



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

ECOLOGÍA DE MAMÍFEROS SILVESTRES Y
FERALES DE LA RESERVA ECOLÓGICA “EL
PEDREGAL”: HACIA UNA PROPUESTA DE MANEJO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

PRESENTA

YAMILE GRANADOS PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS: Dr. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER

MÉXICO, D. F.

NOVIEMBRE, 2008



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.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, al Instituto de Biología, al Instituto de Ecología, y a la Colección Nacional de Mamíferos por permitirme acceder al conocimiento durante mi posgrado.

Gracias a la Fundación PACKARD, por haberme apoyado económicamente durante la maestría y el trabajo de campo de esta tesis, y sin la cual no me hubiera sido posible llegar hasta este punto. De igual forma agradezco al Comité Ejecutivo de la Reserva Ecológica “El Pedregal de San Ángel” y especialmente al Dr. Antonio Lot, por financiamiento de las trampas Sherman.

Mi cariño y gratitud a mi tutor, el Dr. Enrique Martínez Meyer, quien con su sabiduría me supo guiar durante mi formación en el posgrado, por su confianza aún cuando yo no tenía el menor conocimiento en ciertos temas, por su amistad, y por su paciencia inquebrantable de principio a fin.

A los Doctores Zenón Cano Santana y Víctor Sánchez-Cordero, porque siempre estuvieron pendientes de mi desarrollo académico y de mi trabajo. A los miembros del jurado, Dr. Rurik List y Dr. Gerardo Suzán, por su disponibilidad y valiosos comentarios, los cuales mejoraron sustancialmente el manuscrito.

Gracias a la M. en C. Julia Carabias y al Dr. José Sarukán por sus valiosos comentarios a la propuesta de tesis antes de ingresar al posgrado.

Agradezco a la M. en C. Leticia Espinosa su colaboración desinteresada en la determinación de roedores en las primeras sesiones del muestreo; y a la M. en C. Yolanda Hortelano por facilitarme material de referencia de la Colección Nacional de Mamíferos.

Mi agradecimiento a Georgina García y a LuzMa Aranda, por todo su constante apoyo y colaboración, fundamentales en el comienzo, desarrollo y culminación de mi posgrado. De igual forma agradezco a Rocío González, Yolanda Morales, Lolita Rodríguez y a Lilia Espinosa. Muchas gracias a las cinco por hacerme la vida más fácil en el posgrado.

A Antonio Santos le agradezco su tiempo y dedicación para enseñarme aspectos demográficos, por facilitarme desinteresadamente toda la información bibliográfica que

tenía recopilada, por su hospitalidad durante mi estancia en Oaxaca y sobretodo por su amistad.

A Constantino González, mi amigo incondicional. Gracias Consta por siempre estar dispuesto a acompañarme bajo el sol o la lluvia, por escoger las líneas de trampas por las que “rondaban” cascabeles que tanto me torturaban, por hacerme reír y enojar, en fin... gracias por los buenos momentos. A Jenny Trilleras, mi amiga colombiana conocida en México; porque con ella pasé momentos muy agradables en el posgrado y porque siempre estuvo dispuesta a cuidar a mi más grande tesoro: mi hija!!!

A mis amigos mexicanos: Angie, Baruch, Lety, Vero, Liz, Claudia, Daniel, Saúl, Armando, Lolita, Mariana Vallejo, mil gracias por su acogedora compañía, por estar dispuestos a ayudarme en el campo cuando lo necesitaba y por enseñarme que en México ciertas palabras y frases que yo pronunciaba no eran las más apropiadas; por todos los momentos chéveres, de risas y buen humor, gracias.

Por la hospitalidad durante mi permanencia y la de mi familia en México le agradezco a la Sra Lupita y sus niñas, a mi amiga María Ventura, al Sr. Filiberto y su acogedora familia.

Gracias a la Profe Martha por su ayuda y amistad. A mi gran amiga Nelsyta por esas llamadas para levantarme el ánimo y por demostrarme que de lejos también se puede tener mejores amigas.

Finalmente, pero no menos importante, agradezco a mi familia: a mi hija por ser la razón de mi felicidad cada mañana. A mi esposo por su cariño, apoyo, por aprender a ser paciente y por estar siempre presente enseñándome que hay que sacar fuerzas de donde no las hay para culminar los objetivos propuestos. A mi madre por su amor, dedicación y enseñanzas, y a mi padre y mis hermanas por su cariño.

A mi linda hija Ana María por su fortaleza y comprensión ante tantos “afanes” y por recordarme que se es niño así se cumplan 100 años. Y a mi esposo por su paciencia e incondicional apoyo... Porque con ellos, en el lugar donde esté, siempre estoy en casa.

ÍNDICE	Página
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN GENERAL	4
CAPÍTULO I PARÁMETROS DEMOGRÁFICOS DE MAMÍFEROS NO VOLADORES EN LA RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL	8
1.1 INTRODUCCIÓN	8
1.2 MÉTODOS	10
1.2.1 Descripción del área de estudio	10
1.2.2 Muestreo	10
1.2.3 Análisis de datos	13
1.3 RESULTADOS	14
1.3.1 Variación temporal de los registros totales	14
1.3.2 Composición de especies y distribución espacial	15
1.3.3 Densidades poblacionales	19
1.3.4 Proporción sexual	20
1.3.5 Estructura etaria y actividad reproductiva	22
1.3.6 Probabilidades de captura y sobrevivencia	28
1.4 DISCUSIÓN	32
1.4.1 Variación temporal de los registros totales	32
1.4.2 Composición de especies y distribución espacial	33
1.4.3 Densidades poblacionales	36
1.4.4 Proporción sexual	38
1.4.5 Estructura etaria y actividad reproductiva	39
1.4.6 Probabilidades de captura y sobrevivencia	42

1.5	CONCLUSIONES	44
CAPÍTULO II	ANÁLISIS DE LA DIETA DE PERROS, GATOS Y CARNÍVOROS SILVESTRES EN LA RESERVA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL	46
2.1	INTRODUCCIÓN	46
2.2	MÉTODOS	48
2.2.1	Colecta y procesamiento de excretas	48
2.2.2	Análisis estadísticos	48
2.3	RESULTADOS	50
2.3.1	Composición de la dieta	50
2.3.2	Traslape de la dieta	52
2.4	DISCUSIÓN	54
2.4.1	Composición de la dieta	54
2.4.2	Traslape de la dieta	57
2.5	CONCLUSIONES	57
	DISCUSIÓN GENERAL	59
	LITERATURA CITADA	64
	ANEXOS	73

RESUMEN

Granados-Pérez, Y. Ecología de mamíferos silvestres y ferales de la Reserva Ecológica “El Pedregal”: hacia una propuesta de manejo. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 74 pp.

El impacto de la presencia de especies exóticas -y en particular de especies ferales- en áreas de conservación es bien conocido, pues actúan depredando y compitiendo con las especies residentes, en muchos casos reduciendo drásticamente sus poblaciones. En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, Localizada en la Ciudad de México, el efecto que tiene la presencia de perros y gatos sobre la fauna residente no ha sido estudiado, y los registros recientes sobre el estado poblacional de los mamíferos silvestres son escasos. Por tal razón el objetivo del presente estudio estuvo dirigido hacia el diagnóstico poblacional de los mamíferos silvestres no voladores y a la evaluación de hábitos alimentarios de carnívoros, tanto silvestres como ferales para evaluar de esta forma el impacto de los perros y gatos sobre las especies nativas de la reserva. Para el desarrollo del estudio se realizaron 12 muestreos mensuales entre febrero de 2006 y enero de 2007 en cuatro parcelas de la Reserva. Durante este periodo se pusieron trampas Sherman, trampas-cámara y se colectaron excrementos de carnívoros. En general se registraron siete especies escasas, cuatro de mamíferos medianos (*Bassariscus astutus*, *Didelphis virginiana*, *Sylvilagus floridanus*, *Spermophilus variegatus*) y tres de mamíferos pequeños (*Reithrodontomys fulvescens*, *Sorex saussurei*, *Baiomys taylori*); dos especies comunes (*Spilogale gracilis*, *Neotoma mexicana*) y dos especies abundantes (*Peromyscus maniculatus* y *P. gratus*). *P. maniculatus*, *R. fulvescens* y *B. taylori* fueron especies que no se habían registrado en más de 15 años. Los perros y gatos se registraron en toda la Reserva, y en cuanto a su impacto sobre la fauna silvestre se encontró evidencia de depredación por medio de análisis de heces. Los carnívoros silvestres y los gatos presentaron hábitos alimentación similar entre sí. Los gatos depredan artrópodos, lagartijas (*Sceloporus torquatus*), conejos (*S. floridanus*) y ratones de las especies *P. gratus* y *R. fulvescens*, siendo este último roedor el de mayor frecuencia en su dieta. Los carnívoros silvestres comen frutos y artrópodos en alta proporción y al igual que los gatos consumen lagartijas (*S. torquatus*) y roedores (*P. gratus*, *P. maniculatus*, *R. fulvescens* y *N. mexicana*), y fueron el único grupo en el que se registró aves. Por otro lado, aunque los

perros depredan conejos y roedores (*P. gratus*), su dieta es dependiente de alimentos de origen antrópico. Finalmente, la información recabada permite recomendar que se intensifique la difusión respecto a los servicios ecosistémicos ofrecidos por la Reserva y el bienestar que genera a los habitantes de la Ciudad de México; y así incrementar el sentido de pertenencia y que se logre de manera exitosa la exclusión de perros y gatos. Además, se sugiere que los animales capturados y sacados de la reserva sean entregados a instituciones o sociedades protectoras de animales para que se encarguen de reubicarlos sin que causen más perjuicio a este u otro sistema natural.

ABSTRACT

Granados-Pérez, Y. Ecología de mamíferos silvestres y ferales de la Reserva Ecológica "El Pedregal": hacia una propuesta de manejo. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 74 pp.

The effect of exotic species -particularly of feral species- in conservation areas is well known. They act as predators and competitors with native fauna, frequently reducing drastically their populations. In the "Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel" the effect of dogs and cats on resident wildlife has not been studied, and little is known about the conservation status of native mammal populations. The aim of this study was to evaluate the population dynamics of wild mammals, and to evaluate the diet of wild and feral carnivores to assess the impact of dogs and cats on the native fauna of this reserve. Twelve samplings sessions were conducted between February 2006 and January 2007 using Sherman traps, camera-traps, and collecting feces of carnivores in four plots. Results indicated that seven species are rare (*Bassariscus astutus*, *Didelphis virginiana*, *Sylvilagus floridanus*, *Spermophilus variegatus*, *Reithrodontomys fulvescens*, *Sorex saussurei*, *Baiomys taylori*), two more are common (*Spilogale gracilis*, *Neotoma mexicana*), and other two are abundant (*Peromyscus maniculatus*, *P. gratus*). *P. maniculatus*, *R. fulvescens*, and *B. taylori* had not been recorded for more than 15 years. Dogs and cats were recorded throughout the reserve; their effect was observed in both direct predation on wildlife and dietary overlap with wild carnivores. Cats prey on arthropods, lizards (*Sceloporus torquatus*), rabbits (*S. floridanus*) and mice (*P. gratus* and *R. fulvescens*). Wild carnivores eat fruits, arthropods, lizards (*S. torquatus*), rodents (*P. gratus*, *P. maniculatus*, *R. fulvescens*, and *N. mexicana*), and birds. Although dogs prey upon rabbits and mice (*P. gratus*), their diet depend on food remains at trash deposits. Finally, these data provide information to recommend the increase of outreach mechanisms to educate about show the ecosystem services and well-being offered by this reserve to citizens of Mexico City. This would help to increase the sense of belonging and to facilitate the exclusion of dogs and cats. Also, I too recommend that feral animals captured and removed from the reserve can be delivered to specialized institutions or animal welfare associations which will be able to relocate them without causing more damage to this reserve or other natural systems.

INTRODUCCIÓN GENERAL

La Reserva Ecológica “El Pedregal” de San Ángel se encuentra enclavada en el sur de la Ciudad de México, dentro de un malpaís conocido como Pedregal del Xitle o Pedregal de San Ángel; el cual es uno de los pedregales más conocidos y estudiados (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2002). Su historia se inicia a partir de la erupción del volcán Xitle y bocas adyacentes hace aproximadamente 1670 años (Siebe, 2000); cuando la lava escurrió desde el pie del cerro del Ajusco cubriendo parte de lo que hoy son las delegaciones de Tlalpan, Magdalena Contreras, Coyoacán y Álvaro Obregón, abarcando una superficie total de unos 80 km² (Álvarez *et al.*, 1994; Rojo y Rodríguez, 2002).

El Pedregal de San Ángel ha despertado gran interés por parte de la comunidad científica, a tal punto que se había propuesto crear un parque natural, pero esta propuesta no tuvo acogida y pronto la Ciudad de México empezó a crecer aceleradamente poblando los terrenos correspondientes al pedregal (Rojo y Rodríguez, 2002). No obstante, dentro de los terrenos de Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México quedaban varias hectáreas sin perturbar; las cuales en 1983, por la iniciativa y el esfuerzo del comité Pro-defensa del Pedregal, conformado por estudiantes y profesores de la Facultad de Ciencias de la UNAM, se logró que las directivas de la universidad decretaran la protección de 124.5 ha bajo el estatus de “Zona Ecológica Inafectable”. Posteriormente, en 1990, esta zona protegida fue aumentada a 146.9 ha (Rojo, 1994). Asimismo, en marzo de 1996 se propusieron varios cambios en la distribución de los terrenos de la Reserva entre los que se incluía la adición de una parte de la llamada “Cantera Oriente”, un hoyo de 23.3 ha provocado por la extracción intensiva y extensiva de roca volcánica que alcanzó el lecho basal de la corriente de lava (Cano-Santana *et al.*, 2006). Finalmente, en junio de 2005, se incorporaron otras áreas verdes, extendiendo el área de la Reserva a 237.3 ha (De la Fuente, 2005).

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel es el último relicto de vegetación de la parte baja del derrame del Xitle, y aunque su tamaño no es muy grande, conserva su fisonomía original manteniendo muchas de las especies originales del área (Castellanos y

List, 2005). Característicamente, la Reserva cuenta con una vegetación tipo matorral xerófilo en que domina un estrato herbáceo y uno arbustivo con una extraordinaria diversidad biótica (Rzedowski, 1994; Juárez-Orozco y Cano-Santana, 2007); la cual es debida a los variados microambientes producto de las irregularidades de la superficie rocosa, grietas, oquedades y riscos (Rojo y Rodríguez, 2002), todos ellos originados por un enfriamiento desigual del flujo de lava.

La riqueza de especies de la Reserva es sorprendente, presentando un gran número especies animales y vegetales. De mamíferos se conocen un total de 36 especies que representan seis órdenes (Negrete y Soberón, 1994). En cuanto a las aves, se han reportado 106 especies, que representan el 41.6% de la avifauna del Distrito Federal, y de las cuales cuatro son endémicas a México (Arizmendi *et al.*, 1994). Los últimos reportes de la flora en la Reserva presentan un total de 340 especies de plantas, de las cuales dos son endémicas y se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana: *Mammillaria haageana san-angelensis* (taxón en peligro de extinción) y *Bletia urbana* (especie amenazada) (Cano-Santana *et al.*, 2008).

Asociados a los cuerpos de agua se encuentran una salamandra (*Pseudoeurycea cephalica*) y dos ranas, *Eleutherodactylus angustidigitorum* y *Rana montezumae* (Carrillo-Trueba, 1995). Esta última especie es endémica para México y se encuentra bajo protección especial según la NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2001). También se registran seis especies de serpientes, entre las que destaca por su abundancia *Crotalus molossus*, tres especies de lagartijas, *Sceloporus torquatus*, *Sceloporus grammicus* y *Phrynosoma orbiculare* (Carrillo-Trueba, 1995); de las cuales *P. orbiculare* no ha sido vista en los últimos años dentro de la Reserva (Méndez de la Cruz, com. pers.) y se encuentra bajo protección especial (SEMARNAT, 2001).

El beneficio que ha ofrecido la Reserva a los habitantes de Ciudad de México, y en particular a los habitantes del sur de la ciudad, es inmenso e invaluable. Ejemplo de ello son los servicios ecosistémicos de importancia fundamental, como son la recarga de mantos acuíferos de la Cuenca de México, el reciclaje de nutrientes, la fijación de CO₂, la producción de O₂, la mitigación de las inundaciones y estabilización del clima en el sur de la ciudad, así como una belleza estética particular y un sitio para la recreación en esta gran ciudad (Cano-Santana, 1994; Cano-Santana *et al.*, 2006; 2008). Y no menos importante, la

Reserva constituye uno de los últimos refugios naturales para muchas especies del Valle de México, particularmente para las especies endémicas y/o especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 (Rojo y Rodríguez, 2002) y que por su valor biológico deben seguir protegiéndose.

Dadas sus características biológicas, La Reserva también ha permitido la realización de diversas actividades de difusión, docencia e investigación (Cano-Santana *et al.*, 2008), que han permitido valorar este tipo de sistemas. Infortunadamente, el aislamiento y la degradación de la Reserva son inminentes y acelerados pese a los esfuerzos de muchas personas por mantener este inusual sistema y todos sus beneficios. En los últimos años la Reserva se ha visto afectada por el acelerado crecimiento de la Ciudad de México, que ha traído consigo cualquier cantidad de disturbios derivados de las actividades humanas, como son la construcción de caminos, acumulación de basura, de escombros, la introducción de especies exóticas, incendios y saqueo de especies; y que en conjunto han provocado pérdida y deterioro del hábitat; reduciendo la única oportunidad de conservación de las especies que la conforman y de los procesos ambientales que las definen y que prestan un servicio ecológico y ambiental a los habitantes de la Ciudad de México (Chávez y Ceballos, 1994; Negrete y Soberón, 1994; Rojo y Rodríguez, 2002; Suzán y Ceballos, 2005; Juárez-Orozco y Cano-Santana, 2007; Cano-Santana *et al.*, 2008).

No obstante, varios investigadores y estudiantes continúan trabajando en procurar la conservación de la Reserva y sensibilizando a los vecinos sobre el valor de tan importante hábitat. En la mayoría de los casos se presentan contribuciones al conocimiento de la Reserva para seguir alentando el interés de otros investigadores y así lograr su cuidado y permanencia. Este es el caso de todos los estudios sobre inventarios y/o estudios de especies y sus peculiares características (Rojo y Rodríguez, 2002; Castillo-Argüero *et al.*, 2004), así como todos aquellos esfuerzos por recuperar áreas alteradas por especies invasoras, ya sea ejecutando planes de control sobre eucaliptos (Cano-Santana *et al.*, 2006), o bien aprovechando la característica más sobresaliente de la Reserva, el estar enclavada en la ciudad, para controlar el acceso y disminuir el impacto de origen antrópico y así evitar que la Reserva se siga deteriorando y mantener vigentes todas las formas de vida ahí existentes.

El presente estudio se suma a todo este gran esfuerzo por conservar la Reserva, ya que tuvo como objetivo principal diagnosticar el estado poblacional de los mamíferos silvestres, los cuales responden como indicadores del deterioro ambiental y que con el transcurso del tiempo han sido fuertemente impactados por la reducción del hábitat en la Reserva. Además, se evalúa el efecto que tienen los perros y gatos sobre la fauna nativa de la Reserva por medio de un análisis alimentario que pretende ofrecer más herramientas basadas en el conocimiento de un problema particular en el área, como lo es la presencia de especies ferales; de manera que los resultados permitan proponer las acciones necesarias para el mejoramiento y restauración del sistema, y así, de la calidad de vida de los habitantes de Ciudad de México.

Capítulo I

PARÁMETROS DEMOGRÁFICOS DE MAMÍFEROS NO VOLADORES EN LA RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL

1.1 INTRODUCCIÓN

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria ha sido y es un área muy importante tanto para el mantenimiento de la biodiversidad del Valle de México (Soberón *et al.*, 1991) como para los habitantes de la Ciudad de México; particularmente por los servicios ecosistémicos de importancia fundamental que de forma directa o indirecta benefician a los capitalinos (Cano-Santana *et al.*, 2006). A pesar de ello, también ha sido objeto de destrucción desde los últimos 50 años por el acelerado crecimiento urbano y por el saqueo de especies, lo cual ha influido directamente de manera negativa sobre las poblaciones de plantas y animales que han logrado mantenerse pese a las condiciones adversas.

La fragmentación y reducción del hábitat tiene un profundo efecto en la comunidad de mamíferos en el pedregal y posiblemente sea una de las causas de la desaparición de algunas especies (Chávez y Ceballos, 1994), pues estas alteraciones en el ambiente pueden ocasionar que las densidades poblacionales de los animales se vean gravemente reducidas, incrementando así la inestabilidad poblacional y como consecuencia la extinción local (García-Estrada *et al.*, 2002). Sumado a esto, los mamíferos ferales como perros, gatos y roedores domésticos (*Rattus rattus*, *Rattus norvegicus* y *Mus musculus*) son especies que han estado coexistiendo con la fauna silvestre de la Reserva por mucho tiempo, y posiblemente están impactando toda la biota (Negrete y Soberón, 1994; Rojo, 1994). Dados estos antecedentes la Reserva se encuentra en grave peligro, pues la fragmentación y las especies invasoras son dos de los factores que causan mayor extinción de especies (Sherley *et al.*, 2000).

Los mamíferos son una de las comunidades que se han visto diezmadas en la Reserva. En 1994, Negrete y Soberón esperaban reportar un total de 36 especies de mamíferos silvestres, pero sólo registran 22 de ellas con un porcentaje alarmante del 39% de especies desaparecidas, que corresponden en su mayoría a roedores. Los roedores, y en general los mamíferos, son un grupo interesante por su importancia como base en las interacciones tróficas (Pough *et al.* 1999; Vázquez *et al.*, 2000), además de actuar como indicadores en ambientes perturbados por su alta sensibilidad demográfica a cambios en el hábitat. No obstante, estudios recientes han mostrado que la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) son especies que presentan poblaciones estables dentro de la Reserva, y esto gracias a que se adaptan fácilmente a las condiciones urbanas por su facilidad para buscar refugios o por búsqueda de alimento en los basureros (Castellanos, 2006; García, 2007).

Estudios demográficos de los pequeños mamíferos en la Reserva son escasos, y pese a ello, son necesarios para ayudar a resolver los problemas que allí se presentan; ya sea para el control de especies nocivas -como las ferales- o para poder plantear opciones para la conservación de las especies remanentes en la Reserva (Chávez y Ceballos, 1994; Soberón, 1995). Toda la información recabada a partir de estos estudios es fundamental para la conservación no sólo de las especies analizadas, sino de la comunidad en general (García-Estrada *et al.*, 2002), pues de la permanencia e interacción de todas las especies depende el buen funcionamiento de la Reserva.

Los cambios poblacionales se ven afectados por interacciones entre los individuos que pueden ser de tipo inter- o intra-específicas, que regulan la densidad de las poblaciones y a su vez afectan la estructura de las comunidades (Begon *et al.*, 1996). Sin embargo, no hay que dejar de lado los factores exógenos, los cuales no dependen de la densidad y entre los que destacan el tipo de clima, la temperatura, los ciclos de lluvias y secas, el fotoperiodo, entre otros. Para ciertas poblaciones de mamíferos la temporada de lluvia puede generar efectos positivos sobre el reclutamiento y tasas reproductivas (Lima *et al.*, 2001), mientras que, para otras, la duración del día puede ser el factor determinante (Brown, 1966).

En este capítulo, los objetivos estuvieron enfocados en (1) determinar la distribución espacial de los mamíferos no voladores, tanto silvestres como ferales, (2) y

conocer su abundancia relativa; (3) conocer la variación estacional y estructura poblacional de los mamíferos silvestres, (4) determinar el periodo de reclutamiento de las poblaciones de mamíferos pequeños; (5) evaluar si hay variación temporal en la estructura de sus poblaciones, y finalmente, (6) conocer las probabilidades de supervivencia y captura de los mamíferos pequeños.

1.2 MÉTODOS

1.2.1 Descripción del área de estudio. – El área de estudio se localiza en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (referida de aquí en adelante, simplemente como la Reserva o Reserva del Pedregal), la cual se ubica en la Delegación Coyoacán, Distrito Federal, México. La elevación a la que se encuentra es de 2540 m y ocupa una superficie total de 237,3 ha (De la Fuente, 2005).

Su clima es templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano (Cb(w1)(w)) (García, 1978). Se encuentra entre las isotermas de 15.3 °C y 15.6 °C. La precipitación promedio anual es de 870.2 mm y se distribuye de forma diferencial. Se pueden establecer dos periodos: uno de lluvias que va de junio a octubre, y otro de secas que va de noviembre a mayo (Chávez y Ceballos, 1994, Castillo-Argüero *et al.*, 2004).

El relieve topográfico de la Reserva presenta una alta heterogeneidad espacial en la que predominan las grietas y depresiones (Rzedowski, 1994), que junto con la vegetación, son utilizados por mamíferos como refugios o madrigueras. El tipo de vegetación predominante en la Reserva corresponde a un matorral xerófilo, constituido principalmente por un estrato herbáceo bien desarrollado, uno arbustivo ligeramente desarrollado y pocos elementos arbóreos (Rzedowski, 1954).

1.2.2 Muestreo. – Se realizaron muestreos para mamíferos pequeños y medianos no voladores (incluidos perros y gatos). Éstos se llevaron a cabo entre febrero de 2006 y enero de 2007, para lo cual se establecieron cuatro parcelas; dos en la Zona Núcleo Poniente (**Poniente 1:** 19°18'58.32'' N, 99°11'47.4'' W; **Poniente 2:** 19°18'52.56'' N, 99°11'47.4'' W), una en la Zona Núcleo Oriente (**Espacio Escultórico:** 19°19'8.04'' N,

99°10'49.8''W) y otra en la Zona de Amortiguamiento A4 (**Senda Ecológica:** 19°18'45.72'' N, 99°10'49.8''W) (Figura 1.1).

Para el muestreo de los mamíferos pequeños, se llevaron a cabo 12 muestreos empleándose la técnica de captura-recaptura (Krebs, 1966) y se utilizaron trampas Sherman ($7.5 \times 7.5 \times 25$ cm). Las trampas se colocaron en cada parcela en un arreglo espacial de 6×10 , con una separación de 10 m entre cada trampa, para formar una retícula de 0.45 ha. Cada trampa se cebó con una mezcla de hojuelas de avena, crema de cacahuate y esencia de vainilla. Se activaron durante tres noches consecutivas cada mes de muestreo, procurando realizarlo en la fase de luna nueva (Ceballos, 1990). En las temporadas de temperaturas bajas, para evitar muerte de individuos, se puso algodón en el interior de las trampas como protección contra la humedad y el frío.

Cada individuo colectado se marcó por amputación de falanges, siguiendo un código específico en el cual sólo se cortó una falange por pata (Begon, 1979). Después de marcado, cada individuo se liberó en el lugar de captura posterior al registro de los siguientes datos: especie, longitud total (*LT*), longitud de la pata posterior (*LP*), largo de la oreja (*O*), peso, sexo, número de marca y de estación de colecta. La condición reproductiva también fue registrada; en el caso de las hembras se les consideró adultas reproductivas si presentaban la vagina abierta, embriones palpables y/o mamas activas; y a los machos adultos reproductivos cuando los testículos estaban escrotados (Ceballos, 1990; Mares y Ernest 1995).



Figura 1.1. Localización de los sitios de estudio dentro de la Reserva del Pedregal. Con bordes de color aguamarina se señalan las zonas de amortiguamiento y con borde rojo las zonas núcleo. Las parcelas de estudio se indican con círculos amarillos: 1 = Espacio Escultórico, 2 = Senda Ecológica, 3 = Poniente 1, 4 = Poniente 2. Tomado de De la Fuente, 2005.

El muestreo de mamíferos medianos se realizó por medio de conteos directos mediante registros fotográficos usando trampas-cámara. Las cámaras se dejaron en el área de estudio entre febrero y noviembre de 2006, y se revisaron una vez a la semana, tal como se ha realizado en otros estudios con mamíferos (Karanth y Nichols, 1998; Karanth *et al.*, 2004; Silver *et al.*, 2004). En total se utilizaron siete trampas-cámara distribuidas en las parcelas Poniente 1 y Poniente 2, por ser los sitios con mayor seguridad para la ubicación de las mismas. Cada trampa se ubicó a una altura de 50 cm con respecto al suelo y se programó para que registrara una fotografía por movimiento en un lapso de 10 minutos. La separación entre cada trampa en cada parcela fue de aproximadamente 150 m.

1.2.3 Análisis de datos. – Para identificar el estado poblacional de las especies se calcularon las abundancias de mamíferos medianos (incluidos perros y gatos), y densidad poblacional para los mamíferos pequeños por medio del método de enumeración denominado “Número Mínimo de Individuos Vivos” (NMIV, Krebs, 1966). Además, las especies se clasificaron en tres categorías de acuerdo a una escala de abundancia relativa usada por Chávez y Ceballos (1994): abundantes cuando están representadas por más de 40 individuos, comunes entre 10 y 39 individuos y escasas con menos de 9 individuos. El periodo de reclutamiento, la proporción sexual (expresada como el número de machos por hembra) y la variación temporal también fueron evaluados en los mamíferos pequeños.

Para los mamíferos pequeños, dado que la Reserva se encuentra distribuida en fragmentos y porque no se registraron recapturas de individuos en parcelas distintas al lugar donde fueron marcados, se decidió realizar los análisis por separado en cada parcela de estudio.

Para cada especie de mamífero pequeño, los datos del sexo, del pelaje y de la condición reproductiva de todos los individuos en los meses de captura permitieron la caracterización de la estructura poblacional con las diferentes clases de edades: juveniles, hembras y machos adultos reproductivos y no reproductivos. Posteriormente se evaluó la variación temporal de hembras y machos reproductivos y juveniles para las especies *P. gratus* y *P. maniculatus* por medio de una prueba de χ^2 y así evaluar periodos reproductivos y de reclutamiento.

La proporción de sexos para cada parcela fue expresada como el número de machos adultos por hembra adulta. Se evaluó la diferencia de cada proporción sexual respecto a la proporción 1:1 por medio de una prueba de χ^2 (Zar, 1996).

Para *Peromyscus gratus*, por su alta representatividad numérica en cada parcela, se evaluó la variación en las historias de captura por medio de la estimación de las probabilidades de captura (ρ) y sobrevivencia (ϕ) con el método probabilístico de Cormack-Jolly-Seber (CJS; Cormack, 1964; Jolly, 1965; Seber, 1986). Se escogió este modelo por la flexibilidad que tiene al permitir que cada uno de los parámetros sea constante o que varíe a través del tiempo (por ejemplo, que ϕ sea constante y que ρ varíe en el tiempo, y se representa $\phi \rho_t$, donde t es el tiempo y pueden ser temporadas de lluvias y secas o bien, ser los periodos de captura) (Lebreton *et al.*, 1992; Santos-Moreno *et al.*,

2007). En este estudio, la evaluación de los parámetros se hizo teniendo en cuenta su variación en las estaciones y las temporadas (lluvias y secas). Se produjeron siete modelos candidatos para explicar la variación de historias de captura en las cuatro parcelas. En el Espacio Escultórico -parcela ubicada en la Zona Núcleo Oriente- se exploraron tres modelos adicionales que corresponden a la ocurrencia o no de incendios sucedidos durante el periodo de muestreo en este fragmento de la Reserva.

La construcción de los modelos y la estimación de los valores de los parámetros se realizó con el programa MARK 4.3 (Cooch y White, 2002). La selección del mejor modelo candidato para cada parcela se realizó con el quasi-Criterio de Información de Akaike (QAIC) usado cuando el tamaño de muestra es relativamente pequeño y presenta sobredispersión (Manly *et al.*, 1995). Debido a que las historias de captura pueden ser afectadas por factores adicionales a la supervivencia y probabilidad de captura, los valores de los parámetros de todos los modelos fueron ajustados dividiendo su devianza (grado de discrepancia entre el modelo y los datos, Santos-Moreno *et al.*, 2007) entre el promedio de una simulación con 1000 réplicas. El QAIC identifica el modelo más parsimonioso de un grupo de modelos, el cual es el modelo con el mayor soporte de datos, dada la corrección de los sesgos que consisten en maximizar la probabilidad del modelo adecuado y la penalización por el número de parámetros usados (Burnham *et al.*, 1995).

Asimismo, para *P. gratus* la estimación del tamaño poblacional se obtuvo siguiendo el procedimiento propuesto por Lindenmayer *et al.* (1998), como: $N = n/p$ donde N es el tamaño poblacional estimado, n es el número de animales capturados y p es la probabilidad de captura estimada a partir del modelo Cormack-Jolly-Seber.

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Variación temporal de los registros totales. – Durante los 12 meses del estudio se capturaron 959 individuos (ind), con una media mensual de captura de 76.7 individuos (\pm d.e. 19.6 individuos), siendo febrero, noviembre, diciembre de 2006 y enero de 2007 los meses con mayores capturas ($\chi^2_{11} = 55.34$, $P < 0.0001$).

En cuanto a las capturas por parcela, los lugares que registraron mayor número de capturas fueron las parcelas ubicadas en la Zona Núcleo Poniente (Poniente 1 y Poniente

2), seguidas por la parcela de la Zona de Amortiguamiento A4 (Senda Ecológica) y finalmente la parcela de la Zona Núcleo Oriente (Espacio Escultórico) (Figura 1.2). En este aspecto, cabe mencionar que en el Espacio Escultórico no hubo capturas en el mes de abril por incidencia de un incendio ocurrido en ese periodo, lo cual impidió el acceso a la zona. Las capturas de las parcelas Poniente 1 y Senda Ecológica no presentaron variación temporal (Poniente 1: $\chi^2_{11} = 17.95$, $P < 0.08$ y Senda Ecológica: $\chi^2_{11} = 16.75$, $P < 0.12$), mientras que en las parcelas del Poniente 2 y el Espacio Escultórico sí se observó que las capturas fluctuaron a lo largo del muestreo (Poniente 2: $\chi^2_{11} = 26.51$, $P < 0.005$ y Espacio Escultórico: $\chi^2_{10} = 31.21$, $P < 0.0005$). El Espacio Escultórico mostró disminución en las capturas totales en los meses posteriores al incendio, opuesto al patrón de las otras tres parcelas (Figura 1.2).

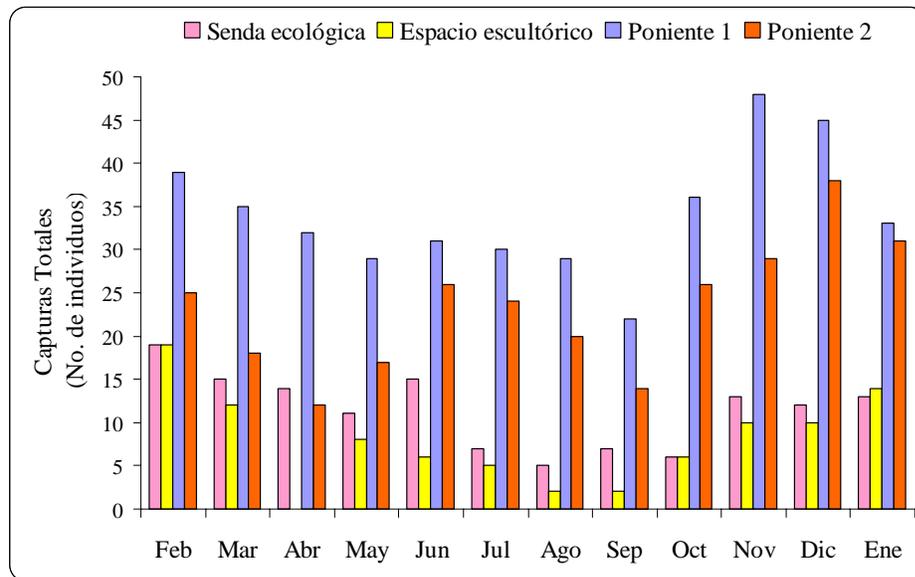


Figura 1.2. Capturas totales de mamíferos en las cuatro parcelas entre febrero de 2006 y enero de 2007 en la Reserva del Pedregal. En el mes de abril no se realizó muestreo en el Espacio Escultórico.

1.3.2 Composición de especies y distribución espacial. – Se encontraron cinco especies de mamíferos medianos por registros fotográficos con las trampas-cámara: *Bassariscus astutus*, *Sylvilagus floridanus*, *Didelphis virginiana*, *Felis catus* y *Canis familiaris*.

También se obtuvieron avistamientos y registros indirectos (excretas) de otras tres especies; *Spilogale gracilis*, *Spermophilus variegatus* y *Urocyon cinereoargenteus*. Además, también se obtuvieron capturas accidentales en trampas Sherman de *S. gracilis*. *C. familiaris* fue la especie con el mayor número de individuos registrados (21 perros, Figura 1.3).

Para los mamíferos medianos, utilizando trampas-cámara, se realizó un esfuerzo de muestreo de 2121 días/trampas-cámara, en un periodo de tiempo de 303 días obteniéndose ocho registros, lo que equivale a una efectividad (éxito) de muestreo de 0.38 individuos por 100 días/trampas-cámara (0.38%).

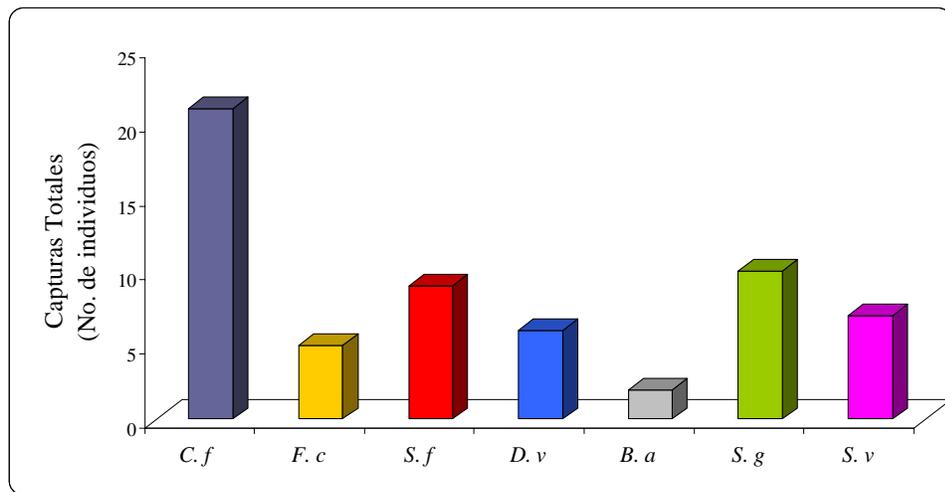


Figura 1.3. Abundancia relativa de las especies de mamíferos medianos obtenidas a partir de registros fotográficos y avistamientos en la Reserva del Pedregal. C.f = *C. familiaris*, F.c = *F. catus*, S.f = *S. floridanus*, B.a = *B. astutus*, S.g = *S. gracilis*, S.v = *S. variegatus*.

En el caso de los mamíferos pequeños utilizando trampas Sherman, el esfuerzo de muestreo fue de 8460 noches/trampa en 33 noches de trampeo, y como resultado 900 ind capturados, lo cual significa un éxito de captura de 10.64 ind por 100 noches/trampa (10.64%). Este muestreo permitió registrar seis especies de mamíferos silvestres: *Peromyscus gratus*, *P. maniculatus*, *Reithrodontomys fulvescens*, *Baiomys taylori*, *Sorex saussurei* y *Neotoma mexicana*; de las cuales *P. gratus* fue la especie con mayor

representatividad en la Reserva (633 individuos capturados). Por otra parte, *P. maniculatus*, *R. fulvescens* y *B. taylori* eran consideradas especies ausentes para esta localidad (Negrete y Soberón, 1994), y en el caso particular de *P. maniculatus* se registró como la segunda especie más abundante dentro del grupo de mamíferos pequeños, con un total de 230 individuos capturados (Figura 1.4).

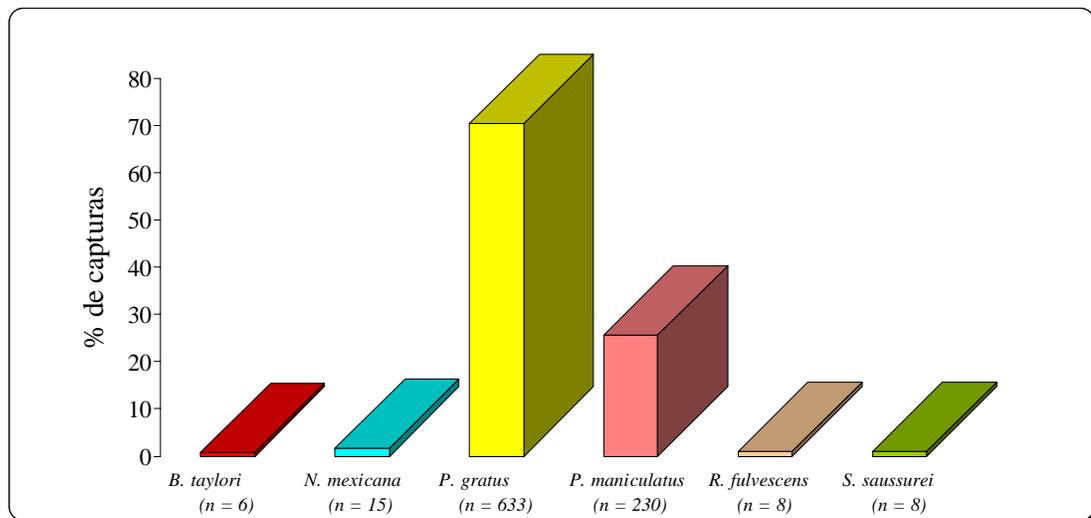


Figura 1.4. Porcentaje de captura de las especies de mamíferos pequeños en la Reserva del Pedregal.

A diferencia del muestreo de los mamíferos medianos, no se registró ninguna especie feral pequeña. Sin embargo, no se descarta la existencia de éstas dentro de la Reserva, pues en las excretas de perros (ver Capítulo II) se encontraron pelos de *Mus musculus* y en otro estudio con ratones, en la Zona de Amortiguamiento A8-Biológicas, frente al Instituto de Biología con la misma técnica de muestreo y en el mismo año de muestreo, se capturaron varios individuos de esta especie (Z. Cano-Santana, com. pers.).

En cuanto a la distribución espacial de todas las especies, la parcela con mayor número de especies corresponde a la parcela Poniente 1 con un total de 11 especies, seguida por la Senda Ecológica con nueve especies de un total de 12 especies silvestres presentes en la Reserva. Las parcelas Poniente 2 y Espacio Escultórico presentaron siete especies silvestres cada una. *B. taylori* fue una especie exclusiva a la Senda Ecológica. Los

perros se encontraron en todas las parcelas; mientras que los gatos fueron menos conspicuos, pero se pudo obtener registros en tres de las cuatro parcelas, excepto en la Senda Ecológica (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Distribución espacial de los mamíferos silvestres no voladores de la Reserva del Pedregal. Se indican con un asterisco las especies que no habían sido registradas por más de 15 años en la Reserva.

	PARCELAS			
	Senda Ecológica	Espacio Escultórico	Poniente 1	Poniente 2
<i>Bassariscus astutus</i>			+	
<i>Baiomys taylori</i> *	+			
<i>Didelphis virginiana</i>	+	+	+	+
<i>Neotoma mexicana</i>		+	+	
<i>Peromyscus gratus</i>	+	+	+	+
<i>Peromyscus maniculatus</i> *	+	+	+	+
<i>Reithrodontomys fulvescens</i> *	+	+	+	
<i>Sorex saussurei</i>	+		+	
<i>Spilogale gracilis</i>	+	+	+	+
<i>Spermophilus variegatus</i>			+	+
<i>Sylvilagus floridanus</i>	+	+	+	+
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	+		+	+
TOTAL DE ESPECIES	9	7	11	7

En la parcela del Espacio Escultórico, el incendio ocurrido en marzo y que impidió el muestreo en abril, fue considerado como un factor de disturbio y por lo tanto la composición de especies mes con mes fue evaluada. Aunque en esta parcela se presentaron diferencias significativas en las capturas mensuales (ver apartado anterior y figura 1.2), no hubo variación en la composición de especies a lo largo del muestreo ($G_{10} = 10$, $P < 0.98$), pero se pudo observar que posterior a la temporada de lluvias se registraron dos especies que los meses anteriores no habían sido encontradas en esa parcela: *Reithrodontomys fulvescens* y *Neotoma mexicana* (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Especies de mamíferos pequeños encontrados en el Espacio Escultórico y las capturas totales por mes de muestreo. La ausencia de registro en el mes de abril es debida a la no realización de muestreos por incendios forestales.

	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
<i>Peromyscus gratus</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Peromyscus maniculatus</i>	+	+		+		+			+	+	+	+
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>									+			
<i>Neotoma mexicana</i>											+	+
CAPTURAS TOTALES	19	12	-	8	6	5	2	2	6	10	10	14

1.3.3 Densidades poblacionales. – Se encontraron siete especies escasas (con menos de nueve individuos), cuatro de mamíferos medianos (*Bassariscus astutus*, *D. virginiana*, *Sylvilagus floridanus*, *Spermophilus. variegatus*) y tres de mamíferos pequeños (*R. fulvescens*, *Sorex saussurei*, *Baiomys taylori*); dos especies comunes (entre 10 y 39 ind) (*Spilogale gracilis* y *N. mexicana*) y dos especies abundantes (*P. maniculatus* y *P. gratus*), las cuales presentaron abundancias mayores a 40 ind. Respecto a la fauna feral, los gatos fueron escasos mientras los perros fueron comunes.

En todo el muestreo, la especie *P. gratus* presentó altas densidades poblacionales comparadas con las demás especies, siendo mayor su densidad en las parcelas Poniente 1 y Poniente 2. *P. maniculatus*, aunque fue la segunda especie con mayor abundancia dentro de la reserva, su densidad no alcanzó el 40% de la densidad de *P. gratus* en ninguna de las cuatro parcelas estudiadas. Por otro lado, aunque *N. mexicana* es una especie con una baja densidad en el Espacio Escultórico, la situación difiere en la parcela Poniente 1, donde su densidad alcanza los 31 ind/ha. Las especies dependientes de los pastizales, como *R. fulvescens*, *S. saussurei* y *B. taylori* presentan densidades bajas o muy bajas en la Reserva, que no superan los 9, 11 y 13 ind/ha, respectivamente (Cuadro 1.3).

Cuadro 1.3. Densidades poblacionales observadas (ind/ha) de las especies de mamíferos pequeños presentes en la Reserva del Pedregal. SE = Senda Ecológica, EE = Espacio Escultórico, P1 = Poniente 1, P2 = Poniente 2. El guión indica la ausencia de las especies en las parcelas.

ESPECIE	DENSIDAD OBSERVADA			
	Enumeración directa			
	SE	EE	P1	P2
<i>Peromyscus gratus</i>	118	96	244	204
<i>Peromyscus maniculatus</i>	22	36	62	56
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	2	2	9	-
<i>Sorex saussurei</i>	7	-	11	-
<i>Neotoma mexicana</i>	-	2	31	-
<i>Baiomys taylori</i>	13	-	-	-

Al evaluar las tendencias poblacionales por medio del MNIV en las dos especies con mayores densidades en la Reserva, *P. gratus* y *P. maniculatus*, se encontró que éstas presentan patrones de densidad opuestos: mientras *P. gratus* tiende a un aumento poblacional en los últimos meses de lluvias y posteriores a las lluvias, *P. maniculatus* lo hace antes y durante las lluvias en la mayoría de las parcelas (Figura 1.5).

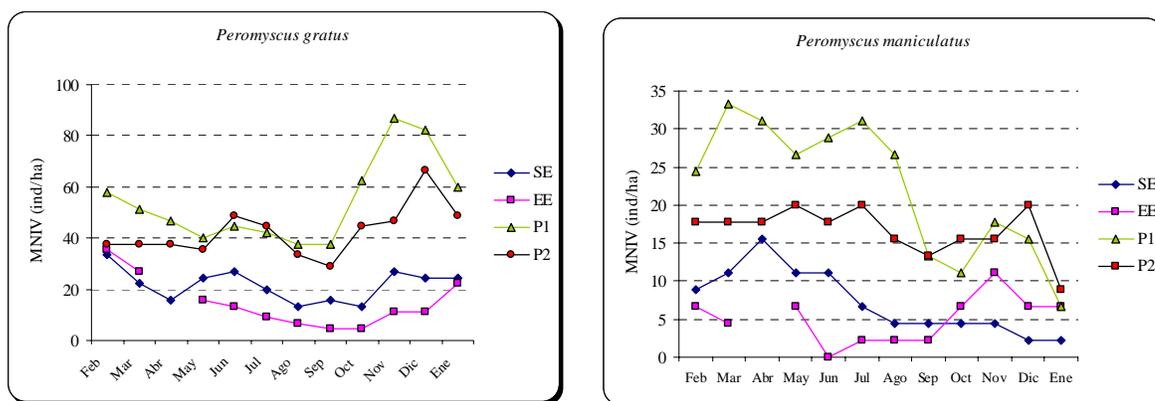


Figura 1.5. Tendencias poblacionales de *Peromyscus gratus* y *P. maniculatus* observadas durante febrero de 2006 y enero de 2007 en la Reserva del Pedregal. MNIV = Mínimo número de individuos vivos. SE = Senda Ecológica, EE = Espacio Escultórico, P1 = Poniente 1, P2 = Poniente 2.

1.3.4 Proporción sexual. – La relación de machos a hembras fue evaluada cuando el tamaño de la población así lo permitió y se hizo con los individuos adultos en cada

población y para cada parcela. Se presentan datos de seis especies de mamíferos pequeños (Cuadro 1.4). La única especie que presentó diferencias significativas con respecto a la relación 1:1 fue *Baiomys taylori* ($\chi^2_1 = 9, P < 0.003$), y el sesgo estuvo dado hacia las hembras.

Cuadro 1.4. Proporción sexual (♂:♀) de los mamíferos pequeños presentes en cada parcela evaluada dentro de la Reserva del Pedregal entre febrero de 2006 y enero de 2007. Aparecen en negritas las proporciones que difieren significativamente de la relación 1:1 ($P < 0.05$).

PARCELA	Machos (n)	Hembras (n)	Proporción sexual ♂:♀
SENDA ECOLÓGICA			
<i>Baiomys taylori</i>	1	4	1:4
<i>Sorex saussurei</i>	1	2	1:2
<i>Peromyscus gratus</i>	24	16	1:0.67
<i>Peromyscus maniculatus</i>	3	7	1:2.33
ESPACIO ESCULTÓRICO			
<i>Peromyscus gratus</i>	23	15	1:0.65
<i>Peromyscus maniculatus</i>	4	10	1:2.5
PONIENTE 1			
<i>Neotoma mexicana</i>	9	2	1:0.22
<i>Peromyscus gratus</i>	50	33	1:0.66
<i>Peromyscus maniculatus</i>	12	14	1:1.17
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	3	1	1:0.33
<i>Sorex saussurei</i>	2	3	1:1.5
PONIENTE 2			
<i>Peromyscus gratus</i>	47	23	1:0.49
<i>Peromyscus maniculatus</i>	12	13	1:1.08

Adicionalmente, para las dos especies de *Peromyscus* se calculó en cada mes de muestreo y en cada parcela la proporción de sexos para evaluar posibles sesgos hacia uno u otro sexo en un periodo específico (Cuadro 1.5). Para *P. gratus* únicamente se encontró un sesgo hacia las hembras en el mes de julio en el Espacio Escultórico, mientras que para *P. maniculatus* las diferencias están marcadas en periodos más amplios y en tres de las cuatro parcelas: en la Senda Ecológica en febrero y marzo, en la parcela Poniente 1 en octubre y finalmente en la parcela Poniente 2 con mayor número de hembras que machos en los meses de abril, mayo, agosto y septiembre. Estos periodos corresponden a la mayor disponibilidad u ocurrencia de hembras adultas reproductivas (ver siguiente apartado).

Cuadro 1.5. Distribución temporal de la proporción sexual ($\sigma^3:\sigma^2$) en las poblaciones de *Peromyscus gratus* y *P. maniculatus* ocurrida entre febrero de 2006 y enero de 2007. Aparecen en negrita las proporciones que difieren significativamente de la relación 1:1 ($P < 0.05$). Los asteriscos corresponden a ausencia de datos.

PARCELAS	PROPORCIÓN SEXUAL											
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
<i>P. gratus</i>												
Senda Ecológica	1:0.5	1:0.8	1:0.5	1:1.5	1:0.8	1:0.5	1:1.5	*	1:2	1:1	1:1	1:0.5
Espacio												
Escultórico	1:1.3	1:0.8	*	1:0.3	1:0.7	1:3	*	*	*	1:0.3	*	1:0.2
Poniente 1	1:1.1	1:1.2	1:1	1:1.3	1:0.7	1:0.9	1:0.7	1:1.4	1:1.3	1:0.8	1:0.4	1:0.3
Poniente 2	1:0.4	1:0.2	1:0.2	1:0.4	1:0.4	1:0.5	1:0.4	1:0.6	1:0.6	1:0.75	1:0.9	1:0.7
<i>P. maniculatus</i>												
Senda Ecológica	1:3	1:3	1:2.5	*	1:1	*	*	*	*	1:1	*	*
Espacio												
Escultórico	*	*	*	1:2	*	*	*	*	1:2	1:1	*	1:2
Poniente 1	1:2.5	1:1.8	1:2.3	1:1.5	1:1.5	1:1.2	1:1	*	1:4	*	1:1	1:2
Poniente 2	1:1.7	1:1.3	1:3	1:5	1:1.5	1:1.3	1:5	1:4	1:2.5	1:1.3	1:0.6	1:0.3

1.3.5 Estructura etaria y actividad reproductiva. – La estructura de edades se caracterizó con seis categorías sexuales en cada parcela para las dos especies más abundantes, que fueron *P. gratus* y *P. maniculatus*. Estas categorías fueron: hembras receptoras (vagina túrgida), hembras adultas con evidencia de éxito reproductivo (mamas lactantes, poslactantes, embriones), machos adultos con testículos inguinales, machos adultos con testículos escrotados, subadultos y juveniles.

Peromyscus gratus

Al analizar de forma conjunta los datos de las cuatro parcelas para evaluar un patrón general, se encontró que la distribución temporal de machos adultos cambió durante el periodo de muestreo ($\chi^2_{11} = 21.8$, $P < 0.03$), mientras que la presencia de hembras adultas y los juveniles no varió en el tiempo ($\chi^2_{11} = 9$, $P < 0.06$; $\chi^2_{11} = 16.9$, $P < 0.11$, respectivamente), lo cual indica que esta especie tiene un comportamiento reproductivo continuo, con picos máximos entre agosto y diciembre y un periodo de máximo reclutamiento de juveniles que va desde octubre a diciembre. Sin embargo, al observar la

presencia de subadultos durante los meses lluviosos, sugiere la ocurrencia de otro pico de reclutamiento de juveniles en los meses secos (Figura 1.6).

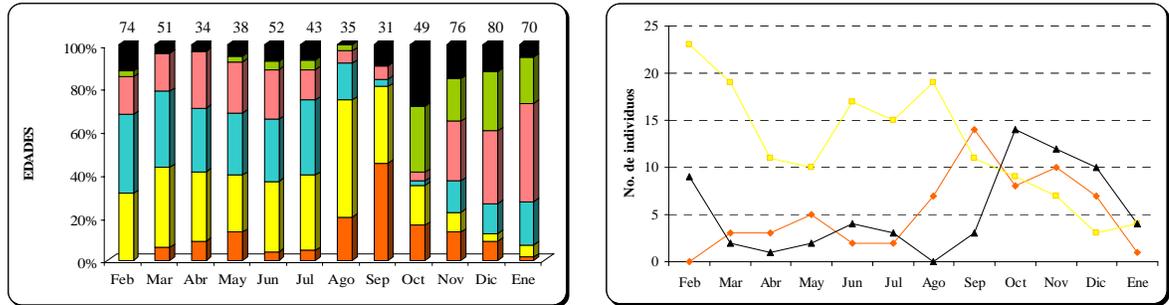


Figura 1.6. *Peromyscus gratus*. Patrón general de la intensidad reproductiva y porcentaje de distribución etaria (izquierda). Fluctuación temporal de juveniles, machos adultos y hembras adultas con evidencia de éxito reproductivo (derecha). Azul = hembras adultas no reproductivas, Rosa = machos no reproductivos, Naranja = hembras adultas reproductivas, Amarillo = machos reproductivos, Verde = subadultos; Negro = juveniles.

Aunque el patrón general en *P. gratus* muestra actividad reproductiva durante todo el año, dentro de cada parcela ocurre de manera discontinua, pero obedeciendo a los picos máximos de reproducción o reclutamiento de juveniles presentes en el patrón general. Esto es comprobado por la variación temporal en la abundancia de una o varias categorías sexuales. Por ejemplo, en la parcela Poniente 1 las hembras con evidencia de éxito reproductivo y los juveniles varían temporalmente y sus picos de abundancia ocurren en septiembre y octubre, respectivamente. De igual manera, en las otras tres parcelas, la distribución de edades y la variación temporal de individuos adultos reproductivos, coincide con la máxima presencia de juveniles en cada zona, y que corresponde a los meses más lluviosos y posteriores a las lluvias, cuando la disponibilidad de alimento es elevada (Cuadro 1.6, Figura 1.7).

Cuadro 1.6. Distribución temporal de las categorías sexuales de *Peromyscus gratus* en la Reserva del Pedregal. Se evaluaron las categorías que evidenciaron un patrón reproductivo y que a su vez estuvieron presentes en cinco o más periodos de captura.

PARCELA	CATEGORÍA SEXUAL	<i>n</i>	χ^2	<i>P</i>
SENDA ECOLÓGICA				
	♀ adulta reproductiva	17	$\chi^2_{11} = 20.411$	< 0.04
	♂ adulto reproductivo	26	$\chi^2_{11} = 11.85$	< 0.38
	Juveniles	11	$\chi^2_{11} = 18.46$	< 0.07
ESPACIO ESCULTÓRICO				
	♀ adulta reproductiva	7	$\chi^2_{10} = 7.14$	< 0.71
	♂ adulto reproductivo	20	$\chi^2_{10} = 8.6$	< 0.57
	Juveniles	3	-	-
PONIENTE 1				
	♀ adulta reproductiva	20	$\chi^2_{11} = 30.4$	< 0.001
	♂ adulto reproductivo	37	$\chi^2_{11} = 15.87$	< 0.15
	Juveniles	27	$\chi^2_{11} = 54.33$	< 0.0001
PONIENTE 2				
	♀ adulta reproductiva	18	$\chi^2_{11} = 12.67$	< 0.32
	♂ adulto reproductivo	65	$\chi^2_{11} = 27.12$	< 0.004
	Juveniles	23	$\chi^2_{11} = 21.35$	< 0.03

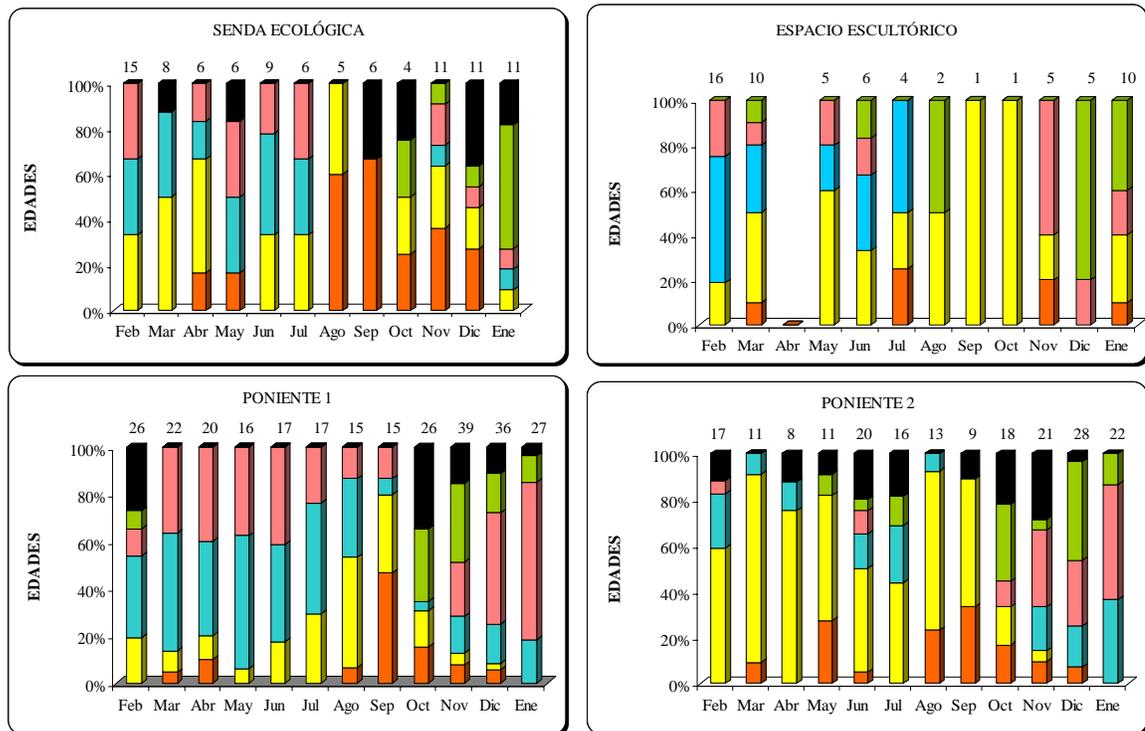


Figura 1.7. Distribución temporal de edades en *Peromyscus gratus* ocurrida entre febrero de 2006 y enero de 2007 en las cuatro parcelas. En azul las hembras adultas no reproductivas, en rosa los machos no reproductivos, en naranja las hembras adultas reproductivas, en amarillo los machos reproductivos, en verde los subadultos y en negro los juveniles. En el Espacio Escultórico en el mes de abril no hubo muestreo.

Peromyscus maniculatus

El patrón general evidencia que los machos adultos permanecen activos durante todo el año, con picos máximos de abundancia en marzo y julio. En el caso de las hembras adultas con evidencia de éxito reproductivo, éstas aparecen todo el año, pero con un patrón bimodal, en el que las mayores abundancias aparecen tanto en los meses secos como en los meses lluviosos, de abril a mayo y de agosto a noviembre respectivamente. Sin embargo los juveniles aparecen en periodos menos prolongados, que van desde febrero a abril y de junio a julio, encontrándose en el mes de febrero el pico máximo de reclutamiento (Figura 1.8). Esto coincide con la variación temporal encontrada en la distribución de las abundancias de machos adultos, juveniles y hembras adultas con evidencia de éxito reproductivo (machos: $\chi^2_{11} = 24.7$, $P < 0.01$; hembras: $\chi^2_{11} = 28.8$, $P <$

0.003, juveniles: $\chi^2_{11} = 23.2 P < 0.02$) y con la subsiguiente ocurrencia de subadultos en la temporada lluviosa.

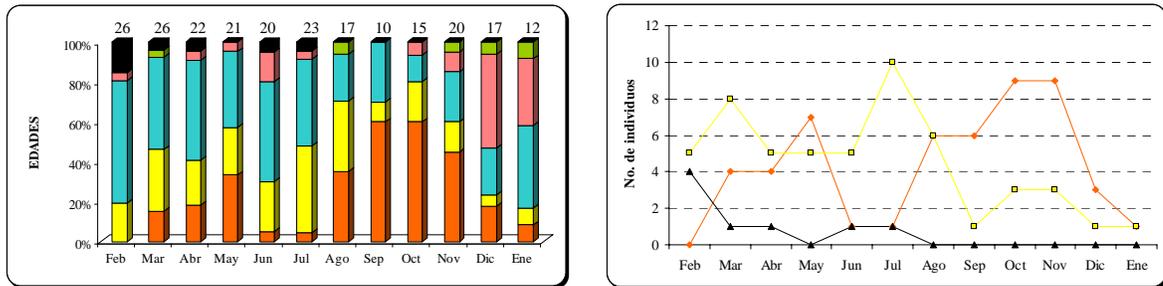


Figura 1.8. *Peromyscus maniculatus*. Patrón general de la intensidad reproductiva y porcentaje de distribución etaria (izquierda). Fluctuación temporal de juveniles, machos adultos y hembras adultas con evidencia de éxito reproductivo (derecha). Azul = hembras adultas no reproductivas, Rosa = machos no reproductivos, Naranja = hembras adultas reproductivas, Amarillo = machos reproductivos, Verde = subadultos; Negro = juveniles.

De igual forma que *P. gratus*, *P. maniculatus* muestra en las parcelas periodos reproductivos discontinuos, pero siempre acorde con los picos máximos de reclutamiento o picos reproductivos del patrón general (Figura 1.9). Aunque con pocos datos y exceptuando los machos de la parcela Poniente 1, se encontró que la variación temporal de las categorías sexuales representativas en el patrón reproductivo no fluctúa en el tiempo (Cuadro 1.7).

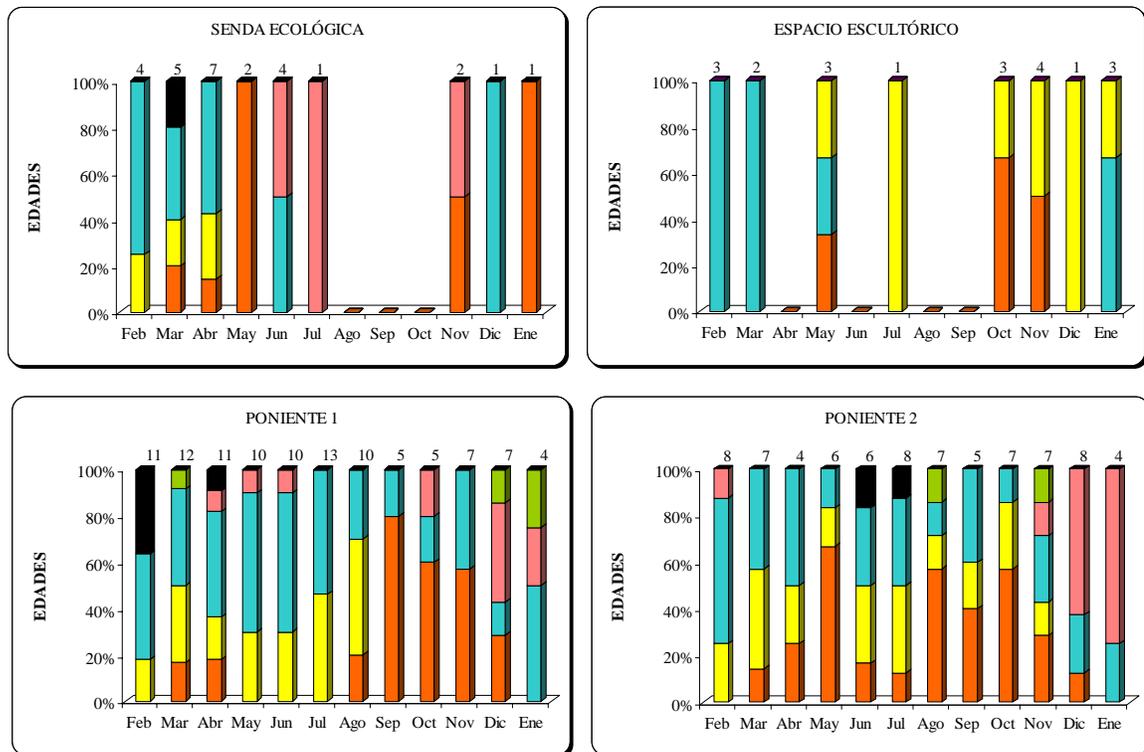


Figura 1.9. Distribución temporal de edades en *Peromyscus maniculatus* ocurrida entre febrero de 2006 y enero de 2007 en las cuatro parcelas. En azul las hembras adultas no reproductivas, en rosa los machos no reproductivos, en naranja las hembras adultas reproductivas, en amarillo los machos reproductivos, en verde los subadultos y en negro los juveniles. En el Espacio Escultórico en el mes de abril no hubo muestreo.

Cuadro 1.7. Distribución temporal de hembras y machos adultos reproductivos y juveniles de *Peromyscus maniculatus* en “El Pedregal de San Ángel”. Se evaluaron las categorías que evidenciaron un patrón reproductivo y que a su vez estuvieron presentes en cinco o más periodos de captura.

PARCELA	CATEGORÍA SEXUAL	n	χ^2	P
SENDA ECOLÓGICA				
	♀ adulta reproductiva	6	$\chi^2_{11} = 10$	< 0.53
	♂ adulto reproductivo	4		
	Juveniles	1		
ESPACIO ESCULTÓRICO				
	♀ adulta reproductiva	5	$\chi^2_{10} = 6.38$	< 0.78
	♂ adulto reproductivo	7		
PONIENTE 1				
	♀ adulta reproductiva	19	$\chi^2_{11} = 17$	< 0.11
	♂ adulto reproductivo	25		
	Juveniles	5	$\chi^2_{11} = 24.44$	< 0.01
PONIENTE 2				
	♀ adulta reproductiva	21	$\chi^2_{11} = 13.86$	< 0.24
	♂ adulto reproductivo	17		
	Juveniles	2	$\chi^2_{11} = 7.71$	< 0.74

Registros reproductivos en otras especies

En la Senda Ecológica durante los meses de junio y septiembre, y en el Espacio Escultórico en septiembre, se encontraron de forma accidental juveniles de *Didelphis virginiana* en trampas Sherman, lo cual puede indicar que hay un periodo de reclutamiento de juveniles en la temporada de lluvias, relacionado a su vez con la mayor disponibilidad de alimento.

Sorex saussurei fue otra especie capturada de forma accidental en los muestreos dentro de la Reserva. De los cinco individuos colectados en la zona Poniente 1, cuatro fueron adultos y con evidencia reproductiva, dos hembras lactantes en junio, un macho con testículos escrotados en mayo y otro en agosto; mientras en el Espacio Escultórico se colectó una hembra lactante en octubre y un macho con testículos escrotados en mayo.

Para *Neotoma mexicana* en la zona Poniente 1 se registró un juvenil en octubre y otro en diciembre, y presencia de machos adultos reproductivos en los meses de febrero, octubre, diciembre de 2006 y enero de 2007, y dos hembras con mamas lactantes en junio. De igual forma, en el Espacio Escultórico se registró un macho con testículos escrotados en diciembre.

Para *Reithrodontomys fulvescens* la única hembra con mamas lactantes fue capturada en enero de 2007 en la zona Poniente 1; y en cuanto a *Baiomys taylori*, también se capturó una sola hembra con mamas lactantes en el mes de octubre de 2006.

1.3.6 Probabilidades de captura y sobrevivencia. – En total se capturaron, marcaron y liberaron 298 individuos de *P. gratus* y 79 individuos de *P. maniculatus*. Para ambas especies el promedio de captura por ejemplar fue bajo en las cuatro parcelas y su sobrevivencia a lo largo del muestreo se limitó en su mayor parte a una o dos capturas por individuo, lo cual indica un periodo de permanencia muy corto dentro de las parcelas. La permanencia máxima para *P. gratus* y *P. maniculatus* fue de 12 y 11 meses respectivamente, ambas especies con un individuo (Figura 1.10). A continuación aparecen los valores de captura y en paréntesis los promedios máximos y mínimos: ***P. gratus***: Senda Ecológica = 0.15 (0.08-0.67), Espacio Escultórico = 0.14 (0.09-0.64), Poniente 1 = 0.21 (0.08-1) y Poniente 2 = 0.18 (0.08-0.67). ***P. maniculatus***: Senda Ecológica = 0.22 (0.08-

0.42), Espacio Escultórico = 0.13 (0.09-0.49), Poniente 1 = 0.31 (0.08-0.92) y Poniente 2 = 0.27 (0.08-0.83).

Para las demás especies es poca la información que puede extraerse: para *B. taylori*, *S. saussurei* y *N. mexicana* el 100% de los individuos fueron capturados una sola vez, mientras que para *R. fulvescens*, dos ratones fueron capturados dos veces y otros cuatro individuos en una única ocasión.

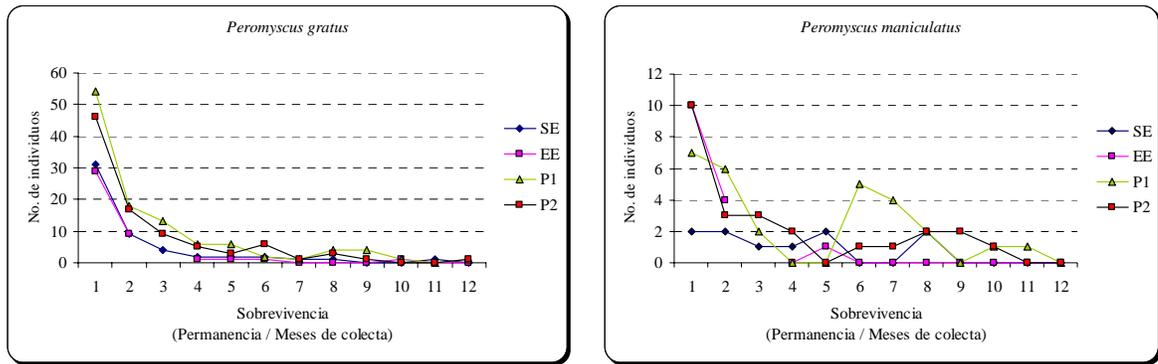


Figura 1.10. Sobrevivencia de *Peromyscus gratus* y *P. maniculatus* en las cuatro parcelas muestreadas en la Reserva del Pedregal. SE = Senda Ecológica, EE = Espacio Escultórico, P1 = Poniente 1, P2 = Poniente 2.

Modelo de Cormack-Jolly-Seber (CJS)

Por medio del modelo probabilístico de CJS se evaluó la probabilidad de sobrevivencia y de captura para *P. gratus*. Esta especie fue la única con un tamaño de muestra representativo en cada parcela y con un índice de recapturas superior al 15% (Senda Ecológica: 54.08%, Espacio Escultórico: 66.15%, Poniente 1: 39.86%, Poniente 2: 47.43%); características que permiten analizar los datos por medio de modelos de captura-recaptura (Sánchez-Cordero *et al.*, 1997). La evaluación se realizó sin discriminar entre hembras y machos porque la proporción sexual en cada parcela no difirió de la relación 1:1 (ver Cuadros 1.5 y 1.6).

Para las cuatro parcelas, el mejor modelo fue el reducido, ($\phi\rho$), en el cual la supervivencia y probabilidad de captura son constantes (Cuadro 1.8).

Cuadro 1.8. Descripción de siete modelos candidatos en las cuatro parcelas de la Reserva del Pedregal. Para el Espacio Escultórico se evaluó un modelo adicional que contempló el periodo de incendio. Donde ϕ = probabilidad de supervivencia, ρ = probabilidad de captura, QAICc = quasi-criterio de información de Akaike corregido, \hat{C} = quasi-verosimilitud (factor de corrección para sobredispersión debida a variación extrabinomial), δ QAICc = diferencias entre QAICc del modelo respectivo y el más parsimonioso, Peso-QAICc = contribución relativa a QAICc del modelo particular al QAICc del conjunto total de modelos. Los subíndices t, e y q corresponden a temporadas de lluvias y secas, estaciones del año y quemas respectivamente. Aparece en negritas el modelo seleccionado para cada una de las parcelas.

Parcela de Muestreo	Modelo	QAICc	\hat{C}	δ QAICc	Peso QAICc	No. de parámetros	Qdevianza
Senda ecológica	$\phi\rho$	72.8838	1.2362	0	0.4885	2	48.828
	$\phi t \rho$	74.8326		1.9488	0.1844	3	48.453
	ϕpt	74.0205		2.1367	0.1678	3	48.6409
	$\phi t pt$	76.8026		3.9188	0.0686	4	47.9734
	$\phi e \rho$	77.3894		4.5056	0.0513	5	45.9747
	ϕpe	77.9809		5.0971	0.0382	5	46.5662
	$\phi e pe$	85.3331		12.4493	0.001	8	45.2213
	Espacio escultórico	$\phi\rho$	56.9394	0.9231	0	0.3697	2
ϕpt		58.3436		1.4042	0.1832	3	25.7898
$\phi q \rho$		59.1171		2.1777	0.1244	3	26.5633
$\phi \rho q$		59.2136		2.2742	0.1186	3	26.6597
$\phi t \rho$		59.5367		2.5973	0.1009	3	26.9829
$\phi t pt$		60.7395		3.8001	0.0553	4	25.3286
$\phi q \rho q$		61.9141		4.9747	0.0307	4	26.5031
$\phi e \rho$		64.171		7.2316	0.01	5	25.6021
ϕpe		64.8018		7.8624	0.0073	5	26.2329
$\phi e pe$		74.6268		17.6874	0.0001	8	24.2158
Poniente 1		$\phi\rho$	140.5255	1.2338	0	0.4657	2
	ϕpt	142.0975		1.572	0.2122	3	64.3689
	$\phi t \rho$	142.594		2.0685	0.1656	3	64.8653
	$\phi t pt$	144.1372		3.6117	0.0765	4	64.254
	$\phi e \rho$	144.8677		4.3422	0.0531	5	62.7886
	ϕpe	146.4791		5.9536	0.0237	5	64.3999
	$\phi e pe$	150.5265		10.001	0.0031	8	61.5985
	Poniente 2	$\phi\rho$	124.7302	1.0155	0	0.4285	2
ϕpt		125.719		0.9888	0.2614	3	78.8257
$\phi t \rho$		126.9462		2.216	0.1415	3	80.0529
$\phi t pt$		127.9532		3.223	0.0855	4	78.7556
ϕpe		128.9815		4.2513	0.0512	5	77.3925
$\phi e \rho$		130.1756		5.4454	0.0282	5	78.5866
$\phi e pe$		134.2173		9.4871	0.0037	8	74.8804

Probabilidad de captura. – Para la Senda Ecológica y la parcela Poniente 2 la probabilidad de captura promedio de ejemplares fue baja y similar en ambas. Para el

Espacio Escultórico el valor fue muy bajo comparado con el alto valor de la parcela Poniente 1 (Cuadro 1.9).

Probabilidad de sobrevivencia. – Para las parcelas Senda Ecológica, Poniente 1 y Poniente 2 los valores de sobrevivencia fueron similares y altas; mientras en el Espacio Escultórico la probabilidad fue baja comparada con las otras tres parcelas (Cuadro 1.9).

Estimación poblacional. – En la Senda Ecológica se marcaron 53 individuos, de los cuales el 58% se capturó solo una vez, el 23% en dos ocasiones, el 3.8% en ocho ocasiones y el 15% restante entre tres y cinco periodos de muestreo. La densidad poblacional estimada fue de 180 individuos/ha.

En el Espacio Escultórico se marcaron 43 individuos, de esos el 67% se capturó en una ocasión, el 2.3% en siete y el 30% restante entre dos y tres periodos. La densidad poblacional estimada fue de 293 individuos/ha.

Para la parcela Poniente 1 se marcaron 110 individuos, con un único individuo capturado durante todo el muestreo (0.9 %) y 54 individuos capturados en una única ocasión y el resto capturados entre dos y 10 ocasiones. La densidad poblacional estimada fue de 267 individuos/ha.

Por último, en la parcela Poniente 2 se marcaron 92 individuos, de los cuales la mitad se capturaron en una única ocasión, 24 % en dos periodos de muestreo y el 26 % restante entre 3 y 8 ocasiones. La densidad poblacional estimada fue de 324 individuos/ha.

Cuadro 1.9. Probabilidades de captura (ρ) y supervivencia (ϕ) de *Peromyscus gratus* estimadas de acuerdo con el mejor modelo en cuatro parcelas en la Reserva del Pedregal. Para cada parámetro se muestra el valor y entre paréntesis los límites del intervalo al 95 % de confianza.

PARCELA DE MUESTREO	MODELO FINAL	PARÁMETRO	Valor (Intervalos del 95% de confianza)
SENDA ECOLÓGICA		ϕ	0.700 (0.518-0.836)
		ρ	0.653 (0.403-0.840)
ESPACIO ESCULTÓRICO		ϕ	0.597 (0.377-0.783)
		ρ	0.327 (0.126-0.622)
PONIENTE 1		ϕ	0.704 (0.602-0.790)
		ρ	0.919 (0.786-0.972)
PONIENTE 2		ϕ	0.749 (0.619-0.846)
		ρ	0.629 (0.485-0.799)

1.4 DISCUSIÓN

1.4.1 Variación temporal de los registros totales. – La cantidad y calidad de alimento tienen una fuerte influencia en la fluctuación de la densidad poblacional de los individuos (Hernández-Betancourt, 2003). En la Reserva, el comportamiento fenológico de las plantas depende directamente de la cantidad de agua recibida en forma de lluvia (Rzedowski, 1994; Meave *et al.*, 1994), por lo que los meses lluviosos o posteriores a las lluvias son los periodos en los que hay mayor disponibilidad de brotes de plantas e insectos; coincidiendo con la variación temporal observada en las colectas de mamíferos; una alta concentración de individuos en los meses posteriores a las lluvias; lo cual puede reflejar el éxito de la actividad reproductiva presente en los meses anteriores para la mayoría de las especies en la Reserva. Un patrón parecido, picos poblacionales al final de la época de secas y principios de la época de lluvias, fue observado por Sánchez-Cordero y Canela-Rojo (1991) en roedores del Ajusco, donde al igual que en la Reserva, la mayor disponibilidad de alimento ocurre en la época de lluvias.

Las capturas en cada parcela fluctuaron a lo largo del muestreo en las parcelas Poniente 2 y Espacio Escultórico. Esta fluctuación puede estar relacionada con los incendios forestales a que estuvieron sometidas estas dos parcelas (junio de 2005 y marzo de 2006, respectivamente), y que son considerados un factor de disturbio común que disminuye la sobrevivencia de plantas y animales en la Reserva (Juárez-Orozco y Cano-Santana, 2007).

Las parcelas con menor acceso de personas, Poniente 1 y Poniente 2, son las que presentan el mayor porcentaje de capturas (44.46% y 30.44% respectivamente), y a su vez la parcela Poniente 1 es la que registró el mayor número de especies de mamíferos silvestres. No obstante, dentro de la parcela Poniente 1, también se encontraron troncos carbonizados, indicando que han ocurrido incendios de menor magnitud, pero el impacto sobre la comunidad de roedores ha sido menor en esa zona.

1.4.2 Composición de especies y distribución espacial. – Durante el estudio en la Reserva se registraron 12 especies de mamíferos silvestres no voladores (*Bassariscus astutus*, *Sylvilagus floridanus*, *Didelphis virginiana*, *Spilogale gracilis*, *Spermophilus variegatus*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Peromyscus gratus*, *P. maniculatus*, *Reithrodontomys fulvescens*, *Baiomys taylori*, *Sorex saussurei* y *Neotoma mexicana*). En 1994, Chávez y Ceballos registraron un total de seis especies de mamíferos silvestres no voladores (*Sorex saussurei*, *Didelphis virginiana*, *Reithrodontomys fulvescens*, *Neotoma mexicana* y *Peromyscus gratus*) en dos parcelas de la Reserva. Sin embargo, en el mismo año, Negrete y Soberón registraron 10 especies que coinciden con los reportes del presente estudio; y una especie de zorrillo (*Mephitis macroaura*); pero no tienen registro de *P. maniculatus* ni de *B. taylori*. Cabe mencionar que éstos son estudios a corto plazo y por lo tanto no reflejan los cambios que sufren las poblaciones a través del tiempo. De modo que se desconoce cierta dinámica dentro de la comunidad, en la que algunas poblaciones pueden descender a tal punto que son imperceptibles en el periodo muestreado o con las técnicas de muestreo implementadas, y por ello se hace necesario realizar estudios a largo plazo para entender los cambios temporales de la abundancia de las especies en el tiempo (Brown *et al.*, 2001; Lima *et al.*, 2001, Hernández-Betancourt, 2003).

Es interesante observar que aunque la Reserva cuenta apenas con un área de 273.3 ha presenta una alta riqueza de mamíferos no voladores (12 especies) comparada con otros lugares de mayor tamaño. Por ejemplo, un estudio en un área de 27,900 ha, en Milpa Alta al suroeste del Distrito Federal y con menor presión urbana que la soportada por la Reserva, reporta 23 especies de mamíferos no voladores (Navarro-Frías *et al.*, 2007). Apreciaciones como esta también fueron hechas por Negrete y Soberón (1994) al comparar a la Reserva con otras tres localidades de mayor área protegida dentro del Valle de México (Zoquiapan, Ajusco y El Pelado) y encontrar que la Reserva mantiene una gran diversidad que representa casi todos los órdenes de mamíferos, y que por lo mismo es una zona sumamente importante en la conservación de una parte de la riqueza biológica del Valle de México, el cual se encuentra en alto grado de deterioro ambiental (Soberón *et al.*, 1991).

Por otra parte, llama la atención que aunque todas las especies de pequeños mamíferos en la Reserva están asociadas a los pastizales, sobresale por su ausencia *Microtus mexicanus*, quien formaba parte de la fauna de la Reserva y que ha sido registrada en zonas cercanas que corresponden al mismo afloramiento de lava del volcán Xitle, como lo es el Ajusco (Sánchez-Cordero y Canela-Rojo, 1991). Posiblemente esta especie no tolera altos niveles de perturbación, y en las últimas décadas la Reserva ha estado sometida a una alta presión urbana que la ha llevado a deterioro de su vegetación y como consecuencia de ello se encuentra altamente fragmentada (Negrete y Soberón, 1994).

En estudios recientes, Castellanos (2006) y García (2007) no reportan la presencia del zorrillo manchado (*S. gracilis*), y Castellanos atribuye su ausencia a la ubicación de los sitios escogidos para sus muestreos (Jardín Botánico e Institutos de Biología y Ecología). No obstante, en el presente estudio esta especie se reportó de manera accidental en trampas Sherman en las cuatro parcelas estudiadas, y de las cuales dos se encuentran cercanas al Jardín Botánico y a los Institutos de Biología y Ecología.

En este estudio, las parcelas Poniente 1 y Poniente 2 difieren en su riqueza, mientras la Poniente 1 es la parcela con mayor número de especies silvestres (11 especies) en la Reserva, la parcela Poniente 2 presenta 7 especies, que a su vez están presentes en la parcela Poniente 1. Por el contrario, Negrete y Soberón (1994) registraron el mismo

número de especies (6) en esos sitios -que en su estudio fueron llamadas zona este y zona oeste, respectivamente.

En reservas altamente fragmentadas como la del Pedregal se hace necesario incluir en los estudios no sólo las zonas núcleo, sino también a los camellones y demás zonas de amortiguamiento, ya que contienen información valiosa sobre la flora y fauna de la reserva y por ello deben seguir manteniéndose sin modificaciones que lleven a su deterioro o disminución. En este estudio, la riqueza de especies de la Senda Ecológica nos da una idea del significado e importancia de las zonas de amortiguamiento en la Reserva, pues esta parcela además de ser la segunda en número de especies (9), también es reservorio de algunas especies como *P. maniculatus* y *B. taylori*; esta última colectada exclusivamente en la Senda Ecológica.

La Reserva es una zona que históricamente ha sido escenario de incendios forestales, ya sean intencionales o naturales (Juárez-Orozco y Cano-Santana, 2007). En el Espacio Escultórico durante el estudio se presentó un incendio, que eliminó casi en su totalidad a la vegetación y que por ende modificó las capturas totales en ese sitio. Sin embargo, el fuego puede tener un impacto positivo sobre la demografía de ciertas poblaciones vegetales, reflejando mejoras en la calidad y cantidad de alimento disponible (Juárez-Orozco y Cano-Santana, 2007), que a su vez pueden satisfacer necesidades particulares de una o varias especies, y por lo mismo pueden servir como explicación del porqué del registro de *Neotoma mexicana* y *Reithrodontomys fulvescens*, especies que no habían sido registradas antes de los incendios en el Espacio Escultórico. No obstante estudios más minuciosos en los que involucren fuegos controlados y se realicen a largo plazo son requeridos para identificar cualquier comportamiento en la dinámica poblacional de las especies tanto animales como vegetales y poder evaluar si hay o no un efecto sobre las mismas.

En cuanto a las especies ferales registradas en este estudio, los perros se encontraron en todas las parcelas mientras que los gatos fueron menos conspicuos, estando ausentes en la Senda Ecológica donde los perros presentaron mayor abundancia. Estos valores contrastantes en las abundancias de perros y gatos, y ausencia de gatos en esta zona de amortiguamiento, se ajustan a lo planteado por Linnell y Strand (2000), quienes en su revisión plantean que diferentes especies de carnívoros pueden estar forzadas a

evadir hábitats ocupados por otros carnívoros más dominantes evitando interacciones agresivas. El comportamiento diferencial entre perros y gatos en estado feral también puede complementar el porqué de esta disparidad de abundancias; mientras los gatos se mantienen solitarios y poco evidentes ante la presencia humana, los perros conforman grupos que dependen en gran medida de alimentos de origen antropogénico y por lo tanto más habituados a la presencia humana (Green y Gipson, 1994). Esta última condición en los perros los convierte en un peligro potencial tanto para la fauna nativa como para la población humana que se desplaza cerca a las madrigueras, particularmente la Senda Ecológica la cual es transitada por niños y adultos y que están expuestos a posibles mordeduras y a la transmisión de diversas enfermedades, pues los perros son los principales vectores de este tipo de enfermedades en la Reserva (Suzán y Ceballos, 2005).

1.4.3 Densidades poblacionales. – Se encontraron siete especies escasas, cuatro de mamíferos medianos (*Bassariscus astutus*, *D. virginiana*, *Sylvilagus floridanus*, *Spermophilus variegatus*) y tres de mamíferos pequeños (*R. fulvescens*, *Sorex saussurei*, *Baiomys taylori*); dos especies comunes (*Spilogale gracilis* y *N. mexicana*) y dos especies abundantes (*Peromyscus maniculatus* y *P. gratus*). Respecto a la fauna feral, los gatos fueron escasos mientras los perros comunes.

Al respecto, Chávez y Ceballos (1994) también clasifican a las especies de la Reserva y agrupan a dos especies como comunes (*N. mexicana* y *R. fulvescens*), tres escasas (*S. saussurei*, *S. variegatus* y *D. virginiana*) y una especie abundante (*P. gratus*). De igual forma, Negrete y Soberón (1994) registra a *P. gratus* como la especie más abundante. Al igual que en muchas comunidades, en roedores es común encontrar una especie muy abundante y el resto de especies con pocos individuos, tal como se presenta en este estudio en la Reserva, donde la especie más conspicua fue *P. gratus*. Sánchez-Cordero y Canela-Rojo (1991) y Domínguez (2006), reportan este mismo patrón para el Ajusco y Chamela, respectivamente.

Información reciente sobre la Reserva ha mostrado que los gatos, el cacomixtle y la zorra gris son especies raras, que no sobrepasan el 10% de las capturas totales; mientras el tlacuache es una especie común, sobrepasando el 74% de las capturas totales (Castellanos, 2006; García, 2007). Aunque en el presente estudio se empleó un esfuerzo de captura

elevado (2121 días/trampas-cámara) comparado con el de Castellanos (2006; 503 noches-trampa), el tlacuache fue considerado una especie escasa. No obstante hay que tener en cuenta que las técnicas de muestreo fueron distintas; mientras Castellanos empleó trampas Tomahawk aquí se usaron registros fotográficos y datos de algunas capturas fortuitas de juveniles en trampas Sherman. Además, es muy probable que la ubicación de las trampas-cámara al interior de la zona núcleo poniente no haya favorecido el muestreo, pues el área de mayor actividad de los mamíferos medianos como la zorra gris, el cacomixtle y el tlacuache ocurre cerca de los camellones e instalaciones de los institutos aledaños a la Reserva (Castellanos, 2006; García, 2007) y en estos lugares no se presentan las garantías de seguridad para la ubicación de las trampas-cámara.

Hace algunos años, Soberón *et al.* (1991) obtuvieron parámetros demográficos hipotéticos para varias de las especies de mamíferos de la Reserva y advierten que cuatro de las cinco especies registradas en este estudio están en peligro inminente de desaparecer por sus bajas densidades poblacionales (*B. astutus*: 0.15, *S. floridanus*: 0.7, *S. variegatus*: 1, *U. cinereoargenteus*: 1.1 ind/ha), mientras las poblaciones de mamíferos pequeños superan los 35 ind/ha y por lo tanto con mayores probabilidades de sobrevivir que los mamíferos medianos (*R. fulvescens*: 35, *S. saussurei*: 55, *P. gratus*: 50, *P. maniculatus*: 60, *B. taylori*: 100 ind/ha). No obstante, la información registrada en el presente estudio muestra datos alarmantes respecto al estado demográfico de especies como *B. taylori*, *R. fulvescens*, *S. saussurei*, en las cuales las densidades poblacionales no sobrepasan los 13, 9 y 11 ind/ha, respectivamente.

Neotoma mexicana se considera una especie común por su representatividad en el muestreo (<25% de ocurrencia en el muestreo), y su densidad poblacional va desde los 2 a los 31 individuos por hectárea. Asimismo, Chávez y Ceballos (1994) la consideran una especie común en el Pedregal, aunque su mayor densidad sólo alcanza los 9 ind/ha.

Para *R. fulvescens* Chávez y Ceballos (1994) reportan una densidad de 0.6 ind/ha, y atribuyen estos datos a la desaparición de pastizales en la Reserva; sin embargo, también puede atribuirse a alta depredación, pues esta especie es un ítem alimenticio importante en la dieta de gatos, como se registró en los excrementos de éstos en la Reserva (Capítulo II).

Los datos para los mamíferos medianos no son alentadores, pues las abundancias no sobrepasan los 10 ind. Estos resultados probablemente pueden ser el resultado del

deterioro ambiental que enfrenta la Reserva aunado a la presencia de especies ferales y que amenazan con la extinción local de especies de la fauna de la zona.

Por otra parte, al analizar las tendencias poblacionales de las dos especies de *Peromyscus* en cada mes de captura se observó un patrón de densidad opuesto, el cual permite suponer que las dos especies responden de manera diferente ante factores exógenos, como la disponibilidad de alimento y/o las lluvias, y que a su vez este comportamiento demográfico puede ser uno de los factores responsables de mediar la coexistencia entre *P. gratus* y *P. maniculatus*, posiblemente como estrategia para evitar competencia por alimento o espacio entre los juveniles y así maximizar la disponibilidad de recursos y asegurar su permanencia en la zona. De manera similar, Wolff (1996) observó un patrón diferencial entre *P. maniculatus* y *P. leucopus* en los Apalaches y demuestra con un conjunto de datos de 14 años que estas dos especies coexisten gracias al crecimiento poblacional diferencial en respuesta a la disponibilidad de alimento. No así, Sánchez-Cordero y Canela-Rojo (1991) quienes observaron que el patrón de fluctuación poblacional de *P. maniculatus*, *Neotomodon alstoni*, *Microtus mexicanus* y *R. megalotis* en el Ajusco responde de manera similar a la disponibilidad de alimento de la zona.

1.4.4 Proporción sexual. – De las seis especies analizadas, la única que presentó un sesgo hacia la proporción de hembras fue *B. taylori*. Para Santos-Moreno *et al.* (2007) la desproporción sexual parece ser una respuesta común de algunas especies de roedores a las perturbaciones. *B. taylori* fue registrada en una zona de alta influencia humana como lo es la Senda Ecológica, sin embargo no tenemos registro en otras parcelas para hacer comparaciones teniendo en cuenta el nivel de perturbación.

Al analizar mes a mes y en cada parcela las proporciones sexuales de *P. gratus* y *P. maniculatus*, se encontró una desviación hacia las hembras en el Espacio Escultórico en el mes de julio para *P. gratus*; mientras que *P. maniculatus* mostró periodos más amplios en los que las hembras fueron colectadas con mayor frecuencia que los machos. De forma similar a este estudio, Chávez y Ceballos (1994) y Sánchez-Cordero y Canela-Rojo (1991) no registraron desviaciones significativas en la proporción de sexos de *P. gratus* en la Reserva del Pedregal y *P. maniculatus* en el Ajusco, respectivamente. Adicionalmente, Sánchez-Cordero y Canela-Rojo observaron diferencias significativas en el periodo de

lluvias, siendo mayor el número de hembras que de machos en *P. gratus*, tal como se registró para esta especie en el Espacio Escultórico. Contrario a los reportes anteriores, Negrete y Soberón (1994) observaron que para *P. gratus* y demás especies que analizaron en la Reserva del Pedregal, la proporción de hembras fue mayor a la de machos.

La desproporción sexual puede deberse a cambios en el comportamiento de los sexos durante la temporada reproductiva y que se ven reflejados en el uso diferencial del espacio. Para Hernández-Betancourt (2006), los machos emigran hacia potenciales sitios de apareamiento, mientras que las hembras pueden permanecer inactivas en sitios específicos, ya sea porque se encuentren preñadas o lactantes, o bien porque los machos se exponen a mayor depredación en los periodos de actividad reproductiva. Para las dos especies de *Peromyscus*, en los meses en los que se presenta mayor número de hembras que de machos, son justo los meses en los que hay mayor disponibilidad de alimento y ocurrencia de hembras activas, y que a su vez coincide con la variación en las tendencias poblacionales.

1.4.5 Estructura etaria y actividad reproductiva. – Por lo general, las poblaciones que se distribuyen en ambientes marcadamente estacionales (alpinos o boreales) muestran épocas reproductivas cortas, mientras las que se distribuyen en ambientes poco o no estacionales (templados o tropicales) muestran épocas de reproducción más prolongadas (ver Sánchez-Cordero y Canela-Rojo, 1991).

Peromyscus gratus

La actividad reproductiva de *P. maniculatus* en la Reserva ocurre durante todo el año; sin embargo, al analizar por separado cada parcela se observa que la reproducción es de tipo discontinuo. En cada parcela puede verse un patrón reproductivo poliéstrico estacional, confirmado por la presencia de machos activos y hembras con evidencia de actividad reproductiva y de juveniles en la mayoría de los meses, además del registro de hembras lactantes en diferentes periodos del año.

Es evidente la variación en los periodos reproductivos entre las parcelas; donde el reclutamiento de juveniles ocurre al final de la temporada de lluvias e inicio de las secas o en ambas temporadas. Estas diferencias en la actividad reproductiva entre las parcelas

sugieren que las poblaciones pueden responder con diferentes estrategias reproductivas obedeciendo a las características propias de cada fragmento dentro de la Reserva.

Para *P. gratus*, la información disponible indica que esta especie se puede reproducir entre febrero y noviembre y entre abril y junio (Gumas, 2004). No obstante, en la Reserva los picos reproductivos y de reclutamiento de juveniles indican que los adultos apuestan por una mayor actividad reproductiva en los meses lluviosos o posteriores a las lluvias, realizando un gran esfuerzo para asegurar la alimentación de juveniles, para su crecimiento y desarrollo en los meses posteriores. De manera similar, años atrás Chávez y Ceballos (1994) también observaron que la mayor actividad reproductiva se alcanzó al final de la época de lluvias, con reclutamiento máximo en el mes de octubre. Estos datos se suman a otros que muestran la influencia de factores exógenos, como la lluvia, sobre la actividad reproductiva de los mamíferos en zonas templadas (Havelka y Millar, 1997; Lima *et al.*, 2001).

Peromyscus maniculatus

Esta especie presenta una amplia distribución, encontrándose desde ambientes marcadamente estacionales hasta no estacionales, y por esta razón muestra una gran variación en su actividad reproductiva. En hábitats boreales y templados esta especie presenta una significativa variación en la duración de la época reproductiva, que va de dos meses en poblaciones al norte de Canadá, hasta todo el año en bosques templados de Norteamérica (Millar, 1984; 1990; citado en Sánchez-Cordero y Canela-Rojo, 1991).

En la Reserva, el patrón general evidencia actividad reproductiva durante todo el año, con mayor actividad de marzo a mayo y de agosto a noviembre (Figura 1.8). En Texcoco, Cervantes (1987) reporta una marcada estacionalidad reproductiva en *P. maniculatus*, presente únicamente en la temporada de lluvias. De forma similar en el Ajusco, Sánchez-Cordero y Canela-Rojo (1991) registraron para esta especie picos reproductivos en los meses más húmedos del año, sin embargo reportan escasa presencia o ausencia de hembras lactantes en la época seca.

En la Cuenca del Río Laramie, al sureste de Wyoming, Brown (1966) registra actividad reproductiva en *P. maniculatus* desde abril hasta agosto. Por su parte, Sullivan (1977) reporta que la reproducción de esta especie en la costa suroccidental de Canadá

inicia a mediados de junio y se prolonga durante todo el verano, con un máximo de reclutamiento de juveniles en octubre. Wolf (1985) también presenta datos reproductivos para esta especie, mostrando que la reproducción es bimodal en Los Montes Apalaches, al este de Estados Unidos, con un periodo que va de abril a junio y otro que va de septiembre a octubre.

En las parcelas Poniente 1 y Poniente 2 de la Reserva, donde esta especie presenta mayor registro, se observó un patrón reproductivo poliéstrico bimodal, con evidencia de hembras lactantes tanto en la temporada lluviosa como en la seca y máximos de reclutamiento de juveniles en la época seca. Posiblemente la mayor ocurrencia de juveniles en los meses secos, justo antes de las lluvias, es una estrategia que maximiza la disponibilidad de alimento para los más jóvenes. Se apuesta porque el inicio de las lluvias traiga alimento en abundancia y así suplir los requerimientos energéticos necesarios para una reproducción exitosa (Chávez-Tapia y Gallardo-Villegas 1993 en Santos-Moreno *et al.*, 2007).

Registros reproductivos en otras especies

Juveniles de *D. virginiana* fueron capturados de forma accidental en trampas Sherman en los meses lluviosos, lo cual indica que su periodo de reclutamiento ocurre en los meses con mayor disponibilidad de alimento; tal como lo reportan Chávez y Ceballos (1994), quienes capturaron ocho individuos juveniles en los meses de junio y julio, correspondientes a la época de reproducción.

Sorex saussurei, de forma similar que en otros estudios, fue capturada accidentalmente y por lo tanto con pocos registros. No obstante, la presencia de hembras lactantes en junio y octubre permite suponer que su periodo de actividad reproductiva ocurre en los meses lluviosos, cuando la disponibilidad de insectos es más elevada en la Reserva (Chávez y Ceballos, 1994).

Reithrodontomys fulvescens tiene reportes de reproducción en la Reserva durante el verano (Chávez y Ceballos, 1994). Asimismo, en la Estación Científica Las Joyas, en Manantlán, Jalisco, Vázquez *et al.* (2000) reportan actividad reproductiva de esta especie en la temporada lluviosa (julio – octubre); mientras que en este estudio la única evidencia

de actividad reproductiva (una hembra lactante) ocurrió en enero de 2007. Cabe mencionar que también hay registros de un patrón bimodal en Texas (ver Spencer y Cameron, 1982).

La reproducción de *Neotoma mexicana* ocurre de marzo a mayo, pero hacia el sur del país puede prolongarse por unos meses más (Ceitlin y Myers, 2004). Chávez y Ceballos (1994) registraron máximos de actividad reproductiva en los meses de febrero a mayo, mientras que en el presente estudio la actividad reproductiva es irregular, pues hay presencia de hembras lactantes en junio, de juveniles en octubre y diciembre, y de machos con testículos escrotados en los meses de febrero, octubre, diciembre de 2006 y enero de 2007.

Aunque en este estudio para el ratón pigmeo (*B. taylori*) sólo se registró una hembra lactante en el mes de octubre, esta especie tiene registros reproductivos todo el año, con picos al final del otoño y principios de la primavera (ver Schelman y Cameron, 1987).

1.4.6 Probabilidades de captura y sobrevivencia. – En algunas especies los individuos pueden estar menos propensos a entrar en trampas después de la captura inicial, o bien presentar un comportamiento trampofílico (Hammond y Anthony, 2006), lo cual puede afectar sustancialmente las recapturas y por lo tanto a los estimadores. En general, en la Reserva la permanencia de individuos en la población fue relativamente baja; el mayor porcentaje de individuos fue capturado entre uno y dos ocasiones para todas las especies en las cuatro parcelas, indicando que son muy pocos los individuos residentes (con permanencia máxima de tres o más meses) y que el recambio de individuos en la población es alto.

Peromyscus gratus fue la especie más abundante en todas las parcelas, lo cual pudo haber influido en las capturas y recapturas de las demás especies por ocupar las trampas antes que otros individuos de otras especies. Por su parte, *P. maniculatus* ha sido reportada como especie de fácil trampeo y sin comportamientos trampofóbicos (Sullivan, 1977), pero en la Reserva no presentó recapturas comparables con las de *P. gratus*; quizá porque su mayor densidad sólo fue de 62 ind/ha, una cuarta parte de la densidad de *P. gratus*.

Al analizar las probabilidades de captura y sobrevivencia en *P. gratus* por medio del modelo probabilístico de Cormack-Jolly-Seber, se encontró que en esta especie estos parámetros no se vieron afectados por factores como temporadas de lluvias o secas,

incendios o las estaciones del año, ya que el modelo seleccionado para las cuatro parcelas fue el reducido ($\phi\rho$). Este resultado es congruente con la actividad reproductiva observada en esta especie, la cual es continua casi todo el año. No obstante, en las tendencias poblacionales (MNIV) se observa una mayor densidad poblacional en los meses lluviosos, justo cuando hay picos de actividad reproductiva y disponibilidad de alimento en la Reserva.

Las probabilidades de sobrevivencia de *P. gratus* fueron altas y similares en tres las cuatro parcelas (oscilando alrededor de 0.7), exceptuando el valor del Espacio Escultórico, el cual fue ligeramente más bajo (0.597). Estas diferencias pudieron ser el reflejo del efecto que tiene el fuego sobre la demografía de *P. gratus*; pero hay que tener en cuenta que el modelo seleccionado no muestra variación respecto a los incendios y que en los análisis mensuales de proporción sexual no hay registro de sesgos hacia ningún sexo. Santos-Moreno *et al.* (2007) plantean que las diferencias en las probabilidades de sobrevivencia pueden ser vistas como flexibilidad demográfica, como una propiedad para subsistir en un hábitat de escasos recursos.

De igual forma que las probabilidades de sobrevivencia, las probabilidades de captura de *P. gratus* no se vieron afectadas por el clima o factores de disturbio dentro de cada parcela, pero sí se encuentra una marcada diferencia entre las parcelas. Se puede apreciar un aumento gradual en las probabilidades de captura, muy probablemente asociado con disponibilidad de recursos (alimento y espacio) que van desde un valor bajo (0.327) en un hábitat sometido a alta perturbación como lo es el Espacio Escultórico, hasta uno elevado (0.919) en un fragmento menos degradado como lo es la parcela Poniente 1. Resultados similares son reportados por Linder Mayer *et al.* (1998), quienes reportan diferencias en las probabilidades de captura del marsupial *Trichosurus caninus* en dos fragmentos en Cambarville, al suroriente de Australia, donde el fragmento con el hábitat más estable presenta mayor probabilidad de recaptura.

Es lamentable que no se registraran más especies con un tamaño de muestra representativo como el de *P. gratus*, pues estos parámetros demográficos no sólo son importantes a nivel de especie sino que brindan mayor información sobre la calidad del hábitat en el que se encuentran las especies, y por ende son valiosos en la toma de decisiones respecto al manejo y conservación de un área particular.

1.5 CONCLUSIONES

Dentro de la Reserva se registraron 11 especies de mamíferos silvestres no voladores y dos ferales. De éstas, ocho fueron consideradas escasas (*Bassariscus astutus*, *Didelphis virginiana*, *Sylvilagus floridanus*, *Spermophilus variegatus*, *Reithrodontomys fulvescens*, *Sorex saussurei*, *Baiomys taylori*, *Felis catus*), tres especies comunes (*Neotoma mexicana*, *Spilogale gracilis*, *Canis familiaris*) y dos abundantes (*Peromyscus gratus*, *P. maniculatus*).

La mayor riqueza de especies silvestres dentro de la Reserva del Pedregal la presentaron las parcelas Poniente 1 y Zona de Amortiguamiento A4 (Senda Ecológica), con 11 y nueve especies, respectivamente.

Durante el muestreo, el mayor número de capturas ocurrió en la parcela Poniente 1 y sin registro de variación temporal; mientras las capturas en el Espacio Escultórico se vieron afectadas por el periodo de incendios. En *P. gratus* y *P. maniculatus* el promedio de captura por ejemplar fue bajo en las cuatro parcelas y su sobrevivencia a lo largo del muestreo se limitó en su mayor parte a una o dos capturas por individuo, indicando que los individuos tienen un periodo de permanencia muy corto dentro de las parcelas.

De los mamíferos pequeños, *Peromyscus gratus* fue la especie con mayor densidad poblacional durante todo el muestreo, mientras las especies dependientes de los pastizales como *R. fulvescens*, *S. saussurei* y *B. taylori* presentaron densidades bajas, y por lo tanto vulnerables dentro de la Reserva del Pedregal.

Las abundancias relativas de los mamíferos medianos no sobrepasan los 10 individuos, siendo *Bassariscus astutus* el mamífero mediano con menos individuos registrados en todo el año de muestreo (dos individuos).

Las tendencias poblacionales (MNIV) de *P. gratus* y *P. maniculatus* presentan patrones de densidad opuestos. *P. gratus* tiende a un aumento poblacional en los últimos meses de lluvias y posteriores a las lluvias, mientras *P. maniculatus* lo hace antes y durante las lluvias en la mayoría de las parcelas.

La única especie que presentó diferencias significativas en las proporción sexual con respecto a la relación 1:1 fue *B. taylori*, siendo mayor el número de hembras que de machos.

El patrón general del comportamiento reproductivo de *Peromyscus gratus* mostró actividad reproductiva continua, con picos entre agosto y diciembre y un periodo de máximo reclutamiento de juveniles que va desde octubre a diciembre, cuando la disponibilidad de alimento es elevada.

Peromyscus maniculatus mostró actividad reproductiva todo el año de muestreo, con tendencia en las hembras a un patrón bimodal, presentando picos tanto en los meses secos como en los lluviosos, pero con máximo de reclutamiento de juveniles en el mes de febrero.

El modelo de Cormack-Jolly-Seber mostró que tanto la probabilidad de captura como la sobrevivencia en *P. gratus* son constantes y no se ven afectadas por las estaciones, por temporadas de lluvias o secas, o por incendios.

Las probabilidades de captura y sobrevivencia para *P. gratus* dentro de la Reserva parecen responder a un gradiente de calidad de hábitat. Mientras la parcela con el mayor grado de perturbación (Espacio Escultórico) presenta los valores más bajos, la parcela mejor preservada (Poniente 1) muestra los más elevados.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE LA DIETA DE PERROS, GATOS Y CARNÍVOROS SILVESTRES EN LA RESERVA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL

2.1 INTRODUCCIÓN

La introducción de fauna exótica, ya sea de forma intencional o no, en la mayoría de los casos tiene un efecto negativo sobre la flora y fauna residente, ya que depredan, compiten, transmiten enfermedades o bien modifican el ambiente, disminuyendo las poblaciones nativas, y llevándolas en algunos casos a la extinción (Atkinson, 1989). Por esto, los perros y gatos domésticos son considerados agentes altamente peligrosos para la fauna silvestre de cualquier lugar, y en especial en sistemas cerrados como las islas o fragmentos de vegetación. De acuerdo con Dickman (1996), los impactos de los gatos ferales a nivel de poblaciones o comunidades han sido poco estudiados, pero datos bibliográficos indican que la depredación directa y la transmisión de enfermedades son las interacciones más importantes. De igual forma, estudios sobre el impacto de los perros en la fauna nativa son reducidos.

La dieta de los gatos incluye principalmente mamíferos pequeños y medianos, además de aves, lagartijas e invertebrados (Taylor, 1979; Dickman, 1996; Atkinson, 2001; Dowding y Murphy, 2001; Gillies, 2001; entre otros), lo que los convierte en uno de los depredadores más peligrosos para la fauna silvestre. En cuanto al efecto sobre los mamíferos, los roedores son el grupo más vulnerable a la depredación de los gatos (Nogales *et al.*, 2004). Ejemplo de ello se presenta con las especies de *Neotoma* en las islas del noroeste de México, las cuales muestran una alta tasa de extinción a causa del incremento de gatos (Álvarez-Castañeda, 1997). Asimismo, especies del género *Peromyscus* han sido extintas o están en grave riesgo de extinción a causa de la introducción de gatos domésticos en la Isla Ángel de la Guarda, en el Golfo de California,

(Mellink *et al.*, 2002). Las aves también son presas importantes para los gatos ferales (Fitzgerald *et al.*, 1991). Con respecto a esto último, Taylor (1979) reportó la extinción o casi extinción de loros a causa del incremento en el número de gatos en la Isla Macquarie, en Nueva Zelanda. En este mismo país las aves playeras también han sufrido declives a causa de la depredación de los gatos (Dowding y Murphy, 2001). Las aves marinas en las islas subantárticas también son blanco fácil para estos félidos (Portier *et al.*, 2002).

De los perros es poco lo que se conoce, ya que son escasos los estudios sobre el efecto de éstos en los ecosistemas, además porque en varios programas de control de especies invasoras son utilizados para controlar poblaciones de gatos (Nogales *et al.*, 2004). Sin embargo, en un estudio reciente, Butler *et al.* (2004) evaluaron las interacciones de los perros ferales con otros carnívoros silvestres en la zona rural de Zimbabwe, y encontraron que éstos cazan a otros carnívoros de forma oportunista. Por otro lado, al igual que los gatos, los perros tienen un impacto negativo sobre los reptiles, como lo reportan Kruuk y Snell (1981) en poblaciones de la iguana *Amblyrynchus cristatus*, en las islas Galápagos.

En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (en adelante referida como Reserva o Reserva del Pedregal), información sobre los hábitos alimentarios de perros, gatos y mamíferos silvestres no voladores es carente; sólo hay dos estudios recientes en los que se evalúa la dieta de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y del cacomixtle (*Bassariscus astutus*), encontrando que ambas especies se alimentan principalmente de artrópodos, mamíferos y diversas especies de plantas. La presencia de papel y plástico fue frecuente en las heces, lo que indica que también buscan alimento en la basura que deja la gente (Castellanos, 2006; García, 2007); el cacomixtle además incluye aves en su dieta (Castellanos, 2006). En este capítulo, el objetivo principal fue determinar la dieta de perros, gatos y carnívoros silvestres por medio del análisis de heces, para evaluar si perros y gatos son depredadores de la fauna silvestre en la Reserva del Pedregal y si se encuentran indicios de competencia por las fuentes de alimento con los carnívoros silvestres, particularmente la zorra gris (*U. cinereoargenteus*) y el cacomixtle (*B. astutus*).

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Colecta y procesamiento de excretas. – Se colectaron heces de mamíferos silvestres medianos (zorra gris y cacomixtle), perros y gatos durante muestreos realizados dentro y alrededor de la Zona Núcleo Poniente, Zona de Amortiguamiento A4 y en la Zona Núcleo Oriente de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, entre los meses de febrero de 2006 y enero de 2007, coincidiendo con las fechas de muestreo de mamíferos pequeños (ver Figura 1.1).

Cada excreta fue examinada como una muestra independiente a la cual se le realizó un procedimiento de lavado, tamizado y secado para poder identificar cada ítem alimentario y así separar restos vegetales, fragmentos de artrópodos, escamas, fragmentos óseos, dientes, pelos y material no alimenticio, como restos de papel y plástico. Los dientes fueron comparados con imágenes de la literatura (Mammalian Species Systematic List; Harris, 1984) mientras que los pelos encontrados en heces fueron preparados en un medio de montaje rápido para microscopía (Entellan ®) para su posterior identificación, teniendo como referencia el catálogo de pelos de mamíferos del estado de Oaxaca (Baca y Sánchez-Cordero, 2004). Por la dificultad para discriminar las heces entre los mamíferos silvestres se decidió agrupar todas en la categoría de “Carnívoros Silvestres” y así llevar a cabo las respectivas comparaciones con las heces de perros y gatos.

Posterior a la identificación, se estimaron proporciones de ocurrencia (*PO*) y frecuencias relativas (*FR*) de cada ítem alimentario. Las *PO* fueron calculadas teniendo en cuenta la frecuencia de ocurrencia del ítem dentro de todas las heces del grupo, mientras que las *FR* se calcularon con base en la sumatoria de todas las frecuencias de los ítems presentes en cada grupo, como sigue:

$$PO = (f_i/n) \times 100$$

$$FR = (f_i/\sum f_i) \times 100$$

donde f_i corresponde a la frecuencia absoluta del ítem i y n al número de heces.

2.2.2 Análisis estadísticos. – Los análisis fecales, además de evidenciar depredación de fauna silvestre por perros y gatos, permitieron examinar la similitud alimentaria entre estos dos grupos y los mamíferos silvestres. Para determinar las diferencias en la composición

entre la dieta de estos tres grupos de depredadores, se realizó una matriz de similitud usando el índice Bray Curtis, el cual se basó en la frecuencia de aparición de cada ítem alimentario detectado en la dieta de cada grupo de depredador en cada parcela de estudio (Bilney *et al.*, 2006). Posteriormente, para representar gráficamente esta matriz de similitud se utilizó un análisis de escalamiento multidimensional (MDS) que es un método multivariado (Kruskal y Wish, 1978; Cox y Cox, 2001; Linares, 2001), que inicia con una matriz triangular de distancias y ordena rangos de similitud en múltiples factores de arreglo o dimensiones, que resultan disminuidas al reafinar las posiciones relativas de las muestras y así presentar gráficamente las posiciones cercanas al orden de rangos presentes en la matriz inicial en un plano bidimensional. Para evaluar este arreglo se presenta un coeficiente de stress, el cual muestra qué tan acertada es la posición entre los objetos respecto a la similitud presentada en la matriz inicial. Este coeficiente de stress tiende a cero cuando el orden de los rangos de similitudes alcanza un arreglo perfecto, y se consideran aceptables los arreglos con valores de stress inferiores a 0.2 (Clarke, 1993).

Como los análisis anteriores son de tipo exploratorio, fue necesario determinar la existencia de diferencias estadísticas en la composición de las presas capturadas por cada depredador en cada parcela, por lo cual se llevó a cabo un análisis de similitudes (ANOSIM) usando los valores del estadístico R en comparaciones pareadas para determinar el nivel de disimilitud entre los grupos formados (Clarke, 1993). Los valores de R se encuentran en un intervalo de -1 a 1. El ANOSIM es una prueba de permutaciones no paramétrica que puede ser vista como un análisis multivariado análogo a una ANOVA de una vía (Clarke, 1993). Finalmente se utilizó el análisis de similitud de porcentajes (SIMPER) para determinar qué ítems alimentarios son los más importantes en cada grupo (Clarke, 1993). Los procedimientos ANOSIM y SIMPER fueron realizados usando el software PRIMER v. 5.1. El MDS fue realizado con el software PAST (Hammer *et al.*, 2001).

2.3 RESULTADOS

De las 97 excretas colectadas, 23 muestras que correspondían a excrementos de perros, fueron desechadas por poseer restos que indicaban que habían sido alimentados por los vecinos de la Reserva (huesos de pollo, fragmentos de jaibas, restos de ajonjolí, etc.) y que a su vez no poseían ningún otro ítem que los relacionara con la fauna de la Reserva. De las 74 muestras restantes, 21 pertenecían a perros, 51 a mamíferos silvestres y dos a gatos. Adicionalmente, se analizaron dos estómagos de gatos, los cuales fueron facilitados por la Colección Nacional de Mamíferos y que correspondía a individuos encontrados muertos dentro de la Reserva.

2.3.1 Composición de la dieta. – En los análisis de dieta del conjunto de especies (carnívoros silvestres, perros y gatos) se pudieron identificar un total de 12 ítems alimentarios, de los cuales seis fueron mamíferos: *Peromyscus gratus*, *P. maniculatus*, *Mus musculus*, *Sylvilagus floridanus*, *Reithrodontomys fulvescens* (identificadas por pelo; Anexo 1) y *Neotoma mexicana* (identificada por molares; Anexo 2), una especie de lagartija identificada por escamas (*Sceloporus torquatus*) y los demás ítems correspondieron a artrópodos y restos de plantas (Cuadro 2.1).

Los carnívoros silvestres presentan la dieta más amplia con nueve ítems alimentarios, y las presas más frecuentes en sus heces correspondieron a material vegetal y artrópodos. Para los gatos se registraron siete ítems y los mamíferos en conjunto representan el ítem alimentario más importante, destacándose la especie *Reithrodontomys fulvescens* como la presa más consumida. Por último, los perros consumieron seis ítems alimentarios distintos, siendo los más frecuentes el material vegetal, material no alimenticio (plástico, papel) y restos de pollo (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Frecuencia de ocurrencia de los ítems alimentarios registrados en carnívoros silvestres (zorras y cacomixtles) ($n = 51$), gatos ($n = 4$) y perros ($n = 21$) en las cuatro parcelas muestreadas en la Reserva Ecológica “El Pedregal de San Ángel”. PO (Porcentaje de ocurrencia) = $(fi/n) \times 100$; FR (frecuencia relativa) = $(fi/\sum fi) \times 100$. El tamaño de muestra (n) de los gatos corresponde a dos heces y dos estómagos.

	CARNÍVOROS SILVESTRES				GATOS				PERROS			
	No.		Frecuencia		No.		Frecuencia		No.		Frecuencia	
	Parcelas	fi	PO	FR	Parcelas	fi	PO	FR	Parcelas	fi	PO	FR
MATERIAL VEGETAL	4	48	94.1	49.0	2	3	75	18.8	3	20	95.2	39.2
ARTRÓPODOS	4	30	58.8	30.6	2	3	75	18.8				
MAMÍFEROS												
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	2	2	3.9	2.0	1	4	100	25.0				
<i>Peromyscus gratus</i>	2	4	7.8	4.1	1	1	25	6.3	1	4	19.0	7.8
<i>Peromyscus maniculatus</i>	1	2	3.9	2.0								
<i>Neotoma mexicana</i>	1	2	3.9	2.0								
<i>Sylvilagus floridanus</i>					1	1	25	6.3	1	5	23.8	9.8
<i>Mus musculus</i>									1	1	4.8	1.9
AVES	1	2	3.9	2.0								
LAGARTIJAS												
<i>Sceloporus torquatus</i>	1	3	5.9	3.1	2	3	75	18.8				
Restos de pollo									3	9	42.9	17.6
Material no alimenticio	1	5	9.8	5.1	1	1	25	6.3	3	12	57.1	23.5

En la figura 2.1 se observa que la depredación directa es un impacto negativo de la presencia de perros y gatos sobre la fauna de la Reserva, y particularmente sobre los mamíferos. Para el espectro alimentario de los gatos, el 56% está compuesto de fauna nativa, mientras que para los silvestres no alcanza el 50%. Si bien es cierto que los perros también depredan, es importante resaltar la dependencia de éstos hacia alimentos suministrados por el hombre.

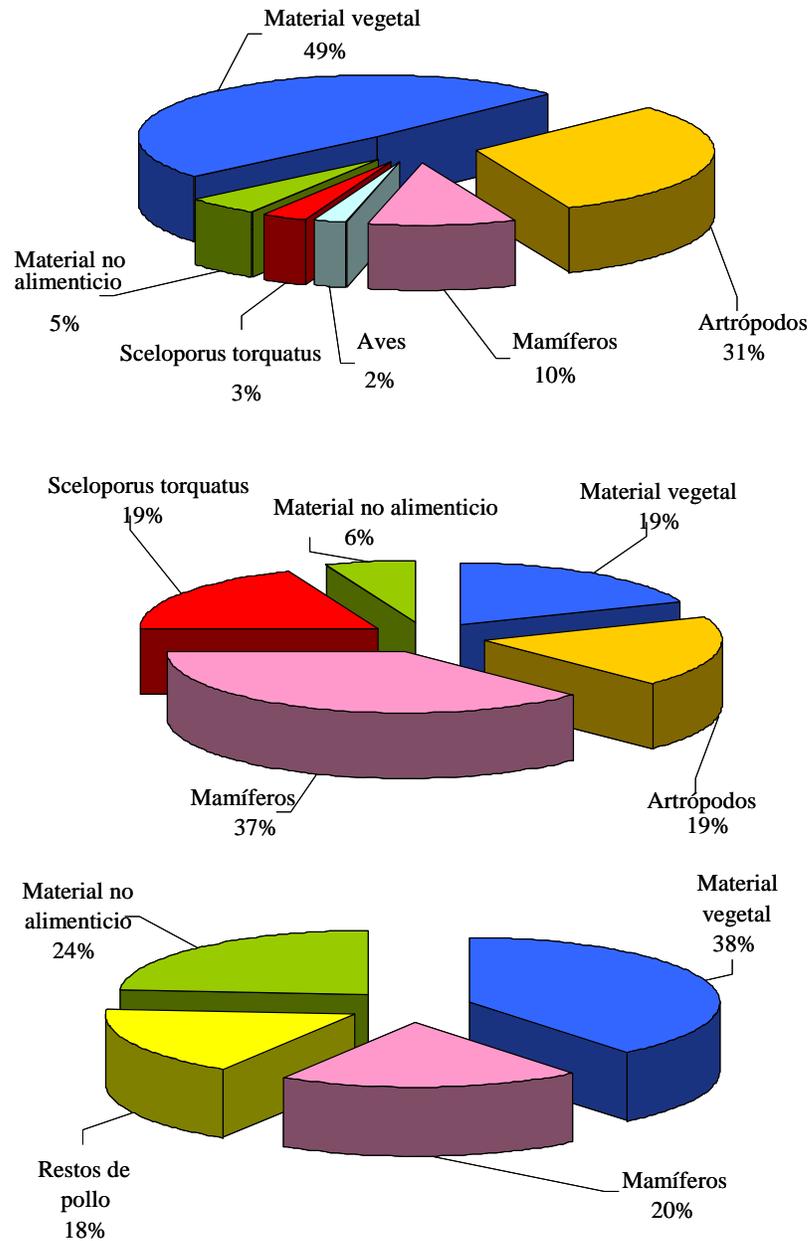


Figura 2.1. Proporción alimentaria de carnívoros silvestres (superior) gatos (centro) y perros (inferior) de la Reserva del Pedregal. Frecuencia relativa.

2.3.2 Traslape de la dieta. – Al explorar diferencias de la dieta de los tres grupos de depredadores entre las parcelas no se encontraron diferencias significativas (ANOSIM: *R*

= -0.192, $P = 0.84$, Figura 2.2). Por otro lado, el ordenamiento del escalamiento multidimensional presenta dos grupos claramente disgregados en el eje y (dimensión 2, Figura 2.2), y que a su vez son diferentes en cuanto a las presas que consumen (ANOSIM: R global = 0.654, $P < 0.013$), siendo diferentes los hábitos alimentarios de perros y carnívoros silvestres (ANOSIM $P = 0.029$), y no así entre gatos y carnívoros (ANOSIM $P > 0.3$) o entre perros y gatos silvestres (ANOSIM $P = 0.1$). Las diferencias entre los dos grupos se presentan por la presencia o ausencia y diferencias en las abundancias de tres ítems alimentarios: artrópodos, restos de pollo y restos de papel y plástico (SIMPER, Cuadro 2.2).

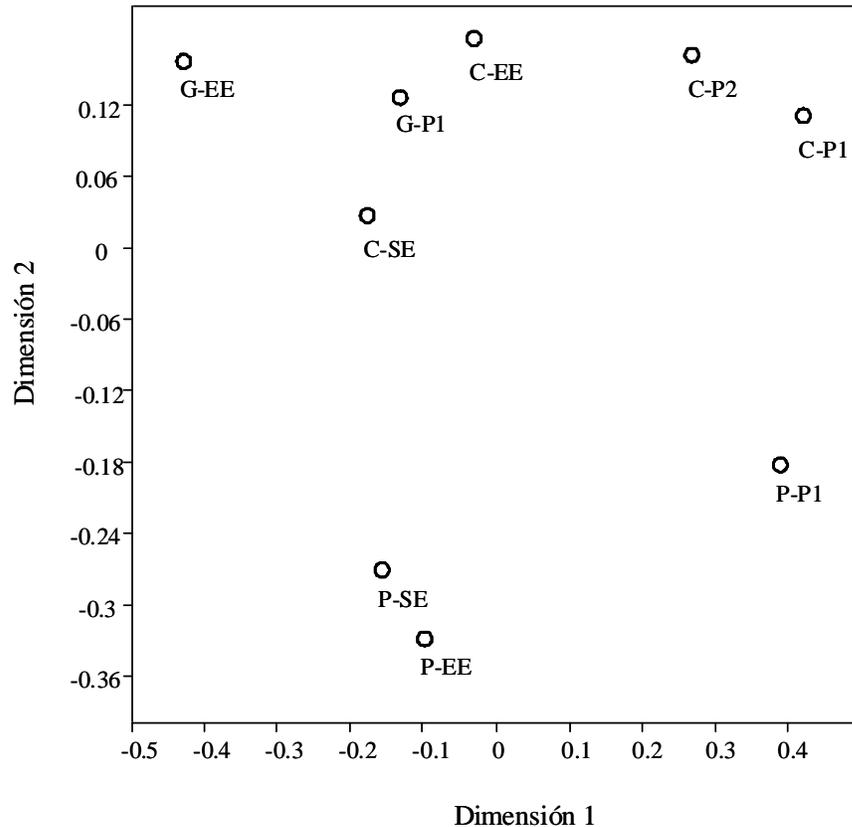


Figura 2.2. Ordenamiento en dos planos del escalamiento multidimensional (MDS), aplicado a la matriz de similitud alimentaria entre perros (P), gatos (G) y carnívoros silvestres (C) en la Reserva del Pedregal. EE = Espacio Escultórico, SE = Senda Ecológica, P1 = Zona Núcleo Poniente 1, P2 = Zona Núcleo Poniente 2. Stress = 0.13.

Cuadro 2.2. Abundancia promedio y porcentaje de contribución en la disimilitud de los ítems alimenticios incluidos entre la dieta de carnívoros y perros y carnívoros y gatos en la Reserva del Pedregal. Sólo es significativa la disimilitud presentada entre los perros y los carnívoros silvestres.

	Perros vs. Carnívoros			Gatos vs. Carnívoros		
	Disimilitud promedio = 58.74%			Disimilitud promedio = 50.96%		
	Abundancias promedio		% Contribución	Abundancias promedio		% Contribución
	Perros	Camívoros		Gatos	Camívoros	
Artrópodos	0	7.5	30.35	1.5	7.5	14.75
Material no alimenticio	4	1.25	24.79	0.5	1.25	4.16
Restos de pollo	3	0	19.5			
Material vegetal	6.67	12	10.79	1.5	12	29.24
<i>Sylvilagus floridanus</i>	1.67	0	3.64			
<i>Peromyscus gratus</i>	1	1	3.59	0.5	1	4.5
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>				2	0.5	21.13
<i>Sceloporus torquatus</i>				1.5	0.75	19.17

2.4 DISCUSIÓN

2.4.1 Composición de la dieta. – Los análisis de heces son importantes porque contribuyen con la información sobre las relaciones depredador – presa y del estado o disponibilidad de una presa en particular. En el presente estudio, los resultados mostraron que los carnívoros silvestres presentan el mayor número de ítems alimentarios registrados (nueve de 12), de los cuales los frutos son un ítem importante en su dieta (94% de la frecuencia de ocurrencia), seguido por los artrópodos (58.8% de ocurrencia). Estos valores de importancia en los ítems alimenticios son similares a los presentados por Guerrero *et al.* (2002) para la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en Tenacatita, Jalisco, México, quienes reportan a los vegetales como el ítem más importante, seguido por los insectos y mamíferos (38.16, 26.97 y 24.34 %, respectivamente). Castellanos (2006) también reporta para el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) dentro de la Reserva, a las plantas con el mayor porcentaje de ocurrencia en la dieta de este carnívoro (61.54%), seguido por los artrópodos (34.62%). En un estudio más reciente, también realizado en la Reserva, García (2007) presenta información correspondiente a los hábitos alimentarios de la zorra gris, y encuentra que los artrópodos (44.7% de ocurrencia) y los mamíferos (31.6% de ocurrencia) son los ítems alimenticios más importantes en la dieta de este carnívoro. Aunque se presentan ítems alimentarios de origen antropogénico como papel y plástico

dentro de la dieta de estos carnívoros (Castellanos, 2006; García, 2007 y el presente estudio), la preferencia está dada hacia recursos nativos con mayor disponibilidad; destacando el hecho de que incluyen en su dieta las dos especies de roedores más abundantes, *P. gratus* y *P. maniculatus*, y la única rata común en la Reserva, *N. mexicana* (Capítulo I).

En cuanto a los gatos en la Reserva, éstos también presentaron una amplia gama de ítems alimentarios (siete de 12), entre los que se incluyen alimentos de origen antropogénico. Sus presas preferidas corresponden a mamíferos, los cuales se presentaron en más del 37% de la dieta. No obstante, las lagartijas y los artrópodos también son ítems alimenticios importantes. De igual forma, en Kerguelen, una isla francesa ubicada en el Océano Índico, Pontier *et al.* (2002) registraron 15 ítems alimenticios, en los que sobresalen los mamíferos y aves, como alimentos preferidos. En un estudio al sureste de Brasil, Campos *et al.* (2007) encontraron que los gatos prefirieron a los invertebrados por encima de los mamíferos, contrario a los datos presentados en este estudio. Asimismo, Molsher (1999) analizando heces de gatos en un bosque de Nueva Gales del Sur en Australia, encuentra que los conejos son la presa más común en la dieta de los gatos, y contrario a lo que se presenta en este estudio, los invertebrados, los reptiles y la vegetación son poco importantes. Independientemente de la preferencia alimenticia de los gatos, lo cierto es que los resultados reportados en este y otros trabajos (Fitzgerald, *et al.*, 1991; Miller y Pierce, 1995; Coleman *et al.*, 1997; May y Norton, 1996; Pontier *et al.*, 2002, Woods *et al.*, 2003; entre otros) confirman que los gatos son uno de los animales que se resisten a la domesticación (Fitzwater, 1994) y que causan un gran impacto sobre la fauna nativa porque incluyen en su dieta la mayoría de presas disponibles (Pearre y Maass, 1998), particularmente en las zonas cercanas o en la periferia de las zonas urbanas (Baker *et al.*, 2003; Baker *et al.*, 2005; Campos *et al.*, 2007). Cabe señalar que el ítem más importante dentro de la dieta de los gatos corresponde a individuos de *R. fulvescens*, una de las dos especies de roedores más vulnerables dentro de la Reserva por sus bajas densidades poblacionales (Capítulo I), lo cual sugiere que de no extraer a los gatos, esta especie puede no recuperarse y desaparecer de la Reserva.

Por otro lado, aunque los perros pueden ser depredadores eficientes cazando animales pequeños como roedores y conejos (Mitchell y Banks, 2005), o bien,

consumiendo frutos; algunos perros prefieren buscar su alimento en las descargas de basura (Green y Gipson, 1994). En la Reserva los perros incluyen conejos, roedores y material vegetal en su dieta, y ninguna evidencia sobre depredación de lagartijas o artrópodos; y su preferencia es hacia alimentos de origen antropogénico; lo cual coincide con otro estudio al sureste de Brasil, en el cual se ha encontrado que los perros son buscadores activos en los depósitos de basura (Campos *et al.*, 2007). Sin embargo, hay otros estudios en los que los perros son depredadores activos de fauna silvestre, particularmente de invertebrados, mamíferos, reptiles y aves (Miller y Pierce, 1995; May y Norton, 1996; Atkinson y Atkinson, 2000; Dahmer, 2001; Butler *et al.*, 2004; Álvarez-Romero y Medellín, 2005; Campos *et al.*, 2007). Pese a esta información, hay autores como May y Norton (1996) que consideran mínimo el impacto de los perros sobre la biodiversidad comparado con el impacto de los gatos o las zorras rojas, cuando éstas últimas son introducidas. De acuerdo con Suzán y Ceballos (2005), el impacto de los perros dentro de la Reserva radica en su papel como agentes zoonóticos, y no en la depredación directa sobre la biota tal como se reporta en este estudio. Por lo tanto, los perros son un problema latente de salud pública, por lo que se teme que de forma repentina se presenten ataques a miembros de la comunidad universitaria de no tomar las medidas necesarias para excluir a los perros de la Reserva.

Es importante resaltar la evidencia de ratones domésticos (*Mus musculus*) en heces de perros provenientes de la zona núcleo poniente de la Reserva; lo cual demuestra que son necesarios estudios adicionales con otras metodologías para determinar presencia o ausencia de mamíferos domésticos dentro de la Reserva. Sin embargo, dado que los perros, y en particular los ferales, tienen ámbitos hogareños amplios (ente 25 y 2500 ha, Álvarez-Romero y Medellín, 2005), esa muestra que contenía pelos de ratón doméstico pudo provenir de un lugar diferente a la zona núcleo poniente; no obstante, hay que contemplar que los perros registrados son residentes de la Reserva y que el ámbito hogareño de estos cánidos está influenciado por la disponibilidad de alimento (Green y Gipson, 1994), y en la Reserva al parecer no hay escasez de alimento, ya que este es obtenido de los depósitos de basura o suministrado por los vecinos de la Reserva.

2.4.2 Traslape de la dieta. – Los análisis de la composición de la dieta muestran que en los tres grupos de depredadores hay preferencia de presas; sin embargo, al evaluar si estas preferencias fueron o no significativas se encontró que sólo los hábitos alimentarios de los carnívoros silvestres son comunes a los de los gatos, no siendo así con los hábitos alimentarios de los perros. De acuerdo con Mitchell y Banks (2005), estas diferencias entre hábitos alimentarios de perros y carnívoros silvestres pueden estar reflejando diferencias en las habilidades de caza y circunstancias locales, como la provisión de alimento por los humanos, más que al resultado de procesos de competencia.

Por otro lado, aunque los gatos y los carnívoros silvestres comparten ciertos ítems alimenticios (Cuadro 2.2), el promedio de las abundancias dentro de cada grupo si es completamente disímil. No obstante, no hay que desconocer que este traslape alimentario puede acelerar la reducción de presas terrestres disponibles e importantes dentro de la dieta de los carnívoros silvestres. En la Reserva, el alto grado de fragmentación la hace vulnerable ante cualquier agente no nativo, y tal como lo afirman May y Norton (1996), unos cuantos gatos pueden ocasionar descensos drásticos en los tamaños poblacionales de las especies residentes. Al trasladar este escenario a la Reserva, el impacto de los gatos se puede ver traducido en pérdida local de especies presa; y como consecuencia los carnívoros nativos se van a ver obligados a invertir más energía y tiempo en la búsqueda de alimento que a la reproducción, generando disminución en sus tasas de reclutamiento, y por lo tanto los gatos pueden ser vistos como competidores potenciales para los carnívoros silvestres.

2.5 CONCLUSIONES

Dentro de la Reserva del Pedregal, tanto gatos como perros incluyen en su dieta una amplia variedad de ítems alimenticios, los cuales comparten en su mayoría con los carnívoros silvestres.

Aunque las preferencias alimenticias de los perros están dirigidas hacia alimentos de origen antropogénico, éstos también son depredadores de otros mamíferos: *Mus musculus*, *Sylvilagus floridanus* y *Peromyscus gratus*, siendo ésta última la especie con mayor representatividad numérica en la Reserva.

Los carnívoros silvestres toman los recursos energéticos encontrados en la Reserva. Su dieta incluye a los mamíferos más abundantes, aves, lagartijas, artrópodos y frutos.

El principal componente alimenticio de los gatos es fauna nativa; siendo *Reithrodontomys fulvescens* la especie con mayor porcentaje de ocurrencia en su dieta y que a su vez presenta una alta vulnerabilidad dentro de la Reserva, con densidades poblacionales que no superan los 9 individuos por hectárea.

Los hábitos alimentarios de los carnívoros silvestres no presentan diferencias significativas con los hábitos alimenticios de los gatos, sin embargo las abundancias promedio de los ítems difieren entre los grupos.

DISCUSIÓN GENERAL

Es evidente que la alta riqueza y representatividad de las especies de la Reserva la convierten en una zona de gran importancia para la conservación de la biodiversidad del Valle de México (Soberón *et al.*, 1991). No obstante, el aislamiento y la degradación de la Reserva son un problema creciente, sumándose a ello una gran cantidad de disturbios derivados de las actividades humanas que amenazan la integridad de toda la biota ahí existente.

Particularmente, la presencia de especies exóticas es un problema ampliamente conocido a nivel de áreas naturales, sobre todo cuando se habla de especies ferales y el impacto sobre las poblaciones nativas (Atkinson, 1989). En este aspecto, los perros y los gatos son fuertes candidatos para ser considerados agentes causantes de alto impacto en las poblaciones silvestres, principalmente en aquellas como islas o en zonas continentales que por su grado de fragmentación se comportan como tal. La Reserva Ecológica “El Pedregal de San Ángel” puede ser considerada una isla en este sentido, y por lo tanto altamente susceptible al efecto de los carnívoros ferales. Aunque la información bibliográfica existente es muy valiosa, todavía se adolece de estudios detallados que muestren el impacto de perros y gatos a nivel de poblaciones o comunidades (Dickman, 1996). Sin embargo, el panorama general muestra que estas especies pueden depredar poblaciones enteras de mamíferos, lagartijas, aves e invertebrados (Taylor, 1979; Kruuk y Snell, 1981; Fitzgerald *et al.*, 1991; Dickman, 1996; Atkinson, 2001; Dowding y Murphy, 2001; Gillies, 2001; Mellink *et al.*, 2002; Portier *et al.*, 2002; Butler *et al.*, 2004; Nogales *et al.*, 2004; Mitchell y Banks, 2005). En la Reserva, tanto gatos como perros son depredadores de fauna nativa, además de interferir en las redes tróficas que ahí se presentan; pues los análisis de las heces muestran que, ítems alimenticios importantes en la dieta de los carnívoros silvestres también se encuentran en la dieta de perros y gatos con un alto grado de frecuencia.

Los mamíferos, particularmente los roedores, por ser uno de los grupos más vulnerables a la presencia de especies ferales, y especialmente a la presencia de gatos (Nogales *et al.*, 2004), son un buen indicador del impacto que pueden estar generando este

tipo de especies en los sistemas naturales. En la Reserva, un tamaño de muestra pequeño ($n = 4$) fue suficiente para evidenciar que la dieta de los gatos cubre un amplio espectro de la biota del lugar, y que afecta a lagartijas (*S. torquatus*) y roedores (*R. fulvescens*, principalmente), siendo este último grupo el más afectado. Este aspecto es de gran relevancia, pues está comprobado que pocos gatos pueden hacer estragos con las poblaciones residentes (May y Norton, 1996) y que son carnívoros generalistas que tienen una habilidad inusual para utilizar un amplio espectro de tipos y tamaños de presas (Pearre y Maass, 1998). Pese a ello, por desconocimiento, las personas propician condiciones atractivas para que tanto perros como gatos se refugien en la Reserva cuando les proveen alimento o bien cuando arrojan desechos orgánicos dentro de la Reserva. Esto además subsidia a los animales ferales, manteniéndolos en mejores condiciones físicas para cazar a la fauna silvestre.

Además del efecto causado por la depredación directa, preocupa el hecho de que los perros posiblemente son vistos como una amenaza potencial por los carnívoros silvestres, pues en los sitios en los que se ubicaron las trampas-cámara (capítulo I) nunca se fotografiaron zorras y/o cacomixtles y perros en el mismo periodo de muestreo, lo cual indica que estos carnívoros silvestres evitan visitar los lugares ocupados por los perros. Esta observación también fue hecha por Mitchell y Banks (2005), quienes evaluando interacciones entre perros y zorra roja en un estudio al oriente de Australia, concluyen que a escala fina se presenta competencia por interferencia, en la que las zorras evitan los lugares en los que se encuentran los perros.

Por otro lado, aunque la evidencia muestra que hay impacto negativo de los perros y gatos sobre la fauna de la Reserva, asalta la duda respecto a si estas especies son ferales o no, pues de alguna forma hay dependencia de alimentos de origen antrópico. Green y Gipson (1994) plantean que los perros ferales sobreviven independientemente de la intervención o ayuda humana, o bien pueden utilizar la basura humana para alimento o subsistir por caza directa igual que los cánidos silvestres; y además presentan un comportamiento agresivo ante las personas. Por lo tanto, teniendo en cuenta los análisis de dieta y por el comportamiento observado en las parcelas estudiadas en la Reserva, se les puede clasificar como perros ferales. Con los gatos no hay controversia, ya que se les considera ferales a todos los gatos caseros que viven en áreas silvestres y pueden o no

regresar esporádicamente a sus casas (Fitzwater, 1994) y que ejercen un impacto altamente negativo sobre la biota nativa (Campos *et al.*, 2007).

Asimismo, también preocupa la presencia de caminantes acompañados por perros, pues se supone que tres cacomixtles encontrados muertos en áreas cercanas a los caminos de la Reserva fueron muertos por ataques de perros domésticos. Esta suposición está basada en el hecho de que los perros domésticos cuando atacan rara vez consumen a su presa pues su supervivencia no depende de la caza directa como sí lo es para los perros ferales (Green y Gipson, 1994), y en muchas ocasiones los perros que llevan los caminantes no tienen sus respectivos collar y lazo.

Este es el primer estudio que incluye un análisis sobre la dieta de perros y gatos ferales en la Reserva del Pedregal y el estado demográfico de algunas de sus presas, y dados estos antecedentes se hace necesario hacer algunas recomendaciones para que se planteen estrategias de manejo que minimicen la presión que ejercen los perros y gatos sobre la biota de la Reserva. No obstante, no hay que obviar el hecho de que muchas de estas propuestas ya se están implementando dentro de la Reserva, pero que se hacen de forma independiente, y que conviene que todas las acciones que se realicen para fortalecer y conservar la Reserva se hagan de manera conjunta y coordinada, pues resulta más enriquecedor el trabajo cuando es interdisciplinario para plantear un plan de manejo completo y viable.

De acuerdo con Sherley *et al.* (2000), un programa de erradicación debe tener claros los objetivos. En este caso, por tratarse de un área natural bordeada por una gran urbe, los objetivos pueden estar dirigidos hacia la prevención del ingreso de nuevas especies invasoras, a reducir el impacto de las especies existentes, a aumentar la conciencia de los visitantes y en elaborar estrategias de manejo que reduzcan la amenaza y aumenten el grado de conservación de la Reserva. A continuación se presentan algunas indicaciones estratégicas ligadas a estos objetivos, que de ser aplicadas como acciones de manejo pueden ayudar a reducir el impacto de mamíferos introducidos sobre la fauna nativa, y si se contextualizan dentro de un marco interdisciplinario pueden favorecer enormemente a la Reserva:

1. ***Fase de información/difusión.*** Esta etapa es de gran importancia, porque es cuando la comunidad acepta el programa de erradicación como tal y no actúa en oposición al

proyecto y muy probablemente participe en su desarrollo. Para lograrlo se requiere de actividades informativas de educación ambiental enfocadas a destacar la importancia de seguir disfrutando de los servicios ecosistémicos, y del peligro latente para la población por las enfermedades transmitidas por perros y gatos, y que de no ejercer un control se puede convertir en un problema de salud pública. Del grado de aceptación y el sentido de pertenencia que tengan las personas depende el éxito del programa. Campos *et al.* (2007) consideran que es pertinente dedicar un periodo prudencial para el programa de erradicación de perros y gatos que permita preparar a las personas locales para las acciones de manejo, evitando respuestas emocionales individuales o grupales basadas en la carencia de conocimiento.

2. **Fase de diagnóstico.** Dada la ausencia de roedores domésticos en el muestreo de mamíferos pequeños, y del registro de *M. musculus* en heces de perros, se consideran necesarios muestreos adicionales enfocados en la captura de roedores exóticos, para identificar los sitios en donde se encuentran dentro de la Reserva.
3. **Fase de control y reubicación.** De acuerdo con Atkinson (2001), un proyecto de restauración ecológica que involucre mamíferos introducidos no es posible sin un control o erradicación de los mismos. Para esta fase debe haber una planeación adecuada, que incluya una metodología de erradicación clara y específica. Como son más de dos las especies “problema”, es pertinente decidir el orden en que se van a erradicar; ya que la exclusión de una especie puede favorecer el incremento poblacional de la otra, y a su vez afectar negativamente la dinámica poblacional de los roedores nativos y traer consecuencias más graves para toda la Reserva. En este caso se considera que es más conveniente comenzar la erradicación de los gatos, ya que los resultados muestran que son más nocivos para la fauna silvestre y la exclusión de los perros podría favorecer a los gatos. Además, es necesario contactar organizaciones tanto gubernamentales como no gubernamentales para colaboren con el financiamiento del proyecto y que a su vez se encarguen del destino final de los individuos excluidos de la Reserva para evitar brotes de inconformidad en la población. Dado el caso, que ninguna institución se quiera hacer cargo de los perros y gatos, porque no hay garantía de que puedan ser adoptados por ser animales ferales

que no han estado en compañía de humanos o el contacto ha sido mínimo, conviene considerar métodos humanos de eutanasia en el lugar de captura.

4. ***Fase de monitoreo.*** La implementación de un monitoreo post-erradicación es de suma importancia para evaluar la efectividad del plan de erradicación, además de que puede ayudar a evitar futuras introducciones.
5. ***Fase de prevención.*** Es una continuidad de la fase de difusión y por lo mismo son importantes las campañas publicitarias continuas, las cuales pueden asegurar a largo plazo la eficacia del plan de erradicación, porque se educa a las personas para que valoren la fauna silvestre por encima de los perros y gatos en el contexto de la reserva. De igual forma, se hace necesario plantear normas con lineamientos claros y coherentes con el entorno de la Reserva, las cuales prohíban a los caminantes ingresar a los senderos con perros, así como el manejo de desechos alimenticios para evitar que atraigan otros individuos a la Reserva.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, F. J., J. CARABIAS, J. MEABE, P. MORENO, D. NAVA, F. RODRÍGUEZ, C. TOVAR Y A. VALIENTE-VANUET. 1994. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Ángel. Pp. 343-369. *En* A. Rojo (compilador), Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ÁLVAREZ-CASTAÑEDA, S. T. 1997. Diversidad y conservación de pequeños mamíferos terrestres de B. C. S. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ÁLVAREZ-CASTAÑEDA, S. T. Y A. ORTEGA-RUBIO. 2003. Current status of rodents on islands in the Gulf of California. *Biological Conservation* 109:157-163.
- ARIZMENDI, M. C., A. ESPINOSA Y F. ORNELAS. 1994. Las aves del Pedregal de San Ángel. pp. 239-260. *En* A. Rojo (compilador), Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ATKINSON, I. 1989. Introduced animals and extinctions. Pp. 54-75. *En* D. Western y M. C. Pearl (eds.). *Conservation for the Twenty-First Century*. Oxford University Press, Nueva York.
- ATKINSON, I. 1989. Introduced animals and extinctions. Pp. 54-75. *En* D. Western y M. C. Pearl (eds.). *Conservation for the Twenty-First Century*. Oxford University Press, Nueva York.
- ATKINSON, I. 2001. Introduced mammals and models for restoration. *Biological Conservation* 99:81-96.
- ATKINSON, I. A. E. Y T. J. ATKINSON. 2000. Land vertebrates as invasive species on islands served by the South Pacific Regional Environment Programme. Pp. 19-84. *En* Sherley, G. *Invasive species in the Pacific: A technical review and draft regional strategy*. South Pacific Regional Environment Programme. Samoa, Australia.
- BACA, I. I. Y V. SÁNCHEZ-CORDERO. 2004. Catálogo de pelos de guardia dorsal en mamíferos del estado de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 75:383-437.
- BAKER, P. J., A. J. BENTLEY, R. J. ANSELL Y S. HARRIS. 2005. Impact of predation by domestic cats *Felis catus* in an urban area. *Mammal Review* 35:302-312.
- BAKER, P. J., R. J. ANSELL, P. A. A. DODDS, C. E. WEBBER Y S. HARRIS. 2003. Factors affecting the distribution of small mammals in an urban area. *Mammal Review* 33:95-100.
- BEGON, M. 1979. *Investigating animal abundance: capture-recapture for biologist*. University Park Press, Baltimore.

- BEGON, M., J. L. HARPER Y C. R. TOWNSEND. 1996. Ecology. Individuals, Populations, and Communities. 3ª Edición. Blackwell Science. Boston, Massachusetts.
- BILNEY, R. J., C. COOKE Y J. WHITE. 2006. Change in diet of sooty owls (*Tyto tenebricosa*) since European settlement: from terrestrial to arboreal prey and increased overlap with powerful. Wildlife Research 33:17-24.
- BROWN, J. H., T. G. WHITHAM, S.K.M. ERNEST Y C. A. GEHRING. 2001. Complex species interactions and the dynamics of the ecological systems: Long-Term experiments. Science 293:643-650.
- BROWN, L. N. 1966. Reproduction of *Peromyscus maniculatus* in the Laramie Basin of Wyoming. American Midland Naturalist 76:183-189.
- BURNHAM, K. P., G. C. WHITE Y D. R. ANDERSON. 1995. Model selection strategy in the analysis of capture-recapture data. Biometrics 51:888-898.
- BUTLER, J. R. A., J. T. DU TOIT Y J. BINGHAM. 2004. Free-ranging domestic dogs (*Canis familiaris*) as predator and prey in rural Zimbabwe: threats of competition and disease to large wild carnivores. Biological Conservation 115:369-378.
- CAMPOS, C. B., C. F. ESTEVES, K. M. P. M. B. FERRAZ, P. G. CRAWSHAW JR. Y L. M. VERDADE. 2007. Diet of free-ranging cats and dogs in a suburban and rural environment, South-Eastern Brazil. Journal of Zoology 273:14-20.
- CANO-SANTANA, Z. 1994. La Reserva del Pedregal como ecosistema: Estructura trófica. Pp. 149-158. En A. Rojo (compilador), Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. E. MENDOZA-HERNÁNDEZ, R. LEÓN-RICO, J. SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. RUIZ Y A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las Áreas Naturales y Protegidas del Pedregal del Xitle. Pp. 203-226. En K. Oyama y A. Castillo (coordinadores). Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México: Perspectivas de la investigación científica. Universidad Nacional Autónoma de México - Siglo XXI, México.
- CANO-SANTANA, Z., S. CASTILLO-ARGÜERO, Y. MARTÍNEZ Y S. JUÁREZ-OROZCO. 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de tres áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal (México). Boletín de la Sociedad Botánica de México 82:1-14.
- CARRILLO-TRUEBA, C. 1995. El Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- CASTELLANOS, G. 2006. Sobre el ámbito hogareño y los hábitos alimentarios de un carnívoro en un ambiente suburbano. El cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en la reserva ecológica “El Pedregal de San Ángel”. Ciudad Universitaria. México, D. F. Tesis de Licenciatura (Biólogo). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTELLANOS, G. Y R. LIST. 2005. Área de actividad y uso de hábitat del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en “El Pedregal de San Ángel”. Revista Mexicana de Mastozoología 9:113-122.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ-GALLÉN Y O. NÚÑEZ-CASTILLO. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D. F., México). Boletín de la Sociedad Botánica de México 74:51-75.
- CEBALLOS, G. 1990. Comparative natural history of small mammals from tropical forest in western Mexico. Journal of Mammalogy 71:263-266.
- CEITLIN, J. Y P. MYERS. 2004. "*Neotoma mexicana*" (On-line), Animal Diversity Web. Consultado en Julio 28, 2008 en: http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Neotoma_mexicana.html
- CERVANTES, F. A. 1987. Population and community responses of grassland small mammals to variation of vegetative cover in central Mexico. Tesis doctoral. Universidad de Kansas, Kansas.
- CHÁVEZ, J. C. Y G. CEBALLOS. 1994. Historia natural comparada de los pequeños mamíferos de la Reserva El Pedregal. Pp. 229-237. En A. Rojo (compilador), Reserva Ecológica “El Pedregal” de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CHÁVEZ-TAPIA, C. B. Y R. GALLARDO-VILLEGAS. 1993 Demografía y reproducción de *Neotomodon alstoni* en la Sierra del Ajusco, México. Pp. 317-334. En R. A. Medellín y G. Ceballos (Eds.). Avances en el Estudio de los Mamíferos de México. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Publicación Especial 1:1-464.
- CLARKE, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Austral Ecology 18:117-143.
- COOCH, E. Y G. WHITE. 2002. Program MARK. Analysis of data from marked individuals. A gentle introduction. Segunda edición. Ithaca, Nueva York.
- CORMACK, R. M. 1964. Estimates of survival from the sighting of marked animals. Biometrika 51:429-438.
- COX, T. F. Y M. A. A. COX. 2001. Monographs on Statistics and Applied Probability 88. Multidimensional Scaling. Segunda edición. CHAPMAN & HALL/CRC. 308 pp.

- DAHMER, T. D. 2001. Feral dogs and civet mortality on Kau Sai Chau, Sai Kung. Porcupine! 24:16-19. <http://www.hku.hk/ecology/porcupine/por24/24-vert-5-feral.htm#back>
- DICKMAN, C. R. 1996. Overview of the impacts of feral cats on Australian native fauna. Australian Nature Conservation Agency, Canberra
- DOMÍNGUEZ-CASTELLANOS, Y. 2006. Estructura de comunidades y uso de hábitat de pequeños mamíferos de una selva baja en el Oeste de México. Tesis de Maestría (Ciencias Biológicas). Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Ecología.
- DOWDING, J. E. Y E. C. MURPHY. 2001. The impact of predation by introduced mammals on endemic shorebirds in New Zealand: a conservation perspective. Biological Conservation 99:47-64.
- FITZGERALD, B. M., B. J. KARL Y C. R. VEITCH. 1991. The diet of feral cats (*Felis catus*) on Raoul island, Kermadec group. New Zealand Journal of Ecology 15:123-129.
- FITZWATER, W. D. 1994. House cats (feral). pp. 45-49. The handbook: Prevention and Control of Wildlife Damage. Cooperative Extension Division Institute of Agriculture and Natural Resources University of Nebraska – Lincoln United States Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection Service Animal Damage Control Great Plains Agricultural Council Wildlife Committee.
- GARCÍA, E. 1978. Los climas del valle de México. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- GARCÍA, M. N. 2007. Sobre el ámbito hogareño y los hábitos alimentarios de un carnívoro en un ambiente suburbano: la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en la Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel. Ciudad Universitaria. México D. F. Tesis de Licenciatura (Biólogo). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GARCÍA-ESTRADA, C., M. L. ROMERO-ALMARAZ Y C. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ. 2002. Comparison of rodent communities in sites with different degrees of disturbance in deciduous forest of southeastern Morelos, Mexico. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 85:153-168.
- GILLIES, C. 2001. Advances in New Zealand mammalogy 1990-2000: House cat. Journal of The Royal Society of New Zealand 31:205-218.
- GREEN, J. S. Y P. S. GIPSON, 1994. Feral dogs. Pp. 77-81. The handbook: Prevention and Control of Wildlife Damage. Cooperative Extension Division Institute of Agriculture and Natural Resources University of Nebraska – Lincoln United States Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection Service Animal Damage Control Great Plains Agricultural Council Wildlife Committee.

- GUERRERO, S., M. H. BADI, S. S. ZALAPA Y A. E. FLORES. 2002. Dieta y nicho de alimentación del coyote, zorra gris, mapache y jaguarundi en un bosque tropical caducifolio de la costa sur del Estado de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 86:119-137.
- GUMAS, J. 2004. "*Peromyscus truei*" (On-line), Animal Diversity Web. Accessed April 14, 2008 at http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Peromyscus_truei.html.
- HAMMER, Ø, D. A. T. HARPER Y P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontological Electronic* 4(1):9.
- HAMMOND, E. L. Y R. G. ANTHONY. 2006. Mark-recapture estimates of population parameters for selected species of small mammals. *Journal of Mammalogy*, 87:618-627.
- HARRIS, A. H. 1984. *Neotoma* in the Late Pleistocene of New Mexico and Chihuahua. *Special Publications, Carnegie Museum of Natural History* 8:164-178.
- HAVELKA, M. A. Y J. S. MILLAR. 1997. Sex ratio of offspring in *Peromyscus maniculatus borealis*. *Journal of Mammalogy* 78:626-637.
- HAYSEN, V. Mammalian Species, Systematic List. Consultado en enero de 2007. <http://www.science.smith.edu/departments/Biology/VHAYSEN/msi/default.html>
- HERNÁNDEZ-BETANCOURT, S. 2003. Dinámica poblacional de *Heteromys gaumeri* Allen y Chapman, 1897, en una selva mediana al sur de Yucatán, México. Tesis de Doctorado (Ciencias Biológicas). Universidad Autónoma Metropolitana, División de Ciencias Biológicas y de la Salud.
- JOLLY, G. M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika* 52:225-247.
- JUÁREZ-OROZCO, S. Y Z. CANO-SANTANA. 2007. El cuarto elemento y los seres vivos. *Ecología del fuego*. *Ciencias* 85:4-12.
- KARANTH, K. U. Y J. D. NICHOLS. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79:2852-2862.
- KARANTH, K. U., J. D. NICHOLS, N. S. KUMAR, W. A. LINK Y J. E. HINES. 2004. Tigers and their prey: predicting carnivore densities from prey abundance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 4854-4858.
- KREBS, C. J. 1966. Demographic changes in fluctuating populations of *Microtus californicus*. *Ecological Monographs* 36:239-273.
- KRUSKAL, J. B. Y M. WISH. 1978. *Multidimensional Scaling*. Sage Publications. London.
- KRUUK, H. Y H. SNELL. 1981. Prey selection by feral dogs from a population of marine iguanas (*Amblyrhynchus cristatus*). *Journal of Applied Ecology* 18:197-204.

- LEBRETON, J. D., K. P. BURNHAM, J. CLOBERT Y D. R. ANDERSON. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs* 62:67-118.
- LIMA, M., R. JULLIARD, N. C. STENSETH Y F. M. JAKSIC. 2001. Demographic dynamics of a neotropical small rodent (*Phyllotis darwini*): feedback structure, predation and climatic factors. *Journal of Animal Ecology* 70:761-775.
- LINARES, G. 2001. Escalamiento multidimensional: conceptos y enfoques. *Revista Investigación Operacional* 22:173-183.
- LINDENMAYER, D. B., R. C. LACY Y K. L. VIGGERS. 1998. Modelling survival and capture probabilities of the mountain brushtail possum (*Trichosurus caninus*) in the forests of southeastern Australia using trap-recapture data. *Journal of Zoology of London* 245:1-13.
- LINNEL, J. D. C Y O. STRAND. 2000. Interference interactions, co-existence and conservation of mammalian carnivores. *Diversity and Distribution* 6:169-176.
- MANLY, B. F. J., L. L. MCDONALD, T. L. MCDONALD. 1995. A simulation study of the robustness of parameter estimation and model selection procedures with mark-recapture data. WEST Technical Report 95-1, Prepared for National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement, Corvallis, Oregon.
- MARES, M. A. Y K. A. ERNEST. 1995. Population and community ecology of small mammals in a gallery forest of Central Brazil. *Journal of Mammalogy* 76(3):750-768.
- MAY, S. A. Y T. W. NORTON. 1996. Influence of Fragmentation and Disturbance on the Potential Impact of Feral Predators on Native Fauna in Australian Forest Ecosystems *Wildlife Research* 23:387-400.
- MEAVE, J., J. CARABIAS, V. ARRIAGA Y A. VALIENTE-BANUET. 1994. Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. Pp. 91-105. *En* A. Rojo (compilador), Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MELLINK, E., G. CEBALLOS Y J. LUÉVANO. 2002. Population demise and extinction threat of the Angel de la Guarda deer mouse (*Peromyscus guardia*). *Biological Conservation* 108:107-111.
- MILLAR, J. S. 1984. Winter ecology of small mammals. Carnegie Museum of Natural History. Spec. Publ. No. 10. Pittsburgh.
- MILLAR, J. S. 1990. Reproduction and development. Pp. 169-232. *En* G. L. Kirkland Jr. Y J. N. Layne (eds.). *Advances in the study of Peromyscus (Rodentia)*. Texas Tech Univ. Press. Lubbock, TX.

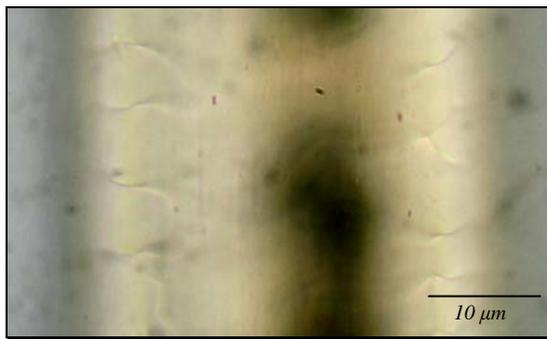
- MILLER, P. J. Y R. J. PIERCE. 1995. Distribution and decline of the north island brown kiwi (*Apteryx australis mantelli*) in Northland. *Notornis* 42:203-211.
- MITCHELL, B. D. Y P. B. BANKS. 2005. Do wild dogs exclude foxes? Evidence for competition from dietary and spatial overlaps. *Austral Ecology* 30:581-591.
- MOLSHER, R. L. 1999. The ecology of feral cats, *Felis catus*, in open forest in New Forest Wales: interactions with food resources and foxes. Tesis de Doctorado. School of Biological Sciences, University of Sydney, Sydney. <http://deneb.library.usyd.edu.au:8080/handle/2123/411>
- NAVARRO-FRÍAS, J., N. GONZÁLEZ-RUIZ Y S. T. ÁLVAREZ-CASTAÑEDA. 2007. Los mamíferos silvestres de Milpaalta, Distrito Federal: lista actualizada y consideraciones para su conservación. *Acta Zoológica Mexicana* 23:103-124.
- NEGRETE, Y. A. 1991. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica “El Pedregal”. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- NEGRETE, Y. A. Y J. SOBERÓN. 1994. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica El Pedregal. Pp. 219-228. *En* A. Rojo (compilador), Reserva Ecológica “El Pedregal” de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- NOGALES, M., A. MARTÍN, B. R. TERSHY, C. J. DONALD, D. VEITCH, N. PUERTA, B. WORD Y J. ALONSO. 2004. A review of feral cat eradication on islands. *Conservation Biology* 18:310-319.
- PEARRE, S. JR. Y R. MAASS. 1998. Trends in the prey size-based trophic niches of feral and House Cats *Felis catus* L. *Mammal Review* 18:125-139.
- PORTIER, D., L. SAY, F. DEBIAS, J. BRIED, J. THIOULOUSE, T. MICOL Y E. NATOLI. 2002. The diet of feral cats (*Felis catus* L.) a five sites on the Grande Terre, Kerguelen archipelago. *Polar Biology* 25:833-837.
- POUGH, F. H., J. B. HEISER Y W. N. MCFARLAND. 1999. *Vertebrate Life*. Quinta edición. Prentice Hall. Estados Unidos de América.
- ROJO, A. 1994. Plan de manejo Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel. Pp. 371-398. *En* A. Rojo (compilador), Reserva Ecológica “El Pedregal” de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ROJO, A. Y J. RODRÍGUEZ. 2002. La flora del Pedregal de San Ángel. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México.

- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). Pp. 9-65. En A. Rojo (compilador), Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México (1994), México.
- RZEDOWSKI, J. Y G. CALDERÓN DE RZEDOWSKI. 2002. Prólogo. Pp. 7-10. En A. Rojo y J. Rodríguez. La flora del Pedregal de San Ángel. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México.
- SÁNCHEZ-CORDERO, V. Y M. CANELA-ROJO. 1991. Estudio poblacional de roedores en un bosque de pino del Eje Neovolcánico Transversal Mexicano. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, serie Zoología 62:319-340.
- SÁNCHEZ-CORDERO, V., G. MAGAÑA Y M. A. BRIONES. 1997. Modelos de captura y recaptura en cinco especies de roedores. Pp. 297-324. En: J. Arroyo-Cabrales y O. J. Polaco (Coords.) Homenaje al Profesor Ticul Álvarez. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Científica.
- SANTOS-MORENO, A. M. A. BRIONES-SALAS Y R. LÓPEZ-WILCHIS. 2007. Diferencias en algunos parámetros demográficos de *Oryzomys chapmani* (Rodentia: Muridae) asociadas a tres estados sucesionales de bosque mesófilo de montaña en Oaxaca, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 23:1-15.
- SCHELMAN, B. D. Y G. N. CAMERON. 1987. *Baiomys taylori*. Mammalian Species. The American Society of Mammalogists 285:1-7.
- SEBER, G. A. F. 1986. A review of estimating animal abundance. *Biometrics* 42:267-292.
- SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT) 2001. NOM-059-SEMARNAT-2001. Norma oficial mexicana que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación, miércoles 6 de marzo de 2002, segunda sección: 1-78.
- SHERLEY, G., S. TIMMINS Y S. LOWE. 2000. Draft Invasive Species Strategy for the Pacific Islands Region. En: Sherley, G. Invasive species in the Pacific: A technical review and draft regional strategy. South Pacific Regional Environment Programme. Samoa, Australia.
- SIEBE, C. 2000. Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern Basin on Mexico-City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 104:45-64.
- SILVER, S. C., L. OSTRO, L. MARSH, L. MAFFEI, A. NOSS, M. KELLY, R. WALLACE, H. GOMEZ Y G. AYALA. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx* 38:1-7.
- SOBERÓN, J. 1995. Ecología de Poblaciones. SEP. Fondo de Cultura Económica, México.

- SOBERÓN, J., M. DE LA CRUZ Y G. JIMÉNEZ. 1991. Ecología hipotética de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Pp. 129-148. *En* A. Rojo (compilador), Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México (1994), México.
- SPENCER, S. R. Y G. N. CAMERON. 1982. *Reithrodontomys fulvescens*. Mammalian Species. The American Society of Mammalogists 174:1-7.
- SULLIVAN, T. P. 1977. Demography and dispersal in island and mainland populations of the deer mouse, *Peromyscus maniculatus*. *Ecology* 58:964-978.
- SUZÁN, G. Y G. CEBALLOS. 2005. The role of feral mammals on wildlife infectious disease prevalence in two nature reserves within Mexico City limits. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 36:479-484.
- TAYLOR, R. H. 1979. How the Macquarie Island parakeet became extinct. *New Zealand Journal of Ecology* 2:42-45.
- DE LA FUENTE, R. 2005. Decreto en el que se rezonifica, delimita e incrementa la zona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. *Gaceta UNAM*, Universidad Nacional Autónoma de México 3813:22-23.
- VÁZQUEZ, L. B., R. A. MEDELLÍN Y G. N. CAMERON. 2000. Population and community ecology of small rodents in montane forest of western Mexico. *Journal of Mammalogy* 81:77-85.
- VILLERS-RUIZ, M. 2006. Incendios forestales. *Ciencias* 81:61-66.
- WOLFF, J. O. 1985. Comparative population ecology of *Peromyscus leucopus* and *Peromyscus maniculatus*. *Canadian Journal of Zoology* 63:1548-1555.
- WOLFF, J. O. 1996. Coexistence of white-footed mice and deer mice may be mediated by fluctuating environmental conditions. *Oecologia* 108:529-533.
- WOODS, M., R. A. MCDONALD Y S. HARRIS. 2003. Predation of wildlife by domestic cats *Felis catus* in Great Britain. *Mammal Review* 33:174-188.
- ZAR, H. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Tercera edición. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

ANEXOS

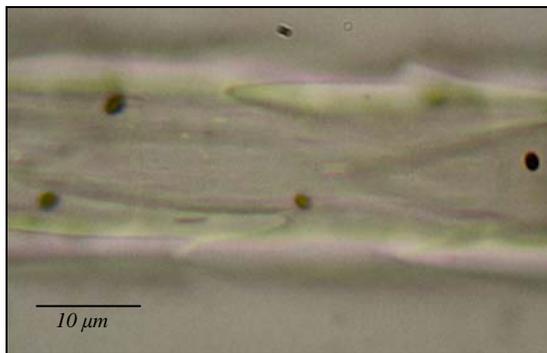
Anexo 1. Pelos de (a) *Mus musculus*, (b) *Peromyscus gratus*, (c) *P. maniculatus* y (d) *Reithrodontomys fulvescens* encontrados en excretas de perros, gatos y mamíferos silvestres de la Reserva del Pedregal.



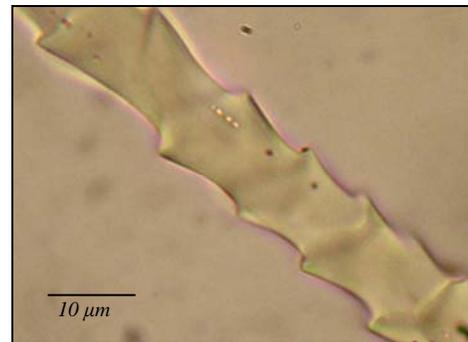
(a)



(b)



(c)



(d)

Anexo 2. Molar de individuo de *Neotoma mexicana* encontrado en excreta de mamífero silvestre de la Reserva del Pedregal.

