



**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**

---

***Licenciatura en Biología***

***Centro de Investigaciones Biológicas***

**Comparación de algunos parámetros poblacionales de  
*Peromyscus maniculatus* en áreas con diferente tipo de  
manejo forestal, en el rancho Santa Elena, Huasca de  
Ocampo, Hidalgo, México**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO**

**DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**P R E S E N T A :**

**MARIANO BECERRIL TESILLO**

**Director de Tesis:**

**Dr. Gerardo Sánchez Rojas**

***Hidalgo, México***

***Junio 2006***

## **DEDICATORIA**

A mis padres Mariano y Maria que con su amor, cariño y confianza me han ayudado a salir adelante. Con su ejemplo de trabajo me han motivado a ser alguien en la vida, a terminar esta carrera y a ser fuerte en todo momento.

A mis hermanos Arturo y Salvador; y hermanas Martha, Andrea y Blanca, por el cariño, apoyo y comprensión brindado en todo momento.

A aquella persona tan especial en mi vida.

---

## **APOYO FINANCIERO**

Este trabajo fue financiado por el proyecto "Influencia de las prácticas de manejo en la conservación de la diversidad de bosques templados del Estado de Hidalgo" con clave **UAEH-DIP-ICBI-AAB-014** y al proyecto "Patrones de Diversidad Alfa y Beta de la Fauna de Hojarasca" **SEP-CONACYT 2003-C02-44312.**

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Gerardo Sánchez por el apoyo, tiempo y confianza brindado durante la elaboración de esta tesis, por sus enseñanzas y sus consejos en campo que contribuyen a mi formación como profesionista y como persona.

A los revisores, M. En C. Jesús Castillo, Dra. Claudia E. Moreno, Dr. Víctor M. Bravo, Dr. Alberto E. Rojas, Dr. Gerardo Sánchez, Dr. Aurelio Ramírez y Dr. Ignacio E. Castellanos; por las revisiones y comentarios que ayudaron a mejorar este trabajo.

A Cecilia Chávez y Roberto Campuzano quienes amablemente y con confianza me permitieron desarrollar el trabajo de campo dentro de su predio.

Al Dr. Ignacio (Nacho) por su ayuda motivacional, por el préstamo de equipo para obtención de datos climáticos, por su amistad y confianza.

A la Dr. Iriana Zuria por el apoyo económico durante algunas salidas a campo y por su ayuda en la elaboración de mapas.

A los compañeros del Laboratorio de Conservación Biológica, Alfredo, Job, Helí, Aline, Paola, Amelia y Cecilia que hicieron agradable mi estancia dentro del laboratorio.

A todos aquellos que desinteresadamente en alguna ocasión me acompañaron en las salidas a campo.

Finalmente a mis compañeros y amigos de generación con los que compartí grandes, inolvidables y gratos momentos, Alfredo, Carlitos, Cristian, Denisse, Doroteo, Edith, Emilio, Esmeralda, Gabriel, Gilberto, Héctor, Irving, Job, Jessica, Jorgito, Marisol, Najera, Pilar, Sofía.

---

## CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	5
HIPÓTESIS.....	6
DIAGNOSIS DE LA ESPECIE <i>Peromyscus maniculatus</i> .....	7
MATERIAL Y METODOS.....	8
Área de estudio.....	8
Muestreo.....	14
Estimación de la densidad poblacional.....	16
Proporción de edades.....	20
Estado reproductivo.....	20
Biomasa.....	20
Variables climáticas.....	21
Análisis estadísticos.....	21
RESULTADOS.....	23
Descripción de la población de <i>P. maniculatus</i> en el área de semilleros.....	23
Densidad poblacional.....	23
Proporción de sexos y edades.....	24
Biomasa.....	24
Datos de las variables climáticas.....	24
Descripción de la población de <i>P. maniculatus</i> en el área de corta selectiva.....	25
Densidad poblacional.....	25
Proporción de sexos y edades.....	25
Biomasa.....	25
Datos de las variables climáticas.....	26

---

<b>Descripción de la población de <i>P. maniculatus</i> en el área no manejada.....</b>	<b>26</b>
<b>Densidad poblacional.....</b>	<b>26</b>
<b>Proporción de sexos y edades.....</b>	<b>27</b>
<b>Biomasa.....</b>	<b>27</b>
<b>Datos de las variables climáticas.....</b>	<b>27</b>
<b>Comparación entre las tres áreas.....</b>	<b>31</b>
<b>Densidad poblacional.....</b>	<b>31</b>
<b>Proporción de sexos.....</b>	<b>32</b>
<b>Patrón reproductivo.....</b>	<b>33</b>
<b>Proporción de edades.....</b>	<b>35</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>36</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>44</b>

---

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	En la zona sombreada se aprecia la distribución de <i>Peromyscus maniculatus</i> .	4
Figura 2.	<i>Peromyscus maniculatus</i> colectado en el área no manejada del rancho Santa Elena.	7
Figura 3.	Ortofoto digital donde se describe la ubicación de las áreas de muestreo, además se muestra la ubicación geográfica del Rancho Santa Elena en el Estado de Hidalgo, México.	9
Figura 4.	Vista comparativa de la vegetación en: A) Área de semilleros. B) Área de corta Selectiva. C) Área no manejada, en el rancho Santa Elena.	12
Figura 5.	Esquema de la disposición de las trampas Sherman en cada área de muestreo (red de muestreo con 5 trémpas en cada línea para un total de 25 trémpas.)	14
Figura 6.	Cambios en la densidad poblacional de <i>Peromyscus maniculatus</i> en las tres áreas A) semilleros, B) corta selectiva y C) no manejada.	28
Figura 7.	Porcentajes relativos de juveniles y adultos, en relación a su sexo A) semilleros, B) corta selectiva y C) no manejada.	29
Figura 8.	Cambios mensuales en la biomasa de <i>Peromyscus maniculatus</i> A) semilleros, B) corta selectiva y C) no manejada.	30
Figura 9.	Se muestran los promedios y el error estándar asociado a la densidad poblacional de <i>P. maniculatus</i> en un bosque templado en el rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo.	32
Figura 10.	Estados reproductivos de las hembras de <i>Peromyscus maniculatus</i> utilizando la información de las tres áreas, semillero, corta selectiva y no manejada.	34

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b>	<b>Resumen de datos de junio de una red del área de semilleros.</b>	<b>18</b>
<b>Cuadro 2.</b>	<b>Valores de la correlación entre las variables climáticas y la densidad poblacional de <i>P. maniculatus</i> en el área de semilleros a lo largo de agosto del 2004 a julio del 2005.</b>	<b>25</b>
<b>Cuadro 3.</b>	<b>Valores de la correlación entre las variables climáticas y la densidad poblacional de <i>P. maniculatus</i> en el área de corta selectiva a lo largo de agosto del 2004 a julio del 2005.</b>	<b>26</b>
<b>Cuadro 4.</b>	<b>Valores de correlación entre las variables climáticas y la densidad poblacional de <i>P. maniculatus</i> en el área no manejada a lo largo de agosto del 2004 a julio del 2005.</b>	<b>27</b>
<b>Cuadro 5.</b>	<b>Valores observados y valores esperados de los sexos en las áreas bajo manejo forestal y no manejada.</b>	<b>33</b>
<b>Cuadro 6.</b>	<b>Valores observados y valores esperados de las clases de edades en las áreas bajo manejo forestal y no manejada.</b>	<b>35</b>

---



## RESUMEN

Se estimó la densidad poblacional del roedor *Peromyscus maniculatus* en dos áreas con diferente tipo de manejo forestal (manejo de semilleros y manejo de corta selectiva) y un área no manejada en el bosque templado del rancho Santa Elena, Municipio de Huasca, Estado de Hidalgo. El estudio se realizó mensualmente de agosto 2004 a julio 2005 utilizando trampas Sherman. Se registraron los valores de microclima (temperatura, humedad) con la ayuda de sensores automatizados, con estos datos y con los valores de precipitación mensual, se realizó una matriz de correlación con la densidad poblacional. Se encontró que la densidad poblacional del roedor en las áreas oscila entre 0 y 23.81 individuos/hectárea. Se encontró que existen diferencias significativas tanto por el tipo de manejo, como entre los muestreos. El área de semilleros en promedio presentó una mayor densidad poblacional a lo largo del año (9.82 individuos/hectárea), seguida de la no manejada (6.48 individuos/hectárea) y por último la de corta selectiva (3.84 individuos/hectárea), sin embargo, no se registraron roedores durante el periodo de agosto a enero en el área no manejada y en el área de corta selectiva durante tres meses no se registraron roedores. Las correlaciones entre densidad y las variables microclimáticas no fueron significativas. La frecuencia en la proporción de sexos no fue significativa, mientras que la frecuencia en la proporción de edades si fue significativamente diferente. Los resultados de este trabajo muestran que el desarrollo de las actividades humanas dentro de los ecosistemas naturales perturban y modifican algunos parámetros poblacionales de las especies de micromamíferos que habitan en el bosque templado.

## INTRODUCCIÓN

Diversas prácticas de manejo forestal realizadas por el hombre tienen impactos positivos y negativos, directos e indirectos sobre la diversidad biológica de los ecosistemas. Se ha documentado que los cambios inducidos por el hombre por actividades como la extracción de madera o el cambio a tierras de cultivo, tienen implicaciones directas en las poblaciones de animales (Schmid-Holmes y Drickamer, 2001). La perturbación de los bosques trae consigo cambios en la vegetación, provocando alteraciones en las condiciones microclimáticas y modificando la disponibilidad de recursos como el alimento y los refugios, así como, los parámetros de natalidad y mortalidad de las diferentes especies de animales (Sánchez-Hernandez *et al.*, 2001; Torre, 2004).

Las poblaciones de mamíferos son afectadas por los cambios locales en la frecuencia y distribución espacial de los recursos en los ecosistemas de bosque (Dale *et al.*, 1994). En estos ecosistemas los pequeños mamíferos tienen un papel importante en las cadenas tróficas como presas, depredadores (Martell, 1983; Carey y Johnson, 1995; Bayne *et al.*, 1997, Sullivan *et al.*, 1999) y como dispersores de semillas (Martell, 1983; Bayne *et al.*, 1997). Las especies de mamíferos pequeños presentan una tasa metabólica más elevada y una vida más corta que las especies grandes. Su rápido metabolismo y la vida media corta usualmente se relacionan con altas tasas reproductoras, siguiendo la estrategia de “r” tan comúnmente encontrada en las especies de micromamíferos. Estas especies producen una

gran cantidad de descendientes en breves períodos de tiempo, para responder a cambios ambientales (Torre, 2004).

Por su plasticidad demográfica, su rápida capacidad de adaptación y la vida media corta (Promislow y Harvey, 1990), los roedores constituyen un excelente grupo para estudiar las historias de vida debido a la facilidad para obtener información poblacional (numérica y demográfica) precisa y detallada (Sánchez-Cordero y Canela-Rojo, 1991), útil para tratar temas relacionados a los efectos del manejo forestal sobre los pequeños mamíferos.

La especie *Peromyscus maniculatus* se ha estudiado en diferentes aspectos tales como su dinámica poblacional, densidad, reproducción, alimentación e historia natural (Jameson, 1953; Petticrew y Sadleir, 1974; Sadleir, 1974; Drost y Fellers, 1991; Matamoros-Trejo y Cervantes, 1992). Esta especie está ampliamente distribuida en nuestro país, ocupa la altiplanicie Mexicana, la meseta central, y el eje Volcánico Transverso, hasta la porción central de Oaxaca (Figura 1); habita diferentes tipos de vegetación desde pastizales hasta bosques densos y desde desiertos arbustivos hasta áreas montañosas (Drost y Fellers, 1991).



Figura 1: En la zona sombreada se aprecia la distribución de *Peromyscus maniculatus*.

Sin embargo, en México no se ha estudiado el efecto que tiene el manejo forestal sobre los parámetros poblacionales de esta especie en ecosistemas de bosque templado. Diferentes trabajos nos dan una perspectiva de lo que pudiera ocurrir en un escenario de manejo forestal, estos trabajos aunque en diferentes tipos de ecosistemas comparan o estudian las poblaciones o comunidades de roedores en sitios con diferente grado de perturbación o mayormente conservados.

Diversos autores coinciden en que la apertura del bosque causada naturalmente o por actividades humanas, generalmente produce diferentes efectos en la densidad de pequeños mamíferos (Gashwiler, 1970; Kirkland, 1977; Ramírez y Hornocker, 1981; Verme y Ozoga, 1981; Buckner y Shure,

1985; Fa *et al.*, 1990; Kirkland, 1990; Fa y Sánchez-Cordero, 1993; García-Estrada, 1999; Vázquez *et al.*, 2000; Tallmon *et al.*, 2003), en este sentido las especies del género *Peromyscus* las involucradas en estos cambios de la población (Kirkland, 1977; Ramírez y Hornocker, 1981; Verme y Ozoga, 1981; Buckner y Shure, 1985; Kirkland, 1990; Tallmon *et al.*, 2003).

El conocimiento de cómo reaccionan las poblaciones y los organismos en las zonas modificadas por las actividades humanas, tales como el manejo forestal, resulta imprescindible para poder establecer estrategias de manejo que mantengan la biodiversidad, por lo que en este trabajo se postulan los siguientes objetivos:

## OBJETIVOS

### General

Describir y comparar los parámetros poblacionales del roedor *Peromyscus maniculatus* en dos áreas bajo manejo forestal y un área no manejada del rancho Santa Elena, Municipio de Huasca, Hidalgo, para determinar si el desarrollo de las actividades silviculturales tiene un efecto sobre su población.

### Específicos

- Determinar si la densidad de *Peromyscus maniculatus* cambia entre dos áreas bajo manejo forestal y una no manejada en el rancho Santa Elena, del Municipio de Huasca, Hidalgo.

- Determinar si la proporción de sexos y la proporción de edades de *Peromyscus maniculatus*, cambian entre dos áreas bajo manejo forestal y una no manejada en el rancho Santa Elena, del Municipio de Huasca, Hidalgo.
- Determinar si las variaciones mensuales de la densidad poblacional están relacionadas con las variaciones mensuales de temperatura, humedad y precipitación pluvial.

### **HIPÓTESIS**

Con base en la capacidad de adaptación que presenta esta especie, al grado de modificación del hábitat y por consiguiente, a la diferencia en la cantidad de recursos disponibles, se espera que aspectos como la densidad, la proporción de sexos y la proporción de edades difieran en cada una de las áreas, siendo el área no manejada, donde la población muestre las mejores condiciones poblacionales. Asimismo, que alguno de los parámetros ambientales este correlacionado con la densidad poblacional.

### **Diagnosis de la especie *Peromyscus maniculatus***

Este ratón posee una coloración dorsal que va de grisáceo al pardo rojizo, el vientre y las extremidades son de color blanco, tiene una cola bicolor que es menor que la longitud de la cabeza y el cuerpo. Las medidas externas de la especie son las siguientes: longitud total: 121-182 mm, la cola: 46-123 mm, pata: 17-25 mm, oreja: 12-20 mm y un peso de 18-35 g. Habita en bosques mixtos, bosques de pino, pastizales, matorrales xerófitos y cercanías de cultivos. En las zonas áridas su distribución ocurre en manchones, son animales de hábitos nocturnos, activos poco después del atardecer y abundantes después de que ha oscurecido (Wilson y Ruff, 1999) (Figura 2).



Figura 2: *Peromyscus maniculatus* colectado en el área no manejada del rancho Santa Elena.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Área de estudio

El rancho Santa Elena tiene una superficie de aproximadamente 1000 hectáreas, se localiza en una región montañosa en el Municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México (Figura 3), entre las coordenadas 20°07'06" de latitud y 98°31'58" de longitud, la precipitación media anual varía de 1000 y 2000 mm, presenta una altitud que va de 2300 hasta 2700 msnm. (INEGI, 1992).

El clima de acuerdo con García (1981) es del tipo C (w<sub>1</sub>) b (i') g w'', que corresponde a un templado subhúmedo, intermedio en cuanto a humedad, con lluvias de verano, tiene un porcentaje de lluvia invernal de 5.75% con respecto a la precipitación total anual. La precipitación máxima se presenta en septiembre (148.3 mm) y la mínima en diciembre (11.2 mm). La temperatura más alta se registra en mayo (18.0°C) y la más baja en enero (12.1°C). La marcha anual de la temperatura es de tipo Ganges.



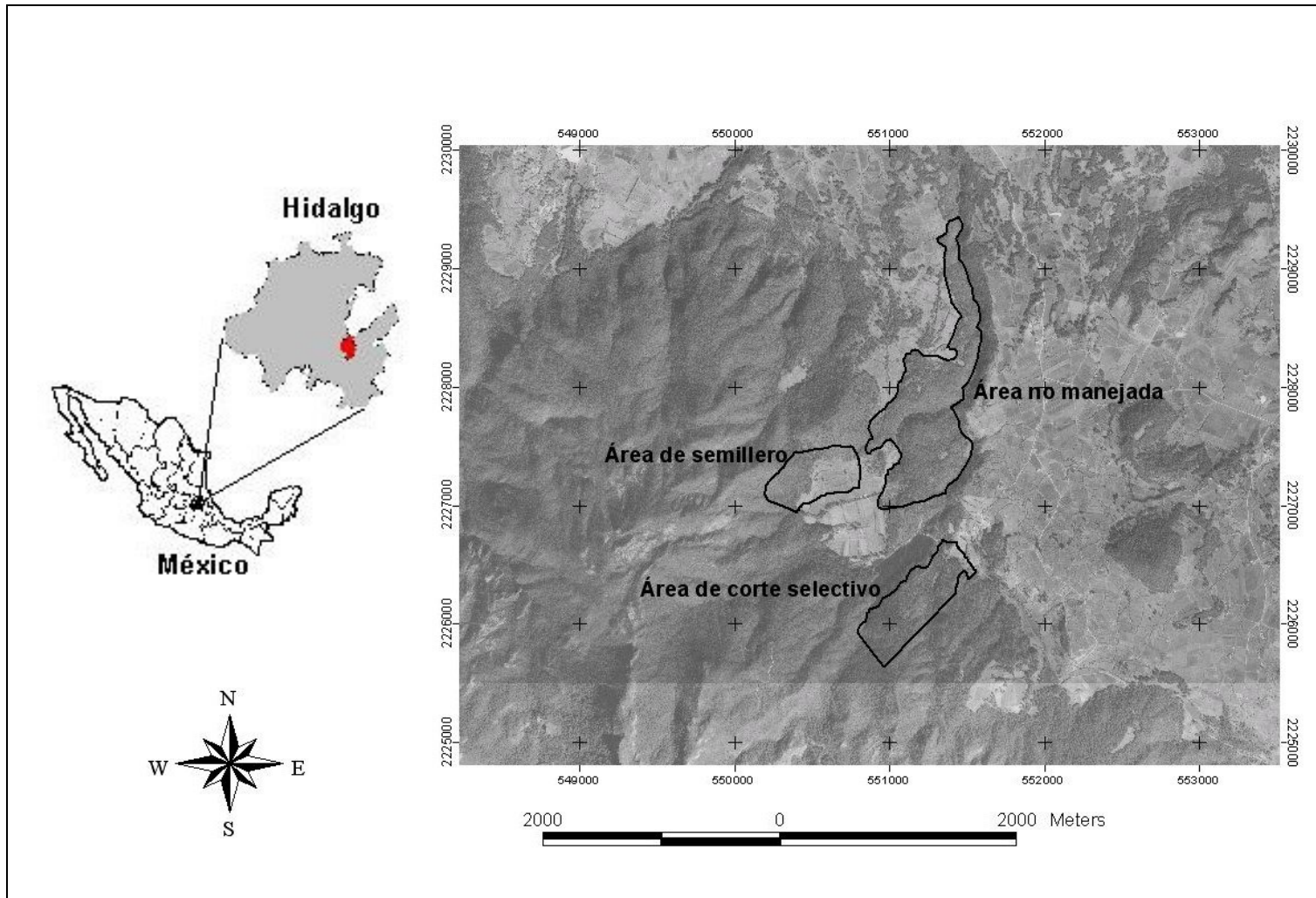


Figura 3: Ortofoto digital donde se describe la ubicación de las áreas de muestreo, además se muestra la ubicación geográfica del Rancho Santa Elena en el Estado de Hidalgo, México.

Para este trabajo se identificaron dos áreas dentro del rancho Santa Elena en las que se ha llevado a cabo un manejo forestal diferente (área de semilleros y área de corta selectiva) y un área no manejada (Figura 3), las cuales se describen a continuación:

a) Área de semilleros (Figura 4A). En este tipo de manejo forestal se aprovecha al máximo la producción maderable del bosque de acuerdo con las necesidades ecológicas y socioeconómicas (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1991). Consiste en la tala selectiva de árboles, dejando en pie una cantidad suficiente de árboles productores de semilla, seleccionados tanto por su morfología como por su fenología, distribuidos en toda el área garantizando la dispersión uniforme de semillas para lograr la regeneración del bosque en forma natural (Daniel *et al.*, 1983; SEMARNAP, 1998). Esta área se encuentra en una parte alta del rancho Santa Elena, y durante la realización del presente estudio presentó un promedio de 41.33 árboles por cada 100 m<sup>2</sup> con una altura que varía de un m a 24 m. Los árboles que en este lugar fueron registrados pertenecen a las familias Fagaceae, Pinaceae y Cupressaceae. Por cada 100 m<sup>2</sup> se encontraron en promedio 460 arbustos, de las familias Compositae, Rosaceae, Ericaceae y Loganiaceae. El porcentaje de cobertura arbórea fue de 87%, las hierbas cubrían el 27.67% del total del suelo. La distancia del área de semilleros hasta el área de corta selectiva fue de 11,627.69 m aproximadamente y del área de semilleros al área no manejada fue de 765.07 m aproximadamente.

- b) Área de corta selectiva o de aclareo (Figura 4B). Para este tipo de manejo forestal se realizan cortas periódicas para eliminar el arbolado mal conformado, enfermo, dañado o de especies poco deseables. Los árboles que quedan en pie se benefician de manera inmediata o futura, debido a que cuentan con las mejores condiciones de crecimiento y sanidad para el arbolado con las mejores características para su explotación comercial (Daniel *et al.*, 1983; SEMARNAP, 1998). Durante la realización del presente estudio fueron registrados en promedio 23.67 árboles por cada 100 m<sup>2</sup>, árboles con una altura de 1.15 m a 24 m, de las familias Fagaceae, Pinaceae y Cupressaceae. Por cada 100 m<sup>2</sup> se encontraron en promedio 26 arbustos, de las familias Compositae, Rosaceae, Ericaceae y Loganiaceae. El porcentaje de cobertura arbórea fue de 82%, las hierbas cubrían el 47.33% del total del suelo. La distancia del área de corta selectiva a la de semilleros fue de 11627.69 m aproximadamente y del área de corta selectiva a la no manejada fue de 1013.31 m aproximadamente.
- c) Área no manejada (Figura 4C). Esta área se ha preservado como una medida para proteger la flora y fauna que habitan en la región. Consiste en mantener intactas o con la intervención silvícola mínima necesaria, algunas partes de bosque natural que colindan con las áreas manejadas, o se introducen en ellas (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1997). Durante la realización del presente estudio fueron registrados en promedio 18.33 árboles por cada 100 m<sup>2</sup>, presentando una altura de 1.2 m a 28 m, los árboles que en este lugar fueron encontrados pertenecen a las

familias Fagaceae, Pinaceae y Cupressaceae. Por cada 100 m<sup>2</sup> se encontraron en promedio 169 arbustos, de las familias Compositae, Rosaceae, Ericaceae y Loganiaceae. El porcentaje de cobertura arbórea fue de 88%, las hierbas cubrían el 9.33% del total del suelo. La distancia del área no manejada hasta la de semilleros fue de 765.07 m aproximadamente y de la no manejada hasta la de corta selectiva fue de 1013.31 m aproximadamente.

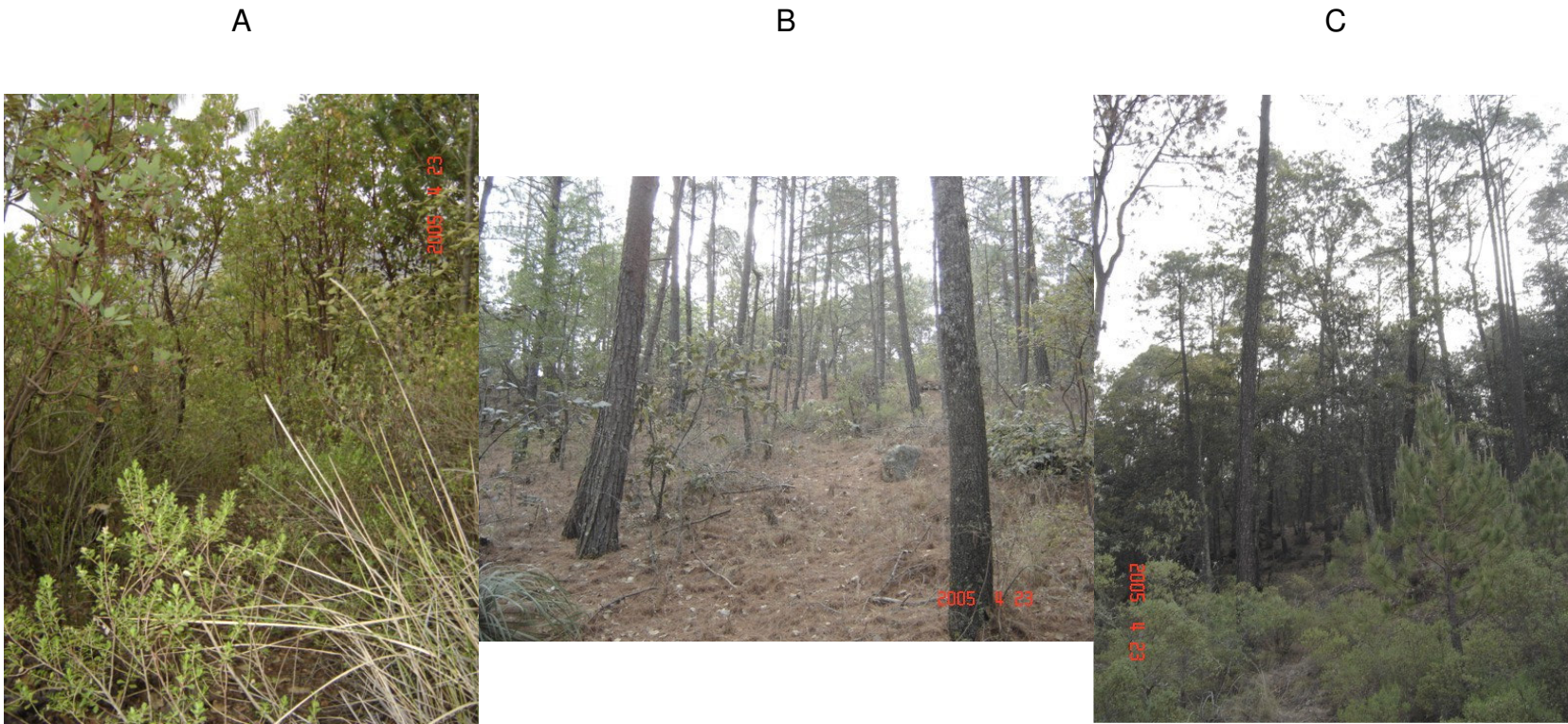


Figura 4. Vista comparativa de la vegetación en: A) Área de semilleros. B) Área de corta Selectiva. C) Área no manejada, en el rancho Santa Elena.

## **Muestreo**

El trabajo de campo se llevó a cabo de agosto de 2004 a julio de 2005, con tres noches de trampeo durante cada mes, con un total de 2,950 noches trampa. En cada área (semilleros, corta selectiva y no manejada) se colocaron dos redes de muestreo para la captura de roedores; una red de muestreo se consideró como un conjunto de trámpas colocadas en círculos concéntricos, formados por el mismo número de trámpas. El círculo interior tuvo un radio de 10 m, el sucesivo tuvo un radio de 20 m, 30 m, etc. (Sutherland, 1996). A las trampas se les asignó un número del uno a cinco para la posterior estimación de la densidad poblacional, el número uno correspondió a aquellas situadas en el círculo de 10 m de radio, el dos a las del círculo sucesivo y así hasta el círculo de 50 m de radio (Figura 5).

Las redes se formaron trazando una línea de 50 m en la dirección cero (Norte) y dividiéndola cada 10 m para colocar las trámpas, lo mismo se hizo para la dirección 72°, 144°, 216°, 288°, completando un total de 25 trámpas por red y abarcando un área total de 7,854 m<sup>2</sup>, todas las direcciones se determinaron utilizando un compás Suunto. El muestreo en red comparado con un muestreo en rejilla o cuadrantes tiene la ventaja de abarcar un área mayor usando el mismo número de trámpas, minimizando costos y tiempo en la colocación (Sutherland, 1996).

El muestreo se realizó con trámpas Sherman plegadizas de 7.5 x 9.0 x 30.0 cm que permiten capturar a los ratones vivos; utilizando como cebo una mezcla de avena y vainilla. La colocación de las trámpas se realizó a las 17:00

h y se revisaron a partir de las 7:00 h del día siguiente, recibándolas para su revisión al día siguiente.

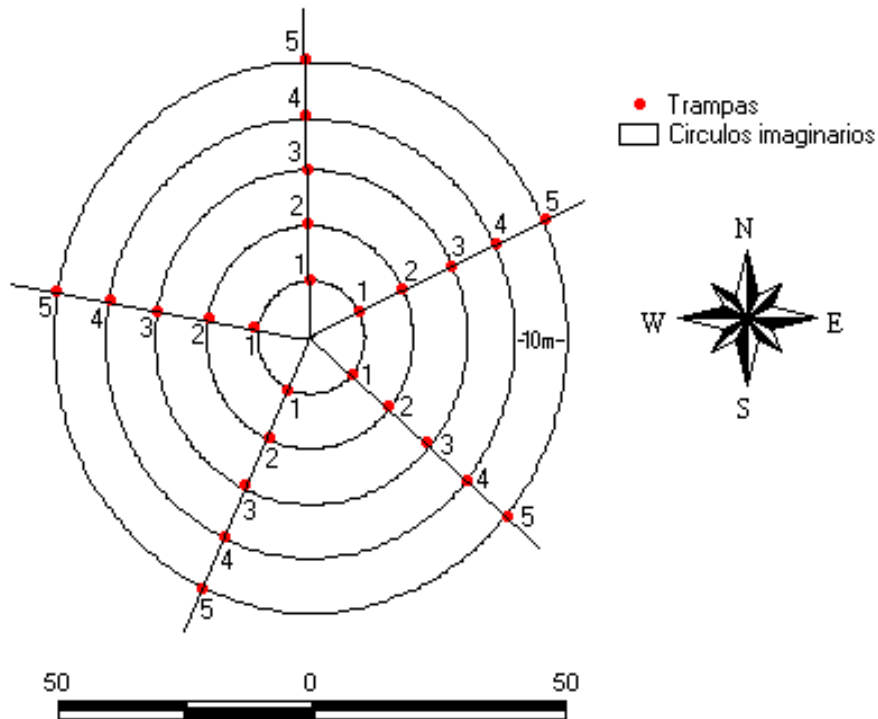


Figura 5. Esquema de la disposición de las trampas Sherman en cada área de muestreo (red de muestreo con 5 trémpas en cada línea para un total de 25 trémpas.)

Los individuos capturados de la especie *P. maniculatus* se marcaron con etiquetas metálicas numeradas que se colocaron en las orejas, con esta marcación se evitó que los organismos fueran contabilizados más de una vez al estimar la densidad poblacional. Además les fueron tomados los siguientes

datos: número de trampa en que fueron capturados, área de muestreo, número de la red, número de arete, sexo, peso (g) y condición reproductiva; posteriormente fueron liberados en el mismo sitio de captura. Los individuos de otras especies igualmente fueron marcados pero no se ocuparon los datos para este trabajo.

### **Estimación de la densidad poblacional**

Para determinar la densidad poblacional primeramente se ordenó y contabilizó a los roedores por el número de trampa en la que habían sido capturados (sin recapturas), posteriormente se utilizaron las siguientes fórmulas designadas exclusivamente para el muestreo en red (Sutherland, 1996).

$$d_i = r_i + \left( \frac{r_{i+1} - r_i}{2} \right)$$

$$c_i = \pi d_i^2$$

$$g_i = \frac{\pi n_i c_i}{C_T}$$

$$a_1 = 2 \left( \frac{\sum \cos g_i}{C_T \sum n_i} \right)$$

\*Los cosenos se trabajaron en radianes.

$$V = \frac{1}{C_T} \sqrt{2(1 + \sum n_i)}$$

Si el valor absoluto de  $a_1$  fue menor que el valor crítico de  $V$  entonces:

$$f = a_1 + \frac{1}{C_T}$$



Si el valor absoluto de  $a_1$  fue mayor que el valor crítico de  $V$  entonces se calculó el valor de  $\cos 2g$ , como sigue:

$$a_2 = 2(\sum \cos 2g / C_T \sum n_i)$$

Si el valor absoluto de  $a_2$  fue menor que el valor crítico de  $V$  se calculó:

$$f = a_1 + a_2 + \frac{1}{C_T}$$

Si  $a_2$  fue mayor que  $V$ , se calculó el valor de  $\cos 3g$ , para obtener  $a_3$ , del mismo modo como fueron obtenidos  $a_1$  y  $a_2$ .

Si  $a_3$  fue mayor que  $V$ , se calculó  $a_4$ ,  $a_5$  ó  $a_6$  según el turno, parando cuando se obtuvo un valor menor que  $V$ . La suma de todos los valores excepto el último y adicionando  $1/C_T$ , fue tomado como  $f$ .

Si el valor de  $a_6$  no fue menor que  $V$ , se detuvieron los cálculos hasta este punto y se utilizó:

$$f = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 - \frac{1}{C_T}$$

Para obtener:

$$D = f \sum n_j$$

**donde:**

$d_j$  = radio del círculo + la mitad de la distancia al círculo próximo

$c_j$  = área que cubre ( $d_j$ )

$C_T$  = área cubierta por el círculo hasta el cual se utilizaron los datos, en el

caso fue en el círculo cuatro, con el fin de no sobreestimar la densidad

$n_i$  = número total de animales capturados por trámpas en el círculo  $i$

$a$  = valor absoluto

$V$  = valor crítico

$D$  = densidad poblacional (individuos/m<sup>2</sup>), posteriormente se realizó la conversión para reportar en número de individuos por hectárea.

Los valores de densidad poblacional obtenidos de las dos redes colocadas en cada área de muestreo (semilleros, corta selectiva y no manejada) se promediaron con el fin de estandarizar los datos.

### Ejemplo

Se obtuvo la densidad poblacional usando los datos del área de semilleros en el mes de junio, el primer paso fue resumir los datos de los roedores capturados en las tres noches (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Resumen de datos de junio de una red del área de semilleros, sirva de referencia para el uso de formulas para obtener la densidad poblacional.**

circulo ( $i$ )	distancia metros ( $r_i$ )	No. de roedores capturados por noche			total ( $n_i$ )
		noche 1	noche 2	noche 3	
1	10	1	4	1	6
2	20	1	2	0	3
3	30	0	0	0	0
4	40	1	0	1	2
5	50	0	1	0	1

Posteriormente se desarrollaron las formulas siguientes, para los cuatro primeros círculos, con ayuda de los valores proporcionados en el cuadro 1.

$$d_i = r_i + \left( \frac{r_{i+1} - r_i}{2} \right) \quad c_i = \pi d_i^2 \quad g_i = \frac{\pi n_i c_i}{C_T} \quad \cos g_i$$

15	709	2.094	-0.5
25	1969	2.908	-0.973
35	3859	0	1
45	6379	6.282	1

$$\Sigma n_i = 11$$

$$\Sigma \cos g_i = 0.527$$

$$C_T = 6379$$

Consecutivamente se calculó "a" y "V" para ser comparadas.

<b>fórmulas</b>	<b>sustitución de valores</b>	<b>resultado</b>
$a_1 = 2 \left( \frac{\Sigma \cos g_i}{C_T \Sigma n_i} \right)$	$a_1 = 2(0.527 / (6379)(11))$	$a_1 = 0.000015022$
$V = \frac{1}{C_T} \sqrt{2 / (1 + \Sigma n_i)}$	$V = \frac{1}{6379} \sqrt{2 / (1 + 11)}$	$V = 0.000064001$

En este caso,  $a = 0.000015022$  fue menor que  $V = 0.000064001$ , por lo tanto, se prosiguió a calcular  $f$  y  $D$  como sigue:

$$f = a_1 + \frac{1}{C_T} \quad f = 0.000015022 + \frac{1}{6379} \quad f = 0.000171793$$

$$D = f \Sigma n_i \quad D = (0.000171793) (11) \quad D = 0.00188972$$

Para la red uno del área de semilleros la densidad poblacional de *P. maniculatus* en junio fue de 18.89 individuos/hectárea.

### **Proporción de edades**

Para determinar la edad de los individuos se tomó el peso y se consideraron dos categorías: juveniles y adultos. Se consideraron como adultos aquellos individuos con un peso mayor a 20 g y juveniles a los que tenían un peso menor a los 20 g (Drickamer y Berstein, 1972; Sánchez-Cordero y Canela-Rojo, 1991).

### **Estado reproductivo**

Para determinar el estado reproductivo de los individuos, se establecieron dos categorías: activos e inactivos. Las hembras fueron consideradas activas cuando presentaban la perforación vaginal como evidencia de actividad sexual, o también si se encontraban gestando o mostraban un desarrollo mamario conspicuo (lactando). Las hembras que no presentaban éstas características fueron consideradas como inactivas (García-Estrada, 1999). Se consideraron machos activos a aquellos organismos que presentaban los testículos escrotados e inactivos a los que a su captura presentaban los testículos abdominales o inguinales (García-Estrada, 1999).

### **Biomasa estimada**

La biomasa mensual se obtuvo al sumar el peso de cada roedor capturado sin importar edad ni sexo. Posteriormente se obtuvo el promedio de peso por roedor y se multiplicó por la densidad poblacional estimada para cada mes.

### **Medición de las variables climáticas**

En cada mes de captura se realizó la medición de las variables climáticas, colocando en cada área de muestreo sensores de temperatura y humedad conectados a un sistema de almacenamiento digital (Data logger modelo HOBO Micro Station Logger [H21-002]). Se registraron las variables de temperatura y humedad durante 24 horas y se tomaron las máximas y mínimas para verificar si existen diferencias entre las variables climáticas y las áreas de muestreo.

Los datos de precipitación pluvial se obtuvieron de la estación climatológica más cercana al área de estudio, la de Huasca localizada a los 20° 12' 36" de latitud y a los 98° 34' 40" de longitud, a una altitud de 2100 msnm.

### **Análisis estadísticos**

Una vez estimado cada valor de densidad para cada área y cada mes de muestreo, se realizó un análisis de correlación con los datos de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad máxima, humedad mínima y precipitación pluvial, para determinar si existe una relación entre las variables climáticas y la densidad poblacional (Zar, 1999).

Para determinar si existen diferencias en la densidad de *P. maniculatus* entre las dos áreas bajo manejo forestal y la no manejada en el rancho Santa Elena, los datos de densidad poblacional de los roedores de las tres áreas de muestreo se analizaron mediante una ANOVA de dos vías (mes y área de

muestreo), de encontrarse diferencias significativas se utilizaron pruebas de comparación múltiple (Zar, 1999).

Para determinar si la proporción de sexos varía dependiendo del manejo forestal o el no llevar acabo un manejo forestal, se realizó una tabla de contingencia. Lo mismo se desarrollo con la proporción de edades (Zar, 1999).

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa Stat View (SAS Institute Inc., 1992-1998).

## RESULTADOS

Tras 11 muestreos realizados de agosto del 2004 a julio del 2005 se marcaron un total de 58 individuos, de éstos, la mayor cantidad se registró en el área de semilleros 30 (51.7 %), seguida del área no manejada en donde se registraron 20 (34.5 %) y ocho (13.8 %) fueron registradas en el área de corta selectiva.

De los 58 individuos marcados, 29 (50%) fueron hembras y 29 (50%) machos. Del total de hembras, 11 (37.9%) se registraron en el área de semilleros, 12 (41.4%) en el área no manejada y seis (20.7%) en el área de corta selectiva. De los machos 19 (65.5%) se registraron en el área de semilleros, ocho (27.6%) en el área no manejada y dos (6.9%) en el área de corta selectiva.

Con respecto a las clases de edades, de los 58 individuos marcados, 33 (56.9%) fueron juveniles y 25 (43.1%) adultos. Los juveniles se distribuyeron de la siguiente manera 21 (63.6%) en el área de semilleros, nueve (27.3%) en el área no manejada y tres (9.1%) en el área de corta selectiva. Los adultos nueve (36%) se registraron en el área de semilleros, 11 (44%) en el área no manejada y cinco (20%) en el área de corta selectiva.

### **Descripción de la población de *P. maniculatus* en el área de semilleros**

**Densidad poblacional.** La densidad poblacional en esta área fluctuó de 0 a 18.38 individuos/hectárea, aumentando de septiembre del 2004 a julio del 2005; sin embargo, en meses como enero y abril se aprecia una disminución

de 7.88 individuos/hectárea y 8.69 individuos/hectárea respectivamente (Figura 6A).

**Proporción de sexos y edades.** En el área de semilleros el porcentaje de machos capturados de agosto del 2004 a julio del 2005 fue de 47%, mientras que el porcentaje de hembras fue de 53%. Con relación a las clases de edades el porcentaje de adultos en esta área fue de 27% y el porcentaje de juveniles fue de 73% (Figura 7A).

**Biomasa.** La biomasa de los individuos de *P. maniculatus* tuvo un máximo de 339.93 g/hectárea en junio y un mínimo de cero g/hectárea en agosto (Figura 8A).

**Datos de las variables climáticas.** El valor máximo de temperatura que se registró fue de 29.92 °C en marzo; mientras que el mínimo fue de 5.81 °C en enero. El valor máximo de humedad registrado fue de 100 % en junio y el valor mínimo de 17.25 % en febrero. Al realizar una correlación de los datos de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad máxima, humedad mínima, precipitación y la densidad poblacional no hubo correlación significativa con alguna de las variables climáticas (Cuadro 2).



**Cuadro 2. Valores de la correlación entre las variables climáticas (temperatura máxima, temperatura mínima, humedad máxima, humedad mínima, precipitación) y la densidad poblacional de *Peromyscus maniculatus* en el área de semilleros a lo largo de agosto del 2004 a julio del 2005.**

Factores	Correlación	Valor de P	
Temperatura máxima, densidad	-0.093	0.8347	n. s.
Humedad máxima, densidad	0.042	0.9244	n. s.
Temperatura mínima, densidad	0.118	0.7911	n. s.
Humedad mínima, densidad	-0.01	0.9829	n. s.
Precipitación, densidad	-0.232	0.5965	n. s.

### **Descripción de la población de *P. maniculatus* en el área de corta selectiva**

**Densidad poblacional.** La presencia de roedores en esta área fue baja e irregular, oscilando entre 0 y 7.94 individuos/hectárea. En los meses de noviembre, mayo y julio no se capturaron ejemplares (Figura 6B).

**Proporción de sexos y edades.** Para el área de corta selectiva el porcentaje de machos capturados durante los once meses de muestreo fue de 23%, mientras que el porcentaje de hembras fue de 76%. El porcentaje de las clases de edades en esta área fue de 62% para adultos y 38 % para los juveniles (Figura 7B).

**Biomasa.** En el área de corta selectiva la biomasa de los individuos de *P. maniculatus* registró un máximo de 146.89 g/hectárea en junio, mientras que la biomasa mínima fue de cero g/hectárea en noviembre y mayo (Figura 8B).

**Datos de las variables climáticas.** El valor máximo de temperatura que se registró fue de 25.98 °C en marzo y la mínima fue de 6.62 °C en enero. El valor máximo de humedad fue de 98.75 % en junio y el valor mínimo fue de 18.25 % en mayo. Al realizar una matriz de correlación de los datos de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad máxima, humedad mínima, precipitación y densidad poblacional no hubo correlación significativa con alguna de las variables climáticas (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Valores de la correlación entre las variables climáticas (temperatura máxima, temperatura mínima, humedad máxima, humedad mínima, precipitación) y la densidad poblacional de *Peromyscus maniculatus* en el área de corta selectiva a lo largo de agosto del 2004 a julio del 2005.**

Factores	Correlación	Valor de P	
Temperatura máxima, densidad	-0.35	0.4145	n. s.
Humedad máxima, densidad	-0.176	0.6905	n. s.
Temperatura mínima, densidad	0.477	0.2455	n. s.
Humedad mínima, densidad	0.395	0.3498	n. s.
Precipitación, densidad	0.084	0.8511	n. s.

### **Descripción de la población de *P. maniculatus* en el área no manejada**

**Densidad poblacional.** En el lapso de agosto a enero no se tuvieron registros en esta área, en marzo y julio se tienen los valores de densidad más altos 14.44 individuos/hectárea y 15.23 individuos/hectárea respectivamente (Figura 6C).

**Proporción de sexos y edades.** El porcentaje de machos capturados fue de 41%, mientras que el porcentaje de hembras fue de 59%. En relación a las clases de edades, el porcentaje de adultos en esta área fue de 76%, mientras que el porcentaje de juveniles fue de 34%(Figura 7C).

**Biomasa.** La biomasa de los individuos de *P. maniculatus* en el área no manejada tuvo un máximo de 267.04 g/hectárea en marzo y de 281.66 g/hectárea en junio, la biomasa mínima que se registró fue de cero g/hectárea desde agosto del 2004 a enero del 2005 (Figura 8C).

**Datos de las variables climáticas.** El valor máximo de temperatura que se registró fue de 27.33 °C en marzo; mientras que el mínimo fue de 5.81 °C en enero. El valor máximo de humedad registrado fue de 98.5 % en junio y el valor mínimo de 19 % en mayo. Al realizar una matriz de correlación de los datos de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad máxima, humedad mínima, precipitación y densidad poblacional no hubo correlación significativa con alguna de las variables climáticas (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Valores de correlación entre las variables climáticas (temperatura máxima, temperatura mínima, humedad máxima, humedad mínima, precipitación) y la densidad poblacional de *Peromyscus maniculatus* en el área no manejada a lo largo de agosto del 2004 a julio del 2005.**

Factores	Correlación	Valor de P	
Temperatura máxima, densidad	0.258	0.5976	n. s.
Humedad máxima, densidad	-0.142	0.7749	n. s.
Temperatura mínima, densidad	0.203	0.6804	n. s.
Humedad mínima, densidad	-0.137	0.7821	n. s.
Precipitación, densidad	-0.353	0.4608	n. s.

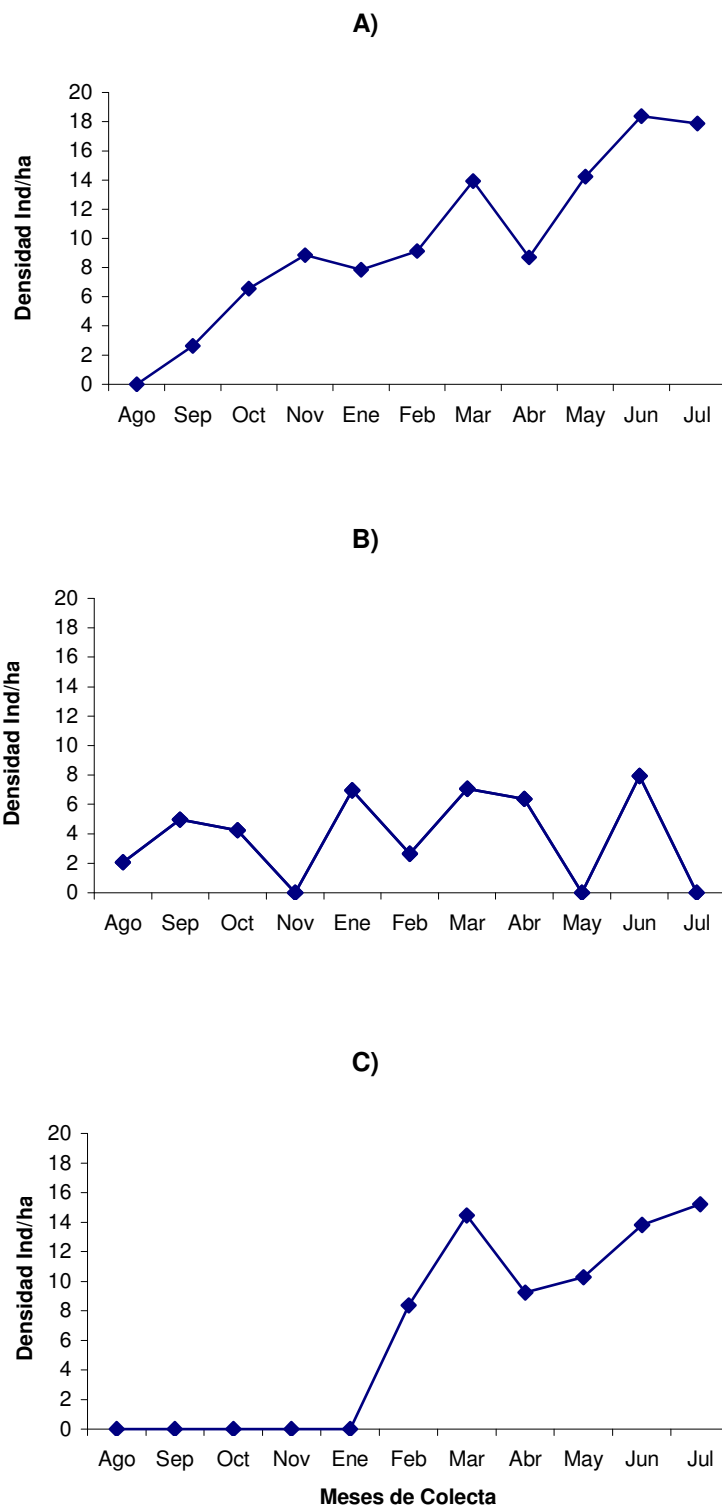


Figura 6. Cambios en la densidad poblacional de *Peromyscus maniculatus* en las tres áreas A) semilleros, B) corta selectiva y C) no manejada.

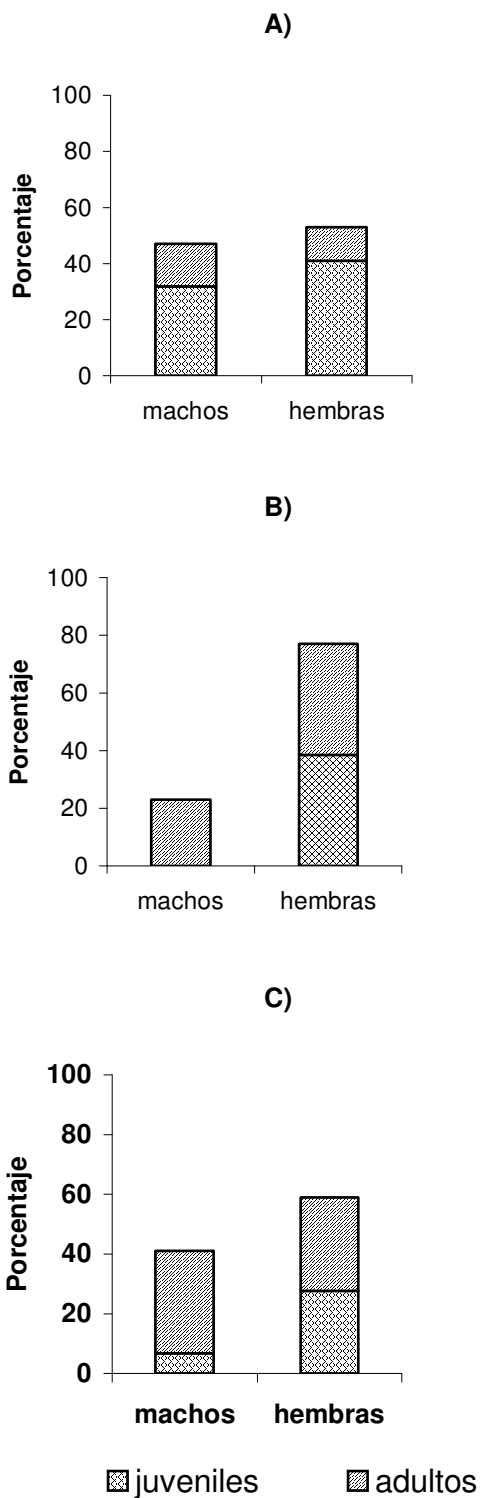


Figura 7. Porcentajes relativos de juveniles y adultos de *Peromyscus maniculatus* en relación a su sexo en las diferentes áreas A) semilleros, B) corta selectiva y C) no manejada.

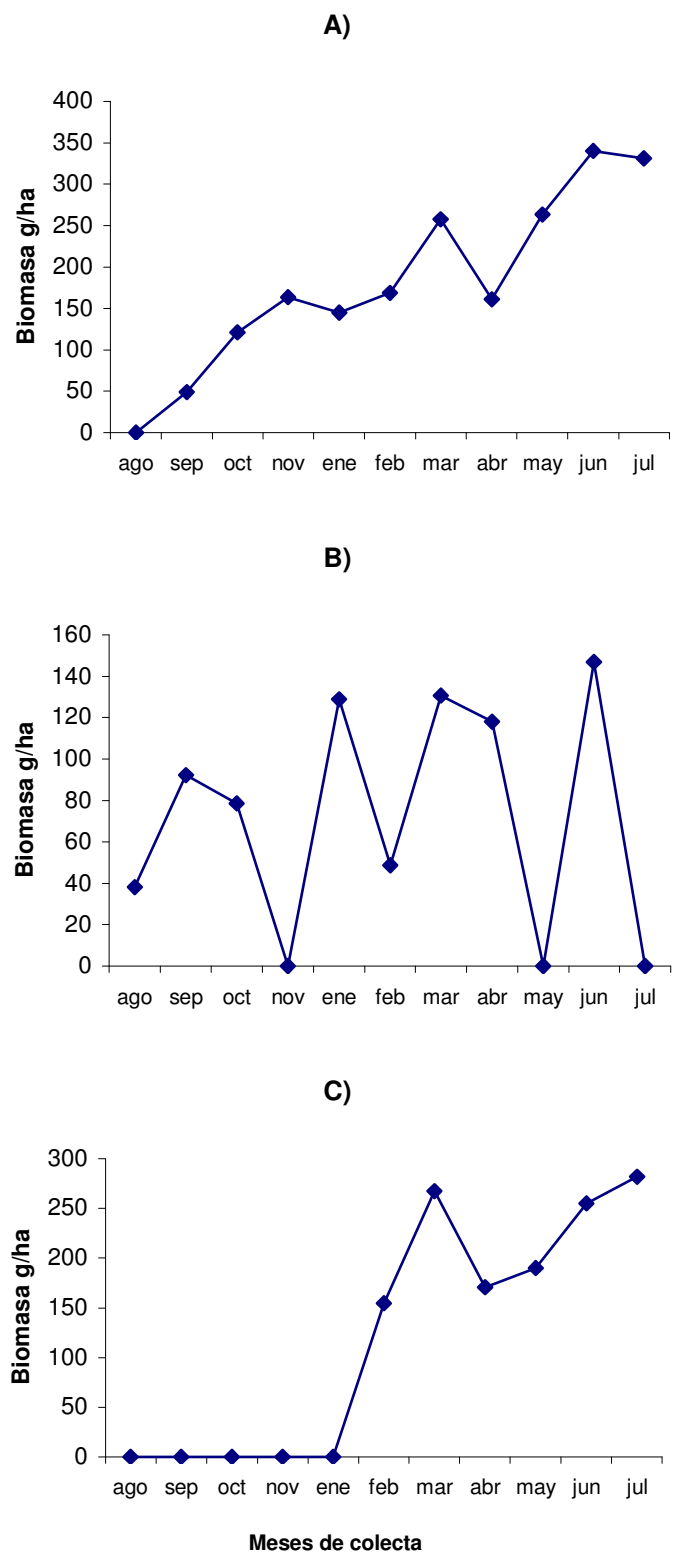


Figura 8. Cambios mensuales en la biomasa de *Peromyscus maniculatus* en las diferentes áreas A) semilleros, B) corta selectiva y C) no manejada.

## **Comparación entre las tres áreas**

### **Densidad poblacional**

Las diferencias en la densidad poblacional de *P. maniculatus* entre las áreas fueron significativas ( $F= 6.618$ ;  $gl= 2$ ;  $P= 0.0038$ ), asimismo, hay una diferencia significativa en la densidad entre los meses de muestreo ( $F=3.485$ ;  $gl=10$ ;  $P=0.0032$ ). Las pruebas de comparaciones múltiples, mostraron que el área de manejo diferente es el semillero con una mayor densidad con respecto al área de corta selectiva y no manejada. Asimismo, marzo, junio y julio son los meses diferentes pues presentan la mayor densidad de roedores.

En la figura 9 se muestra que existe una presencia continua de ratones en el área de semilleros, en el caso del área no manejada se obtuvieron registros a partir del mes de febrero, mientras que el área de corta selectiva se apreciaron desapariciones temporales.

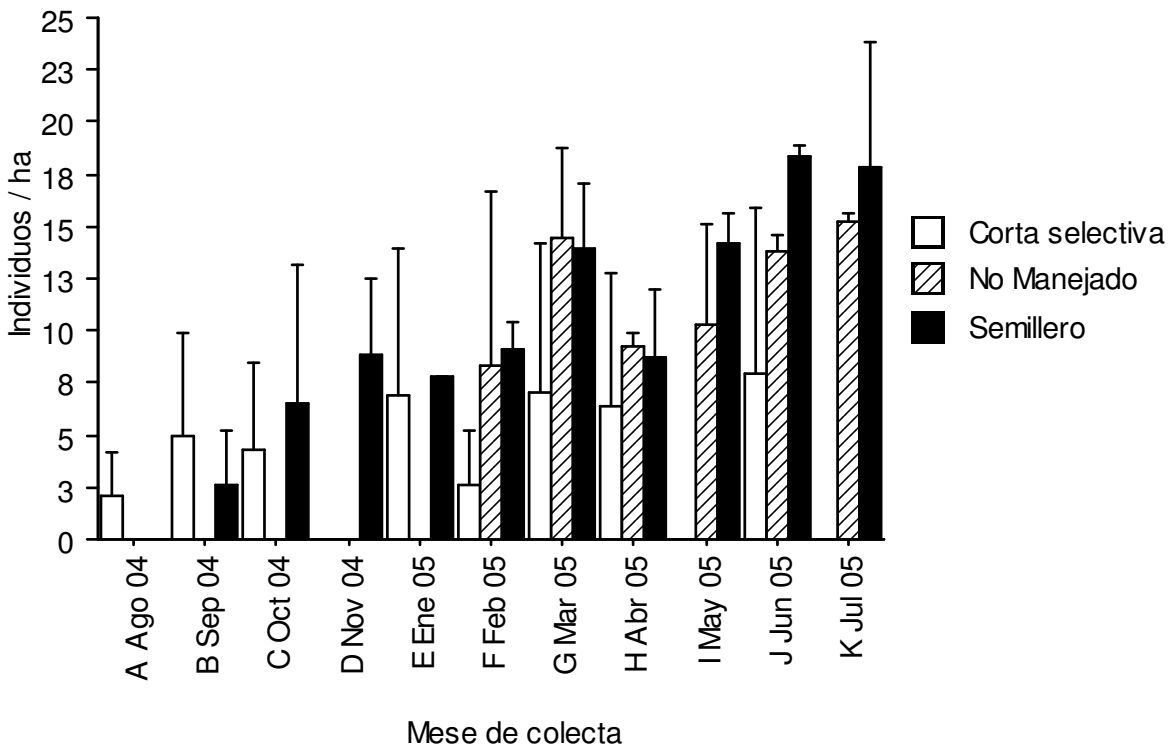


Figura 9. Se muestran los promedios y el error estándar asociado a la densidad poblacional de *Peromyscus maniculatus* en dos áreas bajo manejo forestal y una no manejada de un bosque templado en el rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo.

### Proporción de sexos

La comparación de las áreas de muestreo por sexo con una tabla de contingencia muestra que la frecuencia de sexos entre las áreas no es diferente a la que se esperaría, por lo que la variación entre el número de machos y hembras observados es independiente del área de muestreo ( $\chi^2=2.614$ ;  $gl=2$ ;  $P=0.2707$ ). El número de machos y hembras mantuvo la



misma frecuencia en las tres áreas, aunque en el caso del área de corta selectiva el número de machos esta muy por abajo del número de hembras (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Valores observados y valores esperados de los sexos de individuos de *Peromyscus maniculatus* en las áreas bajo manejo forestal y no manejada.**

	Valores observados		Valores esperados	
	Hembra	Macho	Hembra	Macho
Semillero	31	28	33.881	25.119
Corta selectiva	10	3	7.465	5.535
No manejado	17	12	16.653	12.347

### **Patrón reproductivo**

La actividad reproductiva de los roedores fue sincrónica en el área de semilleros y no manejada. En general la presencia de organismos activos tuvo lugar durante todo el año, exceptuando los meses fríos de noviembre, enero y febrero.

Los machos presentaron un periodo de inactividad sexual del 100% durante los meses de octubre a enero. En agosto y de febrero a julio se observaron ejemplares activos, sin embargo el mayor porcentaje de organismos activos se presentó en junio y julio. En los meses en que no se reportan capturas, se desconoce su estado reproductivo.

Las hembras al igual que los machos presentaron un periodo de inactividad sexual del 100% de noviembre a febrero. Los mayores porcentajes de hembras activas se presentaron de mayo a julio. En la gráfica 10 se representan las diferentes condiciones reproductoras de las hembras. Las hembras en condición de receptividad se registraron de marzo a junio, mientras que las hembras preñadas se registraron en agosto y de abril a julio. Las hembras lactantes se registraron en septiembre, octubre, marzo y de mayo a julio.

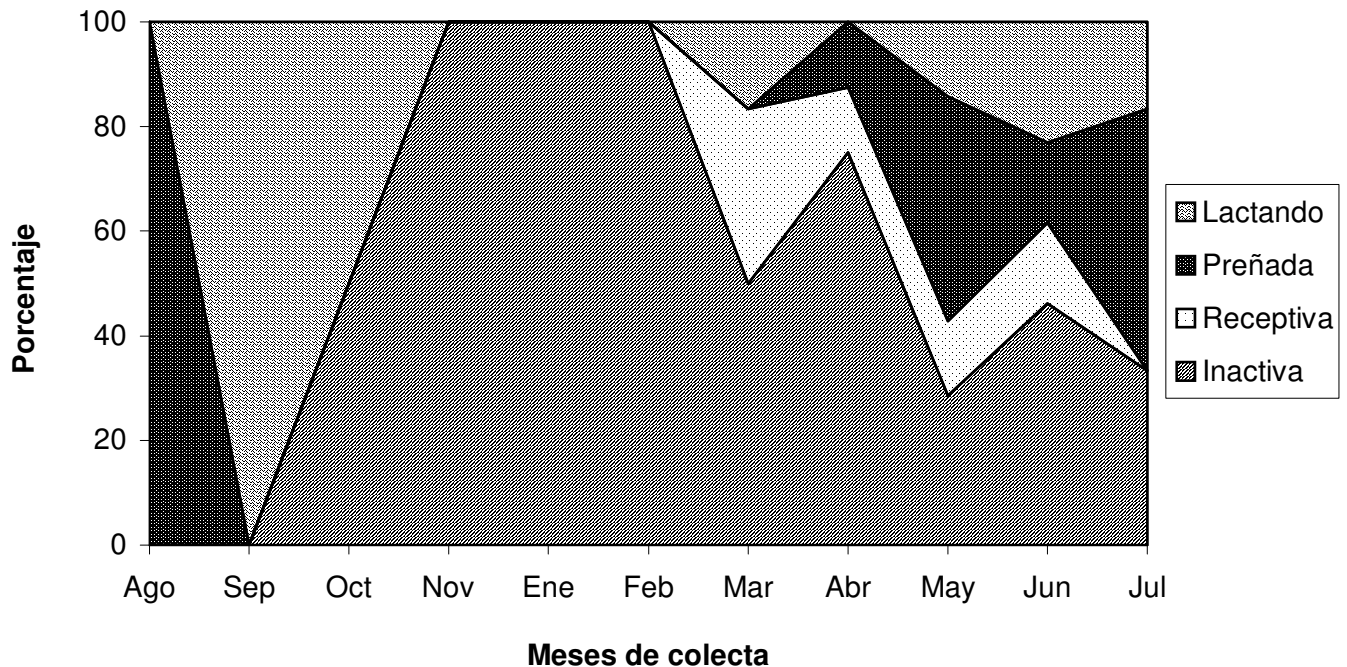


Figura 10. Estados reproductivos de las hembras de *Peromyscus maniculatus* utilizando la información obtenida en las tres áreas, semillero, corta selectiva y no manejada.

### Proporción de edades

La comparación de las áreas de muestreo por edad con una tabla de contingencia muestra que la frecuencia de edades entre las áreas cambia, por lo que la proporción de adultos y juveniles para las tres áreas de muestreo no es independiente entre si ( $\chi^2=13.921$ ;  $gl=2$ ;  $P=0.0009$ ). En el área de semillero se encontró menor número de ejemplares adultos de los que se esperaban y mayor número de juveniles que los esperados, mientras que en el área de corta selectiva y no manejada fue inverso ya que hubo mayor número de adultos de los que se esperaban y menor número de juveniles (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Valores observados y valores esperados de las clases de edades de individuos de *Peromyscus maniculatus* en las áreas bajo manejo forestal y no manejada.**

	Valores observados		Valores esperados	
	adultos	juveniles	adultos	juveniles
Semillero	16	43	25.119	33.881
Corta selectiva	8	5	5.535	7.465
No manejado	19	10	12.347	16.653

## DISCUSIÓN

La densidad poblacional de *Peromyscus maniculatus* estimada en este trabajo es afectada por el manejo forestal, mismo que determina los cambios en la densidad de las diferentes áreas comparadas. Los resultados en este trabajo no corroboran la hipótesis planteada, debido a que en el área con manejo forestal de semilleros se observó mayor densidad poblacional que en las otras áreas comparadas ( $F= 6.618$ ;  $g/= 2$ ;  $P= 0.0038$ ), el manejo forestal tuvo un efecto positivo sobre la densidad poblacional de *Peromyscus maniculatus* pues en el área de semillero se registraron valores de densidad poblacional de 0 a 18.38 individuos/hectárea contra 0 a 15.23 individuos/hectárea en el área no manejada. El resultado coincide con la observación de Tallmon (2003), quien reporta que en un bosque de coníferas en Oregon, E. U. A.; la densidad poblacional fue mayor en un área fragmentada por aclareo forestal obteniendo valores de 7.2 a 13.63 individuos/hectárea y de 0.35 a 2.42 en las áreas control (sin manejo forestal). Contrario a lo descrito en el trabajo de Bayne y Hobson (1998), quienes encontraron que hay mayor abundancia de *Peromyscus* en áreas de bosque continuo que en áreas con extracción forestal en un bosque mixto de Saskatchewan, Canadá; y a lo descrito por Carey y Johnson (1995), que en su estudio efectuado en un bosque mixto en el parque Olympia de Washington, E. U. A., encuentran que *P. maniculatus* fue más abundante en los bosques maduros y menos abundante en los bosques manejados silviculturalmente. Por su parte Petticrew y Sadleir (1974), en un bosque de coníferas encontraron una similitud en la densidad poblacional de *P. maniculatus* en un

área de bosque maduro y un área con corte forestal, registrando densidades de 10 a 35 individuos/hectárea en British Columbia, Canadá.

Los resultados anteriores muestran que las poblaciones de pequeños mamíferos no responden consistentemente al manejo del bosque (McShea *et al.* 2003). La naturaleza inconsistente de las respuesta de las poblaciones a la heterogeneidad del hábitat puede reflejar el hecho de que las respuestas de las poblaciones en gran parte son específicas de la especie y del ecosistema, tal como lo mencionan Dooley y Bowers (1998).

En el presente trabajo se encontraron fluctuaciones en la densidad poblacional con picos en el periodo de lluvias que comprende los meses de mayo a julio, el incremento de la población de roedores debido al aumento en la precipitación también se observa en otras poblaciones de roedores en ambientes templados del Eje Neovolcánico (Sánchez-Cordero y Canela-Rojo, 1991).

Aunque es notable que la densidad de roedores en las tres áreas muestreadas se incrementó durante el periodo de lluvia, los análisis de la relación entre las variables climáticas de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad máxima, humedad mínima, precipitación y la densidad poblacional no fueron significativos en ninguna de las áreas muestreadas. Resultados homólogos son descritos por Sánchez-Cordero (1980), quien reporta que no encontró correlación positiva entre la densidad de *P. maniculatus*, la precipitación y la temperatura; además Schmid-Holmes y Drickamer (2001), coinciden en que la temperatura no esta relacionada con la abundancia de *P. leucopus*. Los resultados del presente trabajo sugieren que

la especie *P. maniculatus* dentro del bosque templado del rancho Santa Elena no cambia sus patrones de actividad en respuesta a los parámetros climáticos estudiados.

En el área de semillero se tuvo una mayor complejidad de la estructura vegetal en el hábitat, debido a que contiene mayor diversidad de especies del sotobosque. Esta mayor estructura vegetal en esta área de manejo puede haber favorecido a *P. maniculatus* y como consecuencia este roedor aumentó su densidad poblacional en esta área. Resultados similares han sido reportados por Stapp y Van Horne (1997), quienes en un pastizal encontraron que los roedores alcanzan mayores densidades en áreas donde los arbustos son más densos y agregados. Así mismo, Rojas (1984) señala que los sitios con una cubierta densa amortiguan y estabilizan la temperatura y la humedad, además de ser sitios seguros contra la depredación lo cual puede favorecer un incremento poblacional de roedores.

Desde el punto de vista de la teoría de sucesión ecológica, el área de semilleros podría estar en una etapa intermedia de la sucesión, en la que las comunidades son más diversas y complejas (Ricklefs, 1998), en esta área se cortaron árboles que dejaron espacios en el dosel permitiendo la entrada de luz y así la colonización de las especies de plantas arbustivas y herbáceas, esto explica la mayor complejidad de la estructura vegetal en el hábitat; contrario a lo ocurrido en el área no manejada en la que la presencia de árboles de gran tamaño no permite el desarrollo de herbáceas y que podría estar en la expresión final del desarrollo comunitario (clímax), que es cuando

la comunidad entra en equilibrio con su ambiente físico y cualquier cambio es imperceptible (Begon *et al.*, 1986; Ricklefs, 1998).

En el área de corta selectiva se registraron fuertes fluctuaciones y los valores más bajos de densidad poblacional de roedores. Galindo-Leal y Krebs (1997), consideran que la estabilidad en la densidad poblacional es producto de la combinación de la cobertura como protección y una mayor estabilidad de alimento disponible. Tanto en el área de corta selectiva, como en el área no manejada, que no tienen un sotobosque tan desarrollado (0.26 arbustos/m<sup>2</sup>, 47.33% de hierbas y 1.6 arbustos/m<sup>2</sup>, 9.33% de hierbas respectivamente) no fueron registrados roedores durante algunos meses. Esta dinámica de presencia y ausencia mensual de los individuos de la población de roedores, podría indicar que en este paisaje bajo manejo, las poblaciones tienen una dinámica metapoblacional (Hanski y Gilpin, 1997). Diffendorfer (1995), coincide en este punto al señalar que la tasa y los patrones de movimiento entre las subpoblaciones dentro de una metapoblación pueden afectar la variación espacial y temporal en la abundancia y la probabilidad de persistencia. Por su parte Krohne (1997), afirma que para explicar patrones de abundancia de pequeños mamíferos dentro de paisajes fragmentados, es necesario que usemos la teoría de metapoblaciones.

Posiblemente y aunque en el muestreo no se detectó el intercambio de individuos entre las áreas muestreadas, la dinámica que se observa indica que los fragmentos de semillero potencialmente son los fragmentos fuente de la población, mientras que el área de corta selectiva y no manejada estarían funcionando como vertederos (*sensu* Pulliam, 1988; Pulliam y Danielson,

1991; Pulliam y Dunning, 1994). Siendo que el área de semilleros muestra una mayor cantidad de individuos juveniles en comparación con las otras dos áreas, manifestando así un mayor éxito reproductivo. Las poblaciones fuente-vertedero manifiestan diferencia en el rendimiento y éxito reproductivo de los individuos, por que los hábitats fuente (hábitats de alta calidad) son aquellas áreas que ofrecen las condiciones necesarias para la supervivencia exitosa y reproducción, mientras que los hábitats marginales (vertedero) son habitados por individuos con tasas de supervivencia y reproducción más bajas que en los hábitats fuente (Kawecki, 1995; Zalapa *et al.*, 2005).

Con respecto a las proporciones de edades, el área de semilleros presenta un mayor número de juveniles de los esperados, mientras que en el área de corta selectiva y no manejada, el número de juveniles observados es menor al esperado ( $\chi^2=13.921$ ;  $gl=2$ ;  $P=0.0009$ ), asumiéndose un mayor éxito reproductivo en el área de semillero. La comparación de las áreas de muestreo por sexo muestra que la frecuencia de sexos entre las áreas no es diferente ( $\chi^2=2.614$ ;  $gl=2$ ;  $P=0.2707$ ), la variación entre el número de machos y hembras observados es independiente del área de muestreo; Sullivan *et al.* (1999) reporta que para un bosque de *Picea-Abies* de British Columbia, Canadá, tampoco hubo diferencias significativas en la proporción de machos y hembras de *P. maniculatus* entre áreas de bosque y áreas bajo manejo forestal.

La mayor actividad reproductiva en las tres áreas muestreadas se aprecia en los meses de abril a julio y coincide con el periodo de lluvias, Sánchez-Hernández *et al.* (1990) señalan que durante este periodo se



favorece el desarrollo de la vegetación y existen suficientes fuentes de alimentación para solucionar un incremento energético ocasionado por el periodo reproductor. Durante los meses invernales, al igual que en el trabajo de Sánchez-Hernández *et al.* (1990), en el rancho Santa Elena los roedores tuvieron los mayores porcentajes de inactividad.

## CONCLUSIONES

1. El estudio corrobora la predicción de que *Peromyscus maniculatus* se ve afectado en algunos de sus parámetros poblacionales por el manejo forestal, mostrando la mayor densidad poblacional en áreas donde se lleva a cabo el manejo de semilleros.
2. El manejo que incrementa la densidad y produce más juveniles es el que genera una mayor estructura del sotobosque (el área de semilleros).
3. La aparición y desaparición de los individuos en los diferentes tipos de manejo sugiere una dinámica metapoblacional, en la que las subpoblaciones mantienen una dinámica poblacional local parcialmente independiente, y se relacionan por los procesos de emigración e inmigración.
4. La mayor densidad y la mayor frecuencia de juveniles en el área de semilleros sugiere que esta área se comporta como una fuente en esta dinámica.
5. Las variables ambientales medidas en este estudio no tienen una relación directa con la densidad poblacional de *Peromyscus maniculatus* en el momento de su captura, sugiriendo que la especie *P. maniculatus* dentro del bosque templado del rancho Santa Elena, no cambia sus patrones de actividad en respuesta a los parámetros climáticos estudiados.

La información poblacional de *Peromyscus maniculatus* presentada en esta tesis, debería ser tomada en cuenta para la elección del tipo de manejo forestal que se desarrolla en los bosques templados. Es importante conocer los efectos del manejo forestal sobre la fauna que habita estos ecosistemas, debido a que en función de los resultados obtenidos en un ambiente de parches, donde se alternan áreas conservadas con otras sometidas a aprovechamiento forestal, enriquecen el ambiente acrecentando la riqueza biológica. El conocimiento anterior permitirá desarrollar programas de manejo forestal a la medida de las condiciones ecológicas locales y dirigidos con objetivos múltiples.

## LITERATURA CITADA

Bayne, E. M., K. A. Hobson y P. Fargey. 1997. Predation on artificial nests in relation to forest type: contrasting the use of quail and plasticine eggs. *Ecography* 20:233-239.

Bayne, E. M. y K. A. Hobson. 1998. The effects of habitat fragmentation by forestry and agriculture on the abundance of small mammals in the southern boreal mixedwood forest. *Canadian Journal of Zoology* 76:62-69.

Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend. 1986. *Ecology. Individuals, populations and communities*. Blackwell Scientific Publications. Gran Bretaña.

Buckner, C. A. y D. J. Shure. 1985. The response of *Peromyscus* to forest opening size the southern Appalachian mountains. *Journal of Mammalogy* 66:299-307.

Carey, A. B. y M. L. Johnson. 1995. Small mammals in managed, naturally young, and old-growth forests. *Ecological Applications* 5:336-352.

Dale, V. H., S. M. Pearson., H. L. Offerman y R. V. O'Neill. 1994. Relating patterns of land-use change to faunal biodiversity in the central Amazonian. *Conservation Biology* 8:1027-1036.

Daniel, T. W., J. A. Helmes y F. S. Baker. 1983. *Principios de silvicultura*. McGraw-Hill. Mexico, D. F.

Diffendorfer, J. E., M. S. Gaines y R. D. Holt. 1995. Habitat fragmentation and movements of three small mammals (*Sigmodon*, *Microtus*, and *Peromyscus*). *Ecology* 76:827-839.

Dooley, J. L. Jr. y M. A. Bowers. 1998. Demographic responses to habitat fragmentation: experimental test at the landscape and patch scale. *Ecology* 79:969-980.

Drickamer, L. D. y J. Berstein. 1972. Growth in two subspecies of *Peromyscus maniculatus*. *Journal of Mammalogy* 53:228-231.

Drost, C. A. y G. M. Fellers. 1991. Density cycles in an island population of deer mice, *Peromyscus maniculatus*. *Oikos* 60:351-364.

Fa, J. E., J. López-Paniagua, F.J. Romero, J.L. Gómez y J.C. López. 1990. Influence of habitat characteristics on small mammals in a Mexican high-latitude grassland. *Journal of Zoology, London* 221:275-292.

Fa, J. E. y V. Sánchez-Cordero. 1993. Small mammal population responses to fire in Mexican high-latitude grassland. *Journal of Zoology, London* 230:343-347.

Galindo-Leal, C. y C. J. Krebs. 1997. Habitat structure and demographic variability of a habitat specialist: the Rock Mouse (*Peromyscus difficilis*). *Revista Mexicana de Mastozoología* 2:72-82.

García, A. E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 243 pp.

García-Estrada, C. 1999. Estudio de dos comunidades de roedores en dos áreas con diferente grado de alteración en el sureste de Morelos. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 107 pp.

Gashwiler, J. S. 1970. Plant and mammal changes on a clearcut in west-central Oregon. *Ecology* 51:1018-1026.

Hanski, I. A. y M. E. Gilpin. 1997. *Metapopulation biology, ecology genetics and evolution*. Academic press. San Diego.

INEGI. 1992. *Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo*. México.

Jameson, E. W. Jr. 1953. Reproduction of deer mice (*Peromyscus maniculatus* and *P. boylei*) in the sierra Nevada, California. *Journal of Mammalogy* 34:44-58.

Kawecki, T. J. 1995. Demography of source-sink population and the evolution of ecological niches. *Evolutionary Ecology* 9:38-44.

Kirkland, G.L., Jr. 1977. Responses of small mammals to the clearcutting of northern Appalachian forest. *Journal of Mammalogy* 58:600-609.

Kirkland, G.L., Jr. 1990. Patterns of initial small mammal community change after clearcutting of temperate north American forests. *Oikos* 59:313-320.

Krohne, D. T. 1997. Dynamics of metapopulations of small mammals. *Journal of Mammalogy* 78:1014-1016.

Martell, A. M. 1983. Demography of southern red-backed voles (*Clethrionomys gapperi*) and deer mice (*Peromyscus maniculatus*) after logging in north-central Ontario. *Canadian Journal of Zoology* 61:958-969.

Matamoros-Trejo, G. J. y F. A. Cervantes. 1992. Alimentos de los roedores *Microtus mexicanus*, *Reithrodontomys megalotis* y *Peromyscus maniculatus*

del ex-lago de Texcoco, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica 63:135-144.

McShea, W. J., J. Pagels, J. Orrock, E. Harper y K. Koy. 2003. Mesic deciduous forest as patches of small-mammal richness within an Appalachian mountain forest. *Journal of Mammalogy* 84:627-643.

Musalem, F. J., H. Sánchez y F. Becerra. 1998. Bases científicas para la elaboración de programas de manejo forestal en bosques de coníferas con fines de producción. Secretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. Asociación General de Productores Forestales.

Petticrew, B. G. y R. M. F. S. Sadleir. 1974. The ecology of deer mouse *Peromyscus maniculatus* in a coastal coniferous forest. I. Population dynamics. *Canadian Journal of Zoology* 52:107-118.

Promislow, D. E. L. y P. H. Harvey. 1990. Living fast and dying young: a comparative analysis of life history variation among mammals. *Journal of Zoology* 220:417-437.

Pulliam, H. R. 1988. Sources, sinks and population regulation. *The American Naturalist* 132: 652-661.

Pulliam, H. R. y B. J. Danielson. 1991. Sources sinks and habitat selection: a landscape perspectives on population dynamics. *The American Naturalist* 137: 550-566.

Pulliam H. R. y J. B. Dunning. 1994. Demographic processes population dynamics on heterogeneous landscape. *In*: Maffe, G. K. y C. R. Carroll (eds). *Principles of conservation biology*. Sinaur associates, Inc. Massachusetts. 179-205.

Ramírez, P. Jr. y M. Hornocker. 1981. Small mammal populations in different-aged clearcuts in northwestern Montana. *Journal of Mammalogy* 62: 400-403.

Ricklefs, R. E. 1998. Invitación a la ecología, la economía de la naturaleza. Editorial Medica Panamericana. 4th ed. Buenos Aires.

Rojas, M. A. 1984. Descripción del microhábitat de cinco especies de ratones de la sierra del Ajusco. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 84 pp.

Sadleir, R. M. F. S. 1974. The ecology of deer mouse *Peromyscus maniculatus* in a coastal coniferous forest. II. Reproduction. *Canadian Journal of Zoology* 52:119-131.

Sánchez-Cordero, V. 1980. Patterns of demography and reproduction in a rodent community in central Mexico. Tesis de Maestría en Ciencias. Escuela de Recursos Naturales. Universidad de Michigan. 97 pp.

Sánchez-Cordero, V. y M. Canela-Rojo. 1991. Estudio poblacional de roedores en un bosque de pino del eje neovolcánico transversal mexicano. *Anales instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoológica* 62: 319-340.

Sánchez-Hernández, C., A. M. Rojas y C. B. T. Chávez. 1990. Fluctuación de población de *Neotomodon alstoni alstoni* (Rodentia: Cricetinae) en la sierra del Ajusco, México. En: *Ecología Urbana*. Departamento del Distrito Federal, México, D. F. 105-116 pp.



Sánchez-Hernández, C., M. de L. Romero-Almaraz, H. Colín-Martínez y C. García-Estrada. 2001. Mamíferos de cuatro áreas con diferente grado de alteración en el sureste de México. *Acta Zoológica Mexicana* 84:35-48.

SAS Institute Inc. 1992-1998. StatView for windows. Version 5.0.1.

SEMARNAP, 1998. MDS. Guía técnica para la aplicación del método de desarrollo silvícola. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. México.

Schmid-Holmes, S. y L. C. Drickamer. 2001. Impact of forest patch characteristics on small mammal communities: a multivariate approach. *Biological Conservation* 99:293-305.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1991. Estudio de manejo integral forestal para el predio denominado "Fracción B y C del rancho Santo Domingo" Municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1997. Programa integrado de manejo ambiental y forestal del predio particular "Fracción B y C del rancho Santo Domingo" Municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo.

Stapp, P. y J. Van Horne. 1997. Response of deer mice (*Peromyscus maniculatus*) to shrubs in shortgrass prairie: linking small-scale movements and the spatial distribution of individuals. *Functional Ecology* 11:644-651.

Sullivan, T. P., R. A. Lautenschlager y R. G. Wagner. 1999. Clearcutting and burning of northern spruce-fir forest: implications for small mammal communities. *Journal of Applied Ecology* 36:327-344.

Sutherland, W. J. 1996. Ecological census techniques: a handbook. Cambridge University Press. Gran Bretaña.

Tallmon, D. A., E. S. Jules, N. J. Radke y L. S. Mills. 2003. Of mice and men and trillium: cascading effects of forest fragmentation. *Ecological Applications* 13:1193-1203.

Torre, I. C. 2004. Distribution, population dynamics and habitat selection of small mammals in Mediterranean environments: the role of climate, vegetation structure, and predation risk. Tesis doctoral. Facultad de biología, Universidad de Barcelona. 117 pp.

Vázquez, L. B., R. A. Medellín y G. N. Cameron. 2000. Population and community ecology of small rodents in montane forest of western Mexico. *Journal of Mammalogy* 81:77-85

Verme, L. J. y J. J. Ozoga. 1981. Changes in small mammal populations following clear-cutting in upper Michigan conifer swamps. *Canadian Field-Naturalist* 95:253-256.

Wilson, D. E. y S. Ruff. 1999. The smithsonian book of North American mammals. Smithsonian Institution Press.

Zalapa, S. S., M. H. Badii, F. A. Cervantes y S. Guerrero. 2005. Ecología poblacional de *Liomys pictus* en tres áreas de bosque tropical subcaducifolio con diferente tiempo de regeneración, en la costa norte de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 21:1-14.

Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis, 4ta edición. Prentice-Hall, Nueva York, EUA.