características poblacionales y demográficas de pequeños mamíferos en dos hábitats mexicanos. *An. Inst. Biol., México, Ser. Zool.* 46:101-124.

Colwell, R. K. 2008. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.0. User's Guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>.

Cummins T. y N. A. Slade. 2007. Summer captures of *Reithrodontomys megalotis* in elevated traps. *The Southwestern Naturalist* 52: 79-82.

Cunha, A. A. y M. V. Vieira. 2002. Support diameter, incline, and vertical movements of four didelphid marsupials in the Atlantic forest of Brazil. *Journal of Zoology* 258: 419-426.

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.

Didham, R. K. 1997. The influence of edge effects and forest fragmentation on leaf litter invertebrates in central amazonian. Ch 5. En: Laurance W. F. y R. O. Bierregards (Ed.). *Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago press, Chicago.

Elton, C. 1932. *The ecology of animals*. Methuen, Londres.

Esher, R.J., Wolfe, J.L. and Layne, J.N. 1978. Swimming behavior of rice rats (*Oryzomys palustris*) and cotton rats (*Sigmodon hispidus*). *Journal of Mammalogy* 59(3):551–558.

Fahring, L. 2003. Effects of hábitat fragmentation on biodiversity. *Annual reviews of ecology. Evolution and systematic*, 34: 487-515.

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.

Greenberg, C. H. y Lanham, J. D. 2001. Breeding bird assemblage of hurricane-created gaps and adjacent closed canopy forest in the southern Appalachians. *Forest Ecology and Management*, 154, 251-260.

Henderson, P. A. y R. M. H. Seaby. 2001. *Species diversity and Richness*. Versión 2.65. Pisces Conservation Ltd. United Kingdom.

Hilty, J. A., W. Z. Licker y A. M. Merenlender. 2006. *Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation*. Island press. Washington. USA.

Hodson, J., D. Fortin y L. Belanger. 2010. Fine-scale disturbances shape space-use patterns of a boreal forest herbivore. *Journal of Mammalogy* 91 (3): 607-619.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2004. Mapa digital de México. México.

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. Estándar methods for mammals*. Smithsonian institution Press. Washingtons, D. C. p. 115-155.

Krebs, J. C. 2009. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. 6ed.

Lack, D. 1969. The numbers of bird species on islands. *Bird study*, 16, 193-209.

Lambert D. T., R. J. Malcolm y B. L. Zimmerman. 2005. Variation of small mammal species richness by trap height and trap type in Southeastern Amazonia. *Journal of Mammalogy*. 86 (5). 982-990.

Leiner, N. O., R. C. Dickman y W. R. Silva. 2010. Multiscale hábitat selection by slender opossums (*Marmosops spp.*) in the Atlantic forest of Brazil. *Journal of Mammalogy*. 91 (3): 561-565.

Leite, L. R., L. P. Costa y J. R. Stallings. 1996. Diet and vertical space use of three sympatric opossums in a Brazilian Atlantic forest reserve. *Journal of Tropical Ecology* 12: 435-440.

Lira, I. E., C. Mudespacher y B. García, G. 1994. *Theria. Diccionario de mamíferos*. AGT. Editor, S. A. México. D. F. 174 p.

Maderey-R. L. y Torres-Ruata, C. 1990. "Cuencas hidrológicas", en *Hidrología e Hidrometria*. IV. 6. 1. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1. 4, 000, 000.

Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university Press. New Jersey, 179 p.

Malcolm, R. J. 1991. Comparative abundances of neotropical small mammals by trap height. *Journal of mammalogy* 72: 188-192.

Malcolm., J. R y C. J. Ray. 2000. Influence of timber extraction routes of central African small mammals communities, forest structure and tree diversity. *Conservation Biology*. 14: 1623-1638.

Malcolm, R. J. 2004. Ecology and conservation of canopy mammals. En: Margaret., M. D. y H. B. Rinker. 2004. *Forest canopies*. Elsevier Science and Technology Books. 544pp.

Manly, F. J. B. 2005. *Multivariate Statistical Methods: A primer*. Third Edition. Western Ecosystems Technology, Inc. Laramie, Wyoming, USA.

Manson, H. R., Contreras, H. A. y López-Barrera, F. 2008. Estudio de la diversidad en cafetales. En: Manson, H. R., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S. y Mehlreter, K. 2008. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz Biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A. C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México- 348 p.

Martín, E. R., R. H. Pine y A. F. Deblase. 2001. A manual of mammalogy with keys to families of the world. Third edition. McGraw-Hill, Dubuque, Iowa.

MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey.

McClearn, D., J. Kohler, K.J. McGowan, E. Cedeno, L. G. Carbone y D. Miller. 1994. Arboreal and terrestrial mammal trapping on Gigante Peninsula, Barro Colorado Nature Monument, Panama. *Biotropica* 26: 208-213.

Meyers, S. L., Gamst, G. y Guarino, A. J. 2006. Applied Multivariate research: Design and interpretation. SAGE, publications. USA.

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, E. C. y G. Halffter. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* 37:149-158.

Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation: *Trends in ecology and evolution*, 10 (2): 58-62

Moguel, P. y V. Toledo. 1999. El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* 43: 40-51

Passamani, M. 1995. Vertical stratification of small mammals in Atlantic hill forest. *Mammalia* 59: 276-279.

PASW Statistics 18. Versión 18.0.0 (30-jul-2009) Copyright 1993-2007. Polar Engineering and consulting. <http://www.spss.com/>

Peet, R. K. 1975. Relative diversity indices. *Ecology*, 56: 496-498.

Pennington, D. T. y Sarukhán, J. 2005. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica.

- Pérez-Lustre y Santos-Moreno. 2010. Movements and capture-recapture data analysis of the vesper rat (*Nyctomys sumichrasti*: Rodentia, Muridae) in a tropical forest in northeastern, Oaxaca, México. 26, 3 (En prensa).
- Rainio, J. y Niemela, J. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12, 487-506.
- Reid, A. F. 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press. USA.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los Bosques Mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*, 35. 25-44.
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs y C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: *Conservation biology*, 5 (1): 18-32
- Sarukhán K., J. 1968. Los tipos de vegetación arbórea de la zona cálido-húmeda de México. In: Pennington, T. D. & J. Sarukhán. Manual para la identificación de los principales árboles tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y FAO. México, D. F. pp. 3-46.
- Schnell, G. D., M. L. Kennedy, C. Sánchez-Hernández, M. L. Romero-Almaraz, B. D. N. Estevez, J. A. Guerrero, T. L. Best, M. C. Wooten, y R. D. Owen. 2008. Habitat preference of the endemic tawny deer mouse (*Peromyscus perfulvus*), a species of conservation concern. *The Southwestern Naturalist* 53:9–20.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163 (4148): 668.
- 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.
- Spitzer, K., Jaron., J., Havelka, J. y Leps, J. 1997. Effect of small-scale disturbance on butterfly communities of an Indo-Chinese montane rainforest. *Biological Conservation*, 80, 9-15.
- StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Tews, J., U. Brose., V. Grimm., K. Tielborger., M. C. Wichmann., M. Schwager. y F. Jeltsch. 2004. Animal species diversity driven by hábitat heterogeneity / diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*. 31, 79-92.

Vaughan, T. A., Ryan, J. M. y N. J. Czaplewsky. 2000. Mammalogy. Fourth Edition. Brooks/Cole. Thompson learning. United States of America.

Wilcove, D. C. McLellan y A. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. Pp 237-256 En: Soule, M. E. (Ed.). Conservation Biology. The science of scarcity and diversity. Sinauer, Massachusetts.

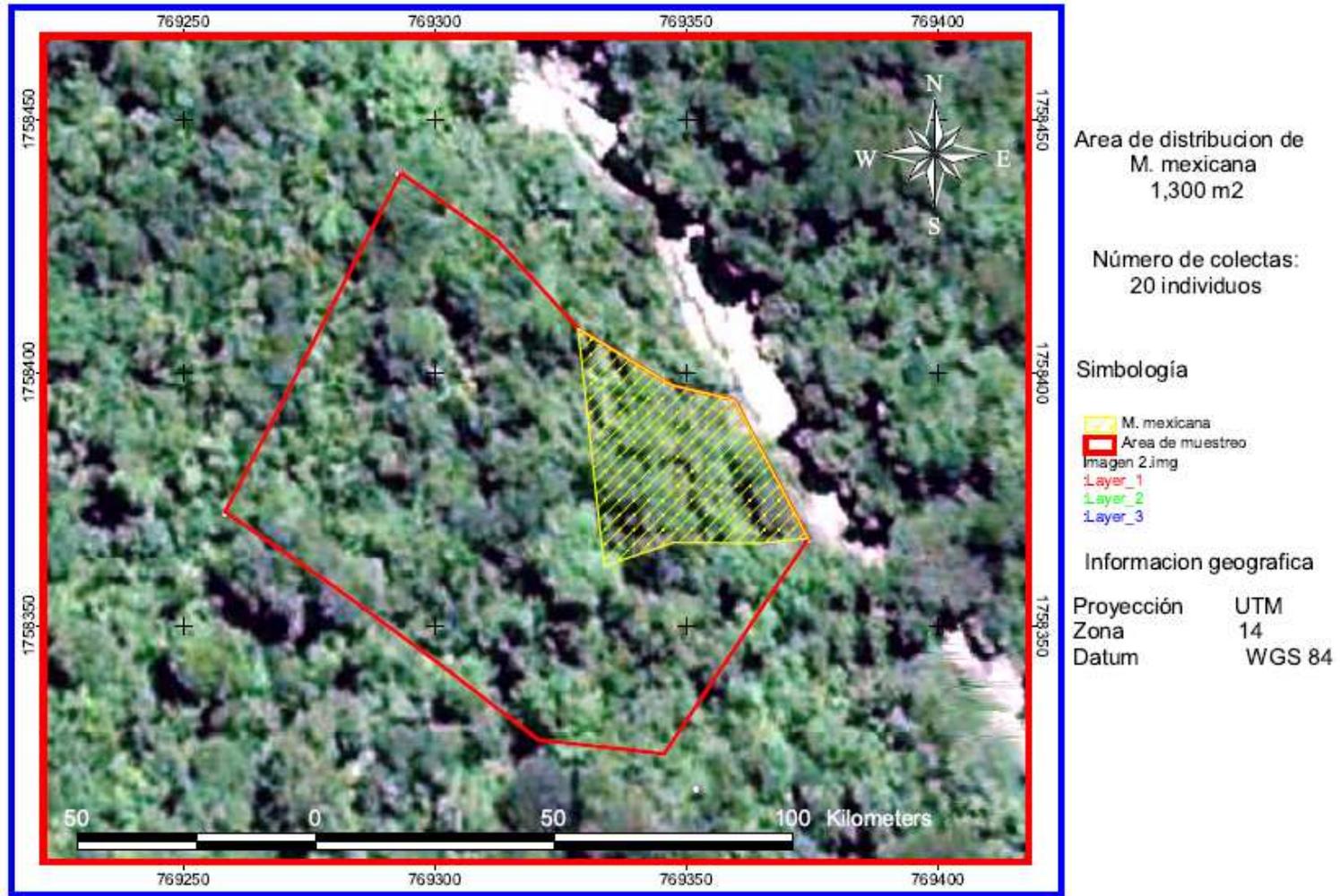
Wilson, D. E. y D. A. M. Reeder. 2005. Mammal species of the World. A taxonomic and geographic reference. 3ª edición. Vol. 2. The Johns Hopkins University Press. USA.

## ANEXOS

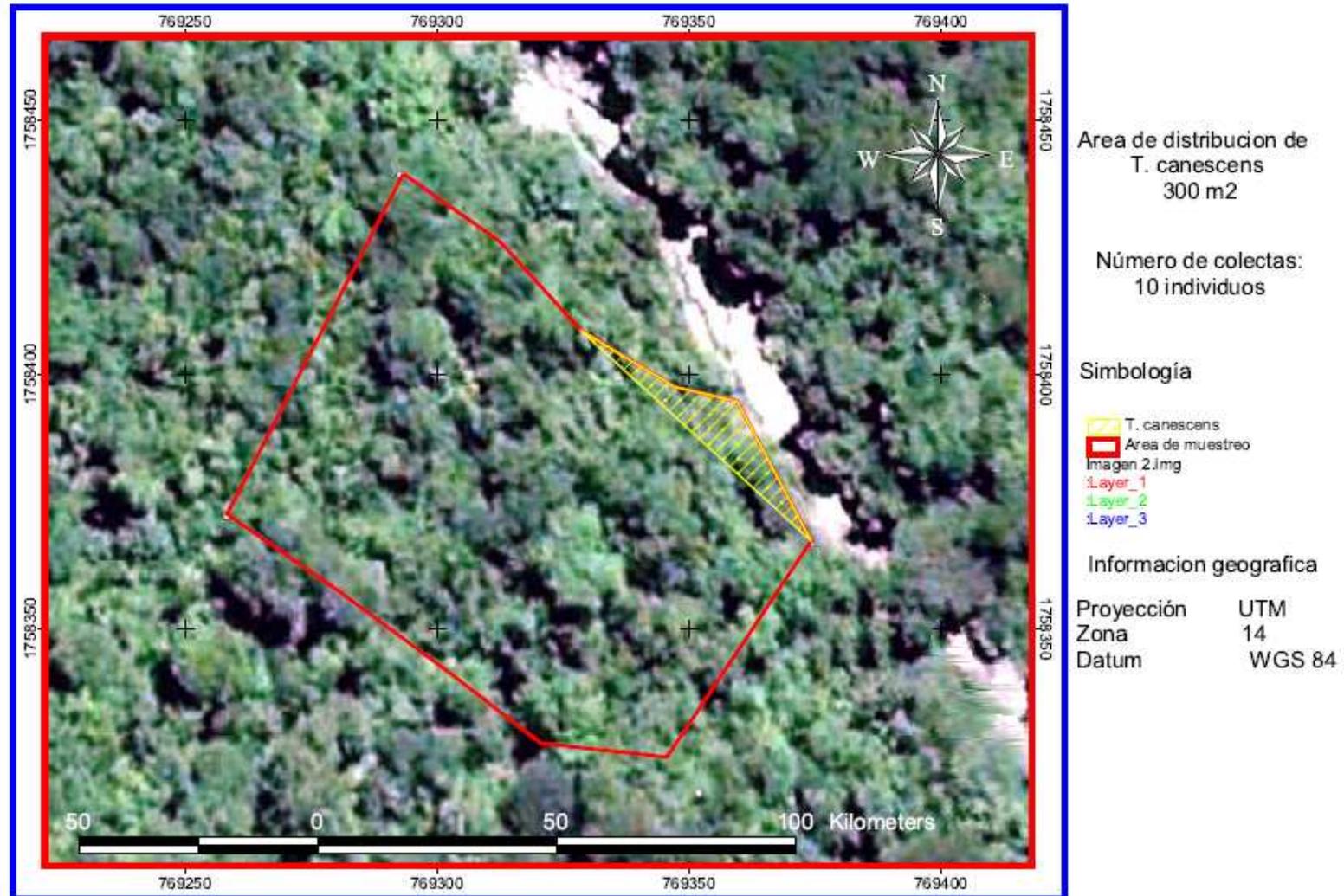
**Anexo 1.** Valores de las variables de microhábitat tomadas para cada estación de muestreo. DBH: Número de árboles con diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 2.5 cm; PC: Número de plantas de café; CV: Porcentaje de cobertura vegetal; AL: Número de árboles con lianas; CD: Porcentaje de cobertura del dosel; NC: Número de conexiones con árboles adyacentes; PG: Porcentaje de pedregosidad; PD: Porcentaje de pendiente; HU: Número de huecos en el suelo y base del tronco.

Variables	Estación														
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
<b>DBH</b>	4	4	4	7	9	22	6	9	6	11	20	8	34	10	38
<b>PC</b>	18	20	0	8	4	0	10	0	0	0	0	2	0	2	0
<b>CV</b>	70	20	40	60	50	60	20	60	20	45	70	20	20	20	30
<b>AL</b>	0	2	1	2	2	2	1	4	2	2	1	1	7	3	3
<b>CD</b>	62.5	70.8	62.5	37.5	45.8	62.5	75.0	79.2	58.3	75.0	75.0	79.2	83.4	83.4	91.7
<b>NC</b>	1	3	1	1	1	2	1	4	1	3	2	2	5	3	6
<b>PG</b>	5	2	4	20	15	35	2	10	15	2	2	2	20	75	85
<b>PD</b>	30.7	25	20	75	80	23.7	80.2	44.1	41.2	20.7	64.2	80	55.6	73.7	33.9
<b>HU</b>	3	2	2	4	3	4	4	6	5	6	5	16	6	7	15

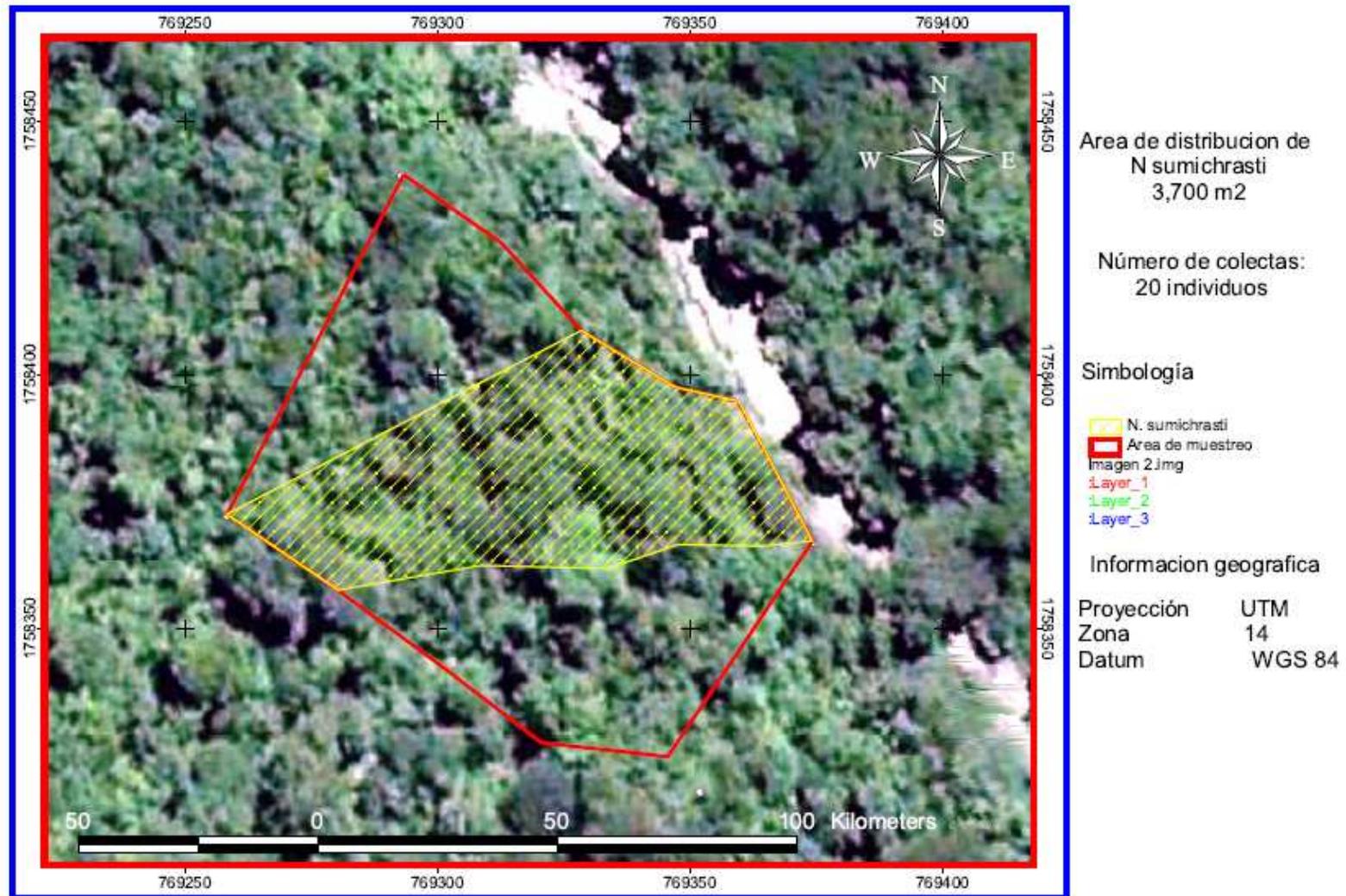
Anexo 2. Área de distribución de *Marmosa mexicana*.



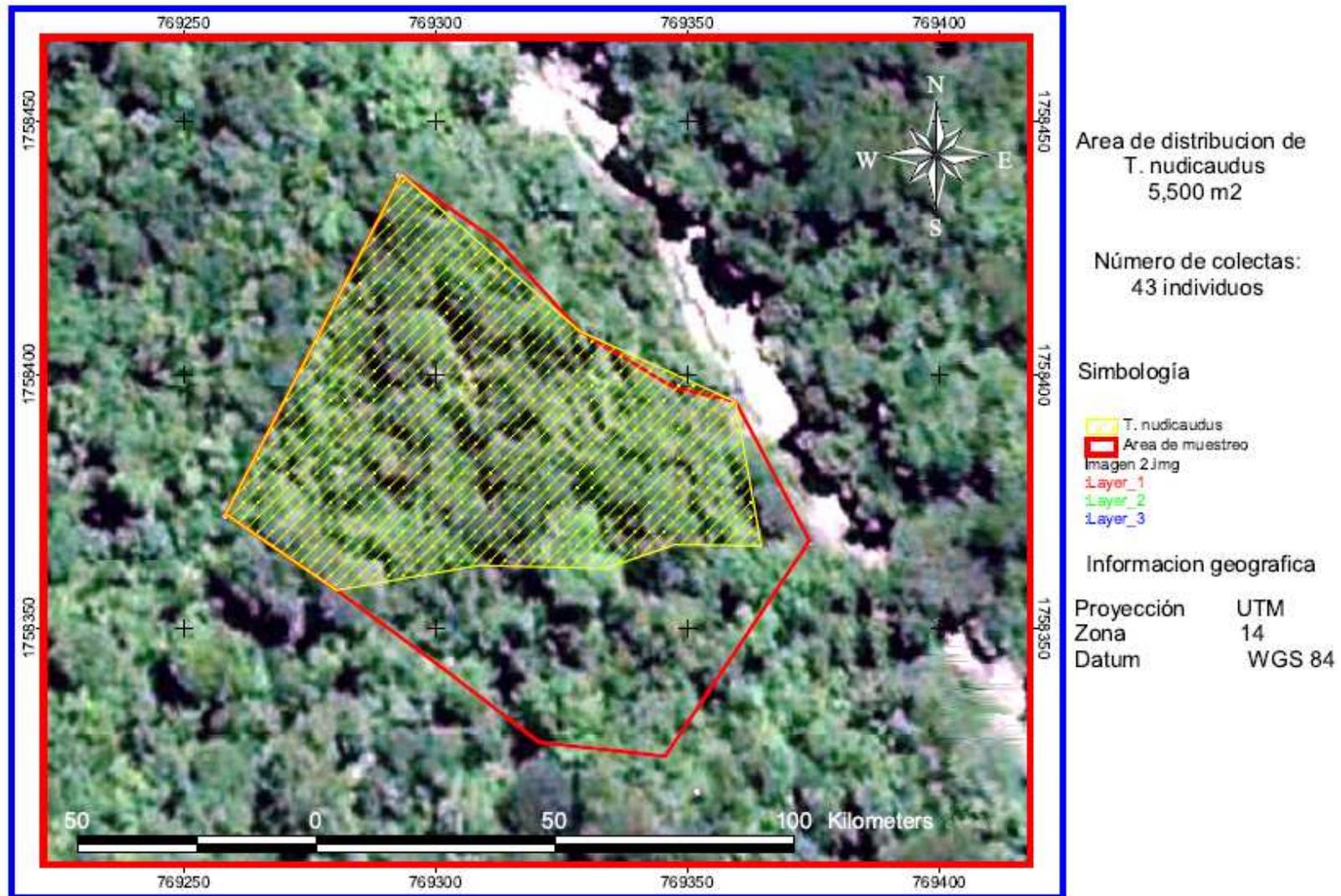
Anexo 3. Área de distribución de *Tlacuatzin canescens*.



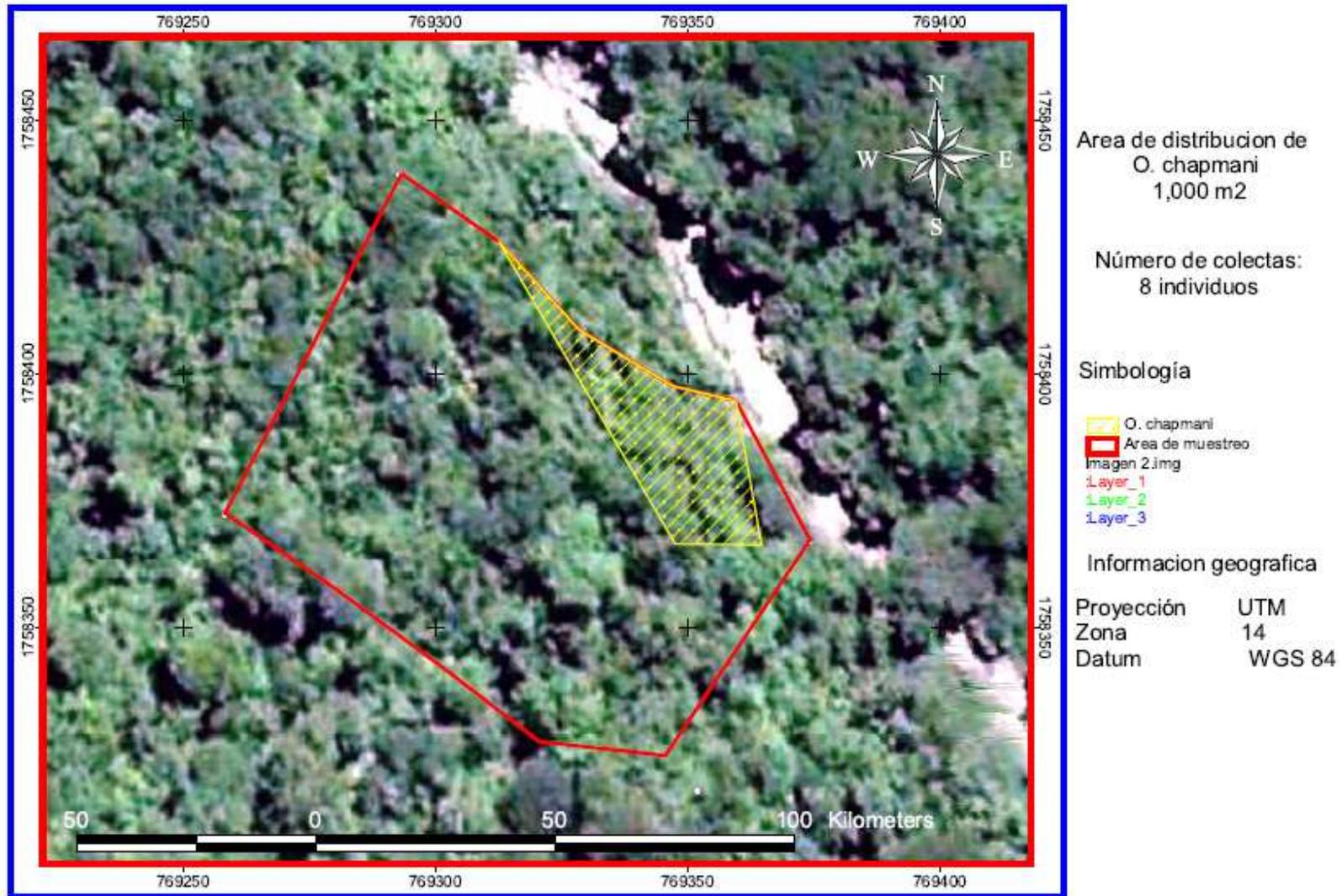
Anexo 4. Área de distribución de *Nyctomys sumichrasti*.



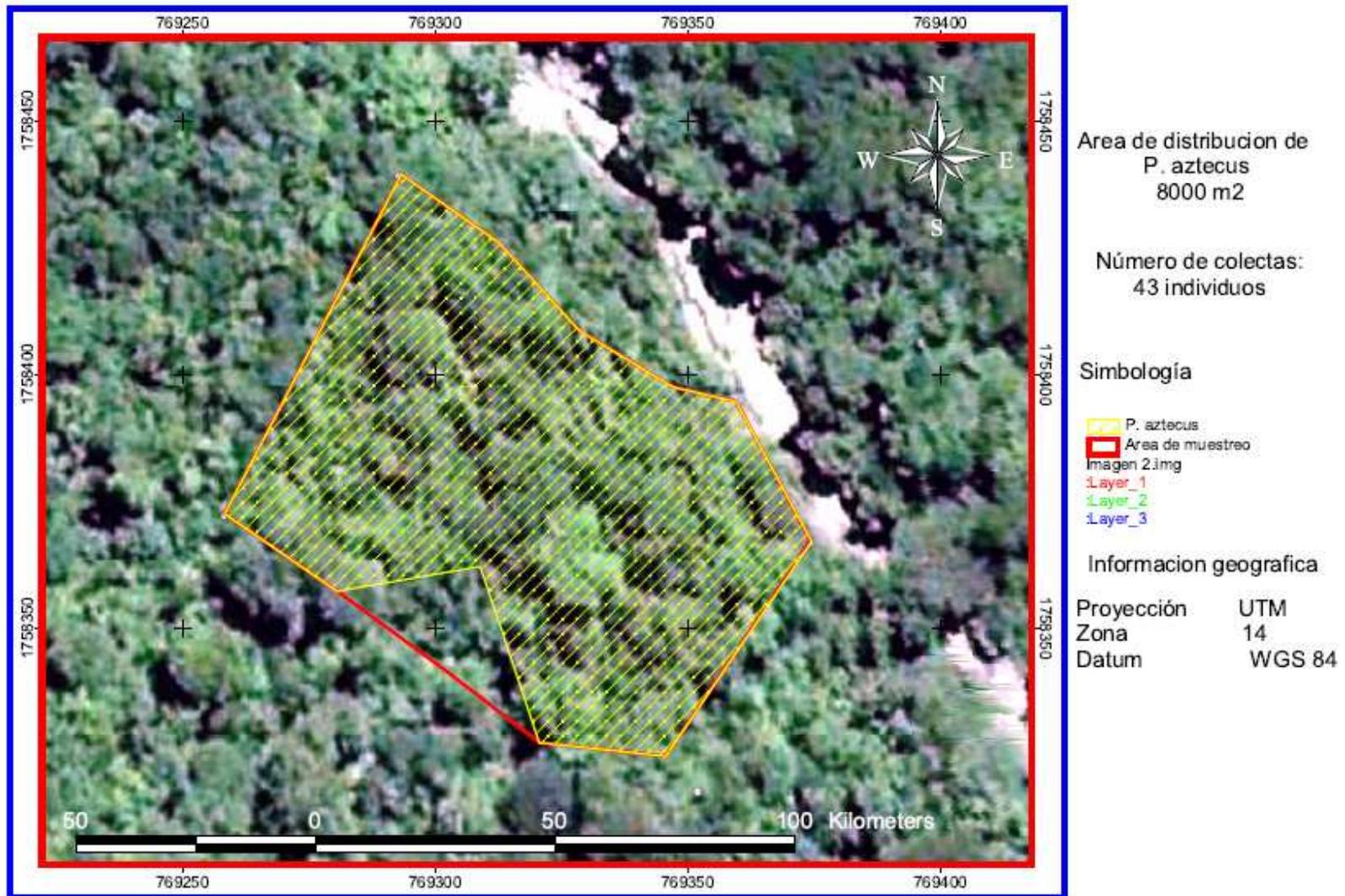
Anexo 5. Área de distribución de *Tilomys nudicaudus*.



Anexo 6. Área de distribución de *Oryzomys chapmani*.



Anexo 7. Área de distribución de *Peromyscus aztecus*.



Anexo 8. Área de distribución de *Liomys pictus*.

