



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE CIENCIAS

**ECOLOGIA DE POBLACIONES DE PEQUEÑOS**

**MAMIFEROS EN EL VOLCAN PELADO**

D.F.

T E S I S

Que para obtener el título de

B I O L O G O

P r e s e n t a

José Luis Gómez Juárez

NOVIEMBRE 1990

## INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	1
RESUMEN.....	2
INTRODUCCION.....	3
AREA DE ESTUDIO.....	10
MUESTREO.....	12
ANALISIS ESTADISTICOS.....	15
RESULTADOS.....	18
ABUNDANCIA, COMPOSICION Y DIVERSIDAD DE ESPECIES.....	18
DINAMICA Y DENSIDAD POBLACIONALES.....	20
BIOMASA.....	30
PROPORCION DE SEXOS.....	30
REPRODUCCION.....	30
RECLUTAMIENTO.....	34
SOBREVIVENCIA.....	37
MOVIMIENTOS.....	41
DISCUSION.....	48
COMPOSICION Y RIQUEZA DE ESPECIES.....	48
DINAMICA DE POBLACIONES.....	49
REPRODUCCION.....	51
ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION DE ESPECIES.....	52
VARIACION ENTRE SITIOS.....	53
CONCLUSIONES.....	56
LITERATURA CITADA.....	57
APENDICE.....	62

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIG. 1.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	11
FIG. 2.- LOCALIZACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	13
FIG. 3.- COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES CAPTURADAS EN CONO Y PARRES .....	22
FIG. 4.- VARIACION TEMPORAL DE LAS DENSIDADES DE TODAS LAS ESPECIES (A) Y DE <u>NEOTOMODON</u> (B).....	24
FIG. 5.- VARIACION TEMPORAL DE LAS DENSIDADES DE <u>P. melanotis</u> Y <u>R. megalotis</u> .....	27
FIG. 6.- VARIACION TEMPORAL EN LAS DENSIDADES DE <u>M. mexicanus</u> Y <u>R. ehrysoptis</u> .....	29
FIG. 7.- PORCENTAJE DE INDIVIDUOS REPRODUCTIVOS DE <u>N. alstoni</u> Y <u>P. melanotis</u> .....	33
FIG. 8.- RECLUTAMIENTO DE INDIVIDUOS DE <u>N. alstoni</u> .....	35
FIG. 9.- RECLUTAMIENTO DE INDIVIDUOS DE <u>P. melanotis</u> .....	36
FIG.10.- PERSISTENCIA DE LAS ESPECIES ABUNDANTES EN EL CONO A LO LARGO DEL TIEMPO.....	39
FIG.11.- PERSISTENCIA DE LAS ESPECIES ABUNDANTES EN PARRES A LO LARGO DEL TIEMPO.....	40
FIG.12.- MOVIMIENTOS ENTRE RECAPTURAS DE <u>N. alstoni</u> .....	43
FIG.13.- MOVIMIENTOS ENTRE RECAPTURAS DE <u>P. melanotis</u> .....	44
TABLA I.- NUMERO DE ESPECIES, ESPECIES COMUNES, NUMERO DE INDIVIDUOS, DIVERSIDAD DE ESPECIES, DIVERSIDAD MAXIMA E INDICE DE EQUITATIVIDAD PARA PARRES Y CONO.....	19
TABLA II.- ANALISIS DE LOS DATOS DE CAPTURAS.....	22
TABLA III. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PEQUEÑOS MAMIFEROS CAPTURADOS EN EL VOLCAN PELADO .....	31
TABLA IV.- MOVIMIENTOS ENTRE RECAPTURAS Y MOVIMIENTOS FINALES DE LOS PEQUEÑOS MAMIFEROS CAPTURADOS EN EL VOLCAN PELADO.....	42
TABLA V.- RESULTADOS DEL MODELO LOG-LINEAL.....	46

"No importa que tan lento vayas,  
lo importante es que no te detengas"

CONFUCIO

Con todo cariño para Luis y Juanita, mis padres.

## AGRADECIMIENTOS

Personalmente creo que el trabajo de tesis es fundamental para el Biólogo, pues consolida su formación como profesional. Por desgracia la mayoría de los estudiantes se enfrentan a una serie de situaciones difíciles y problemáticas, y no sólo en el área académica, que dificultan su realización. No todos hacen y/o terminan una tesis aunque lo deseen.

Por lo mismo quiero expresar mi agradecimiento a las personas que de una forma u otra influyeron en la elaboración de éste trabajo y en mi formación académica y como ser humano.

En primer lugar, e indudablemente a mis padres, por su apoyo incondicional para todo y en todo momento, aunque aún no asimilen la idea de un Biólogo en la familia.

Al Dr. Gerardo Ceballos, Director de la Tesis, por todo ese tiempo que ha invertido en mí y en éste trabajo, y que me brindó su apoyo desinteresadamente desde el primer día que lo conocí. Sus enseñanzas tanto científicas como de calidad humana han sido fundamentales en mi desarrollo.

Al M. en C. Guillermo Pérez S. por sus críticas y sugerencias durante la asesoría del trabajo y por su permanente accesibilidad.

A Mis Sinodales: Dr. Gerardo Ceballos, M. en C. Guillermo Pérez, Biól. Oscar Sánchez, M. en C. Livia León y Biól. Miguel Martínez, por la revisión y críticas al documento. Particularmente a Miguel y Oscar por su gran paciencia y ayuda en la parte de estadísticas.

Al Dr. Víctor Jaramillo, Dr. Alfonso Pescador, y Helena Delgado por acceso a computadoras, impresoras, programas y por su usual disponibilidad.

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

A Jorge López-Paniagua por proporcionarme datos de la vegetación de un trabajo por publicar. A todos los que intervinieron poco o mucho en el trabajo de campo: J. López-Paniagua, Francisco Romero, Juan Carlos López, Perla Alonso, Cuauhtémoc Chávez, Alejandro Velázquez, Iris Vaca y Claudia Vallejo.

A Carlos Galindo, Cuauhtémoc Chávez, Carolina Valdespino, Jaime Ramírez, Alvaro Miranda, Manuel Valdéz y Manuel Fera por sus críticas y sugerencias al trabajo en general. A las M en C Lucía Almeida y Etna Hentschel por la revisión del manuscrito original.

A Ismael Gómez por la elaboración de los mapas.

A los que crean que deberían estar en ésta lista y que omití inconscientemente.

El trabajo de campo durante el cual se obtuvieron los datos de la tesis se realizó bajo la dirección del Dr. John E. Fa en el Laboratorio de Conservación y Manejo de Recursos del Centro de Ecología de la UNAM.

## RESUMEN

1) Se empleó el método de captura-recaptura para estudiar y comparar dos comunidades de pequeños mamíferos en dos sitios a diferentes altitudes en el volcán Pelado, D.F. El muestreo se realizó por tres noches consecutivas cada mes durante la luna nueva por trece meses.

2) Se describe para cada sitio la composición y diversidad de especies de pequeños mamíferos, la dinámica poblacional temporal, la biomasa, épocas de actividad reproductiva, proporción de sexos, sobrevivencia y movilidad de los organismos de las especies abundantes.

3) Las especies capturadas representan a dos Ordenes (Rodentia e Insectivora), dos familias (Cricetidae y Soricidae), seis géneros y ocho especies (Microtus mexicanus, Neotomodon alstoni, Peromyscus difficilis, Peromyscus melanotis, Reithrodontomys chrysopsis, Reithrodontomys megalotis, Sigmodon leucotis y Sorex oreopolus).

4) La especie más abundante fué N. alstoni seguida de P. melanotis. M. mexicanus, R. chrysopsis y S. leucotis únicamente se capturaron en el sitio de mayor altitud.

5) No hubo diferencias significativas entre la diversidad de ambos sitios.

5) No hubo diferencias significativas en la abundancia de N. alstoni entre sitios, pero sí en las de P. melanotis. Las variaciones temporales de la densidad fueron diferentes entre sitios y entre especies.

6) El período de reproducción para las especies más abundantes fué de marzo a octubre. No hubo diferencias significativas en la proporción de sexos entre especies a lo largo del estudio, aunque el número de machos de N. alstoni capturados en total fué mayor que el de hembras en cada sitio.

## INTRODUCCION

La ecología es el estudio científico de las interacciones que regulan la distribución y la abundancia de los organismos, a nivel de individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas (Krebs, 1985). Al estudio de la ecología de cualquier grupo de animales o plantas le conciernen dos preguntas principales: ¿Qué factores promueven o limitan su distribución? y ¿Qué controla sus números?. Esto puede abordarse con cierto éxito sólo a nivel de población e implica el uso de técnicas demográficas, la medición de la densidad, tasas de nacimientos, muertes y movimientos (Southern, 1979). Por esto gran parte de la atención de los ecólogos se ha centrado en las poblaciones como unidades de estudio (Krebs, 1985).

Una población se puede definir como un grupo de individuos de la misma especie que viven juntos en el mismo lugar y tiempo. Esto implica la coexistencia y una interacción al menos potencial entre todos los miembros de la población (Berryman, 1981; Krebs, 1985). Para entender los fenómenos biológicos de una población se necesita conocer los relativos a los individuos que la comprenden y los estudios sobre los individuos proporcionan valioso apoyo para el estudio de las poblaciones, aunque no son una parte integral del tema.

La población tiene diversas características de grupo, que son medidas estadísticas no aplicables a los individuos. Una de estas características es la densidad o número de individuos por unidad de área o de volumen. La densidad de las poblaciones de animales y plantas en sus áreas de distribución es variable tanto espacial

como temporalmente. Otra característica es la proporción de sexos. La gran mayoría de poblaciones animales (y algunas de plantas) incluyen dos diferentes tipos de individuos, los machos y las hembras. El número de organismos de un sexo respecto al del otro no es necesariamente el mismo por lo que ésta proporción puede determinar la eficiencia con la que se pueden cruzar ambos sexos y dejar descendencia. Una característica más es que la mayoría de las poblaciones incluyen una mezcla de individuos de diferentes edades. Cuando se presentan estos individuos de diferentes edades al mismo tiempo se puede conocer la distribución (o composición) de edades de la población (Solomon, 1977; Berryman, 1981; Krebs, 1985).

Las poblaciones de plantas y animales no aumentan sin límite, sino que presentan incrementos y decrementos dependiendo de diversos factores relacionados con el ambiente. Existen diferentes teorías para explicar ésta regulación de las poblaciones y que se pueden intentar resumir en dos conceptos básicos: 1) La presencia de factores externos a la población que influyen sobre el tamaño poblacional y 2) la presencia de factores que cambian dentro de la población y afectan el tamaño poblacional. Los factores externos pueden ser denso-dependientes, como la cantidad de alimento y espacio disponibles, decisivos para impedir el aumento de la población y para la abundancia promedio y también pueden ser denso-independientes, como el clima y desastres naturales. Por otra parte los factores internos se consideran en general como denso-dependientes y se refieren principalmente a los cambios genéticos y conductuales de los organismos debido al

aumento en la densidad (Rabinovich, 1978; Krebs, 1985).

Si se estudian los efectos de los factores físicos y bióticos sobre las poblaciones, y cómo influyen en su dinámica, distribución y abundancia, se habla entonces de ecología de poblaciones. El término de dinámica de poblaciones se aplica al estudio de los cambios en el número de organismos (densidad) de una población y de los factores que influyen en estos cambios (Solomon, 1977).

Aparte del interés teórico, la dinámica de poblaciones es importante, por ejemplo, en el control de plagas, para el manejo y cuidado de cultivos o animales domésticos y para la conservación de la flora y fauna. Además es un campo que ayuda a entender los cambios en las poblaciones humanas (Rabinovich, 1977).

En los estudios de ecología animal las poblaciones de pequeños mamíferos son uno de los principales temas de investigación para intentar entender las relaciones intra e interespecificas en una comunidad, así como para determinar los mecanismos por los cuales se regulan los números poblacionales. Su pequeño tamaño, ciclo de vida relativamente corto y una alta capacidad reproductiva los hacen ideales para el estudio de la ecología de poblaciones (Delany, 1976).

El término convencional de "pequeños mamíferos" se empleó en un principio para referirse a especies entre el tamaño de un ratón y una rata. Sin embargo se ha extendido para incluir mamíferos con un límite superior de hasta 5 Kg de peso en animales adultos, lo que incluye quirópteros, roedores, lagomorfos y hasta algunos carnívoros (Fleming, 1979; Southern, 1979).

Los pequeños mamíferos debido a su abundancia y amplio rango de distribución son componentes importantes de casi cualquier ecosistema y han evolucionado numerosas estrategias de ciclo de vida en respuesta a la variedad de ambientes que habitan (Delany, 1976). Si se observa la dinámica poblacional de diferentes especies en hábitats distintos y en un rango altitudinal desde el ártico hasta los trópicos, se encuentran marcadas diferencias en su comportamiento (Pitelka, 1957; Krebs et. al., 1969; Lidicker, 1973; Ceballos, 1989). También se ha reportado variación intra-específica en características demográficas que incluyen tiempo y duración de la estación reproductiva, edad a la madurez sexual, tamaño y número de camadas y mortalidad de adultos y juveniles (Fleming, 1979).

Las diferencias y similitudes que se presentan en los patrones poblacionales de pequeños mamíferos pueden atribuirse en general a procesos evolutivos reflejados en las relaciones taxonómicas y a procesos ecológicos producto de diferencias geográficas en distribución. Así, por un lado, se observan organismos relacionados taxonómicamente entre sí que forman grupos naturales con características demográficas similares aún en ambientes diferentes (Fleming, 1979). Por otro lado se encuentran especies sin aparente relación taxonómica con comportamientos demográficos similares en hábitats semejantes (Fretwell, 1972; Vaughan, 1988).

En un estudio, en donde se analizaron 168 trabajos sobre pequeños mamíferos para intentar organizarlos de acuerdo a sus características demográficas (French et al., 1975), se identificaron tres grupos generales de especies caracterizadas por los

siguientes rasgos: 1) Altas tasas reproductivas, bajos índices de sobrevivencia y tolerancia a densidades elevadas, encontrándose en éste a los múridos (ratas y ratones comensales del hombre) y microtinidos (metoritos); 2) Tasas reproductivas bajas, índices de sobrevivencia moderados y densidades poblacionales medias, incluyéndose aquí cricétidos (ratones de campo) y sorícidos (musarañas); 3) Tasas reproductivas bajas, altos índices de sobrevivencia y bajas densidades poblacionales, con sciúridos (ardillas), heterómidos (ratones de abasones), zapódidos (ratones dorados) y geómidos (tuzas). Por ejemplo, y con las inevitables excepciones, las densidades poblacionales tienden a ser grandes en microtinidos y múridos (66-118 ind/ha), intermedias en geómidos (<31 ind/ha), baja en sciúridos, heterómidos, cricétidos e insectívoros (7-15 ind/ha) y muy baja en zapódidos (aprox. 0.5 ind/ha). La esperanza de vida al nacer es alta (7.4-12.5 meses) en sciúridos, heterómidos, zapódidos, insectívoros y geómidos, intermedia (3.1-3.6 meses) en cricétidos y algunos microtinidos y es baja (1.8 meses) en otros microtinidos y en múridos. La proporción de la población de hembras adultas preñadas (por mes de la época reproductiva) es alto (>80%) en sciúridos, heterómidos y microtinidos, intermedio en insectívoros y relativamente bajo (<70%) en múridos, cricétidos, zapódidos y geómidos.

Las poblaciones que viven en un ambiente estacional están expuestas a cambios regulares (o sistemáticos) y en abundancia o calidad de recursos, respondiendo a éstas fluctuaciones con cambios en el tamaño poblacional y cambios cualitativos en la forma de uso de recursos (Fretwell, 1972). La estacionalidad se

presenta tanto en las zonas templadas como en los trópicos y los factores más importantes que rigen tal estacionalidad son la temperatura y la lluvia. La importancia de la lluvia como factor de estacionalidad aumenta al disminuir la latitud, inversamente a lo que sucede con la temperatura (Ceballos, 1989). En climas netamente templados los mamíferos presentan respuestas a la estacionalidad climática como época reproductiva fuera del periodo invernal, almacenamiento de recursos e hibernación. En los trópicos estacionales estas respuestas pueden observarse, por ejemplo en el periodo de reproducción al final de la época de lluvias y la presencia de mecanismos fisiológicos como el torpor. En ambas situaciones se observa también casos de migración, movimientos locales y cambios de dieta en respuesta a la estacionalidad (Delany, 1976; Vaughan, 1988; Ceballos, 1989). La variación que se presenta en las respuestas de los organismos a los diferentes ambientes puede estar en función a que tan estacional es el medio que habitan, la historia evolutiva del grupo y a la presencia de otros factores como la heterogeneidad del ambiente o el grado de perturbación. Inclusive dentro de una misma área factores como la altitud pueden provocar tales variaciones (Delany, 1976).

En el presente trabajo se estudian y comparan dos comunidades de pequeños mamíferos en un área con clima templado, subhúmedo y semifrío a diferentes altitudes. El estudio se enfoca a nivel poblacional en los patrones temporales y espaciales de la dinámica poblacional, proporción de sexos, reproducción, sobrevivencia y movilidad de los organismos y a nivel de comunidades en

la diversidad y composición de especies.

Las preguntas básicas que se han planteado son: 1) ¿Cuales son los patrones de dinámica poblacional y de reproducción de los pequeños mamíferos presentes en el área?; 2) ¿Existen diferencias en el comportamiento de las poblaciones de especies que habitan una misma área a diferentes altitudes? y 3) ¿Existen diferencias de composición y diversidad de especies en comunidades de una misma área a diferentes altitudes?

En éste estudio el término de pequeños mamíferos se aplica sólo a las especies de organismos no voladores de hasta 150 gr de peso en adultos, es decir, principalmente a especies de roedores e insectívoros.

## MÉTODOS

### Area de estudio

El estudio se llevó a cabo en el volcán Pelado, que se localiza al sur de la Ciudad de México, en la Delegación Tlalpan del Distrito Federal (Fig. 1). Este volcán cubre una extensión de 6237 ha (González, 1982) y forma parte de la sierra Chichinautzin originada en el Pleistoceno Superior (Rzedowski y Rzedowski, 1979). Está situado en la parte central de la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal (Rzedowski, 1986), entre los  $19^{\circ} 06' 08''$  y  $19^{\circ} 09' 23''$  lat N y los  $99^{\circ} 10' 15''$  y  $99^{\circ} 14' 15''$  lon O (CETENAL, 1973), con un rango altitudinal de los 3000 a los 3650 m.s.n.m.

La topografía del área es bastante accidentada, con una amplia base de lomeríos de pendiente moderada, afloramientos de roca basáltica y numerosas cañadas (Rzedowski y Rzedowski, 1979). Los suelos de la zona corresponden a dos clases diferentes: 1) litosoles, principalmente en pendientes abruptas donde poco o ningún material del suelo se ha acumulado y 2) andosoles, en zonas planas y de poca pendiente (CETENAL, 1973).

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen (modificada por García, 1968) y según los datos de la estación meteorológica El Guarda, el tipo de clima del área es [Cw"2(w)(b')ig], es decir templado, semifrío y subhúmedo. La temperatura media anual varía entre 5 y 12 C, con la del mes más frío entre  $-3$  y  $8^{\circ}$  C y la del mes más cálido no mayor de  $22^{\circ}$  C. El mes más cálido corresponde a mayo y el mes más frío a enero. La precipitación anual es



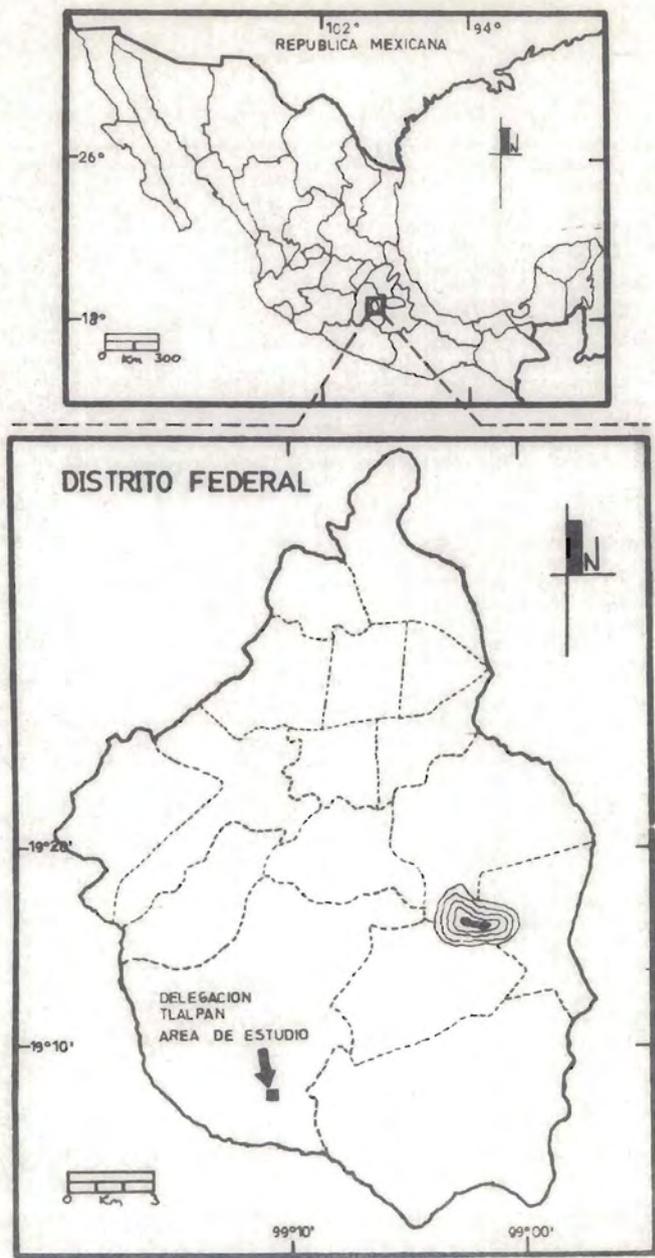


FIG.1 LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

de 1333 mm, y la época de lluvias se presenta en verano, con canícula y un porcentaje de precipitación invernal menor del 5% de la anual. Agosto y febrero representan los meses más húmedo y seco, respectivamente.

La vegetación está dominada por bosques de coníferas y latifoliadas, con diferentes especies de pino, principalmente Pinus montezumae, P. teocote, P. pseudostrobus y P. hartwegii, de encino como Quercus laurina, Q. crassifolia y Q. rugosa. En las partes más elevadas existen oyameles (Abies religiosa). Otras especies de árboles menos abundantes son los ailes (Alnus), los madroños (Arbutus) y los tepozanes (Buddleia). En el estrato arbustivo se presentan principalmente los géneros Eupatorium, Senecio, Salvia, Salix, Fuchsia y Symphoricarpos. Los componentes más característicos del estrato herbáceo son gramíneas rígidas y amacolladas como Festuca, Muhlenbergia y Calamagrostis. Otras herbáceas presentes son Galium, Geranium, Dahlia, Valeriana, Potentilla y Castilleja (Rzedowski, 1986).

#### Muestreo

En el área de estudio se establecieron tres cuadrantes de muestreo, cada uno a diferentes altitudes. El primero se estableció a 3150 m.s.n.m., cerca del poblado de Parres, el segundo a 3350 sobre la ladera este del volcán y el tercero dentro del cráter del volcán, a 3600 m.s.n.m. (fig 2). Estos tres puntos se denominarán como Parres, Holandés y Cono, respectivamente.

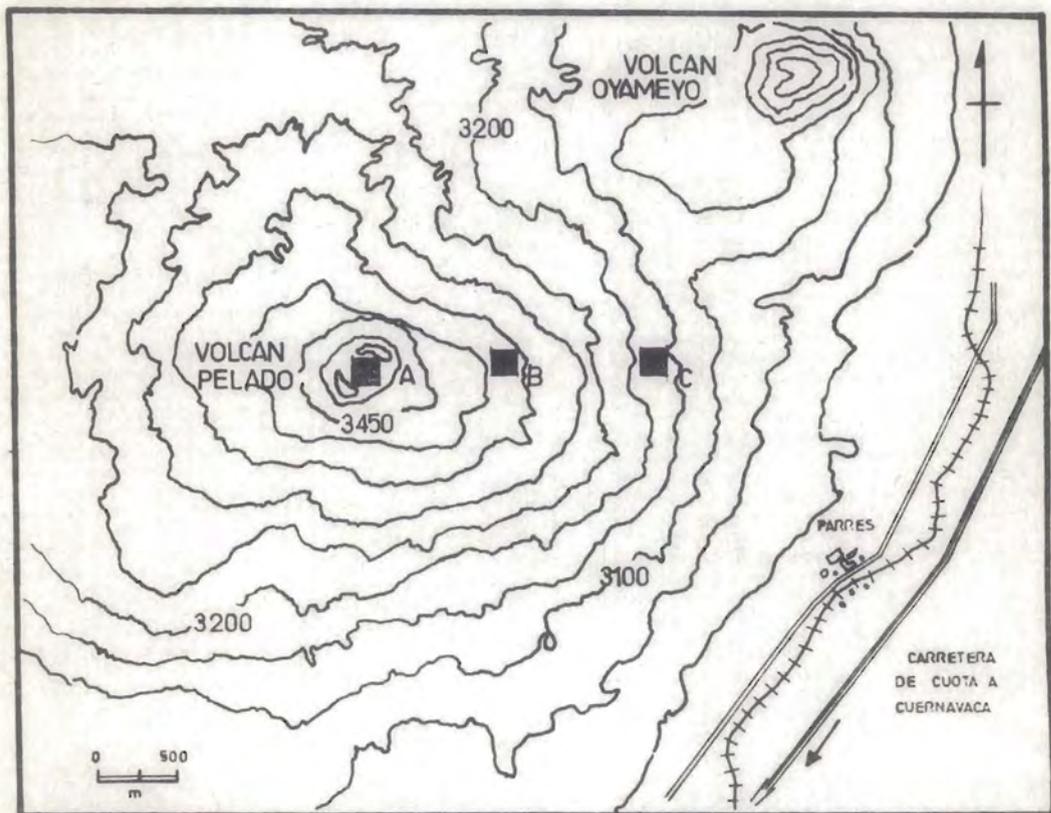


FIG.2 LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL AREA DE ESTUDIO EN EL VOLCAN PELADO:  
 A) CONO ; B) HOLLANDES Y C) PARRES.

Para el muestreo de pequeños mamíferos se empleó el método de captura-recaptura usando trampas de tipo Sherman (28 x 8 x 9 cm). En cada cuadrante se colocaron 66 trampas separadas 10 m entre sí en un reticulado de 6 líneas y 11 hileras, cubriendo una extensión de 0.5 ha. El trapeo se realizó por tres noches consecutivas cada mes durante la luna nueva, en el período comprendido entre octubre de 1987 y octubre de 1988, excepto para el Holandés que fué destruido en abril por extracción de tierra por lo que se excluyó del presente trabajo.

Las trampas se cebaron con una mezcla de hojuelas de avena y crema de cacahuete. En el interior de las trampas se colocó una porción de materia vegetal seca, principalmente pasto, para proteger a los animales contra el frío y la humedad.

A los organismos capturados se les tomó los siguientes datos: 1) medidas externas (mm), que incluyeron la longitud total y de la pata trasera y el peso (gr), 2) sexo y 3) estado reproductor, observando en hembras el estado de la vagina (cerrada, abierta o taponada), tetas (inconspicuas, conspicuas o lactantes) y preñez (presencia de embriones por palpación), y en machos el estado de los testículos (escrotados o abdominales). Todos los individuos fueron marcados por el método de ectomización de falanges y liberados en el sitio de su captura. Las especies fueron identificadas en campo siguiendo las descripciones de Ceballos y Galindo (1984) y en laboratorio con las de Hall (1981). Además se colectaron individuos de cada especie que se depositaron en la colección de Mastozoología del Instituto de Biología de la UNAM.

La vegetación dominante del cuadrante de Parres es un bosque abierto, con árboles de 20 m de altura en promedio, con un estrato herbáceo variable en cuanto a cobertura y altura, principalmente compuesto por Stipa ichu y Festuca amplissima. Es un terreno de inclinación variable, pero que no excede del 10 %, con suelos someros. En ésta comunidad existe una clara perturbación por la combinación de factores como pastoreo, incendio y tala frecuentes.

El Cono es un pastizal de gramíneas amacolladas compuesto principalmente por Calamagrostis toluensis y Festuca toluensis. A su alrededor se localizan esporádicamente árboles pequeños de Pinus hartwegii. A excepción de los incendios, prácticamente no existe perturbación humana.

#### Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron de acuerdo a Zar (1984). Los análisis se consideraron estadísticamente significativos con una alfa menor o igual de 0.05. En la comparación de densidades entre sitios y entre especies se empleó la prueba U de Mann-Whitney que es una prueba no paramétrica (Zar, 1984). Para la proporción de sexos y comparación de número de capturas entre sitios se empleó una prueba de bondad de ajuste ( $X^2$  o chi-cuadrada). En el análisis de movimientos de los organismos se empleó la prueba de t de student para diferencias entre medias.

Además de los análisis anteriores se empleó un modelo "Log-lineal" para examinar las posibles interacciones de tres

diferentes variables: el número total de individuos de las tres especies que se presentaron en ambos sitios, el número total de individuos de cada especie por sitio y su sexo. Para esto se realizó una tabla de contingencia que se analizó por medio del paquete estadístico GLIM (1985). Un "modelo" en análisis estadístico es una expresión de como los datos observados (frecuencias observadas en éste 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 calcular la diversidad de especies en cada sitio se empleó el índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ). También se calculó la diversidad máxima ( $H' \text{ max}$ ) y la equitatividad ( $J'$ ) (Zar, 1984). Por último se hizo una comparación de las diversidades entre sitios por medio de una prueba de  $t$ , de acuerdo a lo descrito por Zar (1984).

El término NS quiere decir que el resultado de los análisis no fué estadísticamente significativo.

Para el cálculo de las densidades de los organismos se empleó el método del número mínimo de animales vivos (Krebs, 1966) (Apéndice I) el cual es un método ampliamente usado (Ceballos, 1989). Se ha comprobado que éste método es más confiable que algunos otros de uso común, como el método estocástico de Jolly o el de enumeración directa (Smith, 1968; Cameron, 1977). El método del número mínimo vivo no es tan sensitivo a los cambios en

porcentajes de recaptura como el método de Jolly debido a que no es dependiente de la historia de trapeo y de aquí que se acerque a la enumeración directa. Es a su vez un índice de la densidad más confiable que la enumeración directa, ya que toma en cuenta a los individuos marcados que se pierden durante un período particular del trapeo pero que se capturan subsecuentemente. La enumeración directa no incluye a estos individuos y entonces ofrece una subestimación de la verdadera densidad poblacional (Cameron, 1977).

## RESULTADOS

### Base de datos

Las especies capturadas en los tres sitios representan a dos Ordenes, dos familias, seis géneros y las siguientes siete especies: Microtus mexicanus, Neotomodon alstoni, Peromyscus melanotis, Reithrodontomys chrysopsis, Reithrodontomys megalotis, Sigmodon leucotis y Sorex oreopolus. Los análisis están basados en 2574 noches de trapeo para Parres y el Cono. El éxito total de trapeo fué de 34.3% para el Cono y 21.6% para Parres. A partir de ahora se hará referencia a las especies por su nombre genérico, excepto para las del género Reithrodontomys.

### Abundancia, composición y diversidad de especies

La abundancia y la composición de especies entre Parres y el Cono presentó diferencias notables. En el Cono se capturaron 258 individuos de 7 especies un total de 883 veces y en Parres 171 individuos de 5 especies 558 veces. Hubo diferencias significativas en el número total de individuos capturados entre éstos sitios ( $X^2 = 16.3$ ,  $N = 429$ ,  $D.F. = 1$ ,  $P < 0.001$ )

El análisis de diversidad de especies usando la fórmula de Shannon-Weaver (Zar, 1984) no mostró diferencias significativas entre los dos sitios ( $t = 0.1 < P < 0.2$ ,  $gl = 401$ ) (Tabla I). Las especies se clasificaron como abundantes si estaban representadas por más de 30 individuos, comunes de 16 a 29 individuos, y raras con menos de 15.

TABLA I. NUMERO DE ESPECIES, ESPECIES COMUNES,  
 NUMERO DE INDIVIDUOS, DIVERSIDAD DE  
 ESPECIES ( $H'$ ), DIVERSIDAD MÁXIMA ( $H'_{max}$ )  
 E INDICE DE EQUITATIVIDAD ( $J$ ) DE LOS  
 DOS SITIOS DE MUESTREO EN EL VOLCAN  
 PELADO, D.F.

SITIO	NUMERO DE ESPECIES	ESPECIES COMUNES	NUMERO DE INDIVIDUOS <sup>++</sup>	$H'$	$H'_{max}$	$J$
PARRES	5	3	171	0.52	0.69	0.73
CONO	7	3	259	0.66	0.84	0.78

<sup>++</sup> Se refiere al número de individuos de las  
 especies comunes.

De las 7 especies presentes en el Cono tres (Peromyscus, Neotomodon y Microtus) fueron abundantes, una (R. chrysopsis) común y tres (R. megalotis, Sigmodon y Sorex) raras. En Parres tres (Neotomodon, Peromyscus y R. megalotis) fueron abundantes y dos (R. chrysopsis y Sorex) raras (Tabla II, Fig. 3).

Neotomodon y Peromyscus fueron las únicas especies abundantes en ambos sitios. Sin embargo Neotomodon fué la especie más abundante en Parres (42.6 % del total de individuos capturados) y Peromyscus lo fué en el cono (37.9 %) (Tabla II). No hubo diferencias significativas en el número total de individuos de Neotomodon capturados en los dos sitios ( $X^2 = 0.06$ , g.l. = 1, NS), al contrario de Peromyscus ( $X^2 = 10.25$ , g.l. = 1,  $P < 0.005$ ).

#### Dinámica y densidad poblacionales

Las densidades poblacionales se calcularon en base al área cubierta por los cuadrantes (0.5 ha) y por el área "efectiva" de trapeo muestreada por las trampas (0.8 ha). Esta área se estimó añadiendo 20 metros al perímetro del cuadrante, que fué la distancia promedio que se movieron los individuos de las especies abundantes entre recapturas sucesivas. La densidad poblacional calculada en base al área efectiva de trapeo es la que se maneja en las descripciones siguientes. En el caso de los promedios se incluye también la desviación estándar.

Para determinar si había diferencias significativas en el comportamiento temporal de las densidades se dividieron los datos obtenidos para trece meses en dos periodos de 6 meses cada uno

TABLA II ANALISIS DE LOS DATOS DE CAPTURAS DE SIETE ESPECIES DE PEQUEÑOS MAMIFEROS EN EL VOLCAN PELADO DE

ESPECIES	SITIO	NUMERO DE CAPTURAS TOTALES			NUMERO DE INDIVIDUOS CAPTURADOS			CAPTURAS PROMEDIO POR INDIVIDUO			PROMEDIO DE AUSENCIA (MESES)		
		M	H	T	M	H	T	M	H	T	M.	H	T
<u>Neotomodon alstoni</u>	CONO	135	138	273	43	33	76	3.1	4.1	3.5	0.65	0.38	0.52
	PARRES	178	127	305	47	26	73	3.7	4.8	4.1	0.36	0.43	0.39
<u>Peromyscus melanotis</u>	CONO	221	172	393	55	43	98	4.0	4.0	4.0	0.5	0.31	0.42
	PARRES	73	76	149	28	30	58	2.5	2.5	2.5	0.21	0.4	0.29
<u>Reithrodontomys megalotis</u>	CONO	15	16	31	7	6	13	2.1	2.6	2.3	0.8	0.33	0.5
	PARRES	51	46	97	17	16	33	3.0	2.8	2.9	0.37	0.8	0.56
<u>Reithrodontomys chrysopsis</u>	CONO	21	27	48	11	10	21	1.9	2.7	2.2	0.33	0.3	0.3
	PARRES	4	0	4	4	0	4	1.0	1.0	1.0	-	-	-
<u>Microtus mexicanus</u>	CONO	57	59	116	19	20	39	3.0	2.9	2.9	0.11	0.14	0.12
	PARRES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Sigmodon leucotis</u>	CONO	10	9	19	7	2	9	1.4	4.5	2.1	0	0	0
	PARRES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Sorex oreopolus</u>	CONO	1	2	3	1	1	2	1.0	2.0	1.5	0	0	0
	PARRES	1	2	3	1	2	3	1.0	1.0	1.0	0	0	0

M=machos H=hembras T=total

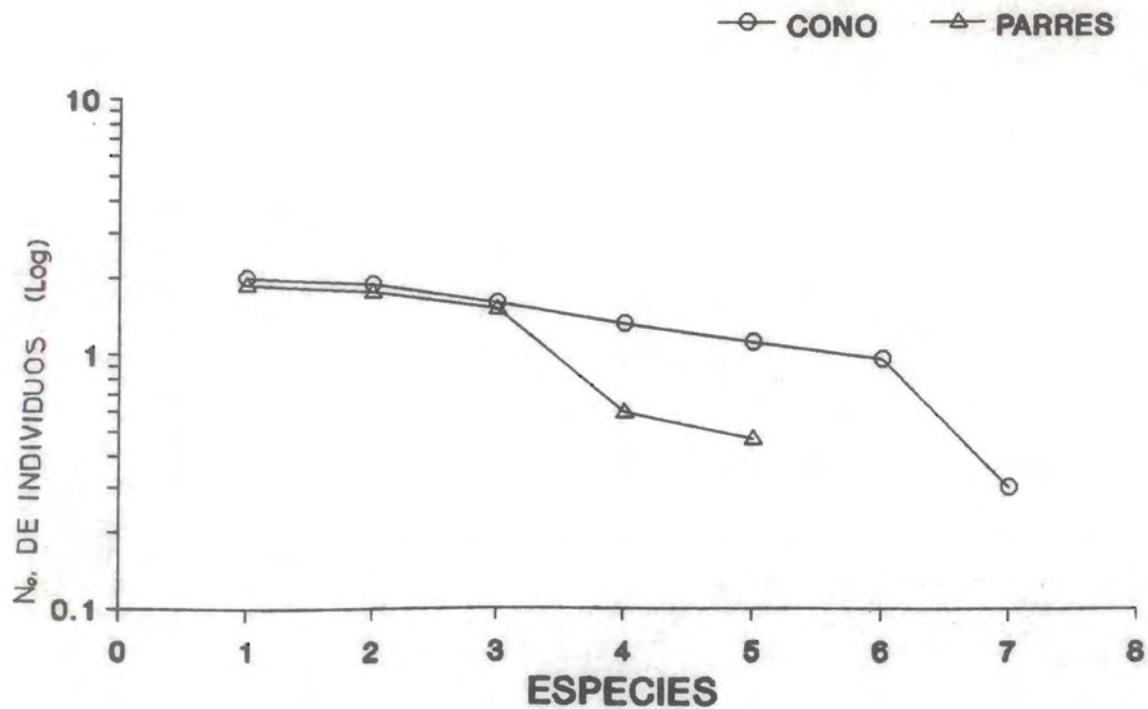


Fig 3.- Composición y abundancia relativa de especies de pequeños mamíferos en Parres y el Cono.

(se excluyó el primer mes). En el primer periodo quedó comprendida la época de secas y en el segundo la de lluvias. Estos periodos se mencionarán como periodo 1 y periodo 2, respectivamente. El primer periodo comprendió de noviembre a abril y el segundo de mayo a octubre.

Los patrones que se observaron para cada uno de los sitios mostraron diferencias entre sí. Se observó también que las densidades que se presentaron durante los mismos meses (octubre del 87 y octubre del 88) fueron diferentes, aunque las diferencias pudieron deberse a un sesgo en los datos por tratarse del primero y del último mes de muestreo, aunque las diferencias también pudieron deberse a un comportamiento real de las poblaciones.

En el Cono la densidad poblacional promedio total, es decir de todas las especies, fué de  $62.2 \pm 10.6$  ind/ha. Las densidades más altas se presentaron en septiembre (75 ind/ha) y en diciembre (79.2 ind/ha). Las densidades más bajas correspondieron a mayo (47 ind/ha) y a octubre del 88 (41.1 ind/ha)(Fig 4a).

La densidad poblacional promedio total en Parres fué de  $37.6 \pm 19.4$  ind/ha. La densidad más alta se presentó en noviembre (80.6 ind/ha) a partir de la cual disminuyó gradualmente hasta alcanzar la mínima observada (16.3 ind/ha) a finales del estudio, en octubre del 88 (fig. 4a).

Al hacer una comparación de las densidades poblacionales totales de ambos sitios se encontraron diferencias significativas ( $U = .144$ ,  $N = 26$ ,  $P < 0.002$ ). Además es evidente una diferencia

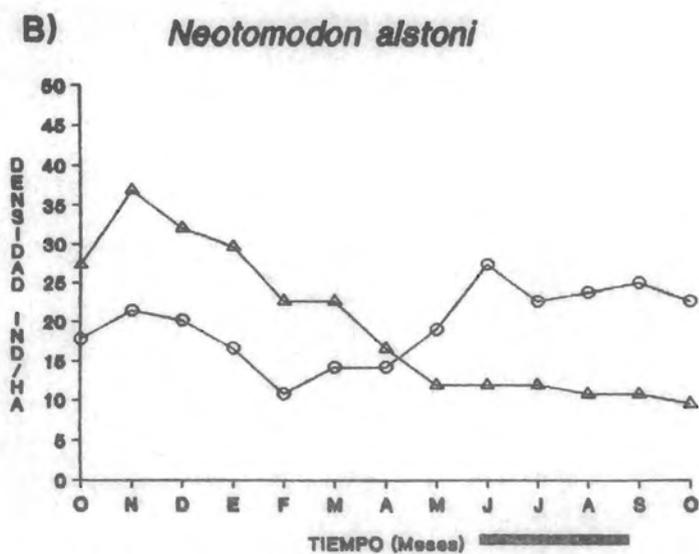


Fig. 4.- Cambios temporales en las densidades poblacionales de todas las especies (A) y de *N. alstoni* (B) en Parres y el Cono.

notable en el comportamiento de la dinámica poblacional de ambos sitios (fig 4a).

En los análisis de comparación por periodos de las densidades totales no se encontraron diferencias significativas en el Cono ( $U= 29$ ,  $N= 12$ , NS); sin embargo en Parres hubo profundas diferencias entre ambos periodos ( $U= 39$ ,  $N= 12$ ,  $P \ll 0.005$ ). Además una comparación del periodo 1 de el Cono y Parres no mostró diferencias significativas ( $U= 261$ ,  $N= 12$ , NS), encontrándose éstas en la comparación del periodo 2 ( $U= 39$ ,  $N=12$ ,  $P \ll 0.005$ ).

Las dos especies más abundantes en ambos sitios, Neotomodon y Peromyscus, también mostraron diferencias en cuanto al comportamiento temporal de sus densidades poblacionales en cada sitio. En Parres Neotomodon mostró un comportamiento similar al patrón general observado en ese lugar. En el Cono el comportamiento no fué tan similar al patrón general aunque también se presentó durante la primera mitad del estudio un periodo de densidad alta (21.4 ind/ha en noviembre) y uno de baja (10.7 ind/ha en febrero) con una ligera tendencia al aumento después de la primera mitad del estudio (Fig. 4b). Para ésta especie se observó que los patrones de ambos sitios fueron opuestos; es decir, cuando las densidades fueron altas en Parres fueron bajas en el Cono y viceversa. Esto indica diferencias en la dinámica de ambos sitios sin que probablemente exista una relación estrecha entre la tendencia opuesta. En Parres la densidad más alta se presentó en noviembre (36.9 ind/ha) a partir de la cual disminuyó hasta llegar a la mínima en octubre (9.5 ind/ha) con un promedio de

densidad poblacional de  $19.5 \pm 9.5$  ind/ha. En el Cono la densidad poblacional promedio fué de  $19.6 \pm 4.9$  ind/ha y la más alta se registró en junio (27.3 ind/ha) y la mínima en febrero (10.7 ind/ha).

Las densidades poblacionales de Neotomodon para ambos sitios no presentaron diferencias significativas entre sí ( $U= 92$ ,  $N= 26$ , NS). Sin embargo en el Cono ésta especie tuvo durante el periodo 2 un promedio de densidad mayor que en el periodo 1 (23.3 vs 16.2 ind/ha respectivamente) con diferencias significativas al comparar los periodos ( $U= 43$ ,  $N= 12$ ,  $P < 0.005$ ). En Parres la situación fué inversa siendo mayor el promedio de densidad durante el periodo 1 (26.7 ind/ha) que en el 2 (11.1 ind/ha), también con diferencia significativa ( $U= 38$ ,  $N= 12$ ,  $P < 0.005$ ).

Peromyscus presentó en los dos sitios una tendencia bastante similar. En general se observó un periodo de alta densidad en invierno a partir del cual hubo una disminución hacia el verano, seguida de un ligero aumento en otoño (Fig. 5a). En el Cono presentó una densidad promedio de  $25 \pm 9.1$  ind/ha. Sus densidades más altas se presentaron en diciembre y enero (42.8 y 39.2 ind/ha), disminuyendo paulatinamente hasta julio (14.2 ind/ha), con un ligero aumento en septiembre (27.3 ind/ha). En Parres la densidad promedio fué de  $9.3 \pm 5.2$  ind/ha. Su densidad máxima fué en noviembre (22.6 ind/ha) a partir de la cual disminuyó hasta la mínima en mayo (1.1 ind/ha), aumentando en agosto (11.9 ind/ha) y disminuyendo hacia finales del estudio.

El análisis de las densidades poblacionales de ambos sitios

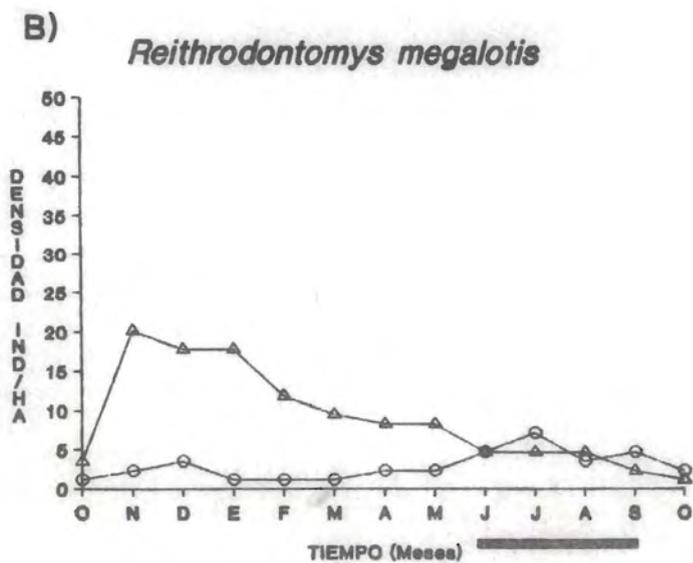
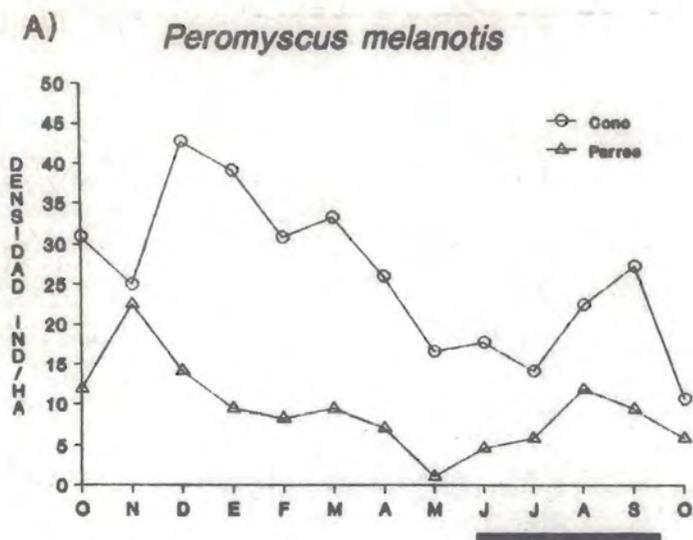


Fig. 5.- Cambios temporales en las densidades poblacionales de *P. melanotis* (A) y *R. megalotis* (B) en Parres y el Cono

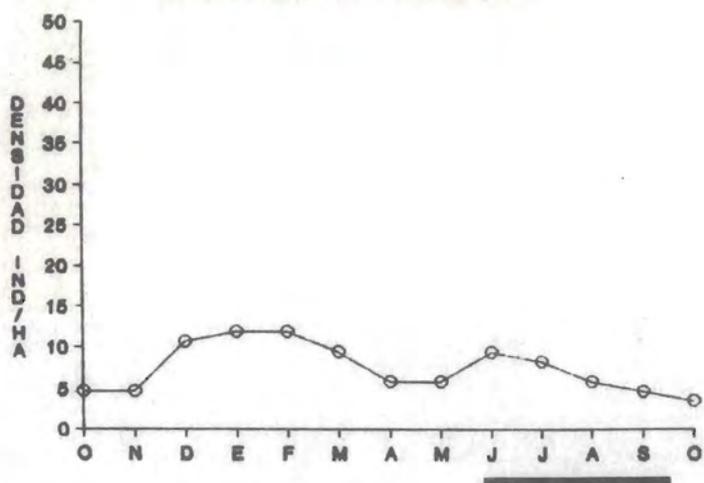
para Peromyscus mostró diferencias significativas ( $U= 162$ ,  $N= 26$ ,  $P<0.001$ ), probablemente causadas por el menor número de individuos en Parres. De la misma manera el análisis de la densidad por periodos de para cada sitio mostró diferencias significativas para Parres ( $U= 39$ ,  $N= 12$ ,  $P<<0.005$ ) y para el Cono ( $U= 38$ ,  $N= 12$ ,  $P<<0.005$ ).

R. megalotis fué la tercera especie abundante en Parres y sus tendencias poblacionales temporales fueron similares a las generales y a las de Neotomodon en éste sitio (Fig. 4b). Su densidad promedio fué de  $8.8 \pm 6$  ind/ha. La densidad más alta la presentó en noviembre ( $20.2$  ind/ha) disminuyendo hasta la más baja en octubre ( $1.1$  ind/ha).

La otra especie abundante en el Cono fué Microtus. Sus densidades más altas se observaron en invierno (enero y febrero,  $11.9$  ind/ha), con una disminución en primavera ( $5.9$  ind/ha), un ligero aumento en el verano ( $9.5$  ind/ha) disminuyendo hacia el final del estudio en octubre ( $3.5$  ind/ha)(Fig. 6a). Su densidad poblacional promedio fué de  $7.4 \pm 2.8$  ind/ha.

El resto de las especies no fué capturado en número suficiente para describir sus tendencias poblacionales temporales. Sin embargo es importante señalar la influencia de R. chrysopsis en el patron temporal de la densidad poblacional de todas las especies en el Cono. Esta especie no mostró cambios significativos en la densidad durante los primeros 9 meses del estudio, pero presentó un marcado aumento en julio, agosto y septiembre ( $10.7$  ind/ha en agosto y  $11.9$  ind/ha en los otros dos meses)(Fig.

A) *Microtus mexicanus*



B) *Reithrodontomys chrysopsis*

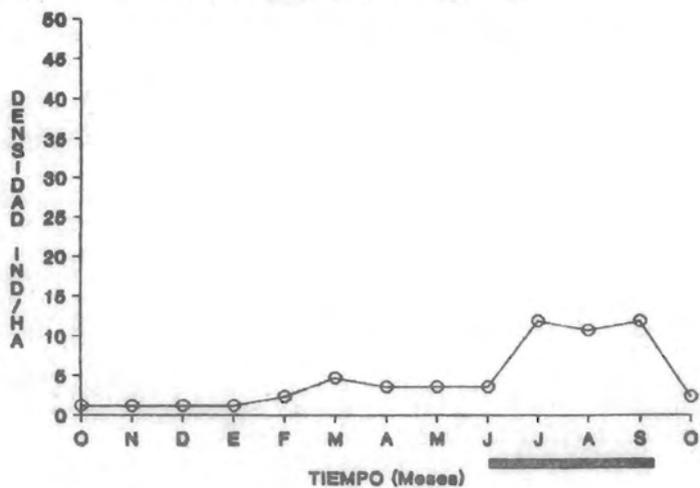


Fig. 6. Cambios temporales en las densidades poblacionales de *M. mexicanus* y *R. chrysopsis* en el Cono.

6b), que coincide con el aumento observado en el patrón general durante estos mismos meses (Fig 4a).

#### Biomasa

El promedio mensual de biomasa de los pequeños mamíferos con todas las especies fué significativamente mayor en el Cono que en Parres ( $t= 4.66$ , g.l.= 24;  $P<0.001$ ) (Tabla III). La biomasa presentó cambios temporales similares a la variación en las densidades poblacionales en cada sitio. Durante los meses de baja densidad la biomasa fué de 1109 gr/ha y 416 gr/ha para el Cono y Parres respectivamente, y durante meses de alta densidad, la biomasa alcanzó un pico de 1786 gr/ha para el Cono y de 1688 gr/ha para Parres.

#### Proporción de sexos

La proporción total de sexos de Neotomodon, Peromyscus y Microtus en el Cono y de Peromyscus y R. megalotis en Parres fué de aproximadamente 1:1 (tabla III) sin que hubiera significancia estadística para cada especie ( $X^2$  ( $P<0.1$ ), g.l.= 1). En Parres Neotomodon mostró una proporción total de machos mayor que de hembras, 1.8:1 ( $X^2= 5.4$ , g.l.= 1,  $P<0.01$ ). Sin embargo la proporción de sexos, en ninguna especie, mostró cambios temporales ( $X^2$  ( $P<0.1$ ), g.l.= 1).

#### Reproducción

En éste caso las interpretaciones se refieren a la presencia

**TABLA III. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PEQUEÑOS MAMIFEROS CAPTURADOS EN EL VOLCAN PELADO. SE REPORTAN MEDIA, DESVIACION ESTANDAR Y RANGO.**

ESPECIES	MASA CORPORAL (gr)		PROPORCION DE SEXOS (m/h)		DENSIDAD (Ind/ha)		BIOMASA (gr/ha)	
	CONO	PARRES	CONO	PARRES	CONO	PARRES	CONO	PARRES
Todas las especies	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1437 ± 258 (1109 + 1786)	838 ± 385 (416-1688)
<u>Neotomodon alstoni</u>	30.9 ± 4.8	36.8 ± 5.4	1.3:1	1.8:1	18.9 ± 4.9 (10.7-27.3)	19.1 ± 9.5 (9.5-36.9)	699 ± 172 (235-687)	613 ± 297 (300-1195)
<u>Peromyscus melanotis</u>	18.6 ± 3.4	18.3 ± 4.7	1.3:1	1:1.1	25.1 ± 9.1 (10.7-42.8)	9.3 ± 5.2 (1.1-22.6)	434 ± 149 (235-687)	148 ± 76 (20-326)
<u>Reithrodontomys megalotis</u>	12.2 ± 2.2	9.9 ± 2.9	1.2:1	1.1:1	2.7 ± 1.7 (1.1-7.1)	8.8 ± 6.0 (1.1-20.2)	28 ± 21 (8-81)	72 ± 45 (16-163)
<u>Reithrodontomys chrysopsis</u>	12.6 ± 2.8	11.5 ± 2.5	1.1:1	-----	4.5 ± 3.9 (1.1-11.9)	0.4 ± 0.7 (0-2.3)	48 ± 48 (10-142)	4 ± 8 (0-28)
<u>Microtus mexicanus</u>	30.9 ± 4.8	-----	1:1.1	-----	7.4 ± 2.8 (3.5-11.9)	-----	202 ± 74 (116-316)	-----
<u>Sigmodon leucotis</u>	56.8 ± 12.8	-----	3.5:1	-----	1.1 ± 1.1	-----	55 ± 57 (0-130)	-----
<u>Sorex oreopolus</u>	4.0 ± 0	5.3 ± 2.3	1:1	1:2	0.2 ± 0.6 (0-2.3)	0.2 ± 0.4 (0-1.1)	0.6 ± 2.2 (0-8)	1 ± 2 (0-8)

en las poblaciones de organismos con los rasgos más relacionados con la reproducción. En las hembras se tomó como indicio de actividad reproductiva la presencia de tetas prominentes o lactancia y las preñadas (detectadas por palpación) y en machos la de testículos escrotados, que si bien no indican actividad sexual necesariamente si dan una idea aproximada del periodo de actividad reproductiva.

Las siguientes descripciones se basan en el porcentaje de individuos reproductivos presentes en las poblaciones. Se empleó el porcentaje en lugar del número absoluto ya que el comportamiento observado en gráfica era bastante similar en ambos casos y porque el uso del número absoluto no da una aproximación del comportamiento general de la reproducción en la población. Sin embargo hay que considerar que el porcentaje puede dar una sobreestimación, especialmente cuando las densidades son bajas.

Para la reproducción únicamente se obtuvieron suficientes datos para Peromyscus y Neotomodon. Los patrones de reproducción de cada una de las especies en los dos sitios mostraron tendencias similares, con un periodo de actividad reproductiva bien definido para ambos sexos, comprendido de mayo a octubre para machos y casi todo el año, excepto enero y febrero, para hembras (fig 7).

Peromyscus fué la especie más abundante en el Cono, sin embargo fué en Parres donde registró una mayor actividad reproductiva. En el Cono, los machos mostraron signos de reproducción en los meses de julio, agosto y septiembre, mientras que en las

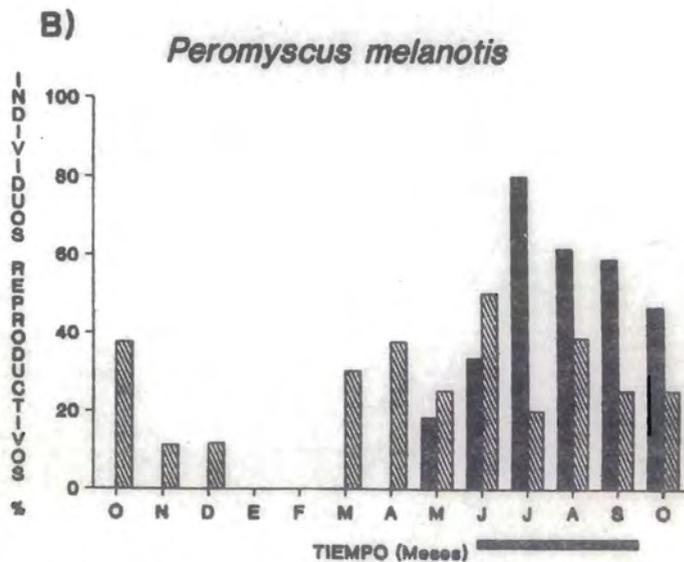
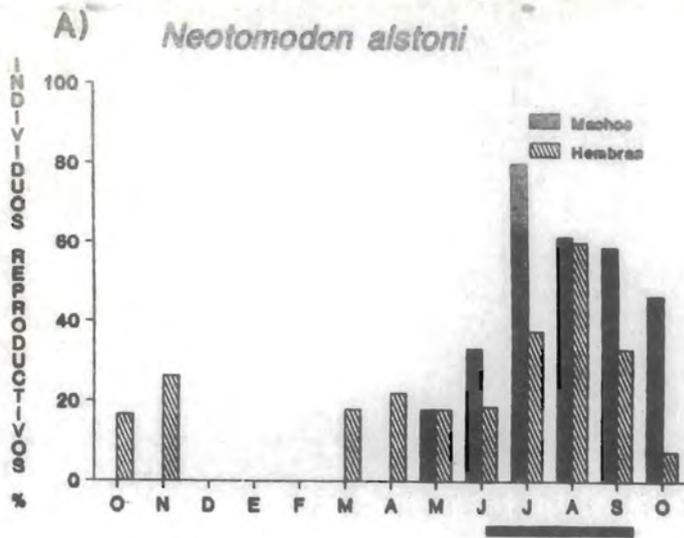


Fig 7.- Porcentaje de individuos reproductivos de N. alstoni (A) y P. melanotis (B) por período de muestreo en el volcán Pelado.

hembras se presentó al principio del estudio en octubre y noviembre, y después durante los meses de mayo, junio, agosto y septiembre. En Parres el patrón fué bastante similar, aunque en los machos el periodo se prolongó hasta octubre y en las hembras también se presentaron signos de actividad en los meses de diciembre, marzo y agosto.

En el caso de Neotomodon los machos de ambos sitios presentaron actividad de mayo a octubre. En el Cono las hembras de ésta especie mostraron actividad durante los dos primeros meses del estudio, y después de mayo a octubre. En Parres también registraron actividad los dos meses al principio del estudio y después de marzo a octubre, excepto en mayo.

#### Reclutamiento

El reclutamiento se refiere a la incorporación de individuos nuevos, sin marcar, a la población. La presencia de estos individuos puede verse como el resultado de inmigración y/o incorporación por nacimientos in situ.

Los patrones de reclutamiento observados para Neotomodon y Peromyscus no mostraron ninguna similitud perceptible entre especies o entre sitios.

En Parres se observaron variaciones temporales en la proporción de individuos nuevos de Neotomodon a lo largo del tiempo. Después de los dos primeros meses de muestreo la proporción se mantuvo en promedio por debajo del 15% (de diciembre a abril) observándose los máximos porcentajes durante la época de

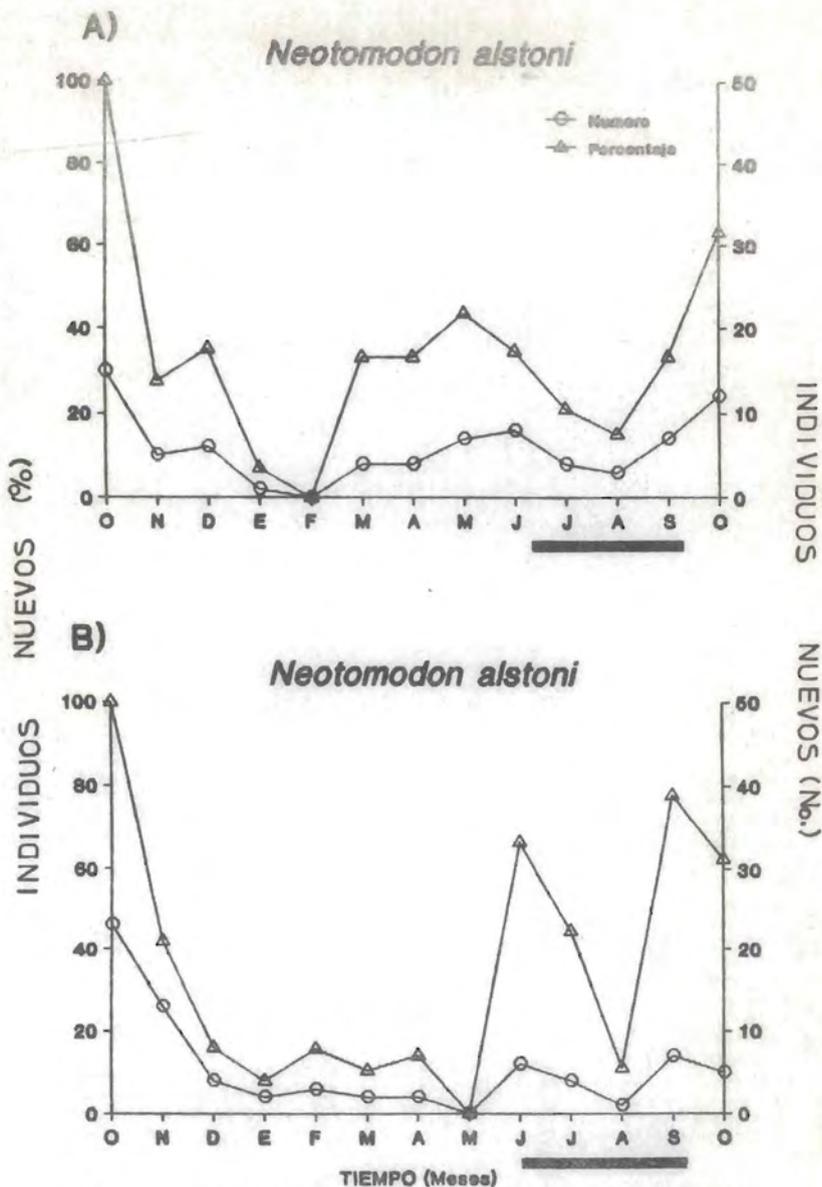


Fig. 8.- Proporción y número de individuos nuevos de *N. alstoni* por período de trampeo en el Cono (A) y en Parres (B).

lluvias (Fig 8b). En mayo no se registró a ningún individuo nuevo. En promedio se reclutaron 2.8 machos y 1.2 hembras mensualmente.

En el Cono el promedio mensual de reclutamiento para machos y hembras fué de 3 y 2 individuos respectivamente. La proporción de individuos nuevos presento variaciones a lo largo del tiempo, con una tendencia al aumento hacia el final del muestreo y con porcentajes por arriba del 30% de marzo a junio (Fig 8a).

En Parres Peromyscus presentó variaciones en la proporción de individuos nuevos siendo en dos ocasiones de 100% (Fig. 9b). Esto probablemente sea reflejo de su baja densidad en éste sitio. En promedio se reclutaron 1.8 machos y 2.1 hembras mensualmente. En el Cono se observó una tendencia al aumento de la proporción de individuos nuevos durante la época de lluvias, alcanzando en agosto la mayor proporción (52.6%) después de la cuál disminuyó (Fig. 9a) En promedio se reclutaron mensualmente 3.6 y 2.4 individuos nuevos de machos y hembras respectivamente.

#### Sobrevivencia

Se calcularon dos diferentes medidas de la sobrevivencia para comparar las tendencias poblacionales entre las especies y entre los sitios: 1) La persistencia, que se calculó como el porcentaje de individuos capturados presentes a través del tiempo (se excluyen los individuos capturados sólo una vez y los del último mes de trampeo) y 2) La residencia, calculada como el tiempo promedio que los individuos se presentaron en el área (Ceballos 1989).

En el Cono las especies mostraron un mayor periodo de persistencia, encontrándose individuos de Neotomodon y Peromyscus presentes hasta por 12 meses (Fig. 10). En promedio, para Neotomodon el 43.7% de los individuos desaparecieron después de tres meses, y el 10.1% continuaron en el área después de 10 meses. El promedio de residencia para machos y hembras fué de 4.2 y 4.8 meses respectivamente. Para ésta misma especie en Parres, se observó que después de 3 meses el 45.4% de los individuos desaparecieron y sólo el 4.6% llegó a los 9 meses. Aquí el promedio de residencia fué de 3.4 meses para machos y 3.9 para hembras.

En Parres el 65% de los individuos de Peromyscus desaparecieron en tres meses y sólo el 20% alcanzó los 5 meses (Fig. 11). El promedio de residencia fué de 3.2 y 3 meses para machos y hembras respectivamente. En el Cono el 50% de los individuos desapareció después de tres meses y el 4.8% alcanzó los 11 meses. El promedio de residencia fué de 4.1 meses para machos y 4.2 para hembras.

El mayor promedio de residencia lo tienen los individuos de R. megalotis en Parres, con 4.7 meses en total (4.3 para machos y 5.7 para hembras). El 61% de los individuos desapareció hasta después de 4 meses, alcanzando el 5.6% los 11 meses. En contraste Microtus, en el Cono, fué la especie con menor promedio de residencia total, 3 meses (3.2 y 3 para machos y hembras respectivamente). Sólo el 4.7% de los individuos llegaron a 7 meses, desapareciendo el 81% después de tres meses.

# CONO

39

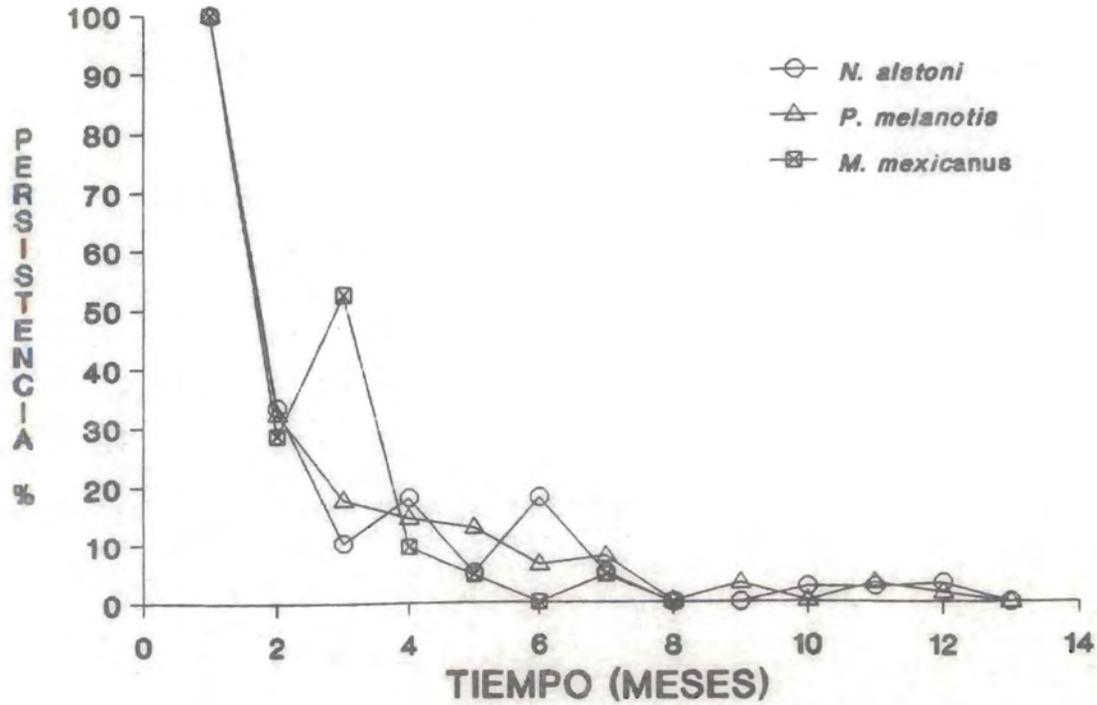


Fig10- Persistencia temporal de las especies abundantes de pequeños mamíferos en el Cono

## PARRES

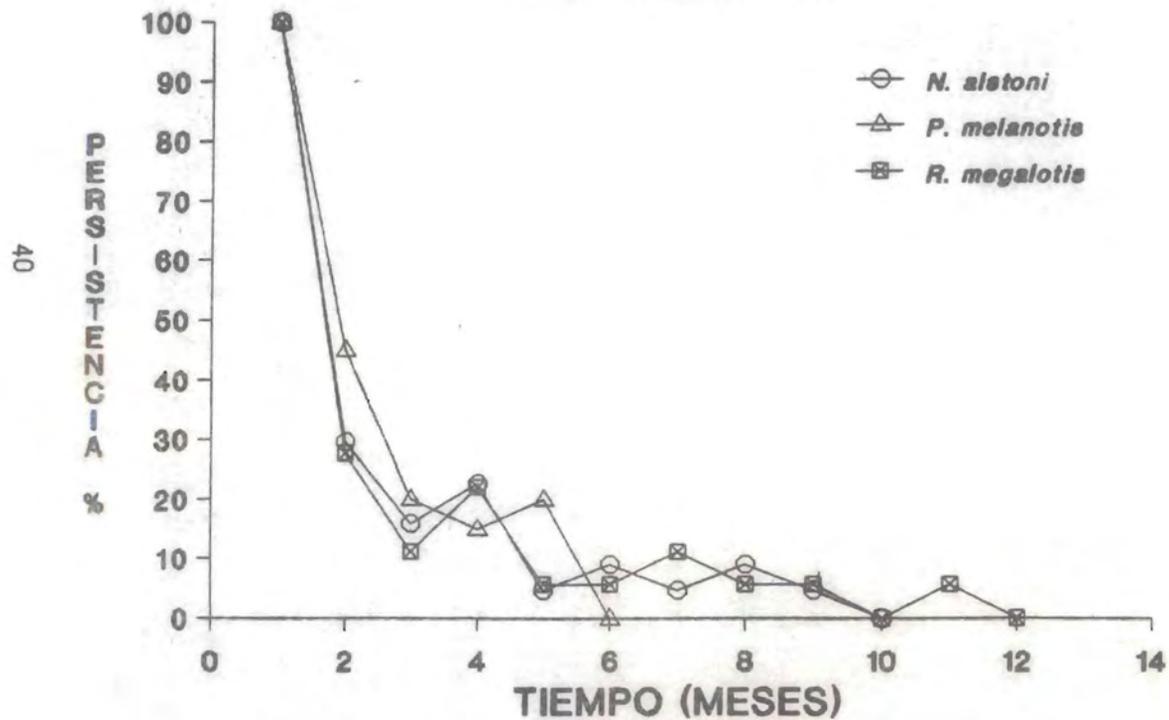


Fig 11.- Persistencia temporal de las especies abundantes de pequeños mamíferos en Parres

### Movimientos

Se analizaron los movimientos de todos los individuos capturados más de una vez en dos formas diferentes: Movimientos entre recapturas (MER), representados por las distancias recorridas entre recapturas sucesivas y 2) Movimientos finales (MF), representados por las distancias recorridas entre la primera y la última captura (Tabla IV).

La distribución de frecuencias de MER para Neotomodon en el Cono, mostró que el 80 % de estos movimientos fué menor de 30 m con un promedio de  $22.2 \pm 22.1$  m (Fig. 12a). En Parres el 87.3 % de MER fué igualmente menor de 30 m, con un promedio de  $17.4 \pm 16.9$  (Fig. 12b). Los machos del Cono se movieron distancias más largas que los de Parres ( $28.6 \pm 25.6$  por  $17.9 \pm 18.2$ ;  $t = 3.05$ , g.l. = 151,  $P < 0.005$ ) y no hubo diferencias significativas entre los movimientos de las hembras en ambos sitios ( $t = 0.11$ , g.l. = 154, NS). Los promedios totales para ambos sexos presentaron diferencias poco significativas ( $t = 2.1$ , g.l. = 307,  $P < 0.05$ ).

La distribución de frecuencias de MER de Peromyscus en el Cono mostró que el 81.4 % de los movimientos fué menor de 30 m (Fig. 13a) con un promedio de  $21.9 \pm 18$  m. En Parres el 85 % de los movimientos fué menor de 40 m (Fig. 13b) con un promedio de  $24.3 \pm 21.1$  m. Entre ambos sitios no hubo diferencias significativas en los movimientos promedio totales ( $t = 0.9$ , g.l. = 296, NS) aunque si las hubo en el movimiento promedio de machos ( $t = 2.2$ , g.l. = 161,  $P < 0.005$ ) mientras que en hembras no las hubo ( $t = 1.0$ ,

TABLA IV . MOVIMIENTOS ENTRE RECAPTURAS Y MOVIMIENTOS FINALES DE LOS PEQUEÑOS MAMÍFEROS CAPTURADOS EN EL VOLCÁN PELADO. SE REPORTAN MEDIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y TAMAÑO DE MUESTRA (PARENTESIS). ALGUNAS ESPECIES SE EXCLUYERON POR NO TENER SUFICIENTES DATOS

ESPECIES	SITIO	MOVIMIENTOS ENTRE RECAPTURAS (m)			MOVIMIENTOS FINALES		
		MACHOS	HEMBRAS	TOTAL	MACHOS	HEMBRAS	TOTAL
<u>Neotomodon alstoni</u>	CONO	28.6 ± 25.6 (65)	17.0 ± 17.6 (82)	22.2 ± 22.1 (147)	21.3 ± 21.4 (22)	27.5 ± 26.2 (16)	23.9 ± 23.4 (38)
	PARRES	17.9 ± 18.2 (88)	16.7 ± 15.2 (74)	17.4 ± 16.9 (162)	33.0 ± 25.5 (20)	36.0 ± 16.4 (10)	34.0 ± 22.6 (30)
<u>Peromyscus melanotis</u>	CONO	22.4 ± 16.9 (137)	21.2 ± 19.3 (101)	21.9 ± 18.0 (238)	28.7 ± 20.7 (32)	20.4 ± 13.9 (22)	25.3 ± 18.6 (54)
	PARRES	33.0 ± 25.1 (26)	17.6 ± 14.5 (34)	24.3 ± 21.1 (60)	24.2 ± 12.7 (7)	23.0 ± 22.1 (10)	23.5 ± 18.3 (17)
<u>Reithrodontomys megalotis</u>	CONO	16.6 ± 15.2 (3)	24.5 ± 13.6 (11)	22.8 ± 13.8 (14)	10.0 (1)	20.0 (1)	15.0 ± 7.0 (2)
	PARRES	22.9 ± 20.5 (24)	32.8 ± 28.2 (25)	27.9 ± 24.9 (49)	41.4 ± 27.9 (7)	34.2 ± 31.5 (7)	37.8 ± 28.8 (14)
<u>Reithrodontomys chrysopsis</u>	CONO	19.0 ± 9.9 (10)	20.0 ± 14.7 (13)	19.5 ± 12.6 (23)	20.0 ± 8.9 (6)	27.5 ± 9.5 (4)	23.0 ± 9.4 (10)
	PARRES	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----
<u>Microtus mexicanus</u>	CONO	18.8 ± 21.7 (27)	18.3 ± 12.6 (30)	18.5 ± 17.3 (57)	35.5 ± 32.8 (9)	21.6 ± 12.6 (12)	27.6 ± 23.8 (21)
	PARRES	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----

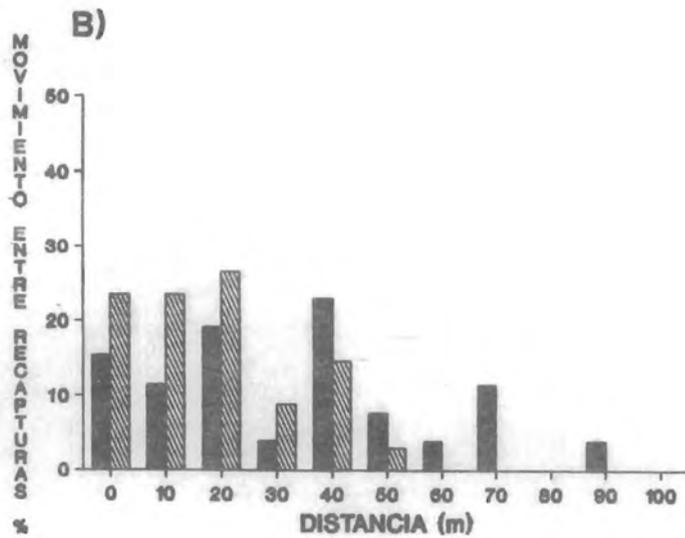
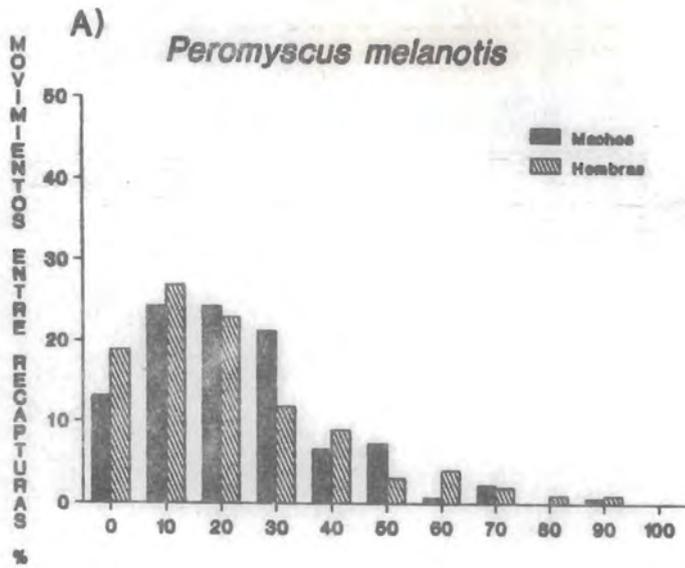


Fig.13.-- Movimientos entre recapturas de *P. melanotis* en el Cono (A) y en Parres (B).

g.l.= 236, NS). Entre sexos sólo hubo diferencias significativas en Parres ( $t= 5.16$ , g.l.= 60,  $P<0.001$ ) y no en el Cono ( $t= 0.51$ , g.l.= 236, NS). Los movimientos finales fueron en promedio mayores que los MER, y los machos en general se movieron más que las hembras. En el caso de Neotomodon las hembras se movieron más que los machos en ambos sitios, aunque no fué significativo ( $t= 0.8$ , g.l.= 36, NS para el Cono y  $t= 0.35$ , g.l.= 28, NS para Parres). Así mismo no hubo significancia estadística de los movimientos finales entre especies, sexos y sitios.

#### Interacción entre variables

Una de las ventajas del modelo Log-lineal es la posibilidad de hacer comparaciones múltiples entre diferentes variables. En éste caso se empleó el número total de individuos de las tres especies que se presentaron en ambos sitios (Neotomodon, Peromyscus y R. megalotis) como variable dependiente y a la distribución de éste valor de abundancia respecto a la especie, el sitio y el sexo como los factores a analizar.

El análisis estadístico realizado por el modelo se presenta en la tabla V. El factor especie como fuente de devianza es altamente significativo ( $P<<0.001$ ) lo que indica una abundancia de las especies no uniforme dentro de cada sitio, es decir, hay diferencias de abundancia de cada especie en cada sitio. En cambio la abundancia total de las tres especies, representada en la tabla V por el factor sitio, no se diferenció estadísticamente de un lugar a otro, osea que la cantidad total de organismos fué la

TABLA V. RESULTADOS DEL MODELO LOG-LINEAL EN EL  
ANÁLISIS DE INTERACCIÓN ENTRE VARIABLES

FUENTE DE DEVIANZA	$\chi^2$	GL	$r^2$	P
ESPECIE	75.92	2	0.72	$\ll 0.001$
SITIO	1.51	1	0.01	NS
SEXO	5.28	1	0.05	NS
SITIO-ESPECIE	17.92	2	0.17	$< 0.001$
ESPECIE-SEXO	1.94	2	0.01	NS
TOTAL	104.44	11	--	--

misma. En la comparación independiente del número total de individuos capturados de todas las especies en el Cono y Parres realizada anteriormente si hubo diferencias significativas ( $X^2=16.3$ ,  $N=429$ ,  $D.F.=1$ ,  $P \ll 0.001$ ) que pueden explicarse por la presencia de especies como Microtus y R. chrysopsis en el Cono y que no se presentan en Parres.

El factor interacción sitio-especie también fué estadísticamente significativo, por las diferencias en abundancia de cada especie en cada sitio. R. megalotis es más abundante en Parres que en el Cono al igual que Peromyscus, mientras que Neotomodon es igual de abundante en ambos sitios.

El sexo es estadísticamente significativo aunque a un nivel menor que la especie ó la interacción sitio-especie. Esto puede explicarse por la presencia en Neotomodon de un mayor número de machos que de hembras en ambos sitios y que se refleja en éste análisis al considerar a las tres especies.

## DISCUSION

### Composición y riqueza de especies

La composición de especies del sitio de estudio corresponden con lo citado en la literatura para la zona del Eje Neovolcánico Transversal (Hall, 1981; Ceballos y Galindo, 1984). Esta es una zona considerada biogeográficamente importante por ser el punto de contacto y transición de faunas neotropicales y neárticas. Las características fisiográficas de México han permitido un alto índice de endemismos siendo el país del continente americano con el mayor porcentaje de especies endémicas de vertebrados terrestres, considerándose para mamíferos el Eje Neovolcánico Transversal una de las principales áreas de distribución de especies endémicas (Toledo, 1988). De las ocho especies capturadas en el presente estudio, cuatro (Neotomodon alstoni, Peromyscus melanotis, Reithrodontomys chrysopsis y Sigmodon leucotis) son endémicas del país y dos de ellas (N. alstoni y R. chrysopsis) lo son al Eje Neovolcánico (Ceballos y Galindo, 1984), de las cuales se desconoce gran parte de su biología y ecología, por lo que éste estudio contribuye a ampliar el conocimiento que se tiene.

La riqueza de especies de roedores en éste estudio es similar a lo encontrado en otros estudios para zonas templadas (Brown, 1967; Miller y Getz, 1977; Southern, 1979; Anthony et al., 1981) aunque también es similar para lo encontrado en algunos estudios de zonas desérticas o tropicales (Delany, 1976; Serrano, 1987; Ceballos, 1989). Esto no es de extrañarse si se considera que el

Orden Rodentia es cosmopolita y junto con el Orden Insectivora en las regiones Paleártica, Neártica, Oriental y Etiópica, y el Orden Marsupialia en las regiones Neotropical y Australasiática son los grupos taxonómicos más importantes (sin considerar a los quirópteros) en términos de número de especies (Southern, 1979). El hecho de una mayor riqueza de mamíferos con la disminución de la latitud es atribuido al aumento de especies de murciélagos en los trópicos (Fleming, 1973; Southern, 1979; Ceballos, 1989).

#### Dinámica de poblaciones

Los patrones generales de la dinámica poblacional observados para cada uno de los sitios de muestreo presentaron diferencias entre sí. Se ha sugerido que las diferencias observadas en escalas espaciales pueden deberse a atributos ecológicos específicos de poblaciones, como la selección de hábitat y la densidad poblacional (Briggs y Smith, 1989). Comparaciones de estudios con ambientes similares han demostrado marcadas diferencias en densidades poblacionales de especies particulares de mamíferos, aparentemente relacionadas con niveles de perturbación de hábitat y de cobertura vegetal (Iriarte et al., 1989).

En éste estudio los patrones particulares de las densidades temporales de las dos especies más abundantes (Peromyscus y Neotomodon) mostraron diferencias notables entre sí. A pesar de que hubo una diferencia significativa en la densidad promedio y en el número total de individuos de Peromyscus capturados en Parres y en el Cono, se observó un comportamiento general similar

en los dos sitios, mientras que Neotomodon mostró un comportamiento diferente en cada lugar.

En ambos sitios Neotomodon mostró una tendencia a la disminución de la densidad hacia el periodo de invierno (diciembre, enero y febrero). Esto concuerda con lo reportado en la literatura para ésta especie (Sánchez-Cordero, 1980; Canela, 1981; Rojas, 1984). Canela (1981) hace énfasis en el aspecto de la temperatura para tratar de explicar la baja densidad invernal. Diversos estudios han señalado que la temperatura puede ser un factor importante en la actividad de los roedores (que no presentan etapas de letargo), pero casi exclusivamente cuando se dan cambios bruscos (Borowski y Dehnel, 1952; Gentry y Odum, 1957; Marten, 1973). Sánchez-Cordero (1980) y Rojas (1984), señalaron un decremento en las poblaciones de Neotomodon hacia primavera y verano. Las tendencias encontradas en Parres presentaron éste tipo de comportamiento de forma bastante similar. Sin embargo en el Cono se observó una tendencia al aumento en las densidades durante éstas épocas, que se conservó hasta el final del estudio.

El patrón de cambios temporales de densidad poblacional mostrado por P. melanotis es bastante similar a lo reportado para otras especies del mismo género. Rojas (1984) reportó que P. maniculatus presentó mayores densidades en primavera y otoño, mientras que en verano la densidad fué mínima o no se capturó. M'Closkey (1972) reportó una máxima densidad en febrero y la mínima en mayo, para ésta misma especie. Gentry y Odum (1957) reportaron un pico de abundancia poblacional para P. polionotus a

finés de invierno y principios de primavera.

Las otras dos especies abundantes en éste estudio (Microtus y R. megalotis) difieren en su comportamiento poblacional respecto a lo encontrado en otros estudios. Esto puede deberse a características intrínsecas de las poblaciones. Por ejemplo, se ha sugerido que las variaciones en densidad para M. mexicanus pueden ser el resultado de diferencias en hábitat y/o a la fase del ciclo poblacional cuando se realizó el muestreo (Vázquez, 1980). En áreas con ciclos bien definidos entre microtinidos se sabe que las máximas densidades de población ocurren a intervalos de 3 o 4 años (Vaughan, 1988) por lo que lo encontrado en éste estudio no puede considerarse como un ciclo.

En estudios con R. megalotis se han observado fluctuaciones asincrónicas de la densidad y disminuciones bruscas en algunos periodos, pudiendo inclusive desaparecer de las áreas de trabajo (Blaustein, 1981; Rojas, 1984; Sánchez-Cordero, 1984). Se ha sugerido que éste ratón coloniza áreas e incrementa su densidad conforme disminuyen sus competidores potenciales, como los microtinidos (Blaustein, 1981; Heske et. al., 1984).

#### Reproducción

Los patrones de reproducción observados en éste estudio concuerdan con lo descrito por Sánchez-Cordero (1980) y Canela (1981) para Neotomodon, con una estacionalidad marcada en la época reproductiva, que igual se observó en Peromyscus. Estos patrones corresponden con el patrón general para especies que

habitan zonas templadas (Delany, 1976) con el periodo reproductivo fuera de la época invernal.

Uno de los principales factores que afectan el éxito reproductivo de los mamíferos es la precisa sincronización de la temporada reproductiva, de modo que coincida con las condiciones ambientales favorables. Durante la gestación y en especial durante la lactancia las necesidades de energía de la madre aumentan, así que su sobrevivencia y la de las crías depende de la existencia de alimento suficiente. Todas las fases de la reproducción pueden quedar dentro del periodo estacional de abundancia de alimento si dicho lapso es suficientemente largo (Vaughan, 1988). En el caso del área de estudio los meses de enero y febrero representan al mes más frío y al más seco respectivamente, y es en estos meses cuando no se registra actividad reproductiva en ninguno de los dos sexos. Sin embargo para poder determinar que factores son los que más influyen en éste caso, se necesitan realizar estudios más finos de por ejemplo disponibilidad de recursos y mortalidad en la época invernal.

#### Abundancia y distribución de especies

En trabajos realizados en el Ajusco, zona cercana al área de estudio, se registraron a las mismas especies pero no a S. leucotis y Sorex oreopolus (Sánchez-Cordero, 1980; Canela, 1981; Rojas, 1984) y se encontró además a Peromyscus maniculatus. En un estudio de distribución de roedores en el volcán Pelado, se registraron a las mismas especies de éste trabajo y además a

Neotoma mexicana y a Peromyscus difficilis (Fa et. al., en prensa).

Las diferencias observadas en cuanto a la abundancia y composición de especies dentro de éste estudio y con los otros trabajos de áreas cercanas pueden deberse a una distribución altitudinal de las especies. Baca del Moral (1982) encontró que en el Ajusco P. melanotis fué abundante de los 3100 m.s.n.m. en adelante y capturó a M. mexicanus por arriba de los 3600, a R. chrysopsis a partir de los 3000, a R. megalotis entre los 2700 y 2950 y a P. difficilis entre los 3100 y los 4000 m.s.n.m.

En los resultados del presente estudio se encontró que en el Cono (3600 m.s.n.m.) las especies abundantes fueron P. melanotis, N. alstoni y M. mexicanus, y fué común R. chrysopsis mientras que en Parres (3100 m.s.n.m.) las especies abundantes fueron N. alstoni, P. melanotis y R. megalotis. Curiosamente en el estudio de Baca del Moral no se capturó a N. alstoni. Sin embargo Sánchez-Cordero (1980) y Canela (1981) la reportaron como la especie más abundante seguida de P. maniculatus, M. mexicanus y R. megalotis, mientras que Rojas (1984) reportó en orden de abundancia a N. alstoni, R. megalotis, P. maniculatus, M. mexicanus y P. melanotis. Estos tres estudios fueron hechos a 2850 m.s.n.m.

#### Variación entre sitios

Las diferencias encontradas en Parres y el Cono en cuanto a dinámica, composición y densidad de especies son interesantes pues se trata de áreas localizadas en una misma zona geográfica

con la misma influencia climática por lo que puede suponerse que tales diferencias pudieron ser resultado de otros procesos diferentes a los climáticos.

En el Cono llamó la atención el hecho de un mayor número de individuos y de densidad de Peromyscus durante los primeros meses de estudio. En los estudios realizados en el Ajusco se reportó a Neotomodon como la especie más abundante seguida de P. maniculatus. En el estudio de Fa et. al. (en prensa) se determinó que Neotomodon era la especie más abundante en el volcán. Además Neotomodon mostró una tendencia de aumentar sus densidades en los últimos meses de estudio, coincidiendo con la disminución en las de Peromyscus.

Una posible explicación es la presencia a escala local, es decir en cada uno de los sitios, de factores específicos que de alguna manera estuvieran afectando a los organismos. Se ha observado en diversos estudios que la vegetación es un factor que de alguna manera influye en las distribuciones y abundancias de pequeños roedores, tanto en como entre hábitats (Geluso, 1971; M'Closkey y Lajoie, 1975; Dueser y Shugart, 1978; Anthony et. al., 1981; Adler, 1985). Se ha sugerido que las poblaciones de mamíferos cambian con la sucesión de la vegetación y que cambios en la fisonomía vegetal pueden provocar cambios sobre el conjunto de mamíferos (MacMahon, 1981). Así mismo la presencia de perturbaciones como tala, pastoreo e incendios pueden modificar la composición y abundancia de roedores (Grant et. al., 1982; Price y Waser, 1983; Buckner y Shure, 1985; Beck y Vogl, 1972; Iriarte

et. al., 1989; Ojeda, 1989). También se ha propuesto a la humedad del sustrato, el microclima, la disponibilidad de alimento, la cantidad y tipo de cobertura y de estratos de la vegetación, y las interacciones con otros organismos como factores responsables de los patrones de distribución y abundancia local de especies animales.

En el Cono se presentó un incendio en el mes de junio de 1987, es decir 5 meses antes de comenzar el estudio. Se ha visto en diversos estudios que especies de Peromyscus colonizan rápidamente sitios perturbados (Price and Waser, 1983). En éste mismo estudio se observó en el Holandés un rápido aumento en la cantidad de Peromyscus en comparación a la disminución de Neotomodon después del incendio que sufrió en enero. Puede suponerse que una vez que se establecieron condiciones adecuadas a los requerimientos de Neotomodon, ésta de alguna manera comenzó a interactuar con Peromyscus. Canela (1981) sugiere un cierto comportamiento territorial de Neotomodon, inclinado hacia las hembras y acentuado en los meses de otoño e invierno. Es igualmente notable el hecho de la poca actividad reproductiva de Peromyscus en el Cono, a pesar de haber sido más numeroso que en Parres y que el mismo Neotomodon en éste sitio, aunque pudiera deberse al rango altitudinal (Delany, 1976). También hay que tomar en cuenta que el comportamiento observado en la variación temporal de las densidades de Neotomodon en Parres concuerda con lo descrito para la especie en los estudios del Ajusco. Si bien Parres probablemente se encontraba influenciado por perturbaciones locales de pequeña

magnitud, no había sufrido al momento de finalizar el estudio desastres naturales, como un incendio, en los últimos años.

#### Conclusiones

La extensión del presente trabajo no permite definir la magnitud de la influencia de diferentes factores bióticos y abióticos en las poblaciones de los organismos; sólo contribuye a sugerir la importancia de considerar a estos factores y del impacto que pueden tener en las poblaciones. En otros estudios realizados en por ejemplo áreas tropicales se ha visto que especies de pequeños mamíferos exhiben un rango de respuestas poblacionales, en función de las presiones ambientales, y que pueden ser atribuibles a una variedad de factores, pero también realzan la necesidad de estudios a largo plazo en comunidades más que en especies selectas, para entender completamente la interacción entre clima, hábitat, rasgos filogenéticos y estrategias de vida de los pequeños mamíferos (Sheppe, 1972).

## LITERATURA CITADA

- Adler G.H., 1985. Habitat selection and species interactions: An experimental analysis with small mammal populations. *Oikos* 45(3): 380-390.
- Anthony R., G. Lawrence, J. Niles and J.D. Spring, 1981. Small mammal associations in forested and old field habitats: A quantitative comparison. *Ecology* 62(4): 955-963.
- Baca del Moral J., 1982. Estudio ecológico de la subcomunidad de roedores en el Ajusco, D.F. Tesis Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México. 61 pp.
- Beck M.A. and R.J. Vogl, 1972. The effects of spring burning on rodent populations in a brush prairie savanna. *J. Mamm.* 53(2): 336-346.
- Berryman A.A., 1981. Population systems: A general introduction. Plenum Press, New York. 222 pp.
- Blaustein A.R., 1981. Populations fluctuations and extinctions of small rodents in Coastal Southern California. *Oecologia* 48(1): 71-78.
- Briggs J.M. and K.G. Smith, 1989. Influence of habitat on acorn selection by Peromyscus leucopus. *J. Mamm.* 70(1): 35-43.
- Brown L.N., 1967. Ecological distribution of mice in the Medicine Bow Mountains of Wyoming. *Ecology* 48(4):677-680.
- Buckner C.A. and D.J. Shure, 1985. The response of Peromyscus to forest opening size in the southern Appalachian Mountains (USA). *J. Mamm.* 66(2): 299-307.
- Cameron G.N., 1977. Validation of temporary removal trapping and extension to a two species system. *J. Mamm.* 58:78-83.
- Canela R.M., 1981. Ambito hogareño del ratón de los volcanes Neotomodon alstoni (Rodentia: Cricetinae) en la Sierra del Ajusco. Tesis Licenciatura. Fac. Ciencias, UNAM, México. 71 pp.
- Ceballos G., 1989. Population and community ecology of small mammals from tropical deciduous and arroyo forests in western Mexico. Unpubl. Ph.D. dissert., Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Arizona, USA. 158 pp.
- Ceballos G., 1990. Comparative natural history of small mammals from tropical forest in western Mexico. *J. Mamm.* 71(2):263-266.

- Ceballos G. and C. Galindo, 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Limusa, México. 299 pp.
- CETENAL, 1973. Carta topográfica de Milpa Alta (E-14-A49). Secretaría Presidencial, México, D.F.
- Collet S.F., Sánchez H.C., Shump K.A. Jr., Teska W.R. and Baker R.H., 1975. Algunas características poblacionales demográficas de pequeños mamíferos en dos habitats mexicanos. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. 46 Ser. Zool. (1): 101-124.
- Delany M.J., 1976. The ecology of small mammals. Studies in Biology No. 51, Edward Arnold (Publisher) Ltd, London. 61 pp.
- Dueser R.D. and H.H. Shugart Jr., 1978. Microhabitats in a forest-floor small mammal fauna. Ecology 59(1): 89-98.
- Fa J., J. López-Paniagua, F. Romero, J.L. Gómez y J.C. López (en prensa). Influence of habitat characteristics on small mammals in a Mexican high-altitud grassland. Journal of Zoology.
- Fahring L. and G. Merriam, 1985. Habitat patch connectivity and population survival. Ecology 66(6): 1762-1768.
- Fleming T.H., 1979. Life-history strategies. in: Stoddart D.M. (Ed.). Ecology of small mammals. Chapman and Hall, London. pp: 1-62.
- French N.R., D.M. Stoddart and B. Bobek, 1975. Patterns of demography in small mammals populations. in: Golley F., K. Petrusiewicz and L. Ryszkowski (Eds.). Small mammals: their productivity and population dynamics. Cambridge University Press, Cambridge. pp: 73-102.
- Fretwell S.D., 1972. Populations in a seasonal environment. Monographs in population Biology 5. Princeton University Press, USA. 217 pp.
- García E., 1968. Los climas del Valle de México, según el sistema de modificación climática de Köppen modificado por la autora. Colegio de postgraduados, ENA. Ser. sobretiros, 6: 1-34.
- Geluso K.N., 1971. Habitat distribution of Peromyscus in the Black Mesa Region of Oklahoma. J. Mamm. 52(3): 605-607.
- Gentry B.J. and P.E. Odum, 1957. The effect of weather on the winter activity of the old-field rodents. J. Mamm. 38: 72-77.
- GLIM Vers. 3.77, 1985. Royal Statistical Society, London.
- Gonzalez-G. J.G., 1982. El volcán "El Pelado" como reserva natural. Tesis Profesional, Colegio de Geografía, Univ. Nal. Auton. Mex., México.

- Grant W.E., E.C. Birney, N.R. French and D.M. Swift, 1982. Structure and productivity of grassland small mammals communities related to grazing-induced change in vegetative cover. *J. Mamm.* 63(2): 248-260.
- Hall E.R., 1981. The mammals of the North America. John Wiley and Sons, New York. V. I and II, 1083 pp.
- Hall E.R. and K.R. Kelson, 1959. The mammals of the North America. The Ronald Press Co.
- Heske E.J., R.S. Ostfeld and W.Z. Lidicker Jr., 1984. Competitive interactions between Microtus californicus and Reithrodontomys megalotis during two peaks of Microtus abundance. *J. Mamm.* 65(2): 271-280.
- Iriarte J.A., L.C. Contreras and F.M. Jaksil, 1989. A long term study of small mammal assemblage in the central Chilean matorral. *J. Mamm.* 70(1): 79-89.
- Krebs C.J., 1966. Demographic changes in fluctuating populations of Microtus californicus. *Ecol. Monogr.* 36:239-273.
- Krebs C.J., 1985. Ecología, estudio de la distribución y la abundancia. Harla, México. 753 pp.
- 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(4):587-607.
- Lidicker W.Z., 1973. Population of numbers in an island population of the California vole, a problem in community dynamics. *Ecol. Monog.* 43(3):271-302.
- MacMahon J.A., 1981. Successional processes: Comparisons among biomes with special reference to probable roles of and influences on animals. Pp. 277-304 in: Forest succession (D.C. West, H.H. Shugart and D.B. Botkin, eds.). Springer-Verlag, New York. 517 pp.
- Marten G.G., 1973. Time patterns of Peromyscus activity and their correlations with weather. *J. Mamm.* 54(1): 169-188.
- Matson J.O., 1982. Numerical analysis of rodent distributional patterns in Zacatecas, Mexico. *J. Mamm.* 63(1): 73-84.
- M'Closkey R.T., 1972. Temporal changes in populations and species diversity in a California rodent community. *J. Mamm.* 53(4): 657-676.
- M'Closkey R.T., 1975. Habitat succession and rodent distribution. *J. Mamm.* 56: 950-955.

- M'Closkey R.T. and D.J. Lajoie, 1975. Determinants of local distribution and abundance of white-footed mice. *Ecology* 56: 467-472.
- Miller D.H. and L.L. Getz, 1977. Factors influencing local distribution and species diversity of forest small mammals in New England. *Can. Journal of Zool.* 55: 806-814.
- Ojeda R.A., 1989. Small-mammal responses to fire in the Monte Desert, Argentina. *J. Mamm.* 70(2): 416-420.
- Owen S.O., 1986. Conservación de recursos naturales. Pax-México, México, D.F. 648 pp.
- Pianka E.R., 1978. *Evolutionary Ecology*. Harper and Row, New York. 397 pp.
- Price M.V. and N.W. Waser, 1984. On the relative abundance of species: Post-fire changes in a coastal sage scrub rodent community. *Ecology* 65(4): 1161-1169.
- Rabinovich J.E., 1978. *Ecología de poblaciones animales*. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Departamento de Asuntos Científicos, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Monografía No. 21, Serie Biología. Washington D.C. 114 pp.
- Ramírez-Pulido J., W.R. López, C. Múdespacher e I. Lira, 1982. *Catálogo de los mamíferos terrestres nativos de México*. Trillas, México. 126 pp.
- Ramírez-Pulido J., W.R. López, C. Múdespacher e I. Lira, 1983. *Lista y bibliografía reciente de los mamíferos de México*. Departamento de Biología, UAM Iztapalapa, México. 363 pp.
- Rojas M.A., 1984. Descripción del microhábitat de cinco especies de ratones en la Sierra del Ajusco. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 84 pp.
- Rzedowski J., 1986. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 pp.
- Rzedowski J. y G. Rzedowski, 1979. *Flora fanerogámica del Valle de México*. CECSA, México.
- Sánchez-Cordero V., 1980. Patterns of demography and reproduction in a rodent community in Central Mexico. Thesis Master of Science. School of Natural Resources, University of Michigan, USA. 97 pp.
- Schmidly D.J., 1976. Factors governing the distribution of mammals in the Chihuahuan desert region. *Mammalogy* 57: 163-192.

- Serrano V., 1987. Las comunidades de roedores desertícolas del Bolson de Mapimí, Durango. *Acta Zool. Mex.* (ns), 20: 1-22.
- Sheppe W., 1972. The annual cycle of small mammal populations on a Zambian floodplain. *J. Mamm.* 53(3): 445-460.
- Siegel S., 1982. *Estadística no paramétrica*. Trillas, México. 344 p.
- Smith M.H., 1968. A comparisson of different methods of capturing and estimating numbers of mice. *J. Mamm.* 49:455-462.
- Solomon M.E., 1977. Population dynamics. *Studies in Biology No. 18*. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London. 67 pp.
- Southern H.N., 1979. Population processes in small mammals. *in*: Stoddart D.M. (Ed.). *Ecology of small mammals*. Chapman and Hall, London. pp: 63-102.
- Toledo V.M., 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*, (81): 17-30.
- Vaughan T.A., 1988. *Mamíferos*. Interamericana, México. 587 pp.
- Vázquez B.L., 1980. Contribución al conocimiento del área de actividad, densidad de población y actividad reproductora de Microtus mexicanus (Microtinae: Rodentia) en la Sierra del Ajusco, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 57 pp.
- Wecker S.C., 1964. Habitat selection. *Sci. Amer.* 211(4): 109-116.
- Whitaker J. Jr. and R.E. Mumford, 1972. Ecological studies on Reithodontomys megalotis in Indiana. *J. Mamm.* 53(4): 850-860.
- Zar J.H., 1984. *Biostatistics*. Prentice Hall, Englewoods Cliffs, New Jersey. 718 pp.

## APENDICE I

### A) 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 éste tiempo.

#### EJEMPLO:

100 Microtus se atrapan en un cuadro control del 9 al 18 de septiembre de 1990, y 50 individuos previamente marcados se capturan después, en octubre o noviembre, pero no del 9 al 18 de septiembre. Estos 50 individuos se asume estaban presentes en el cuadro control durante el muestreo en septiembre y entonces el Número Mínimo de Animales vivos para ese período es de 150 individuos.

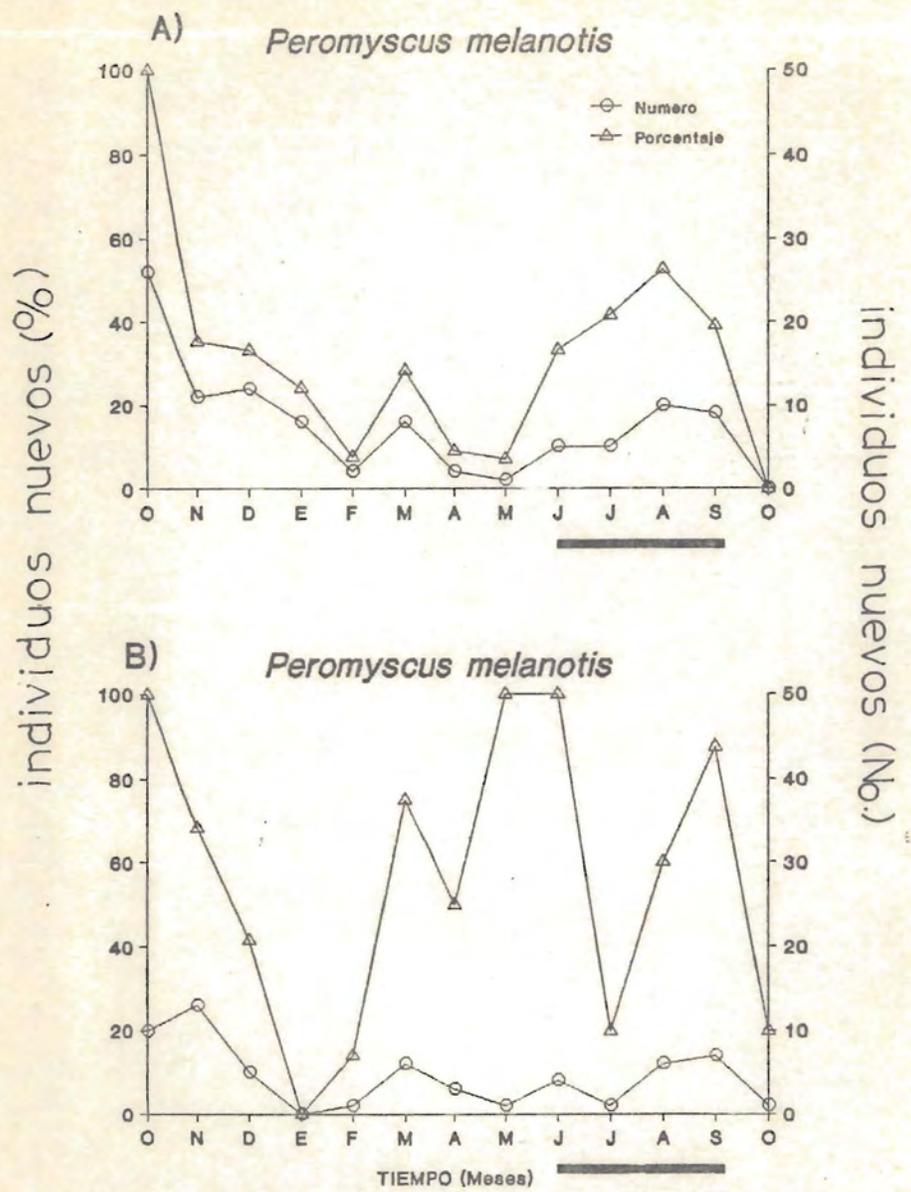


Fig. 9.- Proporción y número de individuos nuevos de *P. melanotis* por período de trampeo en el Cono (A) y en Parres (B).

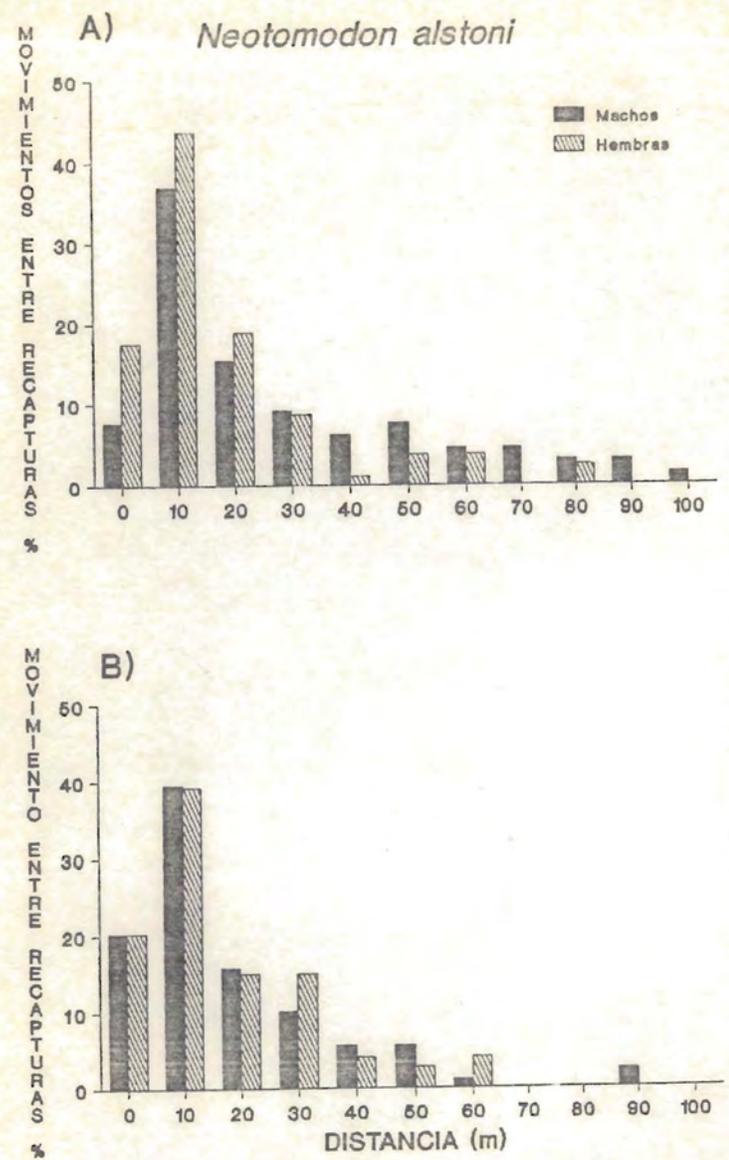


Fig. 12.- Movimientos entre recapturas de *N. alstoni* en el Cono (A) y en Parres (B).

FE DE ERRATAS

Página 19, pie de tabla: dice "...al número de individuos de las especies comunes." debe decir "al número de individuos de todas las especies".

Por un error de imprenta se omitieron las páginas 36 y 43 las cuales se anexan al final.