

OCE-299

Para el Centro de Ecología

Cuautemac Ch'á'ez



**BIBLIOTECA**  
**CENTRO DE ECOLOGIA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**



**FACULTAD DE CIENCIAS**

**DINAMICA POBLACIONAL Y USO DE HABITAT  
POR ROEDORES EN UN MATORRAL DE PALO LOCO  
(*Senecio praecox*)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**B I O L O G O**

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

**JOSE CUAUHEMOC CHAVEZ TOVAR**

**MEXICO, D. F.**

**1993**

000 193251

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>AREA DE ESTUDIO</b> .....	4
<b>METODOS</b> .....	8
<b>RESULTADOS</b> .....	14
<b>Base de datos</b> .....	14
<b>Diversidad y Composición de Especies</b> .....	14
<b>Abundancias Relativas</b> .....	16
<b>Dinámica de Poblaciones</b> .....	19
<b>Biomasa y Peso Corporal</b> .....	21
<b>Proporción de Sexos</b> .....	25
<b>Reproducción</b> .....	25
<b>Reclutamiento</b> .....	28
<b>Estructura de Edades</b> .....	30
<b>Sobrevivencia</b> .....	32
<b>Movimientos</b> .....	34
<b>Uso Espacial del Hábitat</b> .....	37
<b>DISCUSIÓN</b> .....	43
<b>Estructura de Comunidades</b> .....	43
<b>Dinámica Poblacional</b> .....	45
<b>Heterogeneidad Ambiental, Estructura de Comunidades</b> <b>y Dinámica de Poblaciones</b> .....	48
<b>CONCLUSIONES</b> .....	50
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	51
<b>APENDICE I</b> .....	59
<b>APENDICE II</b> .....	60

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudió la dinámica poblacional y la estructura de comunidades de roedores en un matorral xerófilo de palo loco (*Senecio praecox*). Se evaluó la influencia de la heterogeneidad del hábitat sobre la diversidad de especies, dinámica poblacional y patrones de utilización del hábitat. Se pusieron dos cuadrantes de 0.81 ha con 100 trampas "Sherman" cada uno, separados 50 m. Se esperaba que la diversidad entre los cuadrantes no variaría y que las fluctuaciones poblacionales serían las mismas. Los datos obtenidos demuestran lo contrario debido, en gran parte, a la heterogeneidad ambiental existente en el Pedregal explicada, en gran medida, por la gran cantidad de macro y microhábitats existentes.

La reproducción de todas las especies fué asociada con la estacionalidad en la disponibilidad del alimento. Los máximos de la densidad y la reproducción coinciden con los picos de la producción de alimentos, sugiriendo que la disponibilidad del alimento es un factor límite. Las especies difieren en las variables que afectan sus peso corporal, dieta y selección de hábitat pero, en general, sus comportamientos son marcados por la estacionalidad del Pedregal.

Este estudio sugiere que la heterogeneidad del hábitat tienen una profunda influencia en la ecología de poblaciones y de comunidades de roedores en el Matorral.

## AGRADECIMIENTOS

Es una gran satisfacción para mí, agradecer a todas las personas que de alguna u otra forma intervinieron en la elaboración de la presente tesis. En primer lugar, e indudablemente a mis padres, que me han apoyado en todo y para todo de una manera incondicional.

Al Dr. Gerardo Ceballos, director de la tesis, que me ha apoyado de una manera desinteresada desde el primer día que lo conocí. Sus enseñanzas tanto científicas como de calidad humana han sido fundamentales en mi desarrollo.

Al Dr. Biól. Oscar Sánchez por su ayuda en los análisis estadísticos, así como por su invaluable amistad.

A mi comité revisor Dr. Gerardo Ceballos, Dr. Oscar Flores, Biól. Oscar Sánchez, biól. Eduardo Morales y Zenón Cano, por las sugerencias y críticas a las distintas versiones de la tesis. A los Drs. Hector Arita y Alfonso Valiente por sus acertados comentarios en las distintas versiones de la tesis.

Al Centro de Ecología y a su director Dr. Daniel Piñero y al Dr. Jorge Soberón, por todas las facilidades brindadas.

A Miguel, Daniel, José Luis, Hugo, Hector y Roberto, por ayudarme a formar los cuadrantes y ayudarme a tomar los datos de vegetación.

A mis amigos los "gañanes" que me brindaron su amistad durante toda la carrera, así como a todos mis compañeros de la generación.

A todos los miembros y exmiembros del Laboratorio de Ecología de Mamíferos por brindarme su amistad.

A los que por alguna razón inconcientemente o concientemente olvide poner en esta pagina les reservó un lugar en la última pagina.



## INTRODUCCION

Uno de los objetivos básicos de la ecología es estudiar los factores que afectan la distribución y abundancia de los organismos. Estos atributos están influenciados por el ambiente actual, eventos geológicos e históricos, así como procesos evolutivos (Brown, 1984; Krebs, 1985). El estudio de la distribución requiere del conocimiento de los factores que determinan la presencia o ausencia de un organismo y de las respuestas de las especies a las variables ambientales (Krebs, 1985).

La variación temporal y espacial de las condiciones abióticas, por ejemplo el clima y la geomorfología, limitan la distribución de las poblaciones animales y sus ciclos de vida directamente, y el tipo, estructura, fenología y productividad de la vegetación de manera indirecta (Brown y Gibson, 1983; Rosenzweig y Winakur, 1969). Estos a su vez pueden determinar la coexistencia, territorialidad y dinámica de poblaciones o a las interacciones tales como la depredación (Price, 1978; Kitchings y Levy, 1981; Thompson, 1982; Adler, 1985; Ceballos, 1989).

La heterogeneidad del hábitat es reconocida como una fuerza ecológica y evolutiva que puede jugar un papel clave en los procesos a nivel de poblaciones, comunidades y ecosistemas (Andrewartha y Birch, 1954; Lomnicki, 1980). Esta heterogeneidad puede determinar la riqueza de especies de un lugar así como la diversidad específica (Southern, 1979); los organismos responden a ella con distintas estrategias de alimentación, conductuales, reproductivas y energéticas (Delany, 1974; Vaughan, 1988).

Comprender la naturaleza de la relación entre heterogeneidad del hábitat y los procesos ecológicos es importante para determinar las respuestas a nivel temporal y espacial.

La heterogeneidad del hábitat es reconocida como un complejo mosaico de macro y microambientes que afectan profundamente la adecuación individual y determinan en gran medida la dinámica poblacional (Lomnicki, 1980; Solomon, 1977; Lidecker, 1978). Por ejemplo la heterogeneidad del hábitat afecta a la coexistencia de las especies (Rosenzweig, 1981; Rosenzweig y Winakur, 1969; Adler, 1985), la selección y uso del hábitat (Rosenzweig, 1981, 1988), el éxito reproductivo y la historia de vida (Stearns, 1977).

En regiones templadas la estacionalidad influye marcadamente en el comportamiento poblacional, reproductivo, cambios en los patrones de alimentación, movimientos locales, migraciones y, de manera indirecta, en características del hábitat tales como fenología y disponibilidad del alimento (August, 1983; Ceballos, 1989). La estacionalidad en la temporada de lluvias es un factor clave para los procesos que se dan en las zonas templadas, ya que afecta de forma marcada a los ritmos temporales y espaciales de los ciclos de vida de plantas y animales. Así, sucesos tales como la reproducción se dan al final de la temporada de lluvias debido a características del hábitat tales como fenología y disponibilidad del alimento (Janzen y Wilson, 1983).

La reproducción en hábitats altamente estacionales tiende a estar más concentrada en un tiempo que en hábitats más estables (Fleming, 1971, 1974). Además las fluctuaciones poblacionales son más severas y la probabilidad de extinciones locales es mayor que en los hábitats estables, productivos y estructuralmente complejos (Fleming, 1974; August, 1983).

En la región templada del centro de México la estacionalidad es relativamente marcada, por lo que la disponibilidad de los recursos está estrechamente relacionada con los patrones climáticos. La reproducción y la dinámica de poblaciones de las especies de

pequeños mamíferos muestra una marcada sincronía con la época de mayor disponibilidad de recursos que se presenta en el verano (Sánchez-Cordero, 1980; Canela, 1981; Rojas, 1984; Gómez, 1990; Sánchez-Cordero y Canela, 1991). Esta sincronía ha sido observada en especies tan diferentes como *Microtus mexicanus*, *Neotomodon alstoni*, *Peromyscus melanotis*, *P. maniculatus*, *Reithrodontomys megalotis* y *R. Chrysopsis* (Cervantes-Reza, 1987; Gómez, 1990; Sánchez-Cordero y Canela, 1991).

El presente estudio tiene como objetivo general evaluar la influencia de la heterogeneidad ambiental sobre la dinámica de poblaciones y la estructura de comunidades de las especies de roedores en un matorral xerófito.

Las preguntas principales son las siguientes:

- 1) ¿Cuáles son las especies de pequeños mamíferos (roedores, principalmente) que habitan en el matorral de palo loco (*Senecio praecox*)?
- 2) ¿Cuál es la composición y diversidad de especies de la comunidad de roedores?
- 3) ¿Cuáles son los patrones reproductivos y de la dinámica poblacional, así como su variación temporal y espacial?
- 4) ¿Existe un uso diferencial del hábitat por parte de las especies de roedores?

## AREA DE ESTUDIO

### Ubicación

El área de estudio se localiza en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel que se encuentra en la delegación de Tlalpan al sur de Ciudad Universitaria, Distrito Federal, entre los paralelos  $19^{\circ}20'22''$  y  $19^{\circ}13'25''$  de latitud norte y los meridianos  $99^{\circ}08'26''$  y  $99^{\circ}14'3''$  de longitud oeste. Es una área que se extendió desde el Pedregal de San Angel (pueblo) hasta la falda del Ajusco y ocupaba una área de aproximadamente  $80 \text{ Km}^2$  que se ha restringida a no más de  $2.9 \text{ Km}^2$  (Alvarez et al, 1982). La elevación a la que se encuentra es  $2,540 \text{ m.s.n.m.}$

### Topografía

El Pedregal está constituido por una gruesa de capa de lava, producto de la erupción del Volcán Xitle y tiene una edad aproximada de 2,500 años (Diego, 1970). Está formado principalmente por roca ígnea basáltica de olivino con afinidad alcalina, arena volcánica y material piroclástico. La superficie de basalto es compacta en algunas partes y en otras tiene un aspecto vesiculoso, presentando oquedades y grietas de profundidad y forma variable (Diego, 1970).

La topografía es muy accidentada, presentando cuevas, hondonadas y promontorios rocosos. El medio es muy heterogéneo, con una gran cantidad de microambientes, los cuales han permitido el establecimiento de plantas con requerimientos ambientales muy diversos y que conforman una flora muy variada (Alvarez et al., 1982).

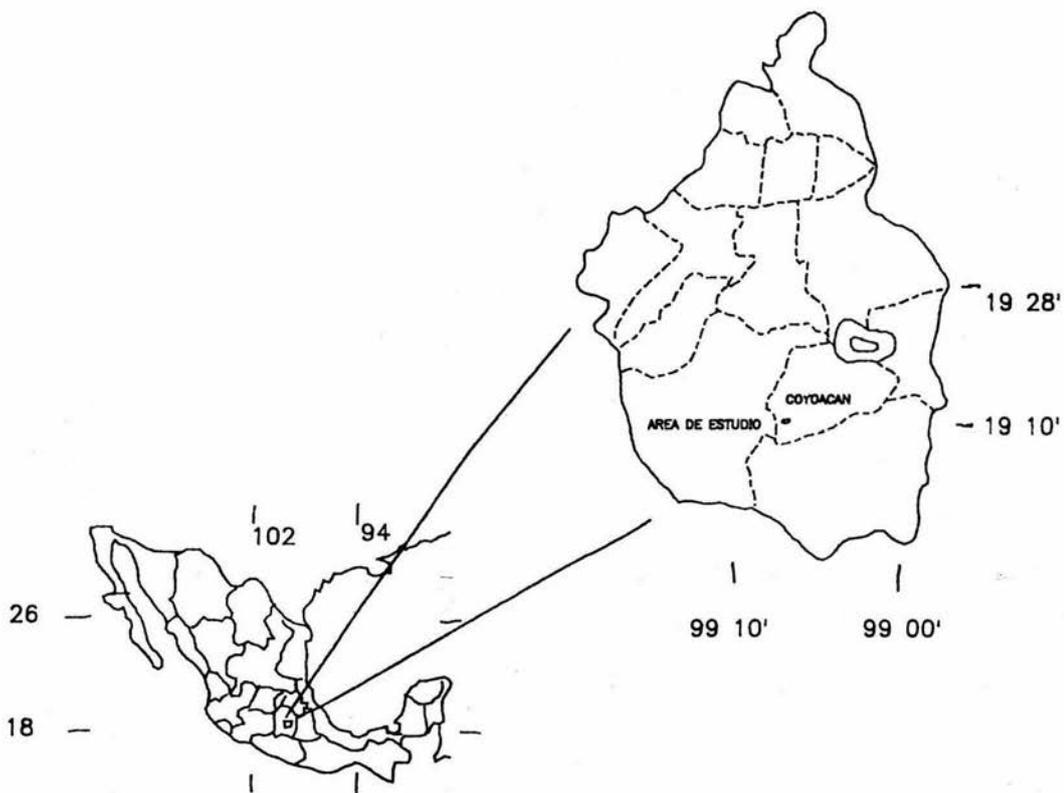


Figura 1. Localizacion del area de estudio

### Clima

Según la clasificación climática de Köppen modificado por García (1988), el clima del Pedregal es templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano (Cb(W1)(W)). Se encuentra entre las isoterms de 15.3 °C y 15.6 °C. Las isoyetas tienen como límites superior e inferior 814.7 mm y 925.7 mm respectivamente, con un promedio anual de 870.2 mm. Existe una época de secas de octubre a mayo y la de lluvias es de mayo a octubre. La evaporación promedio es de 1702 mm/año.

### Vegetación

Las asociaciones vegetales originales del Pedregal, en un gradiente elevacional que abarcaba de los 2240 hasta los 3100 m, incluían al matorral de palo loco (*Senecio praecox*), al matorral de encinos, al bosque de encinos, al bosque de pinos, al bosque de oyamel y al bosque de aile, asociaciones que dependen para su establecimiento tanto del sustrato como de la sucesión y la latitud (Rzedowski, 1954). La asociación de Palo loco, sólo se encuentra en la actualidad en la Reserva del Pedregal (Alvarez et al., 1982). Es un matorral xerófilo abierto de estructura heterogénea, en el que existían registradas 350 especies de plantas, de las que se han registrado recientemente 226 plantas nativas (Rzedowski, 1954, 1979; Valiente-Banuet y De Luna, 1990).

Algunas de las especies arbustivas y arbóreas dominantes son *Senecio praecox*, *Opuntia tomentosa*, *Agave ferox*, *Wigandia urens*, *Senna septentrionalis*, *Verbesina virgata*, *Montanoa tomentosa*, *Dodonaea viscosa*, *Eupatorium petiolare*, *Buddleia chordata* y *Buddleia parviflora*. La mayoría de estos arbustos superan el metro de altura. En el estrato herbáceo predominan las gramíneas y las compuestas de las cuales la más abundante es

*Muhlenbergia robusta*, siendo menos conspicuas *Muhlenbergia rigida* y *M. plicata* así como *Dahlia coccinea*.

Las familias de plantas mejor representadas son las gramíneas, las compuestas y las leguminosas, una limitante para el establecimiento de las especies arbóreas es la escasez del suelo (Diego, 1970). Fenológicamente, el período vegetativo se inicia a fines de mayo hasta agosto y en septiembre y octubre se presenta el máximo de plantas en flor y fruto aunque en noviembre, diciembre y enero se reproducen otras especies, siendo muy pocas las plantas activas entre febrero y mayo (Rzedowski, 1954).

#### Fauna de Mamíferos

Históricamente se han reportado 33 especies de mamíferos en El Pedregal (Villa, 1953; Ceballos y Galindo, 1984), número que se ha reducido en la actualidad a 23 especies, ya que han desaparecido 6 especies de ratones, una musaraña, una tuza, una ardilla y una comadreja (Negrete, 1991; Chávez y Ceballos, 1992; Apendice 1).

## MÉTODOS

### Muestreo

En el matorral de palo loco, se establecieron dos cuadrantes de muestreo, separados de 30-50 m con una dirección Norte-Sur, cerca del Centro de Ecología en la Ciudad Universitaria de la UNAM. Para el muestreo de los roedores se empleó el método de captura-recaptura, usando trampas tipo "Sherman" (28 X 8 X 9 cm). En cada cuadrante se colocaron 100 trampas separadas entre sí por una distancia de 10 m formando un reticulado, con 10 hileras y 10 columnas, abarcando una área de 8,100m<sup>2</sup> (0.81 ha). El trapeo se realizó cada mes en luna nueva durante tres noches en cada cuadrante, en el período que abarca los meses de septiembre de 1989 a octubre de 1990.

Las trampas se cebaron con una mezcla de hojuelas de avena, crema de cacahuete y esencia de vainilla. En el interior de las trampas se puso un poco de algodón natural, como protección para los animales contra el frío y la humedad.

A los individuos capturados se les tomaron los siguientes datos: 1) número de trampa; 2) especie; 3) el número del individuo; 4) sexo; 5) estado reproductivo: para hembras el estado de la vagina (cerrada, abierta o taponada), tetas (no visibles, largas o lactantes) y preñez (presencia de embriones por palpación). En machos, la posición de los testículos (escrotados o abdominales); 6) longitud de la pata y oreja izquierdas (mm); y 7) peso (g). Los organismos capturados fueron marcados mediante un arete numerado en la oreja, excepto *Reithrodontomys* que debido a tamaño, fue marcado por ectomización de falanges y liberados en el lugar de captura. Las especies fueron identificadas en el campo siguiendo las descripciones de Ceballos y Galindo (1984) y en el laboratorio por medio de las de Hall

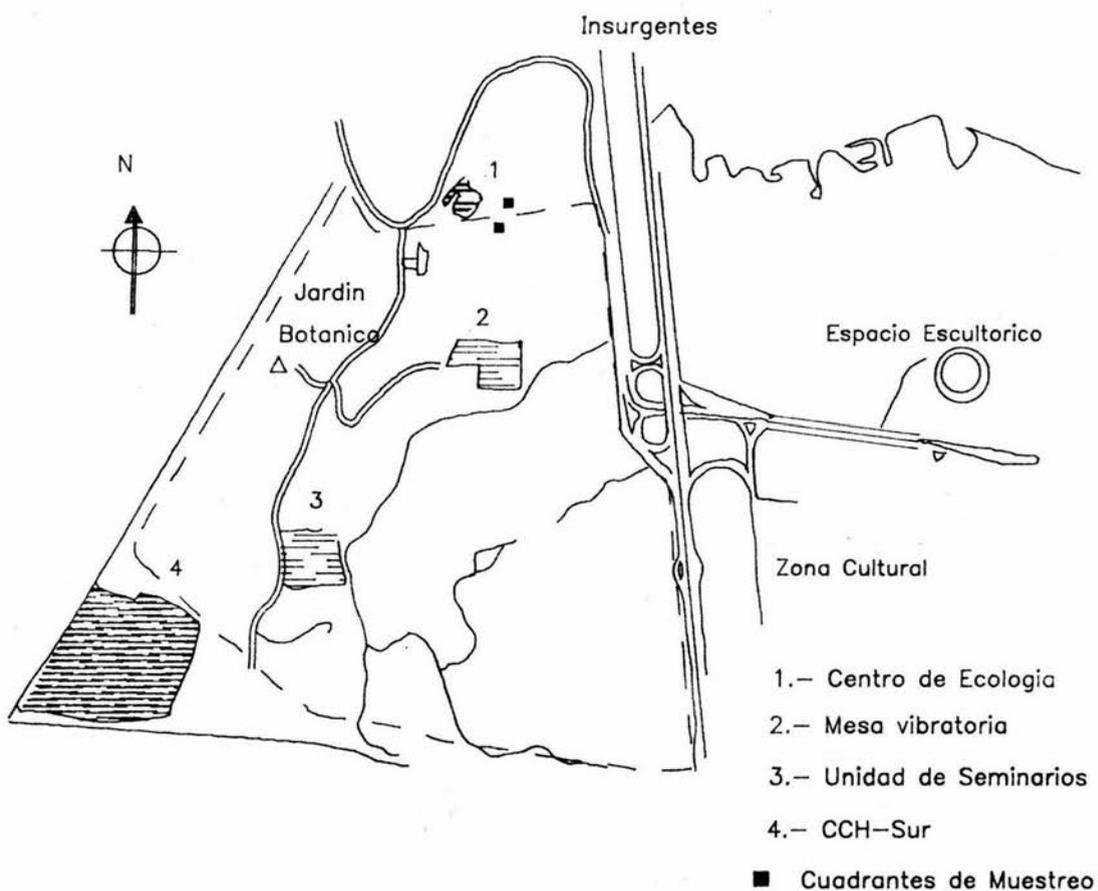


Figura 2. Localizacion de los cuadrantes de muestreo en la Reserva del Pedregal de San Angel

(1981). Se colectaron algunos ejemplares de cada especie para su comparación con ejemplares de la colección del Instituto de Biología (U.N.A.M.).

Se midió la estructura del hábitat y también la riqueza de especies vegetales entre abril y mayo de 1990, tomando las estaciones de trapeo como el centro de una circunferencia cuyo radio para herbáceas era de 0.81 m y para árboles y arbustos de 5 m. Los siguientes parámetros fueron medidos: 1) número de trampa; 2) inclinación del terreno; 3) cobertura: a) herbáceas, b) arbustos, c) árboles (medido por diámetro mayor más el menor/4 todo ello al cuadrado multiplicado por Pi); 4) altura (herbáceas, arbustos y árboles); 5) número de tallos leñosos que tocaran una varilla de 0.8 m alrededor de la trampa; 6) número de tallos de arbustos (por individuo); 7) diámetro a la altura de pecho (DAP) en árboles a una altura de 1.5 m, si se ramificaba antes se tomó la medición de las ramificaciones y se promedió; 8) profundidad de la hojarasca (medida con una regla, en cuatro direcciones a 5 m de la trampa); 9) suelo desnudo (% de suelo desprovisto de vegetación que se encontraba dentro de la circunferencia de 5 m de radio); 10) número de especies de enredaderas (que se encontraban en el suelo y/o trepadas, en la circunferencia de 5 m de radio); 11) número de macollos; 12) porcentaje de cobertura: de macollos, opuntias, "orejas de burro" (*Echeverria gibbiflora*) y agaves en una circunferencia de 5 m de radio; 13) porcentaje de musgos (el porcentaje en un círculo de .8m de radio), 14) Influencia humana esto es el daño ocasionado por un cortado de algunos arbustos en algunas trampas. La mayoría de las medidas de estructura utilizadas fueron similares a las registradas por Ceballos (1989).

Para determinar la relación entre fenología, clima y disponibilidad de alimento con relación a los insectos, se utilizó la técnica conocida como pared de manta (Southwood,

1988) que consistía en una manta de 1 m<sup>2</sup>, con un foco de luz de mercurio, colocada durante dos horas después de oscurecer, en los meses de enero a octubre de 1990, durante los períodos de muestreo.

### Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron de acuerdo a Zar (1984), considerándose una alfa menor de 0.05. El término NS quiere decir que el resultado de los análisis no fue estadísticamente significativo.

Para calcular la diversidad de especies se empleó el índice de Shannon-Wiener (H'), la diversidad máxima (H' max) y la equitatividad (J') (Zar 1984).

$$H' = -\sum p_i \log_{10} p_i$$

donde H' = diversidad

S = número de especies

Pi = proporción de la especie i con respecto al total (ni/Nt)

Se hizo una comparación de la diversidad entre sitios usando la fórmula de Zar (1984).

Para los análisis de comparaciones de las densidades entre los cuadrantes se ocuparon los datos promedio, utilizando pruebas de U de Mann-Whitney, para diferenciar entre dos medias de valores no paramétricos, ya que los datos no se comportaban de una manera normal (Siegel, 1982).

Para el cálculo de las densidades de los organismos se empleó el método del número mínimo vivo (MNV) (Krebs 1966; Apendice 1), un método ampliamente usado (Krebs y

Tamarin 1966; Ceballos 1989, 1990). Este método es más confiable que otros métodos de uso común, tales como el método estocástico de Jolly o el método de enumeración directa (Smith, 1968; Cameron, 1977). El NMV no es sensible a los cambios en porcentajes de recaptura como el método de Jolly, debido a que no depende de la historia de trampeo y por ello se acerca a la enumeración directa. Es un índice de densidad más confiable que la enumeración directa, ya que toma en cuenta a los organismos que por alguna razón no se capturaron durante un período particular del trampeo pero que se capturaron subsecuentemente. La enumeración directa no incluye a estos individuos, lo que nos da una subestimación de la densidad poblacional verdadera (Cameron, 1977).

Aunque uno de los inconvenientes del NMV es que la heterogeneidad y la respuesta a la trampofilia no están consideradas, variables que sí se consideran en el método de Jolly-Seaber y en los cambios numéricos de la demografía el NMV puede subestimar a la población (Nicholson y Pollock, 1983; Ceballos, 1989).

Las densidades poblacionales se calcularon tomando en cuenta el área cubierta por el reticulado (0.81 ha.) y por el área efectiva de trampeo muestreada por las trampas (1 ha.). El área efectiva se estimó añadiendo una franja de 10 m de ancho alrededor del perímetro del cuadrante, lo que representa la distancia promedio que se movieron los individuos de las especies abundantes en recapturas sucesivas. La densidad poblacional fue calculada tomando el área efectiva de trampeo.

Se analizaron los datos de la densidad de una manera temporal y espacial. A una escala temporal se analizaron los datos con un modelo "log-lineal" para examinar las posibles interacciones de tres diferentes variables. Para ello se realizó una tabla de contingencias que

se procesó mediante un análisis de devianza del paquete estadístico de modelos generales lineales (GLIM, 1985) para determinar si la variación que se obtuvo en las densidades era debida a la época del año o al cuadrante o si eran características de las especies o a la combinación de estas. Un "modelo" en análisis estadístico es una expresión de cómo los datos observados (frecuencias observadas en este caso) son afectadas por las variables y la combinación de variables. El término "log-lineal" se refiere al procedimiento mediante el cual una relación multiplicativa se transforma en una lineal mediante el uso de logaritmos (Zar, 1984).

Para reducir la dimensionalidad de las variables del microhábitat se utilizó el análisis de componentes principales (ACP). El ACP reduce a los datos originales que puedan tener un número de variables redundantes (i.e., correlacionadas) en una nueva posición de pocas variables orthogonales (no correlacionadas) conteniendo la misma suma de información (Adler, 1985). Se utilizó una matriz de correlación a causa de que las variables tienen diferente escala. Se determinó un ACP para cada cuadrante, usando cada estación de trampeo como una observación individual. Componentes con eigenvalores más grandes que uno fueron utilizados para el análisis de las preferencias de microhábitat de los roedores.

Las preferencias de microhábitat son identificadas de una manera horizontal y para ver si éstas se encontraban asociadas con las capturas en cada estación de trampeo, se utilizó una regresión múltiple, donde el número de capturas fue la variable dependiente y las variables del hábitat derivadas del ACP las independientes (Holbrook, 1979; Adler, 1985).

## RESULTADOS

### Base de Datos

Se muestreó un total de 4200 noches-trampa para cada cuadrante. El éxito de trapeo 20.95 % y de 24.86% para los dos cuadrantes. Se capturaron 6 especies que incluyen a *Sorex saussurei*, *Didelphis virginiana*, *Spermophilus variegatus*, *Reithrodontomys fulvescens*, *Neotoma mexicana* y *Peromyscus gratus* representantes de 3 órdenes, 4 familias y 6 géneros. Apartir de aquí, todas las especies se referiran por su nombre générico.

### Diversidad y Composición de Especies

El número acumulativo de especies como una función del esfuerzo de trapeo, mostró que el máximo de especies se alcanza casi simultaneamente en junio (Figura 3). También se apreció que en el cuadrante I se capturaron todos los cricétidos en los tres primeros meses. Las diferencias en la acumulación de especies pueden deberse principalmente a las especies raras y a los periodos reproductivos de estas, ya que de las especies que no son roedores cricétidos, se capturaron individuos juveniles principalmente.

La riqueza de especies en los dos cuadrantes fue de 6 especies. La diversidad no es diferente entre los cuadrantes ( $t=0.13$   $p>0.05$   $n=6$ ) tomando en cuenta a todas las especies capturadas (Cuadro 1). La diversidad de los roedores cricétidos (*Peromyscus*, *Neotoma* y *Reithrodontomys*) mostró una diversidad mayor ( $t=3.972$   $P<0.0025$   $n=3$ ) en el cuadrante I. Los cuadrantes van a estar expresados por una C y su número en romano.

**CUADRO 1.** Número de especies que suman más del 95% de capturas (por ejemplo especies comunes), número de individuos, diversidad de especies ( $H'$ ), diversidad máxima ( $H'_{\text{máx}}$ ) y equitatividad ( $J$ ) en el Pedregal de San Angel.

	No. DE ESPECIES	ESPECIES COMUNES	NUMERO DE INDIVIDUOS	$H'$	$H'_{\text{máx}}$	$J$
CUADRANTE 1	6	3	172	0.31	0.48	0.14
CUADRANTE 2	6	2	166	0.17	0.30	0.08
TOTAL	6	3	338	0.25	0.48	0.10

### Abundancias Relativas

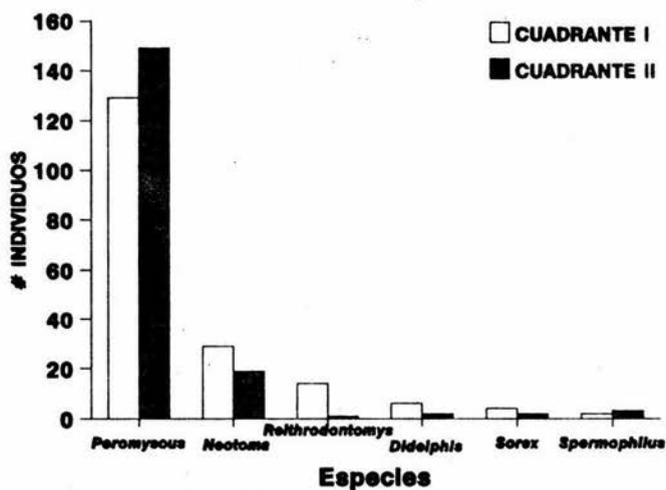
Las especies se clasificaron como abundantes si estaban representadas por más de 40 individuos, comunes de 10-39 y escasas con menos de 9 individuos. Para el cuadrante I se encontró una especie abundante (*Peromyscus*), dos especies comunes (*Neotoma* y *Reithrodontomys*) y tres escasas (*Sorex*, *Spermophilus* y *Didelphis*); mientras que para el cuadrante II las especies mostraron las mismas abundancias, con excepción de *Reithrodontomys* que fue escasa (Cuadro 2).

*Peromyscus* fue más abundante en el cuadrante II (146 vs 129 individuos) y *Neotoma* menos abundante en este cuadrante (19 vs 29) (Cuadro 2). Se encontraron diferencias significativas ( $X^2=14.34$ ,  $g.l.=2$ ,  $p<0.005$ ) de todos los cricétidos para los dos cuadrantes utilizando una tabla de contingencias. En *Neotoma* se encontraron diferencias significativas en el número de capturas por sexo entre los dos cuadrantes ( $X^2=11.97$   $g.l.=1$   $p<0.0005$ ; cuadro 2).

No se encontraron diferencias significativas entre cuadrantes en el número de individuos de *Peromyscus* ( $X^2= 1.04$ ,  $g.l.=1$ ,  $P<0.10$ ) y *Neotoma* ( $X^2=2.04$ ,  $g.l.=1$ ,  $P<0.10$ ) respectivamente; sin embargo, en *Reithrodontomys* si se encontraron diferencias significativas ( $X^2=9.6$ ,  $g.l.=1$ ,  $0.005 P>0.001$ ). En cuanto a individuos por sexo se encontraron diferencias significativas en el número de individuos machos de *Neotoma* entre cuadrantes ( $X^2=8.45$ ,  $g.l.=1$ ,  $0.005 P>0.001$ ). En el total (es decir CI más el C2) se encontró un mayor número de individuos hembras que de machos, en *Neotoma* ( $X^2=7.58$ ,  $g.l.=1$ ,  $P>0.005$ ), mientras que para *Reithrodontomys* también se encontró mayor número de hembras que de machos (14 y 1 para el CI y CII;  $X^2=5.78$ ,  $g.l.=1$ ,  $P>0.025$ ) (Cuadro 2).

A)

## Diversidad



B)

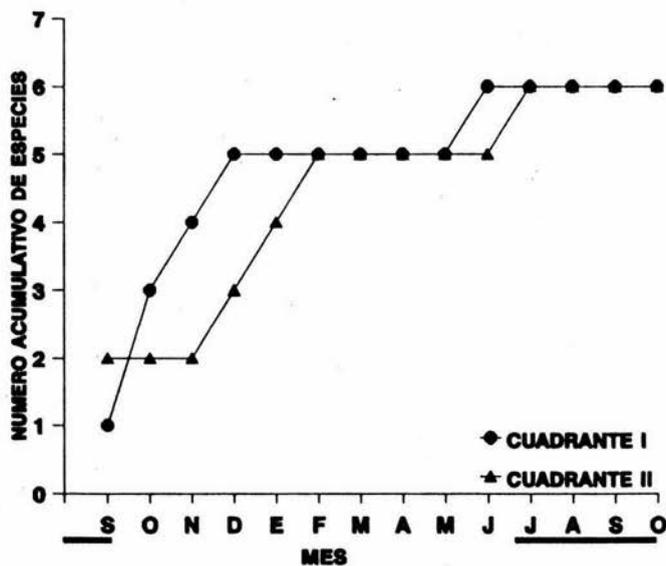


Figura 3. A) Diversidad y composición de las especies de pequeños mamíferos. B) Número acumulativo de especies como función del tiempo en el Pedregal de San Angel.

CUADRO 2.- Respuesta al trampeo por poblaciones de roedores en el Pedregal de San Angel.

ESPECIES	CAPTURAS			# DE INDIVIDUOS CAPTURADOS			CAPTURAS PROM. POR INDIVIDUO			DENSIDAD (IND/Ha)			PROMEDIO DE AUSENCIAS (MESES)		
	M <sup>1</sup>	H <sup>2</sup>	TOT <sup>3</sup>	M	H	TOT	M	H	TOT	M	H	TOT	M	H	TOT
<i>Peromyscus gratus</i>															
CUADRANTE 1	307	479	786	61	68	129	4.4	7.8	6.1	12.4±3.0	17.1±5.8	14.2±5.0	0.2	0.2	0.2
CUADRANTE 2	385	614	999	65	81	149	5.9	7.6	6.8	15.9±6.0	22.1±7.4	38.0±13	0.3	0.2	0.3
TOTAL	692	1093	1785	127	149	275	5.2	7.7	6.5	14.2±5.0	19.6±7.1	33.7±11.6	0.3	0.2	0.2
<i>Neotoma mexicana</i>															
CUADRANTE 1	39	40	79	17	12	29	2.2	3.3	2.6	2.4±1.8	2.6±2.6	5.1±1.7	0.5	0.7	0.5
CUADRANTE 2	08	36	44	03	16	19	2.7	2.2	2.3	0.5±0.7	2.1±1.3	2.7±1.7	1.7	0.4	0.6
TOTAL	47	76	126	20	28	48	2.2	2.7	2.5	1.5±1.7	2.4±2.1	3.9±3.2	0.5	0.6	0.6
<i>Reithodontomys fulvescens</i>															
CUADRANTE 1	02	13	15	02	12	14	1	1.1	1.1	0.1±0.3	1.0±0.9	1.1±1.1	---	---	---
CUADRANTE 2	00	01	01	01	00	01	1	0.0	0	---	0.1±0.3	0.1±0.3	---	---	---
TOTAL	03	14	16	03	12	15	1	1	1	0.1±0.3	0.5±0.8	0.6±0.9	---	---	---

<sup>1</sup> M= MACHOS

<sup>2</sup> H= HEMBRAS

<sup>3</sup> TOT= TOTAL

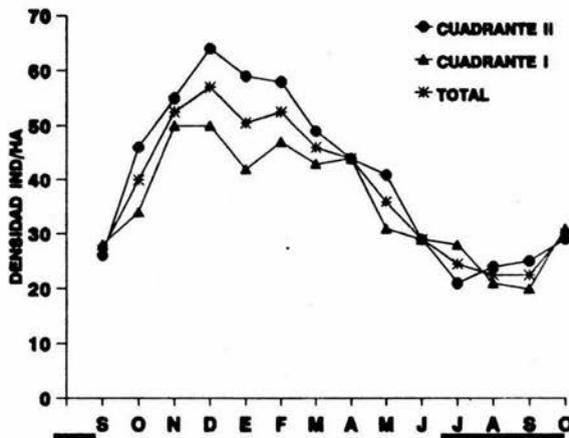
### Dinámica de Poblaciones

La densidad poblacional total promedio (todas las especies y los dos cuadrantes juntos), fue de 33.7 ind/ha. La densidad poblacional mostró un incremento continuo los primeros seis meses del estudio (septiembre a febrero), alcanzando un máximo en diciembre (57.5 ind/ha). En los meses posteriores decreció hasta alcanzar un mínimo de julio a septiembre (22.8 ind/ha)(figura 4A).

La densidad se incrementa significativamente después de la época de lluvias (Figura 4A). Los cuadrantes no son similares ya que hubo diferencias significativas en las densidades ( $U=82$ ,  $n_1=14$  y  $n_2=14$   $P<.05$ ; Cuadro 2). El promedio de la densidad de todas las especies en el Cuadrante I fue de  $35.57 \pm 10$  ind/ha, presentándose la más baja en septiembre de 1990 y la más alta en noviembre y diciembre con 50 ind/ha. En el Cuadrante II la densidad poblacional promedio fue de  $40.7 \pm 14.4$  ind/ha, con la más alta en diciembre (64 ind/ha.) y la mínima en julio (21 ind/ha.).

La densidad promedio total (los dos cuadrantes juntos) de *Peromyscus* y *Neotoma* fue de  $33.7 \pm 11.6$  ind/ha y de  $3.9 \pm 3.2$  ind/ha respectivamente. Para *Peromyscus* fue de  $29.5 \pm 8$  ind/ha y  $38 \pm 13$  ind/ha en el I y II respectivamente. Los cambios poblacionales de *Peromyscus* en ambos cuadrantes son de tendencias similares con la época de aumento poblacional a finales de la temporada de lluvias, pero se encontró que existe una mayor densidad en el cuadrante II ( $U$  Mann-Whitney  $U=63.5$ ;  $n=14$ ;  $P<0.05$ ; Cuadro 2). La densidad poblacional promedio de *Neotoma* fue de  $5.1 \pm 3.9$  ind/ha y de  $2.7 \pm 1.7$  ind/ha para los cuadrantes I y II respectivamente (Figura 5). En *Neotoma* existe el patrón general poblacional, pero existe un máximo en febrero y marzo (Cuadro 2).

### A) TODAS LAS ESPECIES



### B) *Peromyscus gratus*

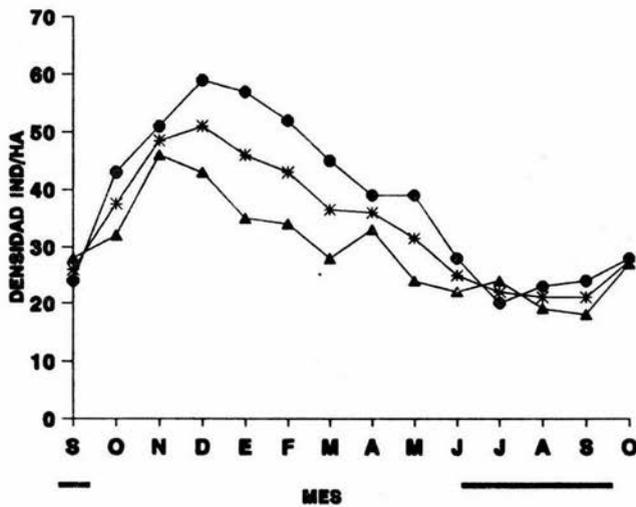


Figura 4. Variación temporal de las densidades de pequeños mamíferos en el Pedregal de San Angel. A) Todas las especies y B) *Peromyscus gratus*. La línea debajo de los meses representa la temporada de lluvias en todas las gráficas.

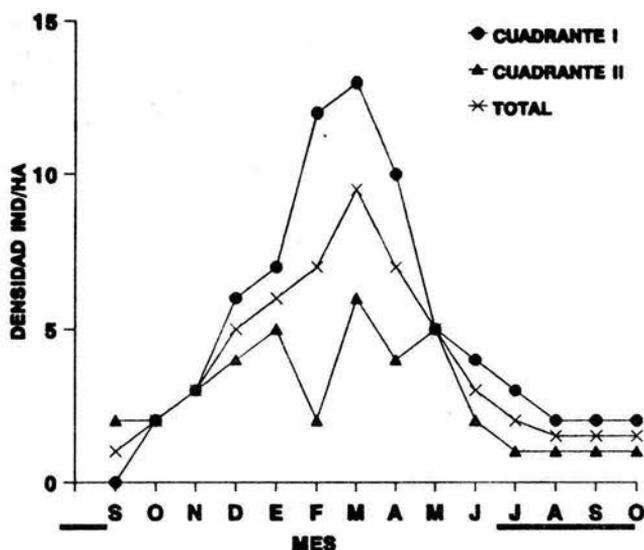


Figura 5. Variación temporal en la densidad de *Neotoma mexicana* en el Pedregal de San Angel.

### Biomasa y Peso Corporal

La biomasa se definió como la sumatoria de los pesos de todos los individuos por unidad de área (g/ha). El promedio mensual de los roedores para los dos cuadrantes fue de 1083 g/ha (Cuadro 3). La biomasa en general exhibió los mismos cambios que las densidades poblacionales, siendo la biomasa total de cada cuadrante similar ( $t=0.19$   $gl=26$   $p<0.05$ ; Cuadro 3). En el mes de septiembre de 1989 se presentó el valor más bajo de la biomasa (741 g/ha) y en el mes de febrero el más alto (2365.8 g/ha).

La biomasa de todas las especies fue parecida en los dos cuadrantes, pero *Peromyscus* en el cuadrante II, contribuyó con el 71.2 %, mientras que en el cuadrante I sólo fue de 50.4%; es decir contribuyó con el 60.9% de la biomasa total.

*Peromyscus* observa un comportamiento similar a las densidades (figura 6B). En el cuadrante I la mayor biomasa se observó en enero (contrastando con el mes de mayor densidad poblacional, noviembre), además mostró una baja de biomasa considerable en diciembre y el mes con menor biomasa fue septiembre de 1990. En el Cuadrante II en enero se registro la mayor biomasa y en agosto la menor.

La biomasa total es mayor en el cuadrante I y en el cuadrante II ( $t=3.13$   $gl=26$   $p<0.005$ ; y  $t=2.53$   $p<0.025$  respectivamente). Se encontró una mayor biomasa en el cuadrante II al compararla con el I ( $t=2.13$   $gl=26$   $p<0.05$ ; Cuadro 3).

En *Neotoma* la biomasa es relativamente constante en los dos cuadrantes ( $587\pm 530$  y  $419\pm 267$  para el I y el II respectivamente) (figura 6B). En el cuadrante I la biomasa de todas las especies tuvo su valor más alto en marzo (2365.8 g/ha) y el más bajo en agosto (416.7 g/ha). En el cuadrante II los meses con mayor y menor biomasa fueron febrero (1897.9 g/ha) y agosto (429 g/ha) respectivamente. Se encontró que existe mayor biomasa de hembras que de machos en el cuadrante II ( $X^2=2.59$   $gl=26$   $p<0.025$ ; Cuadro 3).

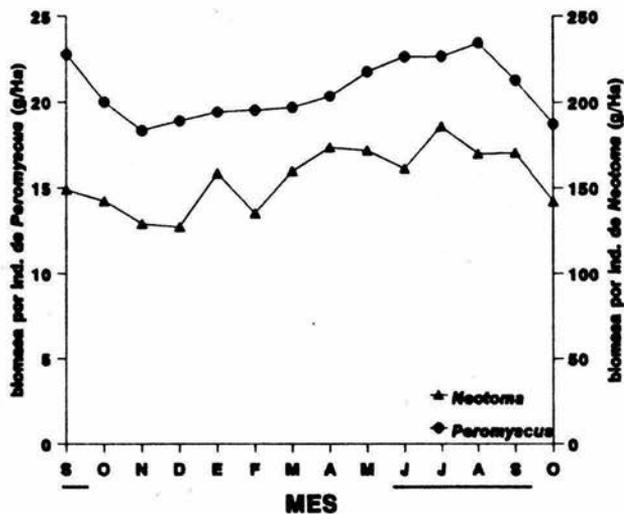
El peso corporal promedio ( $20.2 \pm 4.2$  g/ind) de *Peromyscus* fue similar en los dos cuadrantes. El valor más alto en promedio para los cuadrantes fue registrado en agosto y el más bajo en noviembre (figura 6A).

En *Neotoma* el promedio total fue de  $149.5 \pm 38.4$  g/ind; se observaron fluctuaciones considerables en el peso promedio por mes (figura 6A) y hubo ligeras diferencias entre el Cuadrante I y II ( $155.7 \pm 30.7$  g/ind y  $139.4 \pm 46.6$  g/ind respectivamente). Se encontraron diferencias significativas en el Cuadrante II entre machos ( $219.3 \pm 25.9$ g) y hembras ( $157.4 \pm 46.6$ g).

CUADRO 3.- Características generales de los cricétidos capturados en el Pedregal de San Angel. Se dá la media, la desviación estandar y el rango entre parentesis.

ESPECIE	MASA CORPORAL (gr)	PROPORCION DE SEXOS			BIOMASA (gr/Ha)		
	TOTAL	CUADRANTE 1	CUADRANTE 2	TOTAL	CUADRANTE 1	CUADRANTE 2	TOTAL
TODAS LAS ESPECIES					1103.7 ± 594.4 (416.7-2365)	1064.0 ± 495.5 (365.8-1897.8)	1082.9 ± 547.6 (365.8-2365)
<i>Peromyscus gratus</i>							
MACHOS	19.7 ± 3.8				231.8 ± 60.8 (122-358.1)	288.6 ± 117.6 (164.5-603)	260.2 ± 97.7 (122-603)
HEMBRAS	20.6 ± 4.4				324.5 ± 88.0 (188-490)	473.6 ± 235.4 (201.3-1186)	399.0 ± 192.7 (188-1186)
TOTAL	20.2 ± 4.2	1:1.1	1:0.8	1:0.9	556.3 ± 122.4	762.1 ± 34.3 (365.8-1789)	659.3 ± 279.4 (365.8-1789)
<i>Neotoma mexicana</i>							
MACHOS	173.0 ± 34.0				418.6 ± 297.2 (168-928)	331.1 ± 91.0 (67-551)	365.2 ± 272.3 (72-928)
HEMBRAS	160.7 ± 21.6				371.8 ± 302.8 (130-978)	232.2 ± 121.3 (72-411)	367.4 ± 257.0 (89-978)
TOTAL	149.5 ± 38.4	1:0.4	1:02	1:07	587.0 ± 539 (140-1834.6)	419.5 ± 267.4 (89-962)	514.1 ± 449.7 (89-1834.6)

A)



B)

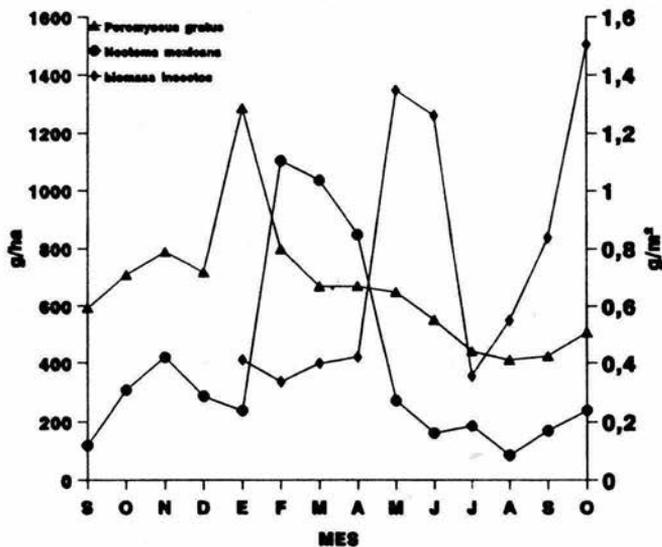


Figura 6. A) Peso promedio y B) biomasa de *Peromyscus* y de *Neotoma*, en el Pedregal de San Angel.

### Proporción de Sexos

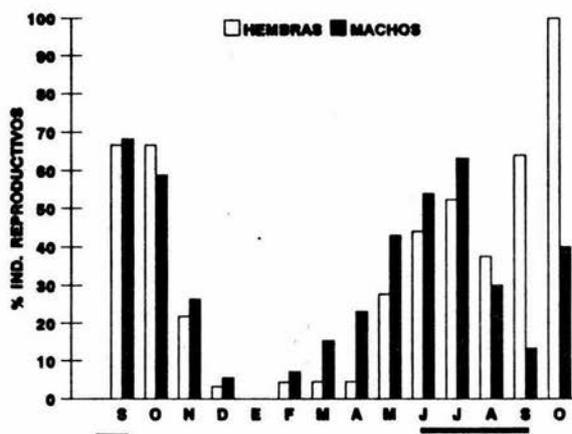
Considerando a el total de capturas la proporción de sexos en *Peromyscus* fue de 1.37:1 (Cuadro 3) y se encontró que en septiembre existe una mayor proporción hacia las hembras (1:2.6,  $X^2=6.23$  gl=1  $p<0.025$ ), mientras que esta proporción se revierte en diciembre (1.5:1,  $X^2=4.74$  gl=1  $p<0.05$ ) y octubre de 1990 (2.05:1,  $X^2=6.56$  gl=1  $p<0.025$ ) hacia los machos.

En *Neotoma* se encontró la mayor proporción de hembras que de machos en mayo (1:4,  $X^2=1.8$ , gl=1,  $p<0.05$ ), septiembre (0:2), diciembre (1:1.7), febrero (1:3.5), Abril (1.6:1); encontrándose un mayor número de hembras que de machos en febrero (1:3.5,  $X^2=5.5$ , gl=1,  $p<0.05$ ). En septiembre 1990 se encontró una proporción hacia los machos (2:1) no significativa ( $X^2=0.33$ , gl=1,  $p>0.05$ ).

### Reproducción

Se consideraron reproductivos: a las hembras que presentaran dos características de reproducción (tales como vagina taponada y tetas largas) y a los machos cuya posición de los testículos estuvieran escrotados. Para *Peromyscus* y *Neotoma* coincidentemente, el mes en el cual no se encuentran rastros de reproducción es enero, tanto en machos y hembras de ambas especies (figuras 7 y 8).

A)



B)

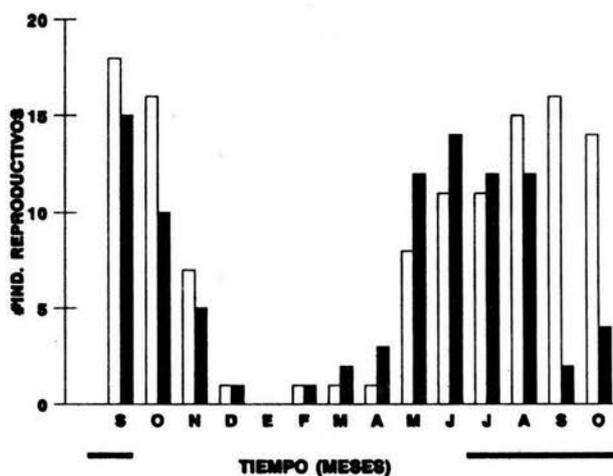
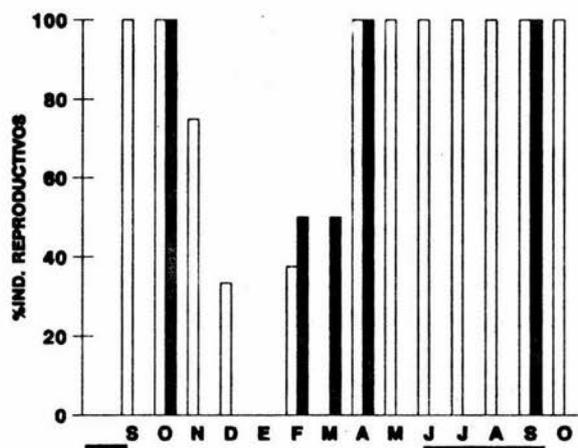


Figura 7. Variación temporal de la actividad reproductiva de machos y hembras de *Peromyscus gratus* en el Pedregal de San Angel. A) Proporción y B) número.



A)



B)

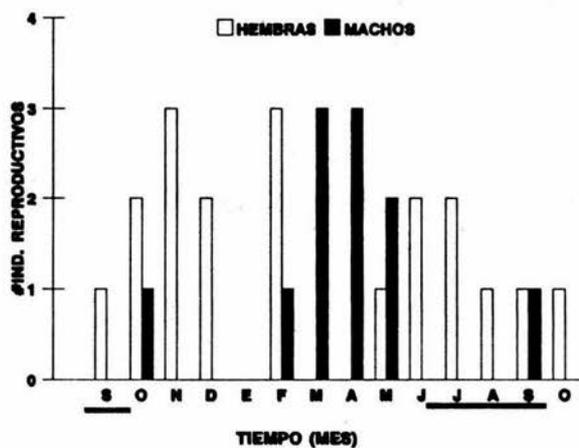


Figura 8. Variación temporal de la actividad reproductiva de machos y hembras de *Neotoma mexicana* en el Pedregal de San Angel. A) Proporción y B) número.

En *Peromyscus* los valores más altos en reproducción se alcanzan al final de la época de lluvias, en los meses septiembre y octubre de 1989. En estos mismos meses, pero de 1990 que el número y la proporción disminuyen en forma relativamente marcada (15 a 2 individuos y del 68 al 13%) ya que en este año se encontró un máximo en la proporción en julio con un 63% y 52% para hembras y machos respectivamente, disminuyendo gradualmente en los siguientes meses hasta octubre de 1990 (figura 7).

En *Neotoma* el comportamiento fue irregular, debido principalmente al número de individuos reproductivos capturados. Se puede apreciar un máximo en los meses de febrero a mayo, que coincide con los meses de más alta densidad (figura 8).

### **Reclutamiento**

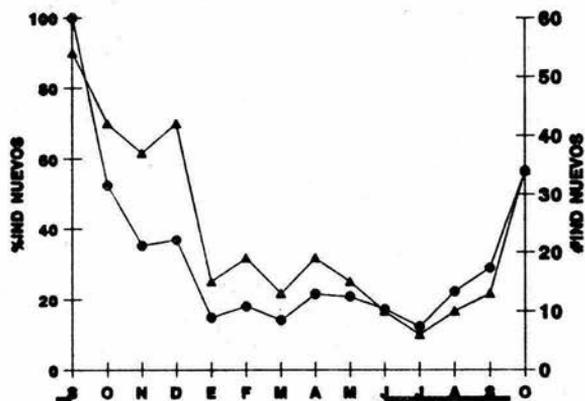
El reclutamiento se definió como la aparición de individuos sin marcar (Ceballos, 1989). Estos nuevos individuos se incorporaron a la población vía reproducción in situ o por inmigración de áreas adyacentes. Una alta proporción de individuos no marcados se encontraron en los dos primeros meses de muestreo.

Únicamente los individuos residentes fueron capturados por distintos períodos, cuando se marca por vez primera un individuo adulto es muy probable que pueda provenir de áreas adyacentes a el reticulado, ya que los organismos que nacen dentro de el cuadrante tienen una probabilidad muy alta de ser marcados después del destete. Los juveniles y subadultos pueden haber nacido dentro de el cuadrante o de áreas cercanas.

El reclutamiento de todas las especies disminuyó de septiembre de 1989 a enero de 1990 y tuvo un aumento de febrero a junio, disminuyendo en julio (12%) e incrementándose considerablemente en octubre de 1990 (57%) (figura 9A).

A)

## RECLUTAMIENTO TODAS LAS ESPECIES



B)

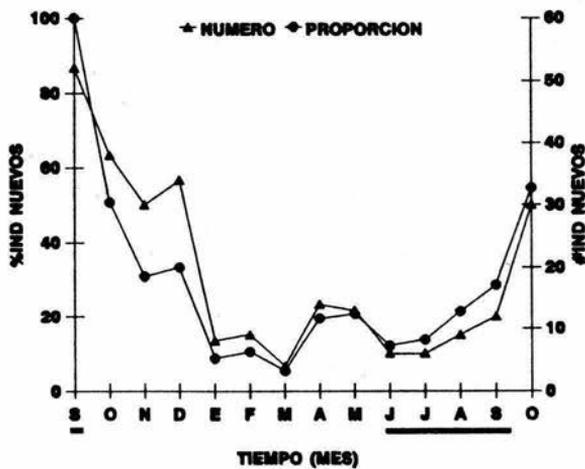


Figura 9. Reclutamiento de los roedores en el Pedregal de San Angel. A) Todas las especies y B) *Peromyscus gratus*.

El reclutamiento para *Peromyscus* fue decreciendo de septiembre de 1989 (100%) a marzo de 1990 (5%) y aumentó ligeramente en abril con 14 ind (19%). El mes con el reclutamiento más bajo fue julio con 4 individuos (14%) y aumentó de manera considerable hasta alcanzar 30 individuos (55%) en octubre, donde casi la mitad de organismos eran nuevos (figura 6B). Los patrones de reclutamiento en *Neotoma* fueron irregulares y dos veces se alcanza el 100% ello fue debido a que en esos meses solamente se capturaron dos individuos y fueron nuevos.

### **Estructura de Edades**

Para estudiar la estructura de edades en la población de *Peromyscus*, se agrupó a los organismos de acuerdo a tres clases de edades: juveniles, subadultos y adultos. Se definieron de acuerdo con sus características morfológicas externas, como el tipo de pelaje (Douglas 1969) y su masa corporal. Los juveniles son de pelaje gris homogéneo, con peso corporal menor de 14 g. En los subadultos se presenta una línea lateral ocre, con un peso entre 14 y 18 g. Los adultos son de color gris-ocre y un peso mayor de 19 g.

La estructura de edades en *Peromyscus* varió drásticamente en el estudio. El mayor porcentaje de individuos juveniles se capturó entre septiembre y enero de 1989 y en los meses de septiembre y octubre de 1990 hubo un reclutamiento bastante grande debido a la época reproductiva. El mes con más organismos fue octubre de 1990 (29). En los subadultos el mayor número se registró en febrero con 52 individuos y no se capturó ninguno en julio y agosto (figura 11). El mayor número de adultos se capturó en junio (44 animales) y el menor fue octubre de 1990 (24 individuos).

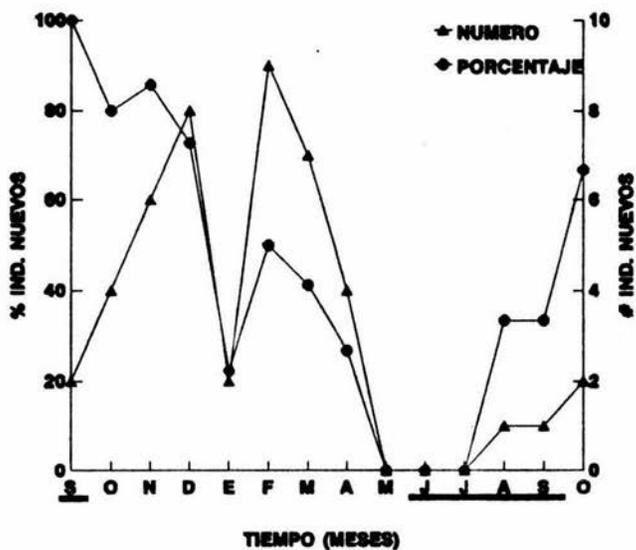


Figura 10. Reclutamiento de *Neotoma mexicana* en el Pedregal de San Angel.

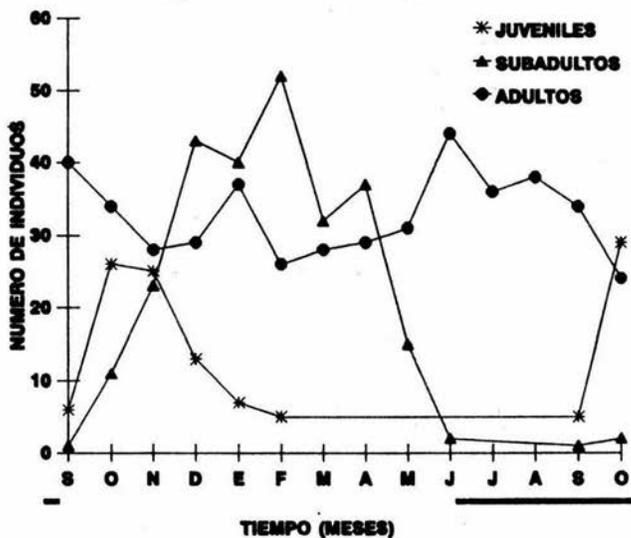


Figura 11. Estructura de edades de *Peromyscus gratus* en el Pedregal de San Angel.

### Sobrevivencia

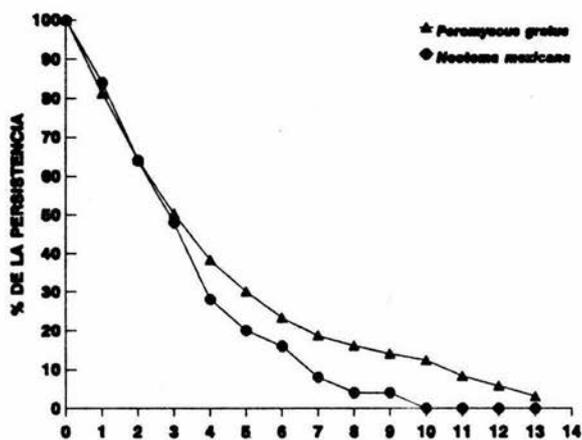
En poblaciones naturales de roedores es difícil evaluar la sobrevivencia ya que no es posible determinar si la pérdida de los organismos es por muerte o por dispersión. Para comparar tendencias entre poblaciones y especies, en este estudio fueron tomadas dos medidas relacionadas con la sobrevivencia, 1) Persistencia y 2) Residencia.

La persistencia fue definida como el porcentaje de individuos que sobreviven en el tiempo, para ello se excluyeron los organismos capturados una sola vez y los del último mes de trapeo. La residencia fue considerada como el promedio de tiempo en el cual los individuos estuvieron presentes en el área de estudio (Ceballos, 1989).

La persistencia de *Peromyscus* y *Neotoma* fue similar en los primeros meses del estudio (figura 12A); sin embargo, algunos individuos de *Peromyscus* estaban presentes después de 13 meses de trapeo, mientras que todos los ejemplares de *Neotoma* desaparecieron después de 9 meses. El 49.7% de los individuos de *Peromyscus* desaparecieron en 3 meses y únicamente el 3.1% (6 individuos) sobrevivieron hasta el final del estudio (13 meses). El promedio de residencia total fue de 3.6 meses, hubo algunas diferencias entre sexos, ya que en las hembras fue mayor que en los machos (2.95 y 4.2 meses respectivamente).

En *Neotoma* se observó que en los tres primeros meses había desaparecido el 52% de los individuos y sólo uno (4%) permaneció en el lugar hasta los 9 meses (figuras 12). La residencia total fue de 2.12 meses; para hembras y machos fue de 1.64 meses y 3.85 meses respectivamente.

A)



B)

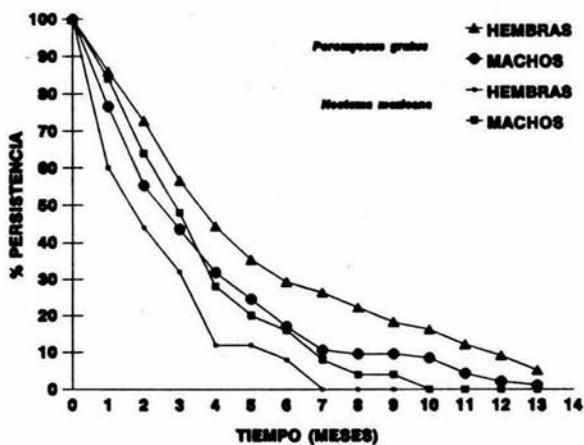


Figura 12. Persistencia de *Peromyscus gratus* y *Neotoma mexicana* en el Pedregal de San Angel. A) Los sexos combinados y B) por sexos.

### Movimientos

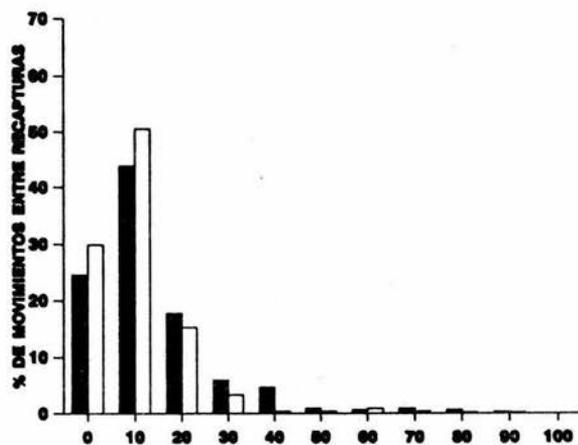
Los movimientos se calcularon para todos los organismos capturados más de una vez y se dividieron en 3 tipos (según, Ceballos, 1989): 1) Movimientos entre recapturas (MER), calculados como las distancias de los movimientos entre recapturas consecutivas; 2) movimientos a largo plazo (MLP), representado por la distancia de los movimientos entre la primera y la última captura; y 3) movimientos entre cuadrantes (MET).

La distribución de los MER en *Peromyscus* muestra que gran parte de los individuos (450), fueron capturados en distancias menores a los 10 m, con un promedio de  $11.6 \pm 12.5$  m (figura 13A; cuadro 4). Se encontró que se movieron más los individuos del Cuadrante II que los del I ( $t=51.84$ ,  $gl=510$ ,  $p < <0.001$ ; cuadro 4). Existió un mayor desplazamiento de los machos que las hembras en el total (CI más CII;  $t=177.72$ ,  $gl=896$ ,  $p < <0.001$ ). Entre los machos de *Peromyscus* del cuadrante I y del II se encontró que estos últimos se mueven más ( $t=17.44$ ,  $gl=320$ ,  $P < <0.001$ ), mientras que las hembras del cuadrante I lo hacen más que las del II ( $t=16.27$ ,  $gl=574$ ,  $p < <0.001$ ). En el cuadrante I hay un mayor desplazamiento de machos que de hembras ( $t=54.17$ ,  $gl=338$ ,  $p < <0.001$ ) y en el cuadrante II ocurre lo mismo ( $t=51.65$ ,  $gl=508$ ,  $p < 0.001$ ; Cuadro 4). Los movimientos MLP en *Peromyscus* son ligeramente más grandes en el total ( $16.8 \pm 18.5$  m) que los MER y los machos mostraron un movimiento MLP ligeramente mayor que las hembras ( $20.2 \pm 21.4$  m y  $13.9 \pm 15$  m respectivamente;  $t=2.6$ ,  $gl=105$ ,  $p < 0.02$ ). Las hembras y los machos tuvieron un MLP menor a 20 m ( $85.6$  m y  $72.9$  m respectivamente) (cuadro 4). En *Neotoma* los MER muestran que la mayoría de los individuos (28) fueron capturados en distancias menores a los 10 m, teniendo un promedio de  $13.0 \pm 8.4$  m (figura 13A, Cuadro 4).

**CUADRO 4.- Movimientos entre recapturas y movimientos entre cuadrantes, de los roedores capturados en el Pedregal de San Angel. Se reportan la media y la desviación estandar. Entre parentesis se indica el tamaño de muestra.**

ESPECIE	MOVIMIENTOS ENTRE RECAPTURAS (m)			MOVIMIENTOS A LARGO PLAZO (m)			# DE MOVIMIENTOS ENTRE CUADRANTES	
	MACHOS	HEMBRAS	TOTAL	MACHOS	HEMBRAS	TOTAL	MACHOS	HEMBRAS
<i>Peromyscus gratus</i>								
CUADRANTE 1	13.5 ± 13.7 (129)	10.5 ± 10.1 (250)	11.5 ± 11.5 (279)	19.3 ± 19.5 (46)	13.9 ± 15.3 (51)	16.5 ± 17.6 (97)	8	2
CUADRANTE 2	14.0 ± 14.8 (193)	10.3 ± 11.7 (317)	11.7 ± 13.1 (510)	21.0 ± 23.0 (50)	13.8 ± 14.7 (60)	17.1 ± 19.3 (110)	8	4
TOTAL	13.8 ± 14.4 (322)	10.4 ± 11 (567)	11.6 ± 12.5 (889)	20.2 ± 21.4 (96)	13.9 ± 15.0 (111)	16.8 ± 18.5 (207)	16	6
<i>Neotoma mexicana</i>								
CUADRANTE 1	18.0 ± 9.8 (5)	9.4 ± 5.4 (17)	11.4 ± 7.6 (22)	14.0 ± 10.2 (5)	7.5 ± 4.3 (8)	10.0 ± 7.8 (13)		
CUADRANTE 2	15.0 ± 5.0 (2)	15.8 ± 9.5 (12)	15.4 ± 9.0 (14)	20.0 ± 0.0 (2)	9.0 ± 5.4 (10)	10.8 ± 6.4 (12)		
TOTAL	17.1 ± 8.8 (7)	12.1 ± 8.0 (29)	13.0 ± 8.4 (36)	15.7 ± 9.0 (7)	8.3 ± 5.0 (18)	10.4 ± 7.2 (25)		

A)



B)

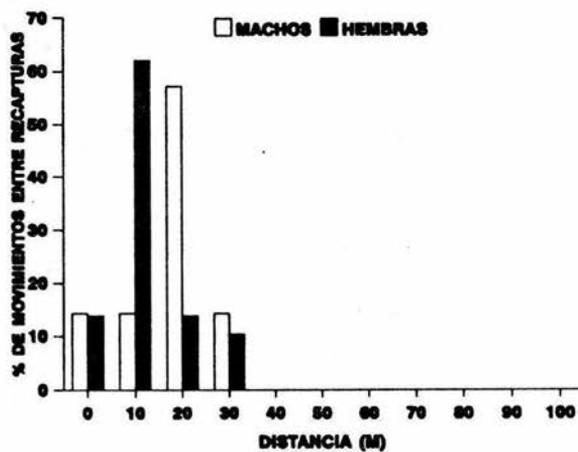


Figura 13. Movimientos entre recapturas por sexo de los cricétidos en el Pedregal de San Angel. A) *Peromyscus gratus* y B) *Neotoma mexicana*.

Los machos de ambos cuadrantes se movieron más que las hembras ( $t=7.98$ ,  $gl=34$ ,  $p < 0.001$ ). En el cuadrante I se movieron más los machos que las hembras (Cuadro 4;  $t=2.1$ ,  $gl=20$ ,  $p < 0.05$ ), mientras que en el cuadrante II sucedió lo contrario, es decir las hembras se movieron más que los machos (15.83 vs 15.0m,  $t=2.29$ ,  $gl=15$ ,  $p < 0.05$ ). Los MLP en *Neotoma* son pequeños comparados con el total de los MER y los machos muestran una mayor distancia que las hembras (Cuadro 4).

### Uso Espacial del Hábitat

Para reducir la dimensionalidad de las variables del microhábitat se utilizó un análisis de componentes principales (ACP). Los componentes principales son identificados con los que mejor describen la variación explicada por la combinación de las variables de mayor peso. En el cuadrante II, cuatro componentes principales contribuyen teniendo eigenvalores mayores a uno y explicando el 68% de la variación en el microhábitat (Cuadro 5). La altura máxima, el DAP y la cobertura de los árboles fueron las tres variables que contribuyeron con una alta proporción de la variación (factor) encontrada en el CP1, que fue un componente que representó la biomasa de los árboles (ARBOLES).

El número y las especies de árboles fue un factor importante encontrado en el CP2, lo cual explica la diversidad y densidad de los árboles (DIVARBO). La altura de los pastos, y las herbáceas (número de tallos y altura máxima) fue un factor que contribuyó sustancialmente al PC3 (HERBACEAS). Finalmente, la altura máxima de herbáceas y las especies de arbustos representan un alto factor en el PC4 (ARBUSTOS).

Las características del microhábitat en los dos cuadrantes nos demuestran que son espacialmente heterogéneos. Esta heterogeneidad fue reflejada en la distribución diferencial

de las capturas en las estaciones de trampeo y en los patrones de dispersión de los roedores en los cuadrantes.

Las capturas de *Peromyscus* y de *Neotoma* no mostraron alguna correlación con las variables derivadas de los componentes principales en los dos cuadrantes. La relación entre los roedores y las variables del microhábitat no mostraron una clara tendencia, ya que todas las trampas contiene al menos una captura para *Peromyscus*, encontrándose una amplia utilización del microhábitat por esta especie. En *Neotoma* se encontró la misma relación aunque se hallaron trampas en las cuales no hubo una captura.

**Cuadro 5. Variables del microhábitat derivadas de los componentes principales en el cuadrante 2, se consideraron solamente eigenvalores mayores a 1. Además los eigenvectores de las variables del microhábitat de los 4 componentes principales son dados.**

COMPONENTE	EIGENVALOR		% ACUMULADA	
PC1 (ARBOLES)	6.5		21.09	
PC2 (DIVARBO)	5.7		39.58	
PC3 (HERBACEAS)	4.8		55.21	
PC4 (ARBUSTOS)	3.9		67.81	
VARIABLE	EIGENVECTOR			
	PC1	PC2	PC3	PC4
ESPECIES DE HIERBAS	0.72	0.30	0.16	-0.09
ALTURA DE PASTOS	0.18	0.26	0.80	-0.16
ALTURA MAXIMA DE HIERBAS	0.06	0.18	-0.63	0.65
# DE TALLOS DE HERBACEAS	0.15	0.63	-0.52	0.38
ESPECIES DE ARBUSTOS	-0.23	0.13	0.33	0.61
# DE INDIVIDUOS DE ARBUSTOS	0.07	-0.19	0.70	0.54
COBERTURA DE ARBUSTOS	0.29	-0.42	0.56	0.11
ESPECIES DE ARBUSTOS	0.43	-0.83	0.7	0.24
# DE INDIVIDUOS DE ARBOLES	0.23	-0.87	0.01	0.21
COBERTURA DE ARBOLES	0.81	-0.28	-0.05	0.06
ALTURA MAXIMA DE ARBOLES	0.90	0.27	0.17	0.01
DAP ARBOLES	0.89	0.04	-0.00	0.12
# DE ESPECIES DE ENREDADERAS	0.29	0.77	-0.37	0.24

### Interacción entre Variables

Una de las ventajas del modelo log-lineal es la posibilidad de hacer comparaciones múltiples entre las variables. Para ello se empleó el número total de individuos de cada una de las tres especies presentes en ambos cuadrantes (*Peromyscus*, *Neotoma* y *Reithrodontomys*) como la variable dependiente y como factores a analizar fue la distribución de este valor de abundancia respecto a la especie, el sitio y el sexo.

Los resultados del modelo general lineal (GLIM) se presentan en el cuadro 6. Se obtuvieron primero de una forma general tomando en cuenta a las especies, mes de captura, sexo y cuadrante y se encontró que existen diferencias significativas en las especies, mes y cuadrante (Cuadro 6A).

La especie fue el factor que contribuyó con el valor más alto de la devianza (84%) indicando que las abundancias de las especies fueron diferentes en cada sitio. Además se encontraron diferencias significativas en la abundancia total (es decir, las tres especies juntas) representada por el cuadrante y en el factor sexo ( $X^2=30.5$ ,  $gl=1$ ,  $p<0.001$ ), explicadas por diferencias dadas por las distintas proporciones por sexos en *Neotoma* y *Reithrodontomys* (encontrándose un número menor de machos en ambas especies).

El factor de interacción entre la especie y el cuadrante también fue estadísticamente significativo, ello puede deberse a las diferentes abundancias entre las especies tales como *Neotoma* y *Reithrodontomys* entre los cuadrantes. Al conjugar tres factores que son la especie-sexo y el cuadrante se encontraron pequeñas diferencias, cabe mencionar aquí que estas especies, como se ha mencionado anteriormente, pueden ser debidas principalmente a las diferencias existentes en las abundancias de *Neotoma* y *Reithrodontomys*.

En el otro tipo de análisis se incluyeron los datos de los insectos para ver si los factores anteriores eran influenciados por la disponibilidad de alimento. Se encontraron diferencias significativas en cuanto a la especie, sexo y mes (Cuadro 6B). En relación a esto no se encontró ninguna correlación entre las capturas de los cricétidos (*Peromyscus* y *Netoma*) y de los cricétidos en general con las de los insectos.

**CUADRO 6. Resultados obtenidos del análisis del modelo log-lineal mediante el paquete GLIM para ver interacciones entre variables.**

**A) SON TODOS LOS MESES NO CONSIDERANDO A LOS INSECTOS.**

FUENTE DE DEVIANZA	(X <sup>2</sup> )	GL	P <
TOTAL	1731.0		
ESPECIE	-1447.0	1	0.001
MES	-32.32	1	0.001
SEXO	-30.5	1	0.001
CUADRO	- 5.01	1	0.05
ESPECIE*CUADRO	-32.52	1	0.001
ESPECIE*SEXO*CUADRO	-6.05	1	0.025

**B) ES APARTIR DE ENERO DE 1990 TOMANDO ENCUENTA LAS CAPTURAS DE INSECTOS.**

FUENTE DE DEVIANZA	X <sup>2</sup>	GL	P <
TOTAL	119.3		
ESPECIE	-202.01	1	0.001
MES	-56.35	1	0.001
SEXO	-14.41	1	0.001
CUADRO	- 2.764	1	N S
INSECTOS	-0.09	1	N S
ESPECIE*CUADRO	-35.44	1	0.001
ESPECIE*SEXO*CUADRO	- 7.84	1	0.001

## DISCUSION

### Estructura de Comunidades

La comunidad de roedores de la Reserva del Pedregal de San Angel tiene una riqueza y diversidad de especies relativamente bajas. El número de especies registradas (4 spp) es menor respecto a otras comunidades templadas (Brown, 1967; Miller and Getz, 1977; Southern, 1979; Anthony y Niles, 1981), como bosques de coníferas (9 spp. Anthony y Niles, 1981), matorrales áridos con 5 a 13 especies (M'Closkey, 1972; Serrano, 1987; Brown, 1989; Brown y Heske, 1990) y tropicales con rangos de 6 a 8 especies (Fleming, 1973; Ceballos, 1989).

En relación con las comunidades vegetales del Eje Neovolcánico y Valle de México, el número de especies de roedores registrado para estudios de un año o más es de 4 a 7 especies (Sánchez-Cordero, 1980; Rojas 1984; Gómez, 1990), ubicándose a los resultados de este trabajo en el límite inferior del intervalo de variación. La pobreza de especies de la reserva tiene, probablemente, relación con cambios históricos asociados a perturbaciones antrópicas, tales como la reducción y fragmentación del hábitat, junto con la modificación de la estructura y composición de la vegetación.

En la Reserva del Pedregal y sus alrededores se reportaron 13 especies de roedores en las últimas tres décadas; es decir, alrededor del 60% (9) de las especies se perdieron en los últimos años (Villa, 1957; Ceballos y Galindo, 1984; Negrete, 1991). El área del pedregal se redujo en un 90% (de 40 km<sup>2</sup> a menos de 1 km<sup>2</sup>) debido, en gran medida, al acelerado ritmo de crecimiento urbano en los últimos cuarenta años, perdiéndose hábitats y microhábitats como pastizales, matorrales, bosques de encino y bosques de pino (Alvarez, et

al., 1982). En los últimos años la reserva ha quedado prácticamente aislada de otras áreas naturales, lo que ha impedido el flujo de especies. Todo esto ha resultado en una notable reducción de la riqueza de especies del área tanto de especies vegetales como animales.

Al perderse la continuidad entre las diferentes comunidades vegetales en el gradiente altitudinal, muchas de las especies registradas para El Pedregal desaparecieron, ya que se ubicaban en altitudes muy distintas a las existentes en la reserva. Por ejemplo, dos especies de ratones (*Peromyscus melanotis* y *P. maniculatus*) se han registrado en altitudes mayores a los 2,500 msnm (Baca del Moral, 1982). El Pedregal en su extensión original tenía un gradiente altitudinal de 700 m (con cotas altitudinales que iban de los 2400 a 3100 msnm, Alvarez et al, 1982; Soberón et al, 1991), lo cual hizo que muchas especies que se ubicaban en altitudes mayores a la existente en la actualidad ya no se encuentren en lo que es la reserva.

La desaparición de hábitats apropiados para algunas especies provocó su extinción local, sobreviviendo únicamente aquellas especies que toleran estos cambios, y que sus requerimientos de hábitat están relacionados con lugares parecidos a la reserva, es decir, hábitats rocosos y con estratos arbustivos más o menos densos. Muchas de las especies que no se encuentran en la reserva han sido registradas en otras asociaciones vegetales, por ejemplo, *Microtus* y *P. melanotis* suelen habitar suelos con una profundidad mediana y con un sotobosque en el cual predominan los pastos amacollados (Baca del Moral, 1982). El motocle (*Spermophilus mexicanus*) y la tuza (*Pappogeomys merriami*) se encuentran principalmente en pastizales, con suelos con una profundidad mediana (Ceballos y Galindo, 1984).

La diversidad y composición de las especies en un hábitat dado pueden estar determinadas en cierta medida por la complejidad (desarrollo vertical de la vegetación) y la heterogeneidad (la variación horizontal en las características del hábitat) (August, 1983). Hábitats como el pedregal, con una baja complejidad (con dos estratos más o menos definidos: herbáceo y arbustivo-arbóreo), con una alta heterogeneidad (por ejemplo, una complicada topografía), tienen una diversidad específica baja (3 especies) siendo la mayoría de las veces monoespecíficos (con una especie dominante y pocas escasas; Adler y Wilson, 1987). Existen algunos trabajos que han documentado que el número de especies aumenta a una mayor complejidad estructural del hábitat, tanto en regiones templadas como tropicales (Rosenzweig y Winakur, 1969; Brown, 1975; Abramski, 1978; August, 1983; Ceballos, 1989).

#### **Dinámica Poblacional**

La dinámica de poblaciones y la reproducción estuvieron ligadas con la disponibilidad de alimento ya que éstas ocurren en la temporada donde hay un máximo de plantas en flor y fruto, de septiembre a diciembre (Rzedowski, 1954). Esta relación está bien documentada en ambientes templados (Delany, 1974; Stoddart, 1979; Lomnicki, 1987), en los cuales existe una sincronía entre las épocas de mayor disponibilidad de alimento y la reproducción, lo que tiene como resultado incrementos poblacionales bien definidos en el año (Por ejemplo, Gómez, 1990; Ceballos, 1990, 1991; Sánchez-Cordero y Canela, 1991).

Las densidades poblacionales fluctuaron considerablemente entre las especies, pero las densidades en el total de las especies mostraron un incremento al final de la época de lluvias, coincidiendo con la época de alta producción de semillas y frutos (Rzedowski,

1954), así como los máximos poblacionales de los insectos (Cano-Santana, 1987).

La densidad obtenida (20-62 ind/ha) para *P. gratus* difiere del intervalo encontrado para esta misma especie en el Parque Mesa Verde en Colorado (Douglas, 1969). Se encuentra, sin embargo, dentro del intervalo de variación de otras especies del género *Peromyscus*. Por ejemplo *P. maniculatus* presenta densidades que van de 1.38-42 ind/ha en los bosques y pastizales alrededor de la Ciudad de México (Sánchez-Cordero, 1980; Cervantes-Reza, 1987; Gómez, 1990) y en los bosques de coníferas de Canadá y EUA se han registrado densidades de 5-47 ind/ha (Sadleir, 1965; 1970; Millar, 1984, 1990).

Los patrones de la dinámica de poblaciones son muy parecidos a los registrados en las zonas templadas del sur de la Ciudad de México, con un máximo poblacional al final de la época de lluvias (de octubre a diciembre) (Sánchez-Cordero, 1980; Gómez, 1990), aunque también ha sido registrado en marzo-abril (Canela, 1981). Estas diferencias se han atribuido a fuertes heladas que ocasionaron una baja poblacional (Canela, 1981). En algunas comunidades neotropicales se encuentra que este máximo se da en el inicio de la época de lluvias (Rabinowitz y Notiham, 1989), pero también se ha registrado en la temporada de secas en marzo a abril (Ceballos, 1989).

Los patrones generales de la dinámica poblacional entre sitios de muestreo son muy similares, encontrándose diferencias significativas en las densidades entre cuadrantes (separados 50m). Esto parece indicar que diferencias en la productividad y la disponibilidad del alimento entre los cuadrantes afectan la dinámica poblacional, ya que existe una estacionalidad relativamente marcada que determina, en cierta forma, los ciclos de vida tanto de plantas como animales (MacArthur 1972, Abramski, 1978). También puede deberse a

atributos ecológicos específicos de las poblaciones, como la relación del hábitat y la densidad poblacional (Briggs y Smith, 1989).

Los incrementos en la densidad poblacional de *Peromyscus* en los meses de septiembre a diciembre, están propiciados por los eventos reproductivos, concordando con lo encontrado que para otras especies del mismo género en el sur de la Ciudad de México, como *P. melanotis* (Gómez, 1990). Aunque para otras como *P. maniculatus*, este incremento poblacional se da de noviembre a marzo (Sánchez-Cordero, 1980; Sánchez-Cordero y Canela, 1991) y en primavera y otoño (Rojas, 1984). En otras zonas templadas, en verano hay alta densidad para *P. maniculatus* y baja en la primavera (M'Closkey, 1972; Merritt y Merritt, 1980).

Los patrones reproductivos de *P. gratus* observados muestran que la mayor proporción de hembras y machos reproductivos se encontraron en los meses de la temporada de lluvias (junio-septiembre), constratando con lo registrado para *P. truei* (en el Parque Nacional de Mesa Verde, Colorado, EU) en donde la actividad reproductiva se da de abril a septiembre, reduciéndose gradualmente en otoño y donde la mayoría de las hembras completan su reproducción después de octubre, en los machos se presentan reproducción de marzo a septiembre (Douglas, 1969). Esto indica que las diferencias se deben principalmente, a las características de los hábitats, que influyen profundamente en el comportamiento poblacional de la especie.

La época reproductiva, probablemente, está fuertemente influenciada por los cambios climáticos que se dan en la zona, afectando directamente al crecimiento vegetativo e indirectamente a otras poblaciones (por ejem. insectos). Una disminución en la

disponibilidad de agua y alimento, se le asocia un decremento poblacional y si existe un aumento en disponibilidad de los recursos alimenticios, se incrementa la reproducción de *P. truei* (Bradford, 1974, 1975). Por consiguiente los máximos reproductivos coinciden con la época de lluvias habiendo una mayor disponibilidad del alimento que consumen (Prieto, 1988; Gómez, 1989).

### **Heterogeneidad Ambiental, Estructura de Comunidades y**

#### **Dinámica de Poblaciones**

Lo más relevante de este estudio fue la documentación de una enorme variabilidad en parámetros poblacionales y de comunidades observados. Esta variación puede ser resultado, entre otras cosas de la enorme heterogeneidad y baja complejidad ambiental del Pedregal. Los roedores en el Pedregal viven en un complejo mosaico de microhábitats que influyen profundamente su ciclo de vida y determina en gran medida la dinámica poblacional y la estructura de comunidades, teniendo como resultado una variación a escalas espaciales y temporales pequeñas.

Se ha sugerido que la cobertura vegetal juega un papel muy importante en la dinámica poblacional, así como en la estructura de las comunidades, habiendo una respuesta espacial y temporal de las especies (Rosenzweig y Winakur, 1969; Adler, 1985; Price, 1978; Holbrook, 1978). En el Pedregal los patrones espaciales, probablemente no son causados de manera directa por una utilización del microhábitat, contrastando con lo documentado en otros lugares estacionales (Price y Kramer, 1984; Adler, 1985), donde la selección y el uso del hábitat es una de las principales causas de la coexistencia de las especies.

La heterogeneidad del microhábitat es aparentemente insignificante para influir en los procesos poblacionales en este estudio, siendo más importante en los patrones poblacionales a nivel del microhábitat gradientes tales como estructura y diversidad. Se ha mencionado la importancia de la heterogeneidad del hábitat en promover la diversidad de especies, pero es una cuestión de escalas; es decir, que probablemente a una escala de microhábitat esta heterogeneidad no determina de una forma marcada la distribución o presencia de una especie, siendo tal vez mucho más importante a un nivel macro.

Por lo tanto es importante determinar los efectos de la estructura y heterogeneidad del hábitat en la demografía. Se ha encontrado que la estructura del microhábitat puede influir en la densidad más que en otros aspectos demográficos (Adler, 1987). Según la escala en la que se midan estos aspectos (tales como la estructura y heterogeneidad del hábitat) pueden ser importantes en influir en la estabilidad poblacional y otros parámetros demográficos (August, 1983).

## CONCLUSIONES

La diversidad de pequeños mamíferos de la Reserva del Pedregal es baja, encontrándose solo a una especie abundante, una común y cuatro escasas. Su fauna esta depauperada y esto posiblemente tiene relación con la pérdida de especies por fragmentación y destrucción del hábitat (Negrete, 1991; Chávez y Ceballos, 1992).

El comportamiento poblacional y reproductivo de las especies más comunes presentó una cierta relación con la estacionalidad climática del hábitat, ya que los máximos en densidad y reproducción coincidieron con el verano, la temporada de mayor disponibilidad de recursos alimenticios.

Existió una profunda variación entre los cuadrantes, resultado entre otras cosas, de la gran heterogeneidad y complejidad del Pedregal. La extensión del presente trabajo no permite definir la influencia de los diferentes factores (bióticos y abióticos) en la dinámica poblacional de los roedores. Sólo contribuye a sugerir la importancia de considerar a ambos factores y del impacto que pueda tener en las poblaciones y comunidades.

Para poder entender completamente la interacción entre clima, hábitat, rasgos filogenéticos y estrategias de vida de los roedores es necesario tener estudios a largo plazo que nos muestren la relación entre patrones y procesos, y que permita analizar las variables por separado para ver cual o cuales de ellas están actuando de una manera determinante en las poblaciones y comunidades.



BIBLIOTECA  
CENTRO DE ECOLOGIA

## LITERATURA CITADA

- Abramsky, Z. 1978. Small mammal community ecology: Changes in Species diversity in response to manipulated productivity. *Oecologia*, 34:113-123.
- Adler, G. H. 1985. Habitat selection and species interactions: an experimental analysis with small mammal populations. *Oikos*, 45:380-390.
- Alvarez, S. F. J., J. L. Carabias, J. Meave del Castillo, P. Moreno, D. Nava, F. Rodriguez, C. Tovar y A. Valiente, 1982. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Angel, Laboratorio de Ecología, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Andrewartha, H. G., and L. C. Birch, 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, Chicago.
- Anthony, R., G. Lawrence, J. Niles y J. D. Spring, 1981. Small-mammals associations in forested and old field habitats. A quantitative comparison. *Ecology*, 62:955-963.
- August, P. V., 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology*, 64:1495-1507.
- Baca del Moral, J. 1982. Estudio Ecológico de la subcomunidad de roedores en el Ajusco, D. F., Tesis licenciatura. ENCB, IPN.
- Bradford, D. F., 1974. Water stress of Free-living *Peromyscus truei*. *Ecology*, 55:1407-1414.
- Bradford, D. F., 1975. The effects of an artificial water supply on free-living *Peromyscus truei*. *J. Mamm.* 56:705-707.
- Bradford, D. F., 1976. Space utilization by rodents in Adenostoma Chaparal. *J. Mamm.* 57:576-579.

- Briggs, J. M. and K. J. Smith, 1989. Influence of habitat on acorn selection by *Peromyscus leucopus*. *J. Mamm.* 70:35-40.
- Brown, J. H., 1975. Geographical ecology of desert rodents. Pp. 315-341, In Ecology and Evolution of communities (M. L. Cody, and J. M. Diamond, eds). Harvard University Press, Cambridge.
- Brown, J. H., 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. *Am. Nat.*, 124:255-279.
- Brown, J. H., and A. C. Gibson, 1983. Biogeography C.V. Mosby, St Louis.
- Brown, J. H., and E. J. Heske, 1990. temporal changes in a chihuahuan desert rodent community. *Oikos* 59:290-302.
- Brown, J. S., 1989. Desert rodent community structure: a test of for mechanisms of coexistence. *Ecol. Monogr.* 59:1-20.
- Brown, L. N., 1967. Ecological distribution of mice in the Medicine Bow Mountains of Wyoming. *Ecology* 48:677-680.
- Cameron, G. N., 1977. Validation of temporary removal trapping and extension to a two species system. *J. Mamm.* 58:78-83.
- Cano-Santana. Z., 1987. Ecología de la Relación entre *Wigandia urens* (Hydrophyllacea) y sus herbívoros en el Pedregal de San Angel, D. F. (México). Tesis licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Canela, R. M. A. 1981. Ambito hogareño del raton de los volcanes *Neotomodon a. alstoni* (Rodentia: cricetinae) en la Sierra del Ajusco. Tesis licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM.

- Ceballos, G. y C. Galindo, 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Limusa-MAB. México D. F. 299p.
- Ceballos, G., 1989. Population and community ecology of small mammals from tropical deciduous and arroyo forest in western México. Tesis, Doctor of philosophy, Fac. of the department of ecology and evolutionary biology. University of Arizona.
- Ceballos, G. 1991. Comparative natural history of small mammals from tropical forest in western México. *J. Mamm.*, 71:263-266.
- Cervantes-Reza, F., 1987. Population and community responses of grassland small mammal to variation of vegetative cover in Central México. Un publ. Ph. D. Disertation, Univ. Kansas 90p.
- Chávez T. J. C. y G. Ceballos, 1992. Los mamíferos silvestres del Pedregal. *Oikos*= 13:4.
- Delany, M.J., 1974. The Ecology of Small Mammals. Edward Arnold. Ltd. London. 60pp.
- Diego, P. N., 1970. contribuciones a la flora silvestre de los alrededores del Jardín Botánico de la UNAM. Tesis Licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM.
- Douglas, C. L., 1969. Comparative ecology of piyon mice and deermice in Mesa Verde National Park, Colorado. *Univ. Kans. Publ. Mus. Nat. Hist.*, 18:421-504.
- Fleming, T. H., 1971. Population ecology of three species of neotropical rodents. *Misc. Publ. Mus. Zool., Univ. Michigan*, 143:1-77.
- Fleming, T. H., 1973. Numbers of Mammal species in North and Central American Forest Communities. *Ecology*, 54:55-563.
- Fleming, T. H., 1974. The population ecology of two species of Costa Rican heteromyid rodents. *Ecology*, 55:543-561.

- Fleming, T. H., 1979. Do tropical frugivores compete food?. *Amer. Zool.*, 19:1157-1172.
- García, E., 1978. Los climas del Valle de México. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- GLIM. vers. 3.77, 1985. Royal Statistical Society, London.
- Gómez, J. L., 1990. Ecología de Poblaciones de Pequeños Mamíferos en el volcán Pelado, D. F. Tesis licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM. México.
- Hall, E. R., 1981. The mammals of North America. Wiley-Interscience, New York.
- Holbrook, S. J. 1978. Habitat relationships and coexistence of four sympatric species of *Peromyscus* in northwestern New Mexico. *J. Mamm.*, 59:18-26.
- Holbrook, S. J. 1979. Vegetational affinities, arboreal activity, and coexistence of three species of rodents. *J. Mamm.*, 60:528-542.
- Jansen, D. H., and D. E. Wilson, 1983. Introduction. pp 426-442. In *Costa Rican Natural History*. Janzen, D. H. (ed.). Chicago University press, Chicago, Illinois.
- Kitchigs, T. J. and D. J. Levy, 1981. Habitat patterns in small mammal community. *J. Mamm.*, 62:814-820.
- Krebs, C. J. 1966. Demographic changes in fluctuating populations of *Microtus californicus*. *Ecol. Monog.*, 36:239-273.
- Krebs, C. J., 1985. Ecología, Estudio de la Distribución y la Abundancia. Harla, México D. F. 753p.
- Krebs, C. J., B. L. Keller and R. H. Tamarin, 1969. *Microtus* population biology: demographic changes in fluctuating populations of *M. ochrogaster* and *M. pennsylvanicus* in southern Indiana. *Ecology*, 50:587-607.

- Lidecker W. Z., Jr. 1978. Regulation of Numbers in small Mammal Populations - Historical Reflections and a Synthesis. In Populations of Small Mammals Under Natural Conditions., D. P. Snyder, eds.). University of Pittsburgh, Pennsylvania.
- Lomnicki, A. 1980. Regulation of population density due to individual differences and patchy environments. *Oikos*, 35:185-193.
- Lomnicki, A. 1987. Population ecology of individuals. Princeton University Press, Lawrenceville.
- M'Closkey, R. T., 1972. Temporal changes in populations and species diversity in a California rodent community. *J. Mamm.*, 53:850-860.
- Mac Arthur, R. H., 1972. Geographical Ecology. Harper and Row, New York.
- Merrit J. F. y J. M. Merrit, 1980. Population ecology of deer mouse (*Peromyscus maniculatus*) in the front range of Colorado. *An. of Carnegie Museum*, 49:113-130.
- Millar, J. S., 1984. Reproduction and survival of *Peromyscus* in seasonal environments. In J. F. Merrit (ed.). Winter ecology of small mammals. Carnegie Mus. Nat. Hist. Spec. Publ. 10:253-266.
- Millar, J. S., 1990. Reproduction and development. In: G. L. Kikland Jr. y J. N. Layne (eds.). Advances in the study of *Peromyscus* (Rodentia). Texas Tech. Univ. Press, Lubbock, Texas.
- Miller D. H. and L. L. Getz, 1977. Factors influencing local distribution and species diversity of forest small mammals in New England. *Can. J. Zool.*, 55:806-814.
- Negrete, Y. A. 1991. Los mamíferos silvestres de la reserva ecológica "El Pedregal". Tesis Licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM.

- Nicholson, J. D. y K. H. Pollock, 1983. Estimation methodology in contemporary small mammal capture-recapture studies. *J. Mamm.* 64:253-260.
- Price, M., 1978. The role of microhabitat in structuring desert rodent communities. *Ecology*, 59:910-921.
- Price, M., and K. A. Kramer, 1984. On measuring microhabitat affinities with special reference to small mammals. *Oikos*, 42:349-354.
- Prieto, B. M., 1988. Hábitos alimenticios de tres especies de roedores cricétidos. Tesis de Maestría, facultad de Ciencias, UNAM. 73p.
- Rabinowitz, A. y B. G. Notiham, Jr. 1989. Mammal species richness and relative abundance of small mammals in a subtropical wet forest on Central America. *Mammalia*, 53: 217-224.
- Rojas, M. A., 1984. Descripción del microhábitat de cinco especies de ratones en la Sierra del Ajusco. Tesis Licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM. México.
- Rosenzweig, M. L., 1981. A theory of habitat selection. *Ecology*, 62:327-335.
- Rosenzweig, M. L. 1988. Community organization from the point of view of habitat selectors. pp. 469-490, In Organization of communities (Gee, J. H. R., and P. S. Giller). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Rosenzweig, M. L. and Z. Abramski, 1984. Microtine cycles: the role of habitat heterogeneity. *Oikos*, 34:141-146.
- Rosenzweig, M. L. and J. Winakur, 1969. Population ecology of desert rodent communities: habitat and environmental complexity. *Ecology*, 50:558-572.

- Rzedowski, J., 1954. Vegetación del Pedregal de San Angel (D. F., México). An. Esc. Cien. Biol., IPN., 8:59-129.
- Rzedowski, J., 1979. La vegetación de México. Limusa, México, D. F.
- Sadleir, R. M., 1965. The relationship between agonistic behavior and population changes in the deer mouse *P. maniculatus* (Wagner) Jour. Anim. Ecol. 34:331-352.
- Sadleir, R. M., 1970. Population dynamics and breeding behavior of the deer mouse *P. maniculatus* on Burnaby Mountain. British Columbia Syesis 3:67-74.
- Sánchez-Cordero, V. 1980. Patterns of demography and reproduction in rodent community in Central Mexico. Tesis of Master, University of Michigan.
- Sánchez-Cordero, V. y M. Canela. 1991. Estudio poblacional de roedores en un bosque de pino del eje Neovolcánico Transversal Mexicano. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Zool. 62: 319-340
- Siegel, S. 1982. Estadística No paramétrica. Ed. Trillas. México, D. F. 344pp.
- Smith, M. H., 1968. A comparison of different methods of capturing and estimating numbers of mice. J. Mamm. 49:455-462.
- Soberón M. J., Rosas M. de la C. y G. C. Jiménez, 1991. Ecología hipotética del Pedregal de San Angel. Ciencia y Desarrollo, 17:21-22.
- Solomon, M. E., 1977. Population dynamics. Studies in Biology No. 18. Edward Arnold (Publishers). Ltd. London 67 pp.
- Southern, 1979. Population processes in small mammals. In Ecology of Small Mammals. (ed. M. Stoddart.) Chapman and Hall, London.

- Southwood, T. R. E. 1988. Ecological Methods with Particular Reference to the Study of Insect Populations. Methuen, London.
- Stearns, S. C. 1977. The evolution of life-history traits. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 8:145-171.
- Stodart, M. D., 1979. Ecology of Small Mammals. ed. M. Stoddart. Chapman and Hall, London. 386pp.
- Thompson, S. D., 1982. Microhabitat utilization and foraging behavior of bipedal and quadrupedal heteromyid rodents. *Ecology*, 63:1303-1312.
- Valiente-Banuet, A. y E. De Luna, 1990. Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Angel, México D. F., *Acta Botánica Méx.*, 9:13-30.
- Vaughan, T. A. 1988. Mamíferos. Interamericana McGraw-Hill. México.
- Villa, R. B., 1953. Mamíferos silvestres del Valle de México. *An. Inst. Biol. Univ. Autón, México*, 23:269-492.
- Villa, R. B., 1966. Los murciélagos de México. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistics*. Prentice Hall, Englewoods Cliffs.

## APENDICE I

## LISTADO MASTOFAUNISTICO DEL PEDREGAL DE SAN ANGEL

A continuación se enlistan las especies de mamíferos que han sido históricamente reportadas para El Pedregal de San Angel.

---

**Orden:** Marsupialia.

**Familia** Didelphidae

**Especie:** *Didelphis virginiana californica* Bennett, 1833; **Tlacuache**

**Situación:** Presente, es la especie más abundante de mamíferos mayores a 1 kg.

**Orden:** Insectivora.

**Familia** Soricidae

**Especie:** *Sorex saussurei saussurei* Merriam, 1892; **Musaraña**

**Situación:** Presente, al parecer es común en las zonas de hondonadas con una cobertura grande de macollos.

**Especie:** *Sorex ventralis* Merriam, 1892; **Musaraña**

**Situación:** Es una especie que parece ser que ya no se encuentra en la zona debido a sus requerimientos de hábitat.

**Orden:** Chiroptera.

**Familia** Mormoopidae

**Especie:** *Mormoops megalophylla megalophylla* Peters, 1864; **Murciélago**

**Situación:** Es una especie que probablemente se encuentre en El Pedregal.

**Familia** Phyllostomatidae

**Especie:** *Anoura geoffroyi lasiopyga* Peters, 1868; **Murciélago**

**Situación:** Es una especie presente en El Pedregal.

**Especie:** *Choeronycteris mexicana* Tschudi, 1844; **Murciélago**

**Situación:** Probablemente se encuentra en El Pedregal.

**Especie:** *Leptonycteris Nivalis* Saussure, 1860; **Murciélago**

**Situación:** Probablemente se encuentre en El Pedregal.

**Especie:** *Leptonycteris curasoae* Martinez y Villa 1940; **Murciélago**

**Situación:** Es una especie que todavía se puede encontrar en El Pedregal.

**Especie:** *Pteronotus parnelli mexicana* Miller, 1902; **Murciélago**

**Situación:** Probablemente todavía se encuentre en el Pedregal.

**Familia Vespertilionidae**

**Especie:** *Myotis velifer velifer* J. A. Allen 1890; **Murciélago**

**Situación:** Probablemente se encuentra en El Pedregal.

**Especie:** *Myotis lucifugus oculus* Hollister, 1909; **Murciélago**

**Situación:** Probablemente se encuentra en el Pedregal.

**Especie:** *Lasiurus cinereus cinereus* P. de Beavois, 1796; **Murciélago**

**Situación:** es una especie migratoria que probablemente todavía se encuentre en El Pedregal entre abril y septiembre.

**Especie:** *Eptesicus fuscus miradorensis* M. Allen, 1866; **Murciélago**

**Situación:** Probablemente todavía este presente en el Pedregal.

**Especie:** *Idionycteris phyllotis* G.M. Allen, 1916; **Murciélago**

**Situación:** Probablemente se encuentre en El Pedregal.

**Especie:** *Plecotus mexicanus* G.M. Allen, 1916; **Murciélago**

**Situación:** Probablemente se encuentre presente en el Pedregal.

**Familia Molossidae**

**Especie:** *Nyctinomoops macrotis* Gray, 1830; **Murciélago**

**Situación:** Es una especie que probablemente todavía se encuentre en El Pedregal.

**Especie:** *Tadarida brasiliensis mexicana* Saussure, 1860; **Murciélago**

**Situación:** Es una especie que probablemente todavía se encuentre en el Pedregal.

**Orden:** Lagomorpha.

**Familia Leporidae**

**Especie:** *Sylvilagus floridanus orizabae* Merriam, 1893; **Conejo**

**Situación:** Son comunes en El Pedregal.

**Orden:** Rodentia.

**Familia Sciuridae**

**Especie:** *Spermophilus mexicanus mexicanus* Eixleben, 1777; **Ardilla, Motole**

**Situación:** Con la destrucción de los llanos que había en rectoría desapareció esta especie.

**Especie:** *Spermophilus variegatus variegatus* Eixleben, 1777; **Ardilla del Pedregal, Ardillón.**

**Situación:** Es una especie que se ha adaptado a las condiciones urbanas, siendo común dentro de C. U..

**Familia** Geomyidae

**Especie:** *Papageomys merriami merriami* Thomas, 1893; **Tuza**

**Situación:** Desapareció por destrucción del hábitat.

**Familia** Heteromyidae

**Especie:** *Liomys irroratus alleni* Coves, 1881; **Ratón de abazones**

**Situación:** Probablemente desapareció con la destrucción del hábitat.

**Familia** Muridae

**Especie:** *Reithrodontomys megalotis saturatus* J. A. Allen y Chapman, 1897; **Ratón**

**Situación:** Es una especie que probablemente ya no se encuentre, ya que había sido registrada a altitudes mayores que la que existe en la actualidad en lo que constituye la Reserva del Pedregal de San Angel.

**Especie:** *Reithrodontomys fulvescens toltecus* Merriam, 1901; **Ratón**

**Situación:** Es una especie poco común en el Pedregal ya que suele preferir suelos más profundo, como pastizales.

**Especie:** *Peromyscus melanotis* J.A. Allen y Chapman 1897; **Ratón**

**Situación:** Es una especie que desapareció por la destrucción del gradiente altitudinal.

**Especie:** *Peromyscus gratus* Merriam, 1898; **Ratón**

**Situación:** Es la especie de ratón más abundante del Pedregal.

**Especie:** *Peromyscus maniculatus* Elliot, 1903; **Ratón**

**Situación:** Probablemente esta especie desapareció del Pedregal por la destrucción de su hábitat.

**Especie:** *Microtus mexicanus mexicanus* Saussure, 1861; **Ratón, metorito.**

**Situación:** Es una especie que desapareció con la destrucción del hábitat.

**Especie:** *Baiomys taylori analogus* Osgood, 1909; **Ratón pigmeo**

**Situación:** Probablemente desapareció esta especie con la destrucción del hábitat.

**Especie:** *Sigmodon hispidus berlandieri* Baird, 1855; **Rata**

**Situación:** Desapareció con la destrucción del Hábitat, ya que suele encontrarse en suelos profundos.

**Especie:** *Neotoma mexicana torquata* Ward, 1891; **Rata**

**Situación:** Es una especie común en El Pedregal.

**Orden:** Carnivora

**Familia** Canidae.

**Especie:** *Urocyon cinereoargenteus nigrirostris* Lichtenstein, 1850; **Zorra gris**

**Situación:** Es una especie rara en el Pedregal, que probablemente desaparecerá sino se toman medidas adecuadas para su conservación.

**Familia** Procyonidae

**Especie:** *Bassariscus astutus astutus* Lichtenstein, 1830; **cacomixtle**

**Situación:** Es una especie al parecer común en el Pedregal.

**Familia** Mustelidae

**Especie:** *Spilogale putorius angustifrons* A.H. Howell, 1902; **Zorrillo**

**Situación:** Es una especie rara en el Pedregal.

**Especie:** *Mephitis macroura macroura* Lichteenstein, 1832; **Zorrillo Listado**

**Situación:** Es una especie común.

**Especie:** *Mustela frenata* Hall, 1936; **Comadreja**

**Situación:** Desapareció esta especie con la destrucción del hábitat.

## APENDICE II

### ESTIMACION DE LA DENSIDAD POR EL METODO DEL NUMERO MINIMO DE ANIMALES VIVOS (KREBS, 1966).

El número de organismos en un área dada al tiempo T se obtiene sumando dos cantidades: 1) El número actual de individuos capturados al tiempo T y 2) El número de individuos marcados previamente, y que se capturaron después del tiempo T pero no en este tiempo.

Por ejemplo, si se tienen 100 animales (e. g., *Peromyscus*) en un cuadrante control del 9 al 15 de septiembre de 1989 y 50 individuos previamente marcados se capturan después, en octubre o noviembre. Se asume que estos animales estaban presentes aun y cuando no fueron capturados en septiembre en el cuadrante, por lo que en el mes de septiembre el Número Mínimo de Animales Vivos es de 150 individuos para este mes.