

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

“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.”

T E S I S

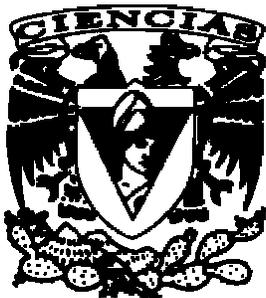
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A :

**MIRIAM NATALIA GARCÍA PEÑA**

TUTOR: DR. RURIK HERMANN LIST SÁNCHEZ





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

1. Datos del alumno

García  
Peña  
Miriam Natalia  
56 58 05 65  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
094360860

2. Datos del tutor

Dr.  
Rurik Hermann  
List  
Sánchez

3. Datos del sinodal 1

Dr.  
Antonio  
Lot  
Helgueras

4. Datos del sinodal 2

Dr.  
Gerardo Jorge  
Ceballos  
González

5. Datos del sinodal 3

M. en C.  
José Cuauhtemoc  
Chávez  
Tovar

6. Datos del sinodal 4

Biól.  
Heliot  
Zarza  
Villanueva

7. Datos del trabajo escrito

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.  
90 p  
2007

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer por el apoyo económico al Lincoln Park Zoo Neotropical Fund.

A la fundación Idea Wild por el equipo otorgado para realizar el trabajo.

Al Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por las instalaciones, equipo y la asesoría de sus expertos en uso de telemetría, trabajo de campo y en la identificación de mamíferos.

A la M. en C. Martha Olvera del Herbario Nacional del Instituto de Biología por la identificación de semillas.

Al Dr. Robert Bye del Jardín Botánico de la UNAM por permitirme trabajar en sus instalaciones.

Al Dr. Zenón Cano por autorizar el trabajo en la Reserva.

Al M.V.Z. Marco Gámez Tamaríz por su asesoría en el manejo de los animales.

A Vigilancia UNAM que garantizó mi seguridad durante la toma de datos.

Al Zoológico de Chapultepec “Alfonso Herrera” por permitirme entrar fuera de horario para observar a sus zorras grises en cautiverio.

A mi Asesor el Dr. Rurik Hermann List Sánchez y a los revisores de este trabajo:

Dr. Gerardo Jorge Ceballos González, Dr. Antonio Lot Helgeras, M. en C. Cuauhtémoc Chávez Tovar y Biol. Hélot Zarza Villanueva.

## AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Agárrense que va a ser largo..... Voy a empezar como todo el mundo con una disculpa por aquellos se me escapan de la memoria.

Quiero agradecer a un montón de gente y empezaré por mi familia: a mamá y papá: es difícil juntar en unas frases lo mucho que los admiro y los quiero, lo trascendente de mi vida ha estado siempre relacionado a ustedes dos, a sus consejos y enseñanzas; por la ciencia y la pluralidad de casa y esas interesantísimas y a veces incomprensibles discusiones sobre ciencia, justicia y desarrollo social que se daban en la sobremesa, por el apoyo y el cariño...

A mi hermano Gabriel, biólogo de los duros y de los buenos, por la complicidad y la amistad mas allá de “son hermanos”, por las discusiones y la terquedad que no le perdonas ni a Mariana, a los dos, con cariño.

A mi familia regia, a mis abuelos, a mi tía Rosy que siempre ha sido ejemplo de trabajo y dedicación; a mi familia chilena, a mi abuela y mi tía Rita, combativa como pocas y alegre como nadie, a todos ustedes.

A mi amor Armando, por la paciencia, las sonrisas, los proyectos y el amor, por hacerme feliz y porque “yo te quiero mas”...

A Gaby, compañera en las cacerías de molinos de viento, de danzas y andanzas, amiga de tantos años, tu participación en este trabajo ya te la sabes pero los demás no, sin ti hubiera sido, si no imposible, muchísimo mas difícil y ciertamente muy aburrido, gracias por el apoyo, la tolerancia y la amistad.

A Thelma, mi hermana del alma... son pocos los que se avientan a una toma de datos de toda la noche sin tener vela en el entierro; por todas nuestras aventuras y las que faltan.

A mi querido amigo Lev, por todas esas pláticas que no comparto con nadie mas, por solidario y Kombativo, ah! y por ayudarme con la estadística de la tesis...

A los amigos de la facultad y de la UNAM que siempre mantengo cerca de mis alegrías... Enrique, Niza, Alejandro (Troll), mi querida Willis, Rubén, Fabián, Iván, Alf, Vanessa, Sandra, Aída, Bicho, Alejandra y todos los compañeros de batalla científica, social y parrandera.

Al los viejos amigos de la prepa: Lev y Thelma (otra vez), Carlitos y Danery.

A los compañeros del laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna silvestre, por todo su apoyo y por compartirme su experiencia para desarrollar esta tesis y para aprender el trabajo de todo buen biólogo, especialmente a Juan por su ayuda en la identificación de huesitos, Ale de Villa por sus consejos sobre el trampeo, Hélot y el manejo de Arc View, Cuauhtémoc por su invaluable asesoría con el trabajo en la reserva y Chucho y Gerardo por sus enseñanzas y consejos.

Al Dr. List, Rurik, por dirigir la tesis y por todo lo que he aprendido contigo de biología y otros aspectos, por aguantar mi irreverencia y por ser un excelente amigo y ejemplo del trabajo teórico y de campo.

Al Dr. Gene Trapp que por suerte visitaba nuestro país y amablemente nos dio los secretos del éxito para atrapar zorras.

Al Laboratorio del Dr. Piñero por facilitarnos el microscopio.

A mis alumnas de preparatoria por enseñarme a enseñar biología. A mis compañeras de danza Meli, Erika, Flor y Gaby, por que son una parte muy importante de mi vida, por su amistad y apoyo constantes.

A la facultad de Ciencias, por ser tan humana como científica, por el esfuerzo de todos sus maestros y alumnos en el desarrollo de la ciencia en México y sobre todo por no perder la perspectiva y por pelear por todos los estudiantes, porque enseña a pensar y trabajar por el país, mi más sincero agradecimiento.

Y al final y al principio... a la UNAM por ser un orgullo para la nación y para sus integrantes, por solidaria, gratuita, popular, combativa, universal, artística, deportiva, humanística, científica y social; Por demostrar que se puede ser la mejor de Ibero América y no ser elitista. Por ser un ejemplo para todos nosotros y un compromiso.

PORTADA

AGRADECIMIENTOS

INDICE:

Capítulo	1.- INTRODUCCIÓN	3
Capítulo	2.- LA ZORRA GRIS	7
Capítulo	3.- EL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL	10
	3.1.- Clima	11
	3.2.- Vegetación	12
	3.3.- Fauna	14
Capítulo	4.- MARCO TEÓRICO	
	4.1.- Carnívoros en ambientes urbanos	16
	4.2.- Área de actividad	19
	4.3.- Uso de hábitat	21
	4.4.- Número de datos y tiempo para la independencia	23
	4.5.- Métodos de estimación del área de actividad	25
	4.6.- Obtención de datos: radio-seguimiento	29
	4.7.- Hábitos alimentarios	32
Capítulo	5.- METODOLOGÍA	
	5.1.- Capturas	34
	5.2.- Radio seguimiento	36
	5.3.- Estimación del área de actividad	37
	5.4.- Uso de hábitat	37

	5.5.- Hábitos alimentarios	40
Capítulo	6.- RESULTADOS	
	6.1.- Capturas y radio-seguimiento	41
	6.2.- Área de actividad y uso de hábitat	45
	6.3.- Uso de hábitat	51
	6.4.- Hábitos alimentarios	58
Capítulo	7.- DISCUSIÓN	
	7.1.- Captura	59
	7.2.- Área de actividad	61
	7.3.- Uso de hábitat	63
	7.4.- Hábitos alimentarios y ciclo circadiano	64
	7.5.- Radio-seguimiento urbano	67
	7.6.- Error de los datos	69
Capítulo	8.- CONCLUSIONES	
	Carnívoros urbanos: La zorra gris y el Pedregal de San Ángel	71
Capítulo	9.- BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS:	Mapa y fotografías	87

## 1.-INTRODUCCIÓN

La reducción de la diversidad biológica se reconoce como uno de los problemas ambientales más apremiantes que enfrentamos actualmente. La principal causa de la pérdida de esta diversidad es la destrucción y fragmentación del hábitat, resultado de la urbanización, la industrialización, desarrollo de infraestructura, y agricultura, entre otras causas (Noss y Csuti, 1997; Riley *et al.*, 2003).

La urbanización produce una de las mayores y más permanentes pérdidas de hábitat ya que tiende a eliminar la vegetación natural y homogeneizar el ambiente (Mckinney, 2002).

Dentro de los organismos mas vulnerables a la pérdida de hábitat se encuentran aquellos que viven en bajas densidades y con áreas de actividad muy grandes, como los carnívoros (Riley *et al.*, 2003). Sin embargo, existen diferencias en la respuesta de estos mamíferos a la fragmentación. En general, las especies de mayor tamaño se encuentran entre las más vulnerables, pero hay otros factores ecológicos tales como la alimentación o la especialización hacia algún recurso, (Crooks, 2002). Tal es el caso de los mustélidos, que pese a ser carnívoros de talla pequeña, vivir en densidades poblaciones relativamente mas altas y en áreas de actividad mas reducidas, tienen una dieta muy especializada y se ven mas afectados por la fragmentación, como consecuencia, sólo subsisten en los fragmentos de mayor tamaño (Mckinney,2002).

Por otro lado, podemos encontrar algunos carnívoros de talla mediana, que en ambientes silvestres presentan cierta territorialidad y áreas de actividad

relativamente grandes (Fritzell y Haroldson, 1982; Trapp y Hallberg, 1975) pero que son especies de hábitos más generalistas. Estos carnívoros son llamados mesodepredadores y pueden incluso ser beneficiados por la fragmentación del hábitat al adaptarse a los efectos de la urbanización y quedar libres de la presión de sus depredadores (Crooks, 2002).

Dentro de las especies adaptables a la fragmentación se encuentran principalmente los cánidos como los coyotes (*Canis latrans*), zorras grises (*Urocyon cinereoargenteus*), zorras rojas (*Vulpes vulpes*) y las zorras de San Joaquín (*Vulpes macrotis mutica*); Además de prociónidos como los mapaches (*Procyon lotor*) y los cacomixtles (*Bassariscus astutus*) que tienen gran capacidad para adaptarse a la fragmentación del hábitat (Castellanos, 2006).

Estas especies se han llamado carnívoros urbanos, y se han realizado estudios que demuestran su capacidad para vivir en ambientes altamente urbanizados. Por ejemplo, las zorras de San Joaquín obtienen refugio en medio de las ciudades y presentan tasas de sobrevivencia superiores a las que presentan las poblaciones silvestres (Bjurlin *et al.*, 2005). Las zorras rojas sobreviven con facilidad en ciudades como Oxford en donde se benefician de fuentes alternativas de alimento (Macdonald, 1987). Las zorras grises también muestran un mejor desempeño en cuanto a sobrevivencia en ambientes fragmentados como las zonas suburbanas y rurales (Harrison, 1997).

En la Ciudad de México la urbanización ha eliminado la vegetación natural salvo en algunos lugares como Xochimilco, el Cerro de la Estrella y la Reserva

Ecológica del Pedregal de San Ángel". En estos sitios la vegetación natural está muy fragmentada y ha perdido buena parte de la fauna nativa. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel es el último reducto de la vegetación original del pedregal, área basáltica proveniente de la erupción del volcán El Xitle hace más de 2000 años, en la actualidad sólo se conservan 2.37 km<sup>2</sup> (3%) de los 80 km<sup>2</sup> originales (Soberón *et al.*, 1991). Históricamente para la región se han registrado entre 34 y 37 especies de mamíferos (Soberón *et al.*, 1991; Negrete y Soberón, 1994) de las cuales actualmente sólo están presentes entre 24 y 27 especies (Negrete y Soberón, 1994; Chávez, 1998), dentro de estas, se hallan 5 especies de carnívoros entre los que se encuentran el zorrillo listado (*Mephitis macroura*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*).

Se han realizado gran cantidad de estudios relacionados a la zorra gris, la mayoría se enfocan a uso de hábitat, área de actividad y hábitos alimentarios (Trapp y Halleberg, 1975; Haroldson y Fritzell, 1984; Harrison 1993; Harrison, 1997), conducta y transmisión de enfermedades (Carey, 1982; Fritzell, 1987; Suzán, 1997) pero no existe un estudio sobre zorras grises viviendo en un ambiente urbano o suburbano en México y en general no hay estudios sobre esta especie en grandes ciudades. En la zona del Pedregal sólo se han realizado un par de trabajos que incluyeron a esta especie: un inventario faunístico (Negrete, 1991) y un estudio sobre prevalencia de enfermedades (Suzán, 1997), en el primero, se consideraba una población de 2 individuos en la Reserva y se predecía su extinción en seis años. Antes del presente trabajo no existía un estudio enfocado exclusivamente a

las zorras grises del que se pudiera obtener un estimado de su tamaño poblacional, patrones de movimiento, área de actividad, uso de hábitat y hábitos alimentarios.

Esta clase de estudios son de gran importancia ya que, además de brindarnos información general sobre la ecología de la especie, particularmente de esta población, nos permite evaluar el efecto de la presencia y desarrollo de la infraestructura humana sobre algunos animales y nos permiten obtener información útil en el planeamiento de estrategias tendientes a conservar la fauna silvestre aún en zonas de gran desarrollo urbano.

En este trabajo se consideró la Reserva Ecológica y el campus de Ciudad Universitaria (CU), como un ambiente “suburbano” y no urbano pese a que se encuentra rodeada por una de las ciudades mas grandes del mundo, debido a que la Ciudad Universitaria funciona como un suburbio, es decir, prácticamente no hay movimiento de vehículos o personas después de las 9 de la noche; Además, ese a estar aislada en una matriz urbana, la Reserva y las áreas adyacentes presentan grandes extensiones de jardines y campos deportivos a los que los animales pueden ingresar y en los que viven algunas especies silvestres, estas extensiones funcionan como corredores entre los pocos edificios de la zona mas cercana a la reserva generando una ambiente mas heterogéneo y mas cercano a la matriz seminatural de un suburbio.

El objetivo de este trabajo es conocer algunos aspectos de la ecología de la zorra gris en la Reserva del Pedregal de San Ángel y en Ciudad Universitaria:

distribución espacial, uso de hábitat, tolerancia hacia la urbanización y el uso de recursos, como elementos necesarios para desarrollar un plan de manejo para esta especie en Ciudad Universitaria. Además, busca resaltar la importancia de esta pequeña reserva ecológica, para apoyar el desarrollo de medidas enfocadas a protegerla y conservar esta importante área de la Ciudad de México.

## 2.- LA ZORRA GRIS

La zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) pertenece a la familia Canidae. Es un carnívoro generalista mediano con una amplia distribución que va desde el extremo sur de Canadá hasta el norte de Venezuela y Colombia (Fritzell y Haroldson, 1982). Es el carnívoro más numeroso y ampliamente distribuido en México (Leopold, 1990). Está asociado a gran variedad de ambientes abiertos como matorral y bosques parcialmente desmontados. También le puede encontrar en las cercanías de grandes ciudades así como en áreas despobladas (Harrison, 1993).

Se alimenta de gran variedad de mamíferos pequeños, aves, reptiles e invertebrados así como de muchas plantas. Los hábitos alimentarios de esta especie varían geográfica y estacionalmente con la disponibilidad de alimentos (Trapp y Hallberg, 1975, Haroldson y Fritzell, 1984).

Las zorras son muy afectas a trepar árboles lo cual hacen regularmente para escapar de sus predadores, por lo que es difícil mantenerlas alejadas de un lugar cercado. En determinadas circunstancias han llegado a constituir una plaga para las granjas avícolas, sin embargo, estas pérdidas son ocasionales y se ven compensadas por los beneficios del control de roedores (Leopold, 1990).

Se han hecho estudios con radio-telemetría que estiman su área de actividad de 1 a 20 km<sup>2</sup> siendo más grande en invierno y en la época reproductiva. El área de actividad comúnmente tiene una forma alargada (Fritzell y Haroldson, 1982).

En México, la zorra gris habita bosques deciduos y matorrales semiáridos, especialmente con vegetación perturbada (Fritzell y Haroldson, 1982; Leopold, 1990; Servín y Chacón 2005). Este animal es altamente adaptable a cambios en su hábitat, y algunos autores consideran que podría obtener ventajas de los efectos de borde generados por las actividades humanas siempre que cuente con suficiente alimento y vegetación (Trapp y Hallberg, 1975; Leopold, 1990; Servín y Chacón, 2005). La zorra gris también obtiene beneficios de las fuentes de agua y alimentos proveídos por los seres humanos para los animales domésticos, así como de los desechos antropogénicos (Fritzell y Haroldson, 1982). Sin embargo, también existen efectos negativos debidos a la proximidad humana, como son la presencia de nuevos depredadores y competidores quienes además acarrean enfermedades, así como la pérdida de la continuidad de su hábitat debida a la construcción de avenidas y edificios (Harrison, 1993).

Se han realizado estudios en zorras grises y rojas (*Vulpes vulpes*) en áreas suburbanas y rurales (Macdonald, 1987; Saunders *et al.*, 1993 Harrison, 1997) que registran gran actividad de las zorras en áreas parcialmente urbanizadas, sin embargo, no existen estudios sobre la ecología y comportamiento de la zorra gris en grandes ciudades.

Las zorras grises viven en pequeños grupos familiares compuestos por una hembra, un macho adulto y algunos juveniles (Trapp y Hallberg, 1975; Fritzell y Haroldson, 1982). Estos grupos suelen estar separados unos de otros, aunque no se

ha registrado territorialidad o agresión hacia otras zorras en temporadas no reproductivas (Trapp y Hallberg, 1975)

Fritzell y Haroldson (1982) registran que la época reproductiva de estos animales varía geográficamente siendo comúnmente entre los meses de enero a mayo. El período de gestación es de 63 días aproximadamente. Las hembras son sexualmente maduras desde los 10 meses de edad y paren 3.8 crías por camada aproximadamente.

Las zorras permanecen en sus madrigueras buena parte del día, estas pueden estar en huecos en la roca, excavadas en el suelo o estar en troncos huecos de árboles, edificios abandonados o pilas de madera. Las madrigueras excavadas suelen ser madrigueras abandonadas de otros animales y no suelen ser muy profundas, mientras que las madrigueras en los árboles pueden estar hasta a 9 metros del suelo (Trapp y Halleberg, 1975; Fritzell y Haroldson, 1982; Nicholson *et al.*, 1985)

### 3.- EL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel se encuentra localizada en Ciudad Universitaria, campus de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es uno de los últimos remanentes de la vegetación original de el Pedregal de San Ángel (Soberón *et al.*, 1991), área basáltica que cubre una extensión de 80 km<sup>2</sup> la cual abarca desde las faldas del Ajusco hasta los alrededores de Huipulco y fue originada por la erupción volcánica de los conos Xitle-Cuatzontle-Oloica y el cerro de la Magdalena (Enciso de la Vega, 1979).

La Reserva, se expidió mediante el acuerdo firmado el 30 de septiembre de 1983 por el entonces rector de la UNAM, Dr. Octavio Rivero Serrano, y ocupaba originalmente 124.49 hectáreas en dos áreas ubicadas a los costados de la Avenida de los Insurgentes. Posteriormente, el 20 de agosto de 1990, el rector Dr. José Sarukhán, expidió el acuerdo de la ampliación de la Reserva del Pedregal de San Ángel a 146.89. La extensión actual de la reserva fue incrementada, mediante el acuerdo firmado por el Rector Dr. Juan Ramón de la Fuente el 2 de junio de 2005, se zonificó la reserva en un área núcleo y zonas de amortiguamiento en camellones y el Jardín Botánico, aumentando su extensión hasta 237 ha (Mapa Anexo 1) (Gaceta UNAM, 2005)

El acuerdo de esta Reserva fue producto del esfuerzo de gran cantidad de profesores y estudiantes de la UNAM quienes reconocieron la importancia de

conservar esta zona, ya que era el último relicto de la vegetación natural del sur de la Ciudad de México.

### **3.1.-Clima**

El clima del Pedregal de San Ángel es similar al del resto de la cuenca hidrográfica del Valle de México. Es un clima templado, sin estación fría pronunciada; la variación de la temperatura durante el día es elevada, con un valor medio anual de 19.6°; la humedad relativa varía también considerablemente y la presión atmosférica es baja debido a la altitud. La precipitación promedio anual es de 733 mm, pero se encuentra irregularmente distribuida en el año, que se divide en una temporada seca (de noviembre a mayo) y una lluviosa (de junio a octubre) (Rzedowsky, 1954).

### **3.2.- Vegetación**

La vegetación original de este pedregal fue descrita por Rzedowsky en 1954, y comprende 9 asociaciones vegetales de las cuales, la predominante es una asociación *Senecionetum praecosis*, que consiste en un matorral xerófilo abierto de estructura heterogénea cuya especie dominante es el *Senecio praecox* o palo loco y que ocupaba 40 km<sup>2</sup> de este Pedregal es decir la mitad del derrame de lava original.

Se encuentra en una zona con límite altitudinal superior de 2600 msnm y se trata de una zona con poco suelo acumulado (salvo en algunas oquedades) que presenta, por lo tanto, condiciones de aridez fisiológica.

En la asociación *Senecionetum praecosis* existían 319 especies de plantas, de un total de 538 que existían en todo el Pedregal de San Ángel (Rzedowsky, 1954).

También se encontraban asociaciones de bosque de pino-encino, bosque de pino, bosque de oyamel y bosque de aile (Negrete y Soberón, 1994).

El pedregal de San Ángel contenía la mayor riqueza de especies vegetales del Valle de México (Rzedowsky, 1954; Panti, 1984). Las causas de esta riqueza son múltiples, siendo la mas importante la gran diversidad de microhábitats que ofrece la superficie de la lava, dependiendo de la forma de su superficie, grosor y textura, así como de la cantidad de suelo acumulado (Rzedowsky, 1954). Además, este pedregal se encuentra en la zona de convergencia de las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical por lo que conviven en ella especies típicas de varios climas (Panti, 1984).

Actualmente la riqueza florística se ha reducido debido a la alta tasa de urbanización del sur de la ciudad en los últimos 40 años (Negrete y Soberón, 1994), la asociación predominante, *Senecionetum praecosis* ocupa en la actualidad, tan solo 1.9 km<sup>2</sup> correspondientes a la Reserva en el campus universitario que es la “isla” de vegetación remanente mas grande (Negrete y Soberón, 1994), por lo que la vegetación original se redujo en mas del 90% (Álvarez *et al.*, 1982, Rojo, 1994)

Para 1987 se registraron 227 especies de plantas nativas para la comunidad de *Senecionetum praecosis* (Valiente-Banuet y Luna, 1990) y 77 especies que probablemente habrían entrado a la comunidad recientemente, entre ellas 2 especies introducidas “accidentalmente”: una gramínea africana y un nopal proveniente del Jardín Botánico de la UNAM, además hay 20 registradas por Rzedowsky (1954) en las asociaciones de encinos adyacentes, las 55 especies restantes son de procedencia incierta pero se considera que son plantas más propias de zonas perturbadas (Valiente-Banuet y Luna 1990).

Es importante mencionar también la presencia de otras especies introducidas como los eucaliptos (*Eucalyptus resinifera*) que fueron plantados en los caminos de Ciudad Universitaria y que en 33 años, se extendieron hasta ocupar el 8% del área total de la reserva (Segura y Martínez, 1994), sin embargo, su crecimiento se ha reducido debido a la escasez de suelo en la mayor parte del pedregal y a un programa de control de eucaliptos en la Reserva (Chávez, com. pers.).

Existen 13 especies cuya distribución en el Valle de México se encuentra restringida a esta zona, por lo tanto están en peligro de desaparecer por la pérdida de hábitat (Álvarez *et al.*, 1982). Dentro de éstas, 2 especies son endémicas al Pedregal de San Ángel, la orquídea *Bletia urbana* y la cactácea *Mammillaria san-angelensis*. Existen 20 especies más de la familia Orchidaceae y 14 de la Commelinaceae, para las cuales, la reserva es uno de los refugios más importantes dentro del Valle de México (Álvarez *et al.*, 1982).

### 3.3.- Fauna

Existen listados incompletos de las especies de animales presentes en el Pedregal, especialmente de invertebrados. Se encuentran registrados 229 especies de animales: de 22 a 27 mamíferos, 50 aves, 13 reptiles y anfibios, 42 lepidópteros diurnos, 26 ortópteros, 17 colémbolos y 47 arácnidos. (Soberón *et al.*, 1991; Chávez, 1993; Negrete y Soberón, 1994), los listados de artrópodos no están ni siquiera cercanamente completos y no existen listados de nemátodos.

En la Reserva, se encuentran dos animales posiblemente endémicos: la rana *Hyla arenicolor* y la serpiente *Thamnophis dorsalis*. (Álvarez *et al.*, 1982)

Históricamente, se considera que en el Pedregal de San Ángel existían 45 especies de mamíferos (Chávez, 1998) entre los que se encontraban, 15 especies de murciélagos, 15 de ratas y ratones, 2 de ardillas, 2 de tuza, 2 de musarañas, 2 de conejos y liebres, una de tlacuache, una de venado, 2 de zorrillo, una de zorra, una de cacomixtle, un armadillo y una de comadreja (Chávez, 1998). Además se considera que debieron existir coyotes (*Canis latrans*), pumas (*Puma concolor*), mapaches (*Procyon lotor*) y lince (*Lynx rufus*) (Negrete y Soberón, 1994; Chávez, 1998).

No existe acuerdo acerca de los mamíferos presentes actualmente en la Reserva, los autores registran diferentes números de especies, que van desde 22 (Negrete y Soberón, 1994) hasta 27 (Chávez, 1998).

Algunas especies de murciélagos son de hábitos migratorios por lo que no siempre se encuentran en la Reserva, de cualquier manera, sean 12 ó 15 las especies

de murciélagos, representan más del 60% de las especies de murciélagos presentes en la Ciudad de México, una zona de por sí considerada con gran diversidad de estos animales.

Otro hecho a considerar, es la presencia de un número relativamente elevado de carnívoros en la Reserva.

Los mamíferos silvestres del orden Carnívora que todavía sobreviven en las inmediaciones de la reserva del Pedregal de San Ángel son: la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el cacomixtle, (*Bassariscus astutus*), el zorrillo manchado (*Spilogale putorius*), el zorrillo listado (*Mephitis macroura*) y la comadreja (*Mustela frenata*) (Negrete y Soberón, 1994). Esta última no se ha capturado recientemente y debido a su alimentación exclusivamente carnívora podría verse menos favorecida que otros animales de hábitos más omnívoros como la zorra o el cacomixtle, sin embargo, hay reportes de avistamientos (Chávez, com. per.).

Entre la fauna exótica se encuentran gatos (*Felis domésticus*) y perros (*Canis familiaris*) domésticos.

## **4.- MARCO TEÓRICO**

### **4.1.- Carnívoros silvestres en ambientes urbanos.**

La destrucción de hábitat se reconoce como una de las principales causas de disminución en la fauna silvestre (Noss y Csuti, 1997), produce las mayores tasas de extinción local y comúnmente elimina a la mayoría de las especies nativas.

Entre los tipos de pérdida de hábitat, la urbanización es la más duradera, aumenta el número de especies no nativas y termina por homogeneizar el ambiente perdiéndose las características únicas de los ecosistemas locales (McKinney, 2002).

Conforme aumenta la urbanización, aumenta la densidad poblacional humana, la densidad de caminos, la contaminación de aire y suelo, la temperatura ambiental y la precipitación anual promedio, la compactación y alcalinidad del suelo entre otros factores de degradación ambiental.

Algunos estudios indican que la riqueza de especies es mayor en áreas con un bajo a moderado desarrollo urbano (McKinney, 2002) debido a que, al principio, la urbanización es baja e incluye solo algunas casas lo que aumenta la heterogeneidad ambiental y los recursos disponibles para plantas y animales, y se ha registrado que algunos animales obtienen ciertos beneficios de la presencia de poblados o granjas en zonas rurales en forma de refugios y alimento (Harrison, 1997). Sin embargo, en áreas con un desarrollo urbano más intenso se tiende a tener menor biodiversidad debido, principalmente, a las técnicas demasiado invasivas y devastadoras de construcción. A pesar de esto, el desarrollo de infraestructura humana que reemplaza los paisajes naturales no siempre es un

impedimento para la vida de algunas especies, “lo que constituye degradación del hábitat para una especie puede ser imperceptible para otra o puede incluso ser una mejora” (Mayers, 1997). Algunos animales se han adaptado al consumo directo de recursos antropogénicos que pueden ser proporcionados accidentalmente en forma de desperdicios o intencionalmente.

En su trabajo sobre biodiversidad, urbanización y conservación, McKinney (2002) utiliza la clasificación de Blair (2001) sobre los tipos de respuesta de las mariposas a la urbanización para referirse a otros animales; Esta clasificación cuenta con tres categorías: los animales que “evitan” las zonas con influencia humana, como los grandes mamíferos, particularmente los depredadores; Los animales que se “adaptan”, que son aquellos que viven comúnmente en las fronteras de las zonas urbanizadas y las silvestres utilizando recursos antropogénicos cotidianamente y se benefician de la ausencia de depredadores generada por la presencia humana, McKinney (2002) clasifica a los carnívoros medianos como las zorras y coyotes y a omnívoros medianos como los tlacuaches, en esta categoría, señalando que estas especies necesitan fragmentos de vegetación nativa . La última categoría contiene a los animales que necesitan de las áreas urbanas para sobrevivir y que no suelen ser nativos a un área sino característicos de ciudades como por ejemplo las ratas, ratones y cucarachas a los que llaman “explotadores”.

En algunos estudios sobre zorras rojas (*Vulpes vulpes*) en ambientes urbanos se ha encontrado que tanto los cachorros como los adultos urbanos pesan más que

los que viven en zonas silvestres o rurales y que su comportamiento cambia debido a diferentes causas de mortalidad, mejores fuentes de comida y refugio (Gosselink *et al.*, 2003; Lavin *et al.*, 2003 ) las zorras rojas se han adaptado desde hace muchos años a vivir en ciudades como Oxford, Inglaterra, encontrando refugio directamente en edificios y otras instalaciones humanas (Macdonald, 1987).

La zorra de San Joaquín, (*Vulpes macrotis mutica*), especie amenazada, se ve claramente beneficiada por vivir en ciudades como Bakersfield, California en Estados Unidos, al grado de poder servir al esfuerzo de conservación de esta especie para posibles reintroducciones a la vida silvestre. Los individuos de una gran población de zorras en esta localidad presentan altas tasas de sobrevivencia y reproducción, y una mayor adaptabilidad a evitar peligros urbanos como vehículos, perros y actividades de desarrollo y mantenimiento de infraestructura, (Bjurlin *et al.*, 2005).

La zorra gris, siendo un carnívoro generalista muy adaptable (Leopold, 1990), no suele tener demasiados problemas para sobrevivir en los terrenos rurales o sub-urbanos, incluso se ha registrado que sus poblaciones se desempeñan mejor en esta clase de ambientes modificados por la presencia de seres humanos que en zonas silvestres cercanas (Harrison, 1997).

No existen datos sobre el desempeño de poblaciones de estos animales en las grandes ciudades y comúnmente se supone que este sería un ambiente demasiado hostil y con demasiados peligros que imposibilitarían su sobrevivencia a largo plazo.

#### 4.2.- Área de actividad

El concepto de ámbito hogareño o área de actividad fue descrito por Burt (1943) como: “el área usada por un individuo en sus actividades normales de obtención de alimento, pareja o durante el cuidado de sus crías. Los movimientos ocasionales fuera del área, probablemente movimientos exploratorios, no deben ser considerados parte del área de actividad (AA)” sin embargo, esta definición no aclara qué se considera como movimientos “normales” y tampoco especifica cómo evaluar los “ocasionales” (White y Garrott, 1990; Kernohan *et al.*, 2001). Es necesario utilizar criterios objetivos para definir, con bases biológicas, cuáles son movimientos normales y cuáles ocasionales, el método mas aceptado es utilizar un nivel de probabilidad (White y Garrott, 1990), por ejemplo excluir 5% de los datos mas extremos obtenidos asumiendo que entre estos se encontrarán los movimientos ocasionales. Este porcentaje no esta determinado con ninguna base biológica sino como un aspecto estadístico, y tampoco se ha comprobado que efectivamente elimine los movimientos ocasionales, pero es objetivo y, dado que es el utilizado por la mayoría de los estudios, nos permite hacer comparaciones (White y Garrott, 1990; Powell, 2000).

A la definición de Burt, se le ha criticado además que no incluye un componente “temporal”, White y Garrott (1990) dicen que se debe definir un periodo sobre el cual se estime el área de actividad, de manera tal que se colecten los datos suficientes para determinarlo según los objetivos iniciales del estudio,

como por ejemplo estimar el área de actividad para una especie en su temporada reproductiva.

Recientemente la necesidad de realizar análisis estadísticos de las áreas de actividad ha llevado a la utilización de definiciones más probabilísticas de ámbito hogareño como la propuesta por Kernohan *et al.* (2001): “es la extensión de área con una probabilidad definida de ocurrencia de un animal durante un periodo específico”. Las definiciones probabilísticas se basan en la probabilidad de encontrar a un animal en un lugar determinado del plano (Anderson 1982).

#### **4.3.- Uso de hábitat**

Los estudios sobre uso de hábitat se realizan para conocer la forma en que los organismos se desempeñan en su ambiente. Nos proporcionan información sobre los requerimientos ecológicos de una población en cuanto al tipo de terreno y cobertura vegetal, y también sobre las condiciones en las que se pueden encontrar los individuos y van desde el hábitat óptimo hasta los sitios menos adecuados que permiten la presencia de una especie particular en un área determinada (Harrison, 1993; Wyatt, 1993; Prange *et al.*, 2004)

En el área de actividad de un animal existen ambientes con características diferentes, es decir, que los ambientes son heterogéneos, y los individuos identifican esas diferencias de manera que utilizan estos ambientes de manera selectiva (Mckinney, 2002; White y Garrott, 1990). En los ambientes cercanos a los

asentamientos humanos esta heterogeneidad suele ser mayor que en los ambientes enteramente silvestres (Mckinney, 2002). La presencia de caminos, edificios, jardines, camellones, terrenos baldíos y diferentes tipos de áreas silvestres aumentan el número de opciones sobre las que los individuos seleccionan.

La selección de los individuos hacia cierto ambiente puede variar espacial y temporalmente en función de las necesidades de alimentación, obtención de pareja, crianza de los juveniles y evasión de depredadores, entre otras (White y Garrott, 1990)

En condiciones de laboratorio es posible controlar las opciones que se le ofrecen a los individuos estudiados, de manera que se puede determinar la preferencia que tienen hacia alguna de ellas, incluso para determinar que terreno prefieren para anidar, comer, criar o aparearse. En los estudios sobre uso de hábitat en el medio silvestre, se busca determinar cual es la selección que los individuos hacen de acuerdo a la disponibilidad de ambientes en el área ocupada por el individuo, pero normalmente no es posible hablar de preferencia ya que no podemos determinar si el mayor o menor uso de un área particular es por una preferencia del individuo o es el resultado de algún factor que lo obliga a utilizar los ambientes de forma diferencial.

Dado que es imposible tener un conocimiento de lo que los individuos perciben como las características favorables o no de cada hábitat, es necesario hacer una relación entre los diferentes ambientes y el uso que los individuos les dan, para lo cual, se considera que el tiempo que pasan en ellos determina la intensidad

de uso y por lo tanto, la importancia que cada ambiente representa en sus actividades cotidianas (White y Garrott, 1990).

La heterogeneidad ambiental debe ser evaluada para determinar la disponibilidad de hábitat sobre la cual los individuos hacen su selección. Posteriormente se debe evaluar si el uso de un cierto hábitat es significativamente mayor o menor que la proporción con que éste se encuentra disponible, por ejemplo, si la disponibilidad de terrenos pedregosos es muy pequeña, pero el individuo pasa más de la mitad del día en ellos, podremos concluir que este tipo de terrenos es seleccionado sobre otros.

Para determinar si existe un uso diferencial de los ambientes disponibles suele utilizarse una prueba de  $X^2$  de bondad de ajuste, método propuesto por Neu *et al.* (1974) en el que la hipótesis nula es que los individuos utilizan cada ambiente en proporción exacta a su ocurrencia en el área de estudio. El método de Neu *et al.*, además, incluye la construcción de intervalos de confianza mediante una prueba Z de Bonferroni que se utiliza para determinar cual de los ambientes es seleccionado y cual evitado por cada uno de los individuos estudiados.

El conocimiento del uso de hábitat de una especie es de gran importancia en la toma de decisiones sobre su manejo, y el impacto que tendría la pérdida y fragmentación del hábitat así como el incremento de infraestructura humana.

#### 4.4.- Número de datos y tiempo para la independencia

Todos los métodos de estimación tienen ventajas y desventajas, la principal desventaja tiene que ver con el tamaño de la muestra y con la independencia de los datos tomados, la mayoría de ellos asumen que cada dato contribuye de la misma manera al cálculo del AA por lo que es necesario garantizar que cada dato sea independiente del anterior, es decir, que no se pueda predecir a partir del otro o sea replica de si mismo. En consecuencia, suele ser necesario determinar si se requiere obtener un mayor número de datos o datos independientes por lo que se debe considerar la sensibilidad de cada método a estas dos variables para utilizar el más apropiado. Swihart y Slade (1985) proponen utilizar un algoritmo basado en la tasa de Shoener para determinar el tiempo que debe pasar entre un dato y el siguiente para garantizar su independencia (tiempo para la independencia). La tasa de Shoener,  $t^2/r^2$ , es la tasa entre la distancia media cuadrada entre observaciones sucesivas ( $t^2$ ) y la distancia media cuadrada al centro de actividad ( $r^2$ ) (Swihart y Slade, 1985). Este método es robusto cuando se aplica a datos que no tengan distribución normal (Swihart y Slade, 1986), y, debido a que esta basado en las distancias a un centro de actividad no es útil en caso de animales que no presenten movimientos alrededor de un área focal como en el caso de movimientos migratorios o esporádicos a zonas comúnmente no utilizadas de su área de actividad (Kernohan *et al.*, 2001; McNay *et al.*, 1994), además, el tiempo para la independencia puede cambiar a lo largo del día de acuerdo al ciclo circadiano de los animales (Rooney *et al.*, 1998)

Algunos autores registran que dependiendo del método de estimación utilizado, la independencia de los datos no tiene un efecto importante en el cálculo del AA de sus sujetos de estudio (Andersen y Rongstad, 1989; List, 1997). Incluso es posible subestimar el área de actividad por el uso exclusivo de datos independientes (Rooney *et al.*, 1998; McNay *et al.*, 1994) además, si el tiempo para la independencia resulta demasiado largo, la cantidad de datos disponibles para el cálculo de AA disminuye dramáticamente. White y Garrott (1990) aseguran que lo importante es que los datos sean representativos al tiempo sobre el cual se trata de determinar el área de actividad, es decir que 100 datos tomados cada minuto serían representativos de una ventana de tiempo de 100 minutos, pero no así de un período de 3 meses, de manera tal que debe considerarse el tiempo de estudio en el planeamiento de la toma de datos mas que el resultado del cálculo del tiempo para la independencia. En general, se considera que los datos serian teóricamente independientes, si el tiempo que hay entre la toma del primer dato y el siguiente es suficiente como para que el animal cruce de un lado a otro su área de actividad.

#### **4.5.-Métodos de estimación del área de actividad**

Toda la información concerniente a la forma, tamaño y estructura interna del AA de un animal nos permite conocer más sobre su comportamiento y plantear estrategias de conservación más acertadas a las necesidades de un grupo específico.

Existen muchos métodos para determinar el tamaño y estructura del área de actividad de un animal, se agrupan en paramétricos y no-paramétricos de acuerdo a si presuponen una distribución normal de los datos.

El método más antiguo y aún en uso el Polígono Mínimo Convexo (PMC) propuesto por Mohr en 1947, es un método no paramétrico con pocos supuestos iniciales que se construye uniendo las localizaciones más externas hasta cerrar un polígono, el área contenida en éste es el ámbito hogareño. Este método es simple, y fácil de aplicar, sin embargo, es muy sensible al tamaño de la muestra, necesitando cerca de 100 localizaciones para estimar apropiadamente (Kernohan *et al.*, 2001) y no nos ofrece información sobre la estructura interna del área de actividad, además, puede crecer infinitamente conforme el número de datos aumenta (Jenrich y Turner 1967), es decir, el área de actividad esta dada en función del número de localizaciones. Esto limita la posibilidad de comparar con éxito las área de actividad obtenidas para animales con tamaños de muestra diferentes, sin embargo, debido a que es el método mas antiguamente utilizado, se sigue utilizando con la finalidad de comparar, aunque se debe considerar el número de datos utilizados para obtenerlo.

Los métodos de “normal bi-variada” como los modelos elípticos propuestos por Jenrich y Turner (1969) y Dunn y Gipson (1977), son métodos paramétricos que asumen que los datos tienen una distribución normal, que los animales se mueven aleatoriamente en su área de actividad y su localización más probable (moda) se encuentra en el centro del mismo. Sin embargo, no existen razones biológicas para

suponer que los animales se mueven aleatoriamente ni que los sitios en los que podrían pasar más tiempo, por ejemplo en su madriguera, se encuentren en el centro de la elipse, además de que el supuesto de que el ámbito hogareño tiene forma de elipse casi nunca se cumple (White y Garrott 1990). A pesar de sus deficiencias, estos modelos plantearon la posibilidad de usar modelos de probabilidad para describir los movimientos del un animal y esto sería retomado posteriormente.

Recientemente se ha aplicado al estudio de ámbitos hogareños un concepto “prestado” de los economistas llamado “distribución de uso” o UD (Utility Distribution), que Van Winkle (1975) definió biológicamente como “la distribución bi-dimensional de la frecuencia relativa para las localizaciones de un animal en un período dado”. Seaman y Powell (1996) explican que es un modelo probabilístico del ámbito hogareño que describe la cantidad relativa de tiempo que un animal pasa en algún lugar, consideramos que el tiempo que el animal pasa en un lugar nos revela la “importancia” que para el animal tiene ese lugar.

El concepto de distribución de uso ha permitido el desarrollo de métodos más precisos de estimación probabilística del área de actividad que se encuentran entre los llamados no-paramétricos, que no presuponen ninguna distribución de los datos y tampoco presuponen que el ámbito hogareño tenga una forma definida

Los métodos probabilísticos ofrecen, otras ventajas sobre otros métodos no paramétricos, dado que permiten “jerarquizar” las distintas zonas del área de actividad del animal de acuerdo a la intensidad de uso, y nos proporcionan

información sobre los “centros de actividad”, concepto propuesto por Hayne (1949) que se refiere a las áreas con mayor intensidad de uso y que en la actualidad se denominan “áreas núcleo”. Recientemente se ha llegado a la conclusión de que, salvo para algunos animales territoriales, las fronteras del área de actividad no son precisas y que es más útil saber la estructura interna del área de actividad que su perímetro para intentar comprender cómo vive un animal en un lugar dado y porque vive en él (Powell, 2000). Sin embargo, para fines comparativos se sigue utilizando el tamaño del área de actividad por lo que los métodos que lo describen más precisamente siguen siendo ampliamente utilizados.

El método no paramétrico probabilístico más utilizado en la actualidad es el estimador basado en el uso de la herramienta estadística llamada Kernel, propuesto por Worton (1989) que aplica una función de densidad de probabilidad (Kernel,  $k$ ) a cada localización independiente para formar un esquema de la distribución de uso. El estimador Kernel, incluye además un parámetro “suavizador” (Smoothing parameter,  $h$ ) que puede ser asignado por el investigador y que controla la cantidad de variación en cada componente del estimado, si se utiliza un valor de  $h$  pequeño, se puede observar un mayor detalle de los datos y por lo tanto es más sensible al error en los mismos, mientras que un mayor valor de  $h$  sólo permite distinguir las características más evidentes escondiendo la mayoría de los detalles en la estructura del área de actividad pero suavizando el error de los datos (Worton, 1989, Powell, 2000).

La elección del valor de  $h$  es la parte más importante y también la más complicada en el uso del estimador Kernel, que se considera uno de los mejores estimadores (White y Garrott, 1990; Seaman y Powell, 1996; Powell, 2000). Para elegir un valor de  $h$  más apropiado se recomienda el uso de la “Validación cruzada de mínimos cuadrados” (Least squares cross validation, LSCV), que compara varios valores de  $h$  y selecciona el que proporciona un menor error estimado. Este método es preferido sobre aquel que determina el valor de  $h$  con base a la varianza de los datos llamado “ $h$  de referencia” o “ $h$  ad hoc”.

Existen dos tipos de estimadores Kernel, el llamado Kernel Fijo, utiliza un solo valor de  $h$  para todo el conjunto de datos mientras que el Kernel Adaptativo utiliza un valor de  $h$  diferente para cada dato, mayor para datos más alejados de los otros y menor para los datos más cercanos. En teoría, el Kernel adaptativo ofrecería mejores resultados que el fijo, pero en realidad tiende a sobreestimar el tamaño del área de actividad, debido a que requiere un tamaño de muestra grande y es muy sensible a la correlación de los datos (Powell, 2000; Kernohan *et al.* 2001; Seaman *et al.*, 1999; Seaman y Powell, 1996).

El Kernel fijo requiere tamaños de muestra de alrededor de 50 localizaciones y no es muy sensible a la correlación de los datos (Kernohan *et al.*, 2001)

#### **4.6.- Obtención de datos: radio-seguimiento**

Las técnicas de radio seguimiento nos permiten conocer la posición aproximada de un animal en un tiempo dado sin importar, al menos teóricamente, el tipo de

terreno, las condiciones climáticas o la hora del día. Además, una vez colocado el equipo, no interfiere significativamente con las actividades de la mayoría de los animales como sucede con otros métodos ampliamente utilizados, como la captura y recaptura de individuos.

A pesar de que el error de los datos obtenidos por radio seguimiento pueda ser considerable, la cantidad de información que se puede obtener a partir de ellos no estaría disponible con otras técnicas como la observación directa, que está limitada por elementos como el tipo de terreno y la cantidad de luz, y nos da la posibilidad de conocer con mayor precisión aspectos importantes de la ecología de las especies.

Aunque el radio seguimiento abre una puerta de posibilidades en el estudio de la vida silvestre, es importante considerar sus limitantes técnicas, que van desde un elevado costo, baja efectividad en ciertas áreas o ecosistemas o altos requerimientos en mano de obra. Además, se requiere de la captura del animal para colocarle un radio transmisor. En algunos casos se ha registrado que este manejo y la presencia misma del transmisor podrían afectar la conducta de los animales, e incluso su sobrevivencia o éxito reproductivo dependiendo de su hábitat y del tipo de animal estudiado (White y Garrott, 1990). Existen más estudios sobre el efecto de los transmisores en aves que en otros grupos. Para los mamíferos de tamaño mediano a grande, en los que comúnmente se utilizan transmisores instalados en collares, no suelen existir efectos en la sobrevivencia, éxito reproductivo o comportamiento (Withey *et al.*, 2001). En la mayoría de los

estudios se busca que el transmisor sea lo más pequeño posible y que su peso sea menor o igual al 5% del peso del animal.

Son pocos los estudios que han utilizado el radio seguimiento en ambientes urbanos. En las ciudades existe un gran número de señales de radio (ej. televisión, radio, transmisores locales de policía, taxi, radioaficionados y ambulancias) que interfieren con la señal emitida por los transmisores de radio seguimiento. Además, los edificios y otras estructuras presentes en ambientes urbanos bloquean el paso de la señal por lo que la precisión de los datos en estos ambientes puede ser muy baja. Estas fuentes de error aunadas al ruido proveniente de calles y avenidas concurridas puede aumentar en gran medida el error en las localizaciones. El error aumenta con la distancia, es decir, que a mayor distancia se encuentre el individuo estudiado mayor será el error, en distancia, en la estimación de su posición.

En los ambientes suburbanos o urbanos, las áreas de actividad de los individuos tienden a ser menores, lo que podría paliar en cierta medida los efectos del gran número de fuentes de error presentes en las ciudades (mencionadas en el párrafo anterior).

La precisión de los datos requerida dependerá del tipo de estudio que desee realizarse; los patrones generales de migración de un grupo de animales necesitan pocas localizaciones y no muy precisas (Garton *et al.*, 2001), en cambio para un estudio de interacción entre individuos se deberá contar con una gran cantidad de datos tan precisos como sea posible.

#### **4.7.-Hábitos alimentarios**

Tener conocimiento sobre los hábitos alimentarios es una introducción importante a la historia natural de cualquier especie (Litvaitis, 2000). Es necesario conocer los requerimientos de espacio, alimento y agua de una población antes de desarrollar planes de manejo o tomar acciones que tiendan a limitar o modificar estos factores. Además, los hábitos alimentarios nos permiten determinar las relaciones interespecíficas entre las especies simpátricas (Jaksic *et al.* 1992), así como las relaciones competitivas, territoriales y sociales entre los individuos de la misma población.

La disponibilidad de alimento influye grandemente en la capacidad de carga de un ecosistema y además determina la distribución espacial y el área de actividad de los individuos de una población (Trapp y Halleberg, 1975; Saunders *et al.*, 1993). En los ambientes con actividad humana, los análisis sobre la dieta de los individuos nos permiten determinar el “nicho trófico económico” de las especies, que se relaciona con el impacto de la fauna silvestre sobre las actividades económicas y es importante para plantear métodos de control poblacional de menor impacto ecológico de las especies silvestres que depredan sobre el ganado y consumo de cultivos (Litvaitis, 2000)

Existen muchos métodos para determinar los hábitos alimentarios de los animales, éstos van desde la observación de los animales, el análisis de restos consumidos o de los alimentos post-ingestión mediante el análisis de excrementos

o contenidos estomacales, este último método requiere de capturar y sacrificar al animal.

El método más sencillo y común para determinar los hábitos alimentarios de una especie es el análisis de excrementos, este método no es invasivo y es muy económico. Nos ofrece un panorama general de los componentes de la dieta de los individuos, siempre que estos dejen restos no digeribles en las heces. La cantidad de restos reconocibles depende de la masticación y del tipo de alimento (Litvaitis, 2000)

La colecta de excrementos puede realizarse estacionalmente para distinguir diferencias en el alimento disponible.

Dentro de sus limitantes está, el que sin análisis genéticos u hormonales posteriores, no poder identificar el sexo, ni la categoría de edad del individuo, y la digestión diferencial de los alimentos limita la evaluación de la importancia de algunos elementos.

Los elementos encontrados en los excrementos son cuantificados determinándose la frecuencia de ocurrencia (sección 5.5) y se determina el espectro alimentario que nos indica que elementos son consumidos con mayor intensidad (Litvaitis *et al.* 1996).

## 5.- METODOLOGÍA

### 5.1.- Capturas

Se colocaron trampas de caja Tomahawk de dos puertas (fotografía 2), en los alrededores del Jardín Botánico de la UNAM, lugar donde es posible ver pasar a las zorras diariamente. El número de trampas utilizadas fue variable, dependiendo principalmente de la disponibilidad de sitios apropiados para su colocación, es decir, estar alejados del tráfico intenso de personas o vehículos y en un terreno plano y fácil de camuflar. La colocación de las trampas empezaba entre las siete y las nueve de la noche, buscando evitar la presencia de personas ajenas al estudio.

Se probaron distintos cebos, especialmente al principio del estudio, que incluyeron pollo crudo, sardina, manzana y otras frutas, finalmente y bajo recomendación de otros investigadores (Chávez, com pers., Trapp, com pers.) se utilizó pan y mermelada de fresa con pasas, cebo que resultó muy efectivo (Tabla 1)

Las trampas eran revisadas alrededor de las 6 de la mañana. Los animales capturados que no eran objeto de este estudio, como los tlacuaches (*Didelphis virginiana*) fueron liberados en el mismo sitio. En el caso de los gatos, como política de la reserva, fueron colocados en hogares cuando fue posible o fueron sacrificados mediante una sobredosis de anestésico (pentobarbital).

Las zorras grises capturadas fueron anestesiadas con una combinación de ketamina y xilacina en la siguiente dosis: 0.1 ml de ketamina y .01 ml de xilacina

por kg de peso vivo (Pond y O’Gara, 1996). El peso era estimado por el investigador de acuerdo al tamaño del animal.

Una vez anestesiadas, las zorras capturadas fueron equipadas con collares de radio-telemetría de marca AVM o Wildlife Materials. Se les tomaron las medidas estándar: longitud del cuerpo, longitud de la cola, pata trasera izquierda, oreja izquierda, diámetro de testículos o pezones en caso de adultos reproductivos, y diámetro del cuello. Se les colocó un arete de identificación, además se les revisaron los dientes y las condiciones generales de pelaje en busca de heridas o problemas evidentes de salud.

Se les asignó una clave compuesta por las letras UC seguidas por un número de 3 cifras que indicaba la frecuencia del radio-collar que portaban y la letra H para hembras y M para machos. La última letra es indicativa del nombre que utilizábamos para reconocer a los individuos durante el estudio, por ejemplo, UC986MD (frecuencia de collar .-986, Macho, “diego”)

Pasado el tiempo de recuperación durante el cual el animal se reponía por completo del efecto de la anestesia, éste era liberado en el mismo sitio de captura o en un lugar cercano que le permitiera ingresar a la reserva sin dificultad.

Para el manejo de los animales contamos con la asesoría del MVZ Marco Gámez Tamariz.

La captura se llevó a cabo en dos temporadas debido a una interrupción causada por el robo de 5 trampas.

## **5.2.- Radio-seguimiento**

Se tomaron datos de radio seguimiento de junio de 2002 a septiembre de 2003.

Se utilizaron dos antenas con sistema pico-nulo de cuatro elementos. Una antena fija fue colocada en el techo del edificio del Instituto de Ecología (IE), y otra montada en un vehículo que se estacionaba frente a los campos de prácticas deportivas de la UNAM, ya que este lugar demostró ser el mas apropiado, sin ser ideal.

Ambas antenas fueron calibradas de acuerdo al norte magnético.

Con los datos de radio seguimiento se buscaba determinar el área de actividad y el ciclo circadiano medido como tiempo de actividad/inactividad de las zorras.

Para determinar el ciclo circadiano y los movimientos de los animales se tomaron localizaciones desde la antena fija en el IE, cada hora y en ciclos de 24 horas una vez por mes.

El ámbito hogareño se determinó triangulando los datos de las dos antenas, tomados cada hora desde las 21:00 hr y hasta las 5:30 hr. Este horario fue determinado por el período en que la radio-interferencia causada por la ciudad era lo suficientemente reducida como para permitir recibir la señal de los radio-collares.

## **5.3.- Estimación del área de actividad:**

Los datos fueron procesados utilizando el programa Traker 1.1 (CAMPONOTUS AB, 1994) para obtener las localizaciones y la extensión Animal Movement Analyst

del programa Arc view 3.1 (Hooge y Eichenlaub, 1997)) para determinar el área de actividad de los animales.

Se eliminó el 5% de las localizaciones de cada individuo mediante la media armónica para reducir el efecto de las salidas ocasionales (programa Arc View 3.1). Se calculó el área de actividad con el estimador Kernel sobre el 95 y el 50 % de los datos, determinándose el factor suavizante (H) con el método de validación cruzada de mínimos cuadrados (LSCV), calculado también con ArcView 3.1. Se obtuvo el área de actividad con Polígono Mínimo Convexo (PMC) utilizando el 100% de los datos restantes tras eliminar las salidas ocasionales (5%) (White y Garrott, 1990).

#### **5.4.-Uso de hábitat**

Para determinar el uso de hábitat se construyó un mapa de tipos de ambientes, tomando sus localizaciones a partir de una fotografía aérea que nos facilitó por el Instituto de Geografía de la UNAM, y geo-referenciada mediante los programas OZI Explorer versión 3.85.4.5, e ILWIS (Fig.1)

Algunas instalaciones de construcción más reciente como el nuevo Instituto de Biomédicas fueron georeferenciadas con un GPS marca Garmin Legend.

Se determinó la proporción ambientes disponibles en un área de estudio conformada por la suma de todas las áreas de actividad de todos los individuos, y la proporción de uso que cada individuo daba a cada tipo de ambiente de acuerdo

al número de localizaciones presentes en cada uno de ellos (White y Garrott, 1990). Posteriormente, se utilizó una prueba de  $X^2$  para determinar si existían diferencias significativas entre el uso que los individuos daban a los ambientes y la disponibilidad de éstos en el área de estudio. (Neu *et al.*, 1974)

Se calcularon intervalos de confianza mediante una prueba Z de Bonferroni para determinar que ambiente era seleccionado o evitado significativamente por cada individuo.



Figura 1.- Ciudad Universitaria, UNAM. Fotografía aérea geo-referenciada

### **5.5.-Hábitos alimentarios**

Se colectaron excrementos en caminos y veredas dentro de la reserva y en las zonas aledañas en las que se podían encontrar letrinas, generalmente estas se encontraron en zonas perturbadas como construcciones o depósitos de cascajo recientes, y en las fronteras entre la reserva y las zonas urbanizadas como las bardas que separan la reserva de los institutos aledaños. Identificamos los excrementos como de zorra de acuerdo a su forma y tamaño.

Los excrementos colectados se secaron al aire libre y se desmenuzaron a mano en cajas construidas para tal fin de aglomerado de madera y tapas de vidrio para evitar la contaminación del aire (Fotografía 3)

Se separaron los componentes en: fragmentos óseos, pelos, semillas, exoesqueletos de artrópodos y materiales no alimenticios como papel, plástico y aluminio.

Para la identificación de pelos se realizó una colección de referencia de pelos obtenidos de los animales presentes en la reserva. Estos pelos se obtuvieron de los animales de la colección de referencia del Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre del IE UNAM y de los animales capturados en el trampeo (en el caso de zorras, cacomixtles y tlacuaches)

Los pelos encontrados en los excrementos se montaron en laminillas, se observaron al microscopio y se compararon con la colección de referencia identificándolos hasta nivel de género.

Las semillas fueron identificadas hasta nivel de género por la M en C. Martha Olvera García en el Herbario del Instituto de Biología de la UNAM. Los exoesqueletos se clasificaron solamente como artrópodos.

Los elementos fueron cuantificados en un análisis de presencia-ausencia y se obtuvo la frecuencia de ocurrencia ( $FO = (fi/N)100$ ) y la frecuencia relativa ( $FR = (fi/\sum fi)100$ ) de cada uno.

## 6.- RESULTADOS

### 6.1 Capturas y radio-seguimiento

#### *Capturas*

Se realizó un esfuerzo de captura de 603 noches trampa en el que se capturaron un total de 6 individuos y se recapturaron 3. Posteriormente, en el periodo de recaptura se encontró otro individuo más (Tabla 2).

El esfuerzo de captura se dividió en dos periodos, el primer período de muestreo, del 29 de abril al 1° de agosto de 2002, se concluyó debido al robo de 5 trampas tomahawk en los terrenos de la universidad, evento que retrasó las capturas un par de meses. En este periodo se capturó una sola zorra hembra en 313 noches trampa, la misma zorra fue recapturada en este mismo periodo (éxito de captura = 1/156 noches trampa). En el segundo periodo, del 2 de octubre de 2002 al 15 de julio de 2003, el éxito de captura aumentó a 5 individuos y dos recapturas por 290 noches trampa, debido a un cambio en el cebo utilizado (éxito de captura = 1/27).

Tabla 1: Número de Capturas por Tipo de Cebo

Numero de Individuos Capturados o Recapturados	Cebo Utilizado	Noches Trampa	Éxito de Captura
2	Tortillas y manzana	313	1/156
7	Pan, yogurt y/o mermelada de fresa y pasas	290	1/27

Todas las zorras fueron capturadas en las inmediaciones de los Institutos de Ecología, de Biología y del Jardín Botánico de la UNAM, que se encuentran junto a

la reserva Ecológica. También se capturaron 11 cacomixtles (*Bassariscus astutus*), 81 tlacuaches (*Didelphis virginiana*) y 11 gatos (*Felis catus*).

En el periodo de recaptura, se capturó otra zorra hembra juvenil (UC000HI) que muy probablemente nació durante este estudio y a la que se observó junto con otro cachorro en compañía de la zorra UC720HU. A la zorra UC000HI no se le colocó collar de radio telemetría ya que la toma de datos había concluido y sólo se le tomaron medidas estándar (Tablas 2 y 3).

Las zorras macho registraron un peso promedio de 4,667 gr (4,300- 5,300) mientras que el de las hembras fue de 4,225 gr (4,100- 4,400, Tabla 3).

La mayoría de las zorras presentaban buen estado de salud apreciable en el pelaje y los dientes (fotografías 5 y 6). Un macho (UC780MA) presentaba una oreja rota, un ojo nublado y diversas heridas en el rostro probablemente debidas a una pelea o un ataque por un perro (fotografía 4)

Una de las zorras presento heridas de trampeo leves en las patas que fueron tratadas con pomada antiséptica.

En este estudio no se capturaron comadrejas ni ninguna de las especies de zorrillo registradas en la reserva.

Tabla 2.- Datos de Captura

Individuo	Sexo	Estadio de edad	Fecha de captura	Localización de captura UTM		
UC780MA	M	Adulto	02/11/02	14	459724	2136256
UC578HN	H	Adulto	23/05/02	14	479731	2136234
UC720HU	H	Adulto joven	10/11/02	14	479717	2136198
UC986MD	M	Adulto joven	04/12/02	14	479729	2136203
UC324MG	M	Adulto joven	12/02/03	14	479750	2136396
UC352HA	H	Adulto joven	14/03/03	14	479745	2136386
UC000HI	H	Juvenil	15/02/04	14	479728	2136231

Tabla 3.- Medidas estándar de los individuos capturados

Individuo	Peso gr	Long. Cabeza-cola mm	Long. cola mm	Long. oreja mm	Long. pata mm
UC780MA	5300	625	405	70	130
UC578HN	4200	600	410	75	130
UC720HU	4200	620	400	80	140
UC986MD	4400	640	440	75	140
UC324MG	4300	615	400	78	130
UC352HA	4400	590	380	75	130
UC000HI	4100	610	390	75	130

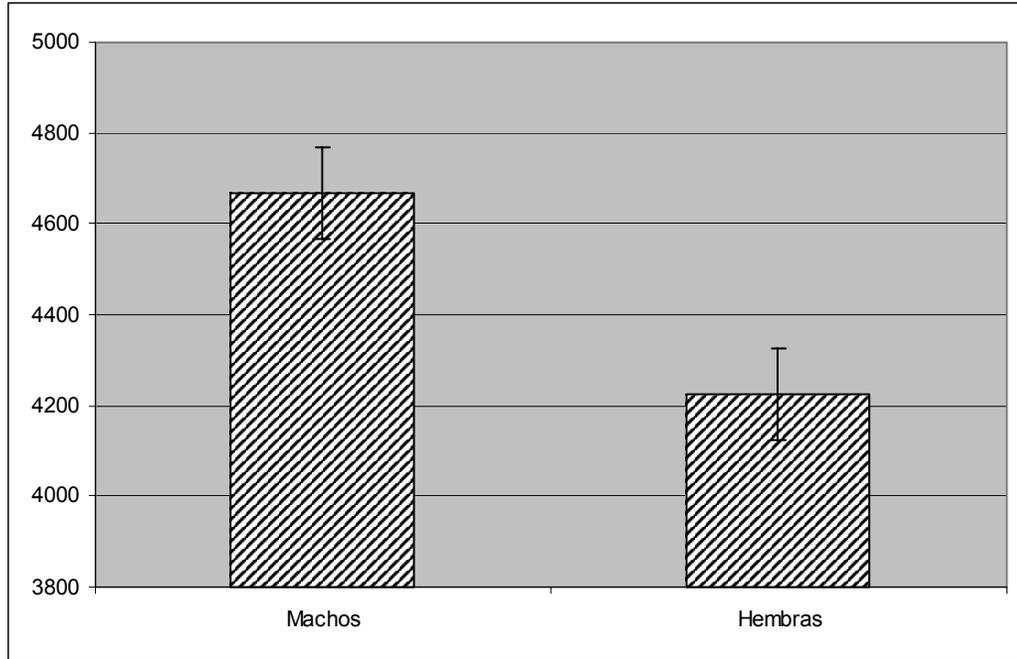


Figura 2.- Peso promedio de las zorras grises de la Reserva del Pedregal

### *Radio-seguimiento*

Los individuos equipados con collares fueron localizados mediante dos antenas de cuatro elementos con sistema pico-nulo

Uno de los collares dejó de funcionar al poco tiempo de ser colocado (individuo UC780HN) por lo que sólo se obtuvieron localizaciones de 5 individuos, 2 hembras y 3 machos.

Los datos fueron colectados entre los meses de diciembre de 2002 y septiembre de 2003 el periodo de seguimiento varió entre 4 y 10 meses para cada individuo, debido a diferentes fechas de captura, y a que los collares dejaban de funcionar o la señal se perdía.

Se obtuvieron un total de 458 localizaciones, entre 61 y 156 datos por individuo (Tabla 4), con lo que se calculó el área de actividad para cada uno de ellos mediante el programa ArcView versión 3.1. (Tabla 4)

Tabla 4.- Número de localizaciones y periodo de toma de datos por individuo

Individuo	Número de localizaciones	Periodo (mes/año)
UC780MA	61	12/02 - 03/03
UC578HN	----*1	-----
UC720HU	82	12/02 - 03/03
UC986MD	156	12/02 - 09/03
UC324MG	71	02/03 - 09/03
UC352HA	88	03/03 - 09/03
UC000HI	----*2	-----

\*1.- Mal funcionamiento del collar

\*2.- Individuo capturado después de la toma de datos (tabla 1)

## 6.2 Área de actividad

El área de actividad promedio para las hembras, estimada con Kernel al 95% fue de 25.8 hectáreas (17.5-34.1 ha), contra 34.4 hectáreas para los machos (23.6-40.1 ha). Con Kernel al 50% el promedio para las hembras fue de 3.2 (3.2- 3.4 ha) contra 4.8 hectáreas para los machos (2.6- 7.2 ha, Tabla 4).

El área obtenida con polígono mínimo convexo usando el 95% de las localizaciones fue en promedio de 37.0 ha (25.7-48.3 ha) para las hembras y de 80.13 ha para los machos (49.6- 66.6 ha).

Tabla 5.- Área de actividad de 5 zorras grises seguidas de junio de 2002 a septiembre de 2003.

Individuo	PMC 95% (ha)	Kernel 50% (ha)	Kernel 95% (ha)
UC780MA ♂	49.59	4.63	39.49
UC720HU ♀	25.76	3.18	17.50
UC986MD ♂	50.74	2.56	23.64
UC324MG ♂	66.64*	7.17	40.07
UC352HA ♀	48.27	3.87	34.06

Áreas de actividad calculadas con el 95% de los datos mediante el método de Polígono Mínimo Convexo (PMC) y con el 50% y el 95% mediante el estimador Kernel

\* PMC obtenido con el 94% de los datos

### *Sobreposición*

Se observó que los individuos ocupaban un área total de 66.6 hectáreas (Fig. 3) dentro de la cual se distribuían las áreas de actividad individuales con grados variables de sobreposición que iban desde un 23 a un 92 % en periodos desde cuatro a diez meses (Tabla 6, Fig. 4-7).

Todos los individuos fueron observados juntos (hasta 3 zorras simultáneamente) en repetidas ocasiones.

Para el Final del estudio todas las zorras menos el individuo UC780MA podían observarse rutinariamente en los alrededores del Jardín Botánico.

TABLA 6.- Porcentaje de sobreposición entre 5 zorras grises seguidas mediante radio-seguimiento de junio de 2002 a septiembre de 2003.

	UC780MA % (meses)	UC986MD % (meses)	UC324MG % (meses)	UC720HU % (meses)	UC352HA % (meses)
UC780MA		74 (4)	49 (2)	53 (4)	*
UC986MD	44 (4)		38 (8)	66 (4)	58 (6)
UC324MG	50 (2)	65 (8)		92 (2)	59 (7)
UC720HU	23 (4)	49 (4)	40 (2)		*
UC352HA	*	83 (6)	50 (7)	*	

El área de las filas se sobrepone a la de las columnas.

Se indica el porcentaje del área de un individuo compartida con otro en el mismo periodo, en meses, el cual se indica entre paréntesis.

\*Los individuos no coincidieron temporalmente

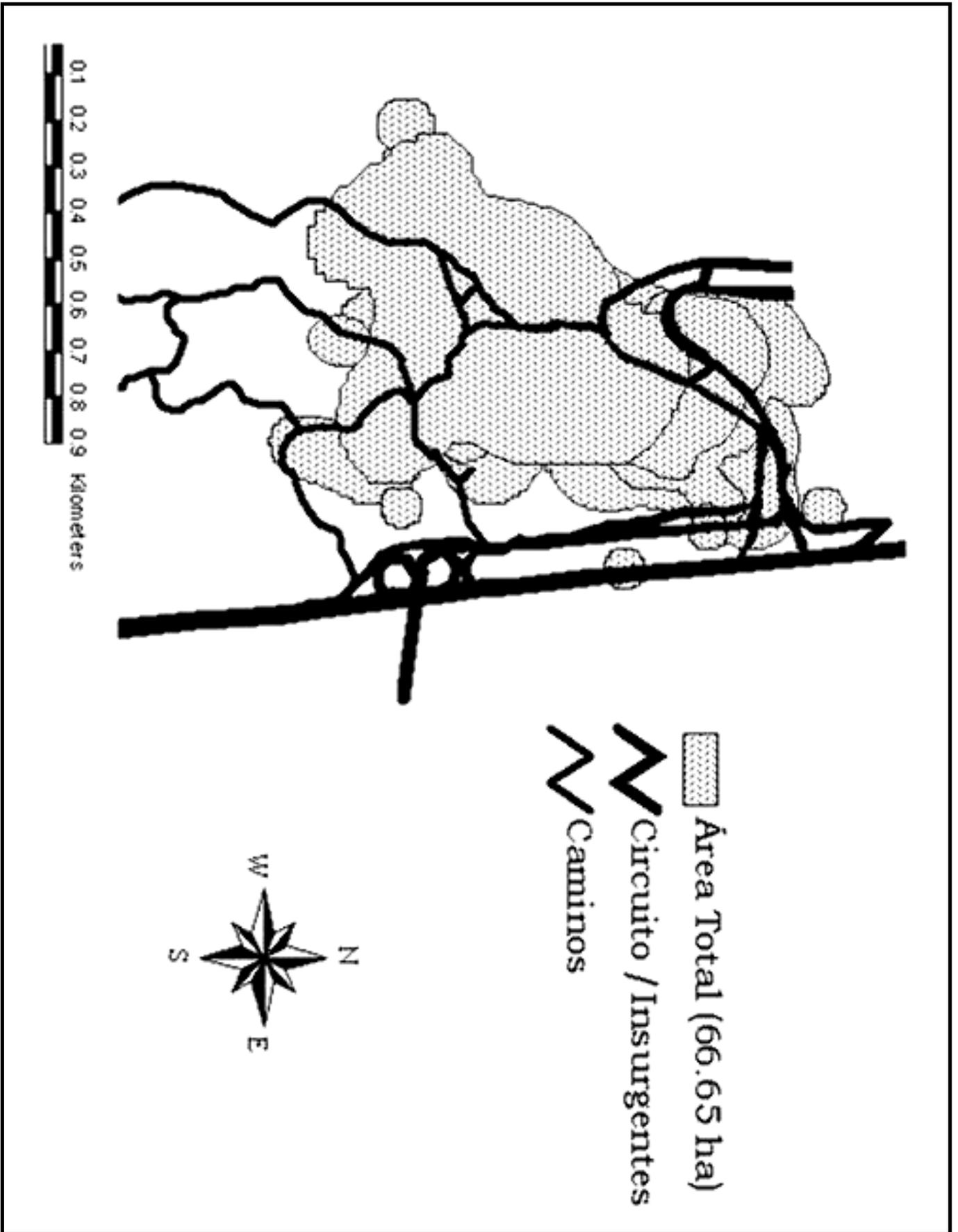


Figura 3.- Área ocupada por todos los Individuos. Método Kernel 95%

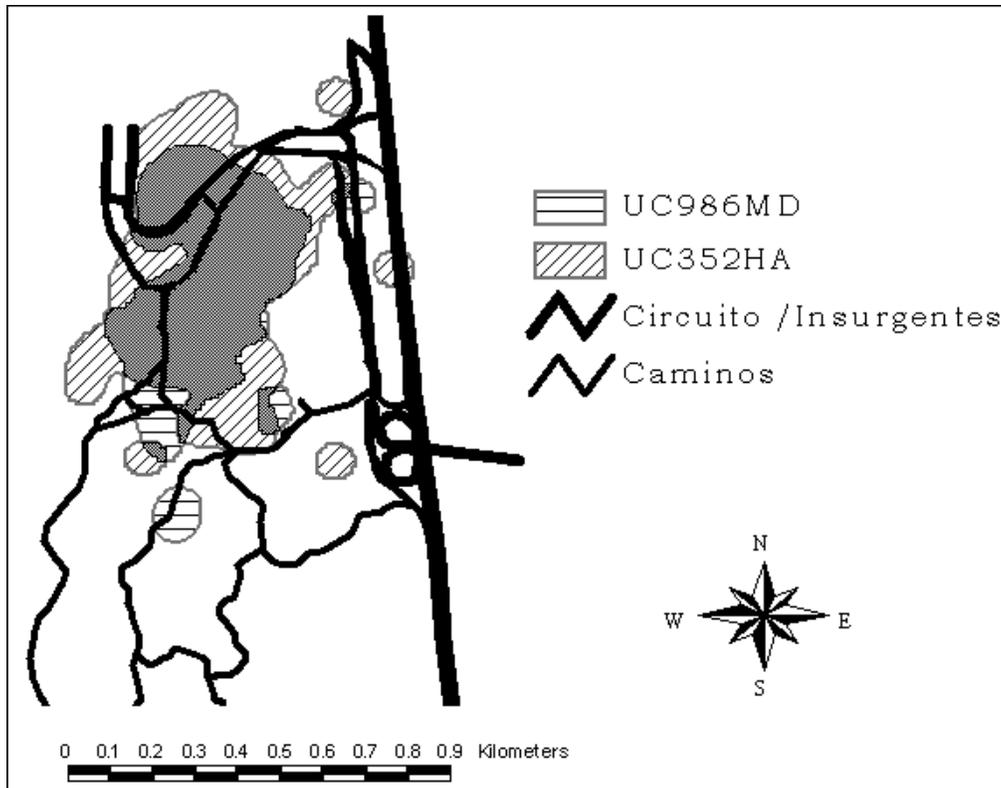


Figura 4.- Sobreposición del 83% del área de UC986MD por UC352HA

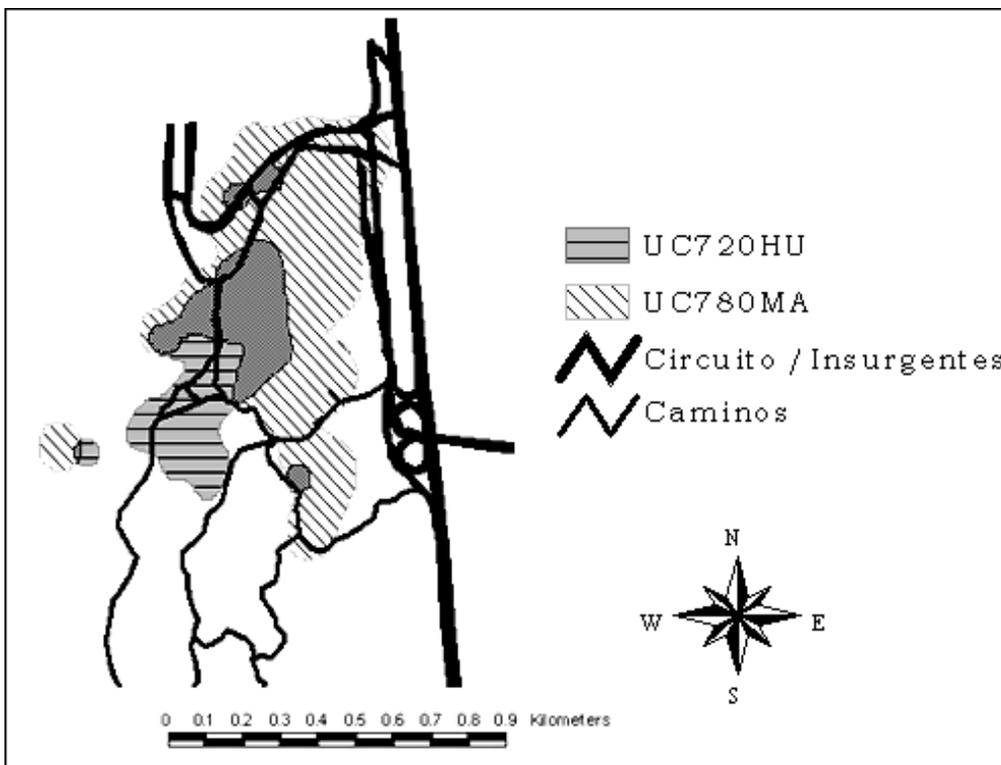


Figura 5.- Sobreposición del 56% del área de UC720HU por UC780MA

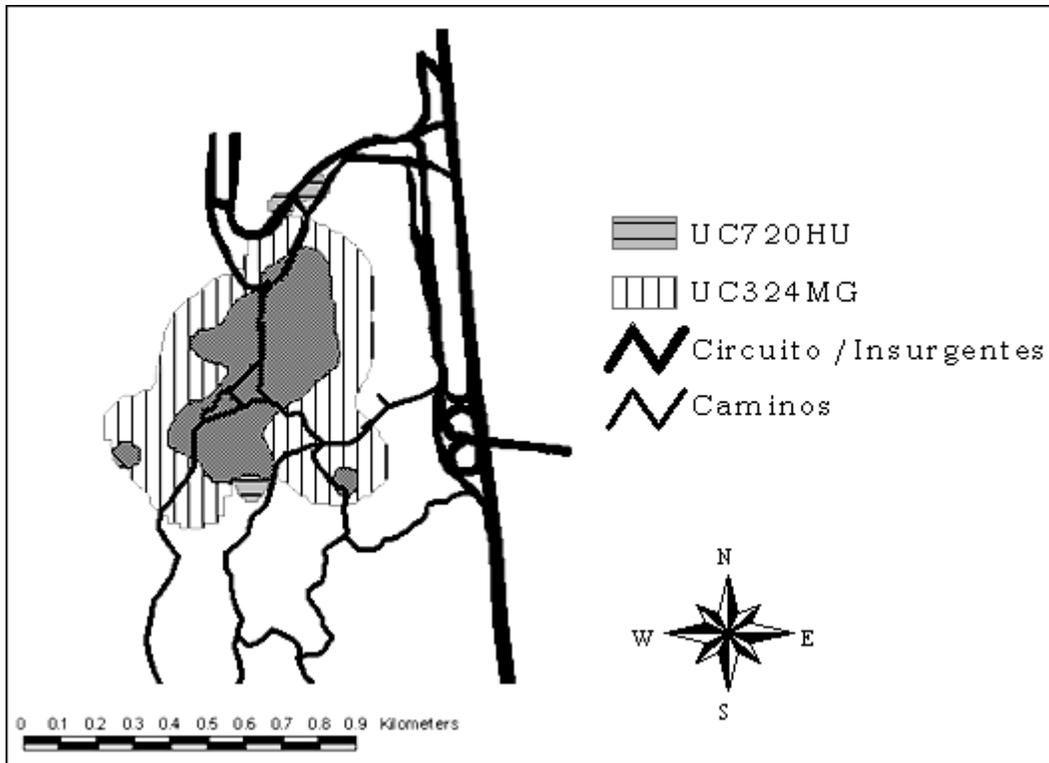


Figura 6.- Sobreposición del 92% del área de UC720HU por UC324MG

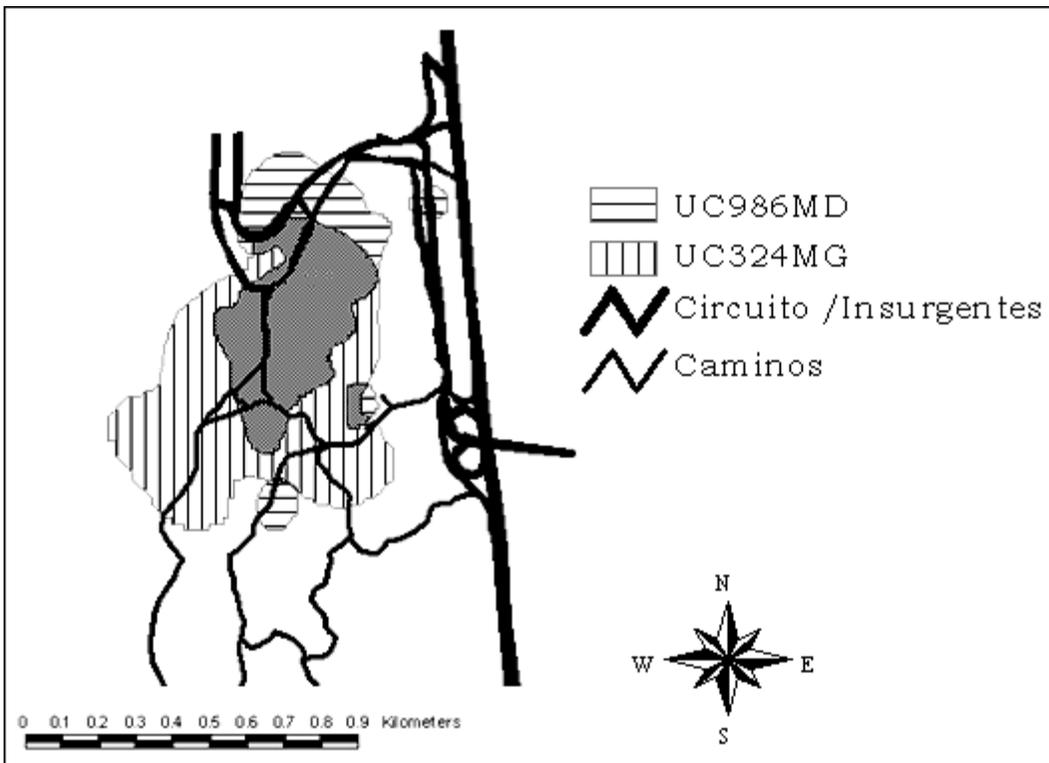


Figura 7.- Sobreposición del 65% del área de UC986MD por UC324MG

### 6.3.- Uso de hábitat

Las áreas de actividad se localizaban en zonas con varios tipos de ambientes y no solamente pedregal. (Figs. 11-15).

Se Identificaron 6 tipos de hábitat en el área de estudio (Fig. 8):

- 1) las zonas de Pedregal ubicadas dentro de la reserva;
- 2) hábitat perturbado como camellones y zonas de pastos, ubicado tanto dentro como fuera de la reserva;
- 3) edificios, que comprenden instalaciones de la Universidad tales como institutos, invernaderos y construcciones pequeñas como paradas de autobús, que se localizan principalmente fuera de la reserva;
- 4) zonas de jardines y campos que comprenden los campos deportivos y jardines ornamentales localizados fuera de la Reserva y la zona de cultivo de pastos dentro del Jardín Botánico;
- 5) hábitat urbano, que comprende las zonas urbanas fuera de los terrenos de la Universidad y las vialidades de mayor tamaño como el Circuito exterior y Av. de los Insurgentes; y
- 6) caminos, que son los senderos pequeños de terracería ubicados en el interior de la reserva.

Se determinó la proporción de ambientes disponibles en el área utilizada por todos los individuos (Fig. 3) en la cual fue predominante el “pedregal” (48%) (Tabla 6 y figura 8)

Tabla 6. Proporción de ambientes presentes en el área ocupada por los individuos

Tipo de Hábitat	Área (Km <sup>2</sup> )	Proporción
Pedregal	31.97	0,48
Perturbado	8.67	0,13
Edificios	8.15	0,12
Jardines y campos	10.34	0,16
Urbano	5.88	0,09
Caminos	1.62	0,02
TOTAL	66.63	1

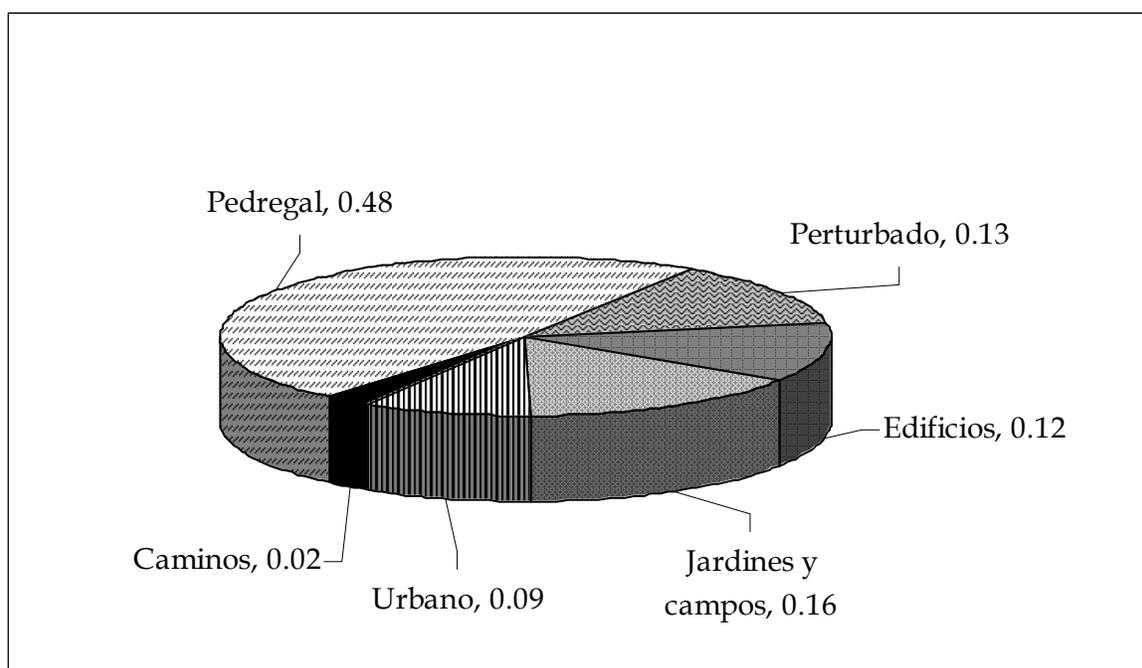


Figura 8.- Proporción de ambientes disponibles

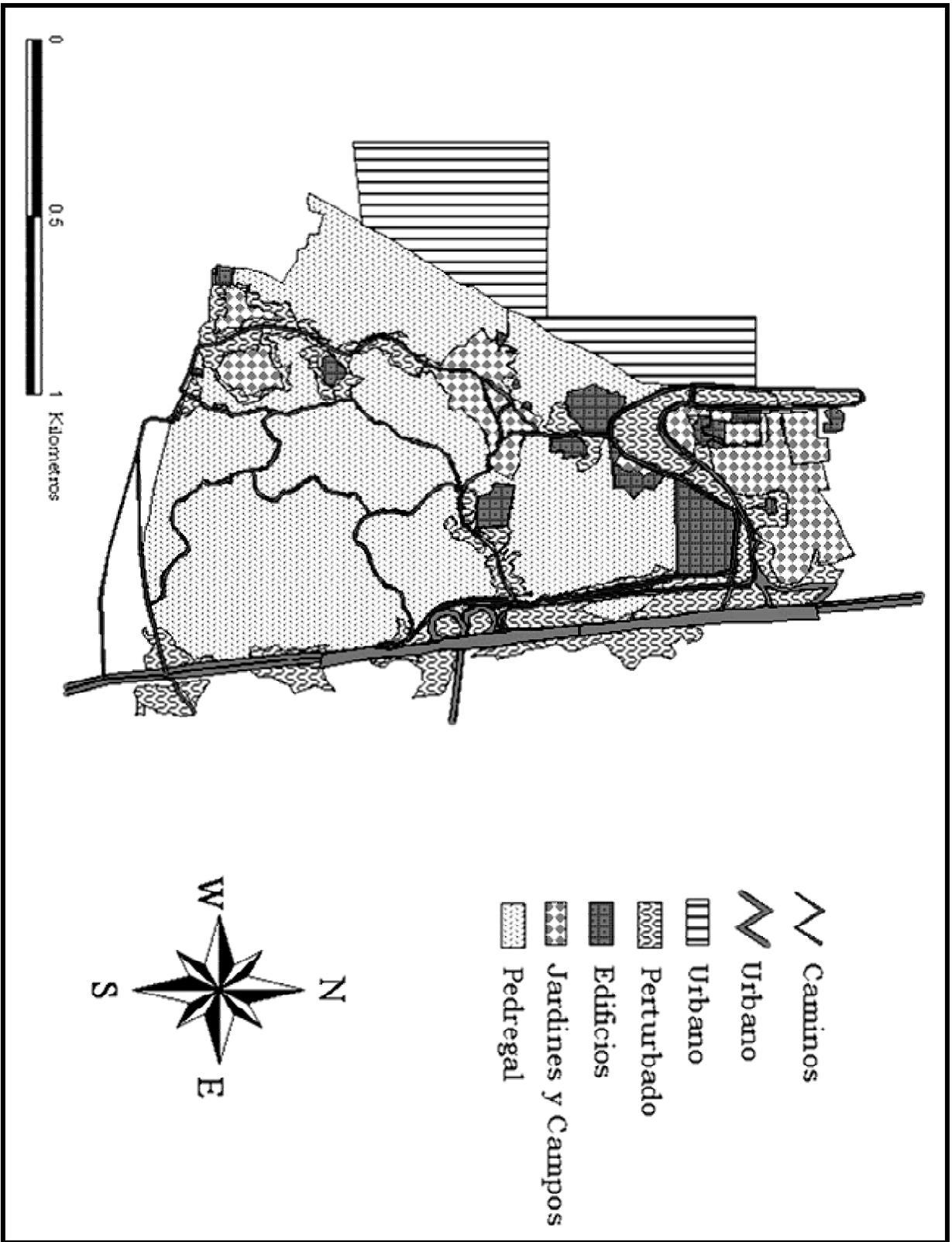


Figura 9.- Tipos de ambientes presentes en el área de estudio

Tras calcular la  $X^2$  y los intervalos de confianza (Z Bonferroni) de las localizaciones esperadas y observadas por tipo de ambiente para toda la población y para cada individuo (sección 5.4), se determinó que la población en su conjunto no presentó preferencia o rechazo hacia ningún tipo de ambiente y en general los individuos hicieron uso de los ambientes disponibles en la proporción esperada (Tabla 7 y Figura 10).

Sólo se encontraron diferencias significativas, menor uso a lo esperado en los jardines y campos para los individuos UC780MA y UC986MD ( $p=0,155 > P_{max} = 0,099$  y  $P_{max} = 0,151$ ); en los caminos para los individuos UC780MA y UC352HA ( $p=0,024 > P_{max} = 0,00$ ) y en los ambientes urbanos para el individuo UC324MG ( $p= 0,088 > P_{max} =0,000$ , Tabla 7).

Tabla 7.- Intervalos de confianza ( $p \pm Z_{1-\alpha/2k} \sqrt{p(1-p)/n}$ ) calculados por individuo por ambiente

	<b>UC780MA</b>	<b>UC986MD</b>	<b>UC324MG</b>	<b>UC720HU</b>	<b>UC352HA</b>
Pedregal	0,3657 0,7343	0,2817 0,5574	0,4151 0,7410	0,2585 0,5708	0,2241 0,5941
<b>Disponible</b>	<b>0,4798</b>	<b>0,4798</b>	<b>0,4798</b>	<b>0,4798</b>	<b>0,4798</b>
Perturbado	0,0177 0,2823	0,0687 0,2809	0,0158 0,2341	0,0107 0,2088	0,0446 0,3417
<b>Disponible</b>	<b>0,1301</b>	<b>0,1301</b>	<b>0,1301</b>	<b>0,1301</b>	<b>0,1301</b>
Edificios	0,0518 0,3482	0,0795 0,2981	-0,0104 0,1666	0,0428 0,2743	0,0782 0,3990
<b>Disponible</b>	<b>0,1223</b>	<b>0,1223</b>	<b>0,1223</b>	<b>0,1223</b>	<b>0,1223</b>
Jardines y campos	-0,0332 0,0998	0,0025 0,1513	0,0703 0,3358	0,0883 0,3507	-0,0173 0,1991
<b>Disponible</b>	<b>0,1551 *</b>	<b>0,1551 *</b>	<b>0,1551</b>	<b>0,1551</b>	<b>0,1551</b>
Urbano	-0,0258 0,1591	0,0238 0,1999	0,000 0,000	-0,0229 0,0961	-0,0267 0,1630
<b>Disponible</b>	<b>0,0883</b>	<b>0,0883</b>	<b>0,0883*</b>	<b>0,0883</b>	<b>0,0883</b>
Caminos	0,0000 0,0000	-0,0181 0,0740	-0,0253 0,0565	-0,0149 0,1368	0,0000 0,0000
<b>Disponible</b>	<b>0,0244 *</b>	<b>0,0244</b>	<b>0,0244</b>	<b>0,0244</b>	<b>0,0244 *</b>

\*Uso significativamente menor que el esperado

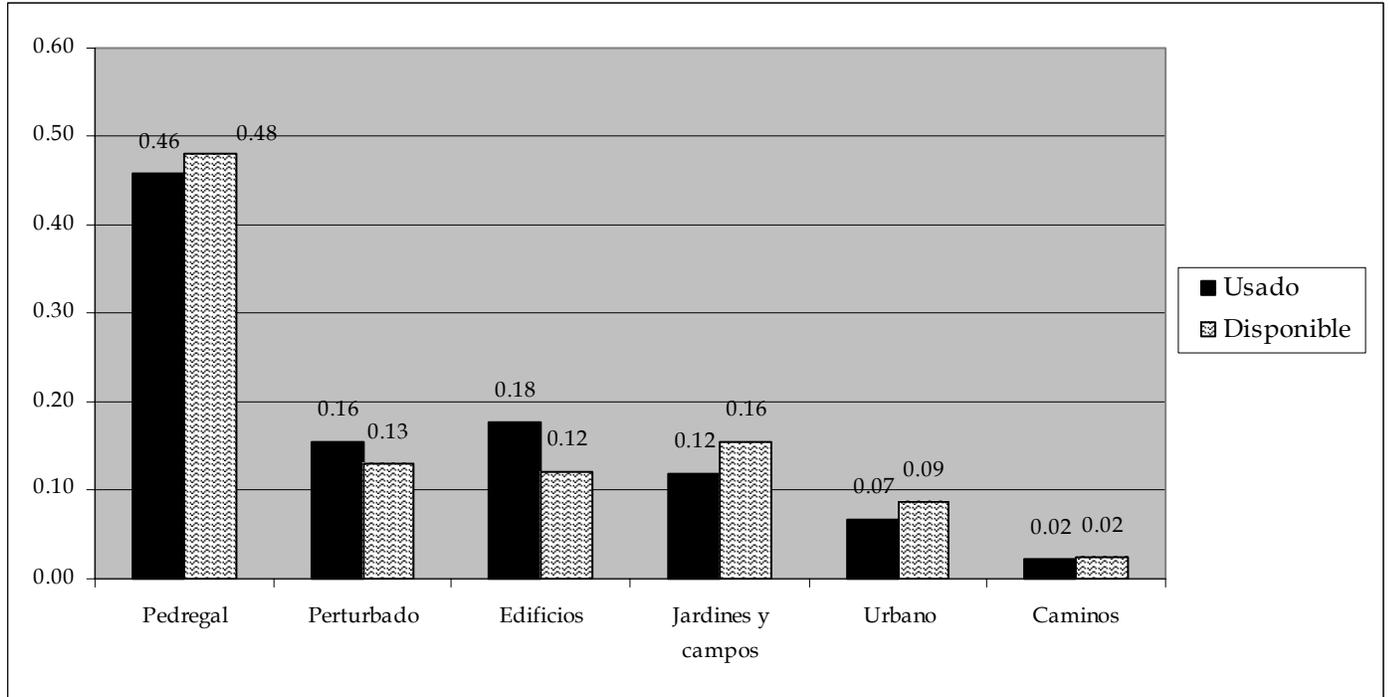


Figura 10.- Proporción de uso de ambientes contra disponibilidad de todos los individuos. No hay diferencias estadísticamente significativas

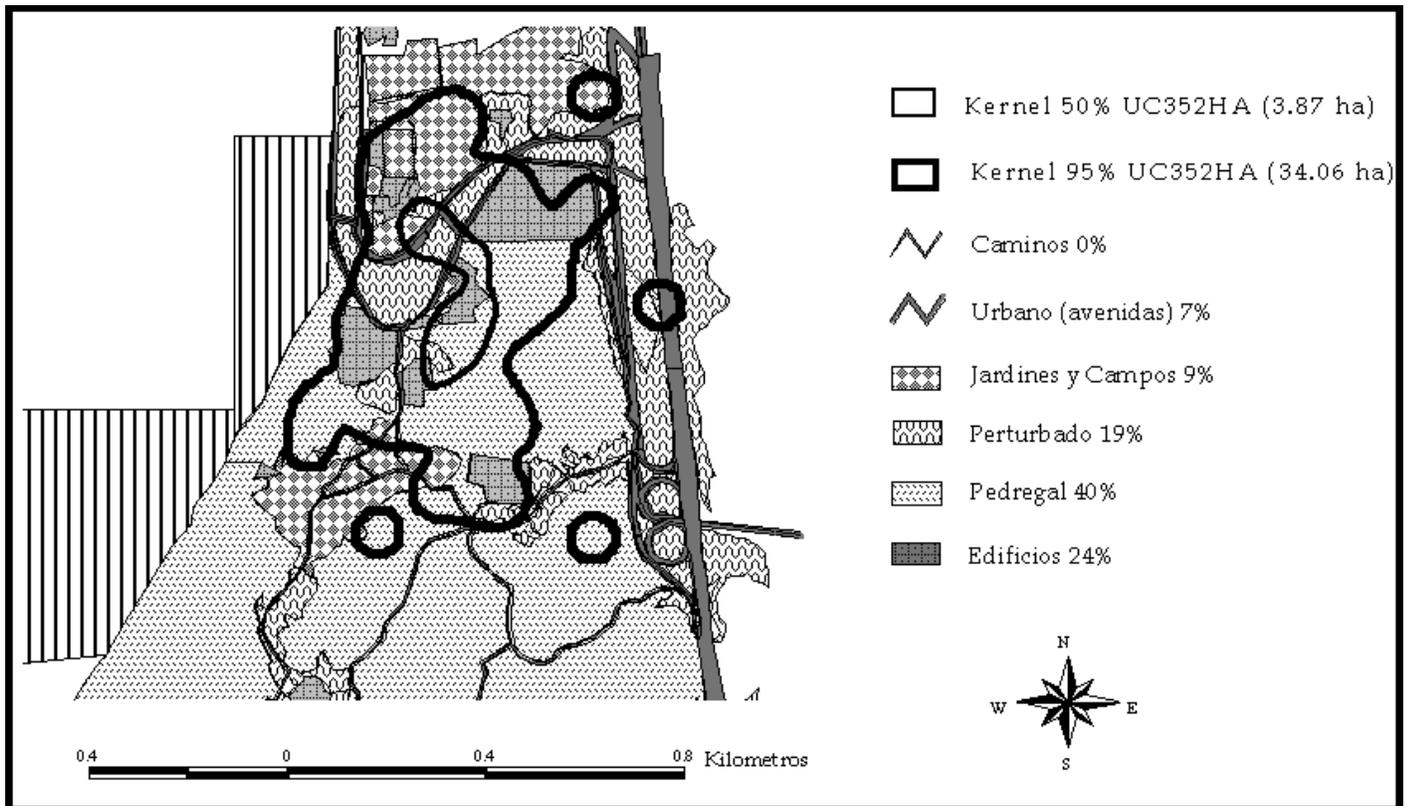


Figura 11.- Uso de hábitat de la hembra UC352HA

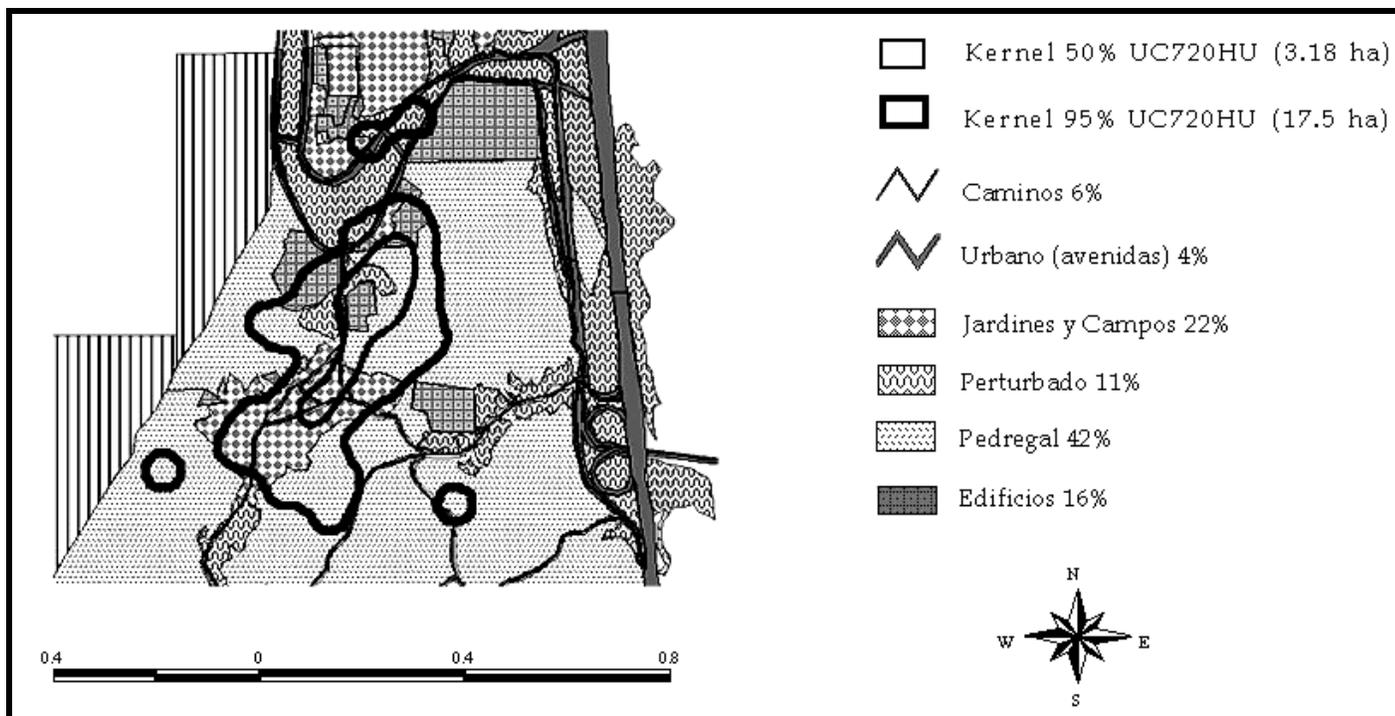


Figura 12.- Uso de hábitat de la hembra UC720HU

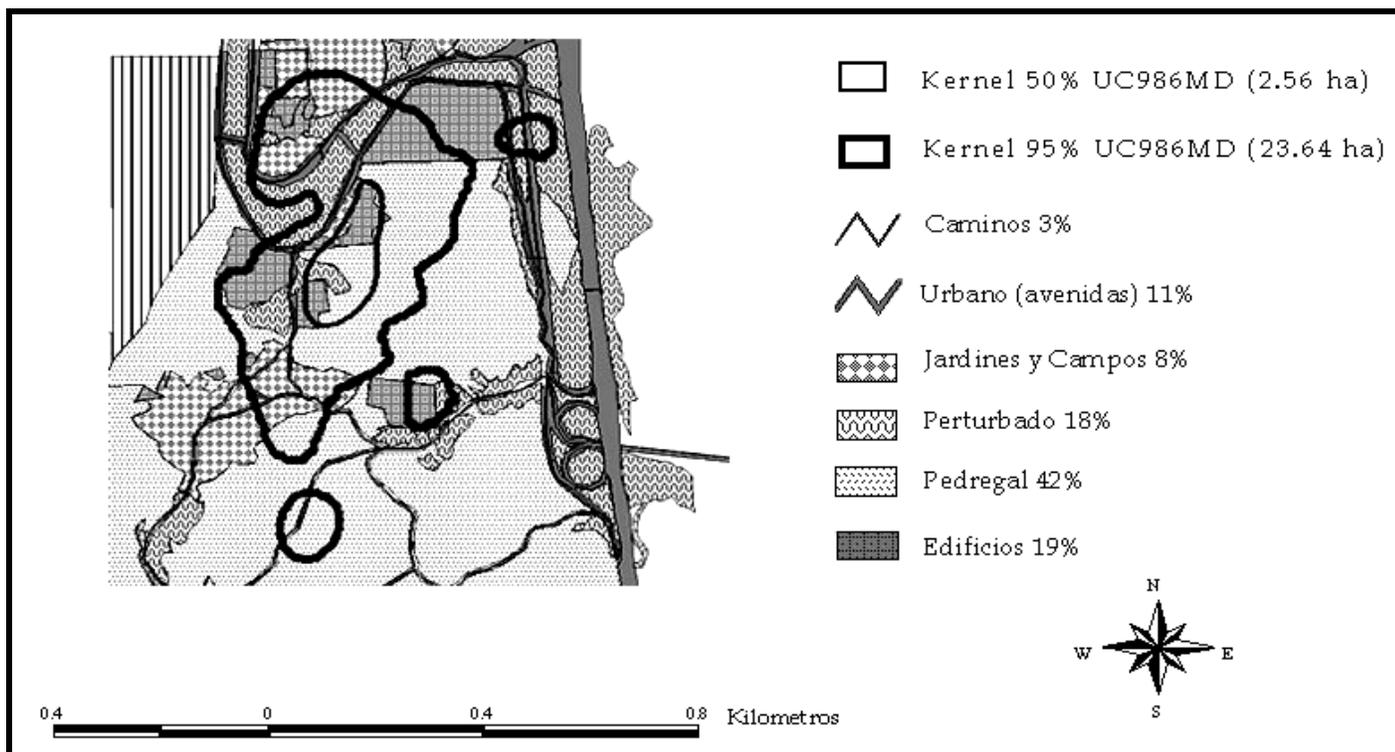


Figura 13.- Uso de hábitat del macho UC986MD

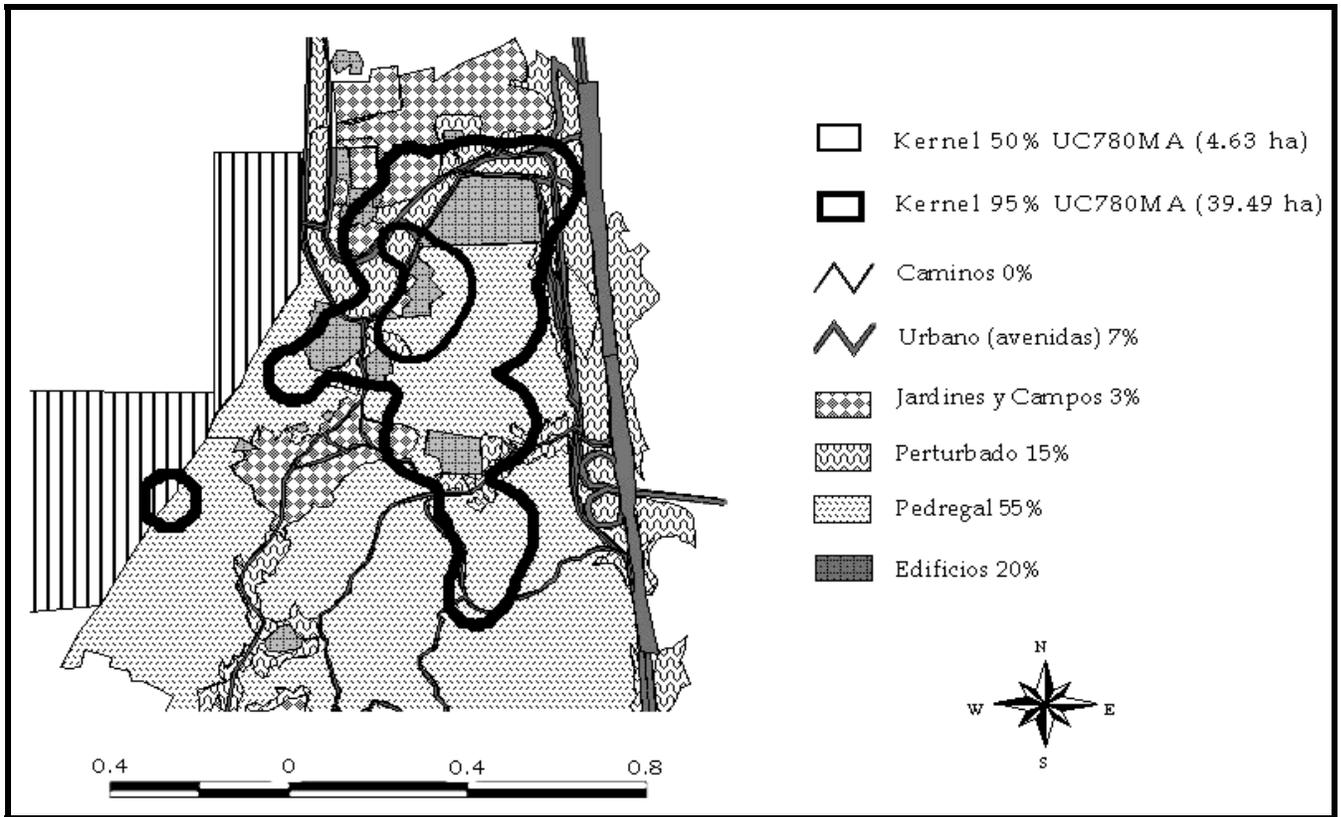


Figura 14.- Uso de hábitat del macho UC780MA

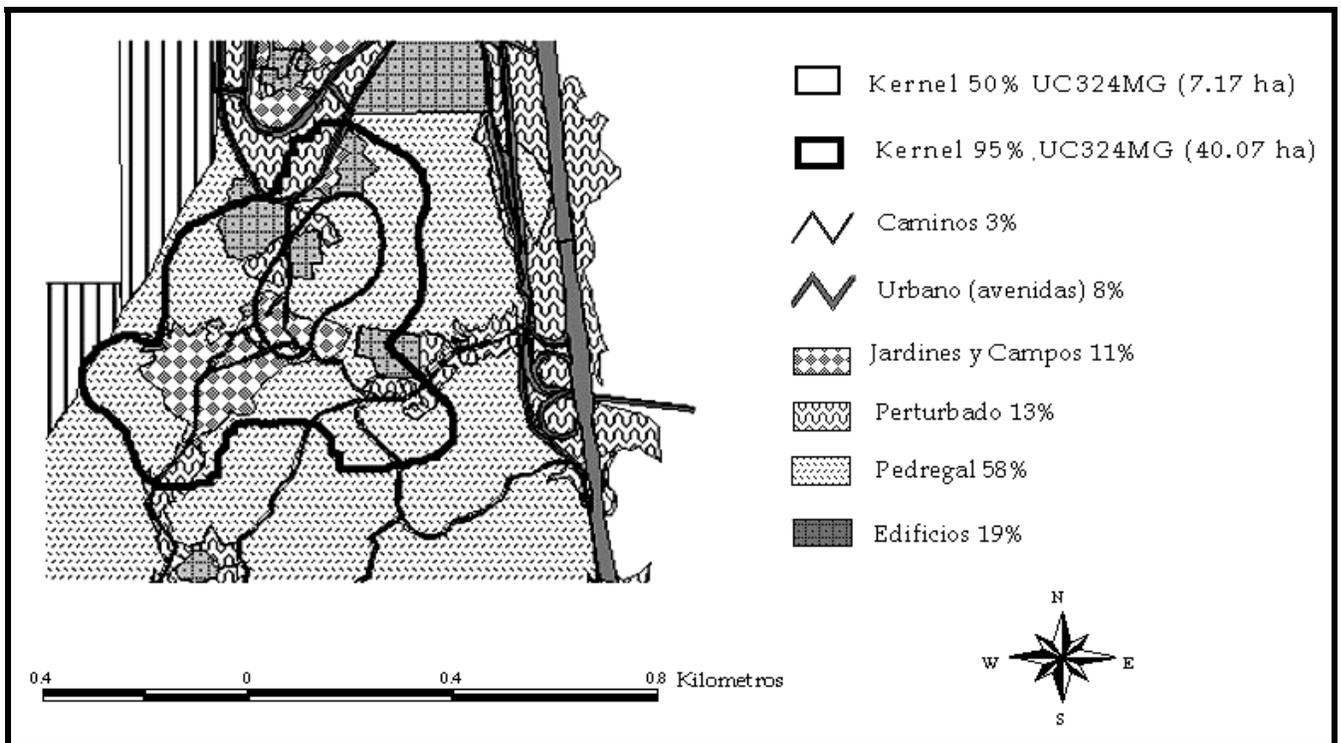


Figura 15.- Uso de hábitat del Macho UC324MG

#### 6.4.- Hábitos alimentarios

Se analizaron 38 excrementos encontrados en el área de captura, Jardín Botánico, reserva y áreas de construcción aledañas y la zona de construcción del Instituto de Biomédicas.

Los restos se clasificaron en las siguientes categorías: 1) artrópodos - exoesqueletos-, 2) mamíferos - pelos, huesos y fragmentos óseos no reconocibles a nivel de género-, 3) plantas - semillas y restos no considerados alimenticios como pasto y corteza- y 4) material no comestible tal como aluminio, papel, plástico.

La categoría de alimento más frecuente fueron los artrópodos, presentes en el 44 % de las muestras analizadas, seguida de mamíferos (31%) principalmente conejos y ardillas, y plantas (28%) como *Opuntia* spp. y *Phytolacca icosandra* (Tabla 8)

Tabla 8.- Frecuencia, porcentaje de ocurrencia y frecuencia relativa de alimentos encontrados en los excrementos de *U. cinereoargenteus*.

Alimento	Frecuencia	Porcentaje de ocurrencia (fi/N)100	Frecuencia Relativa (fi/∑fi)100
Artrópodos	17	44,7	39,53
Mamíferos (total)	12	31,6	27,91
<i>Sylvilagus floridanus</i>	3	7,9	6,98
Musaraña	1	2,6	2,33
Ardilla	3	7,9	6,98
Restos de mamíferos no identificables	5	13,2	11,63
Plantas (total)	11	28,9	25,58
<i>Opuntia</i> sp. 1	1	2,6	2,33
<i>Opuntia</i> sp. 2	1	2,6	2,33
<i>Phytolacca icosandra</i>	2	5,3	4,65
Restos de plantas no identificados	7	18,4	16,28
Material no alimenticio	3	7,9	6,98

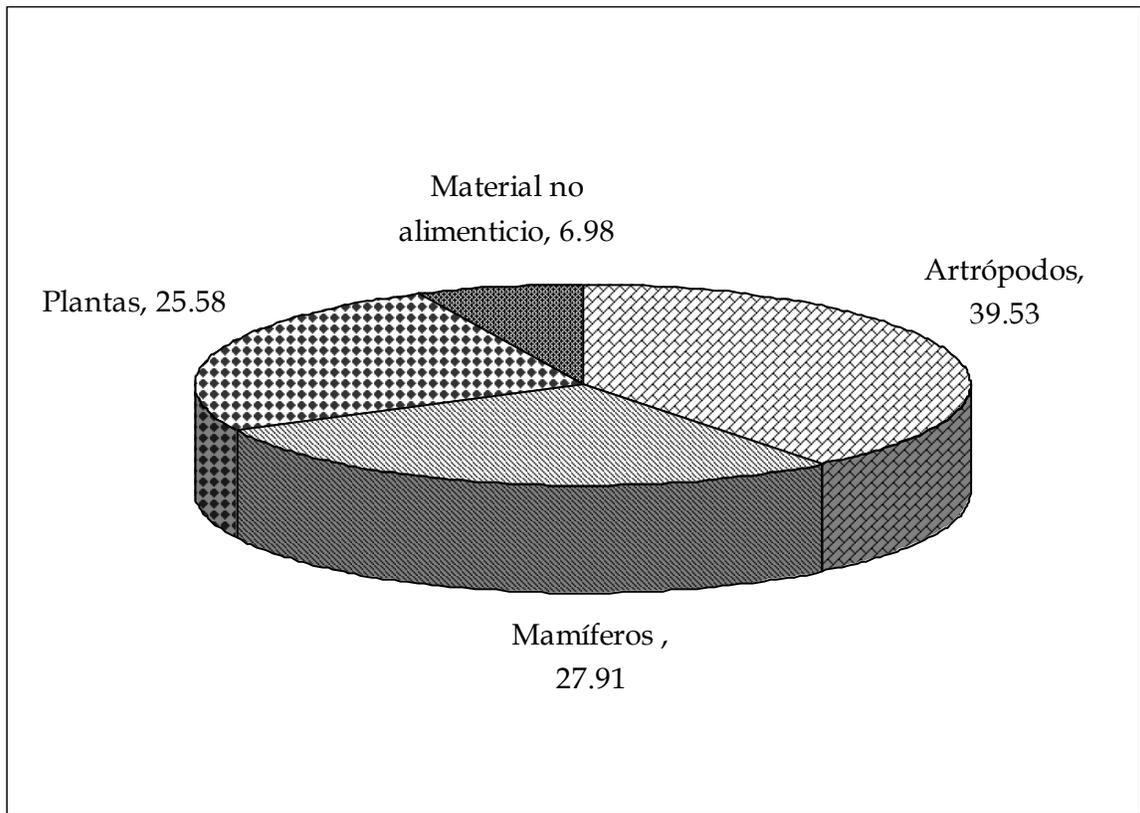


Figura 16.- Espectro alimentario. Frecuencia relativa

## 7.- DISCUSIÓN

### 7.1.- Captura

Todas las zorras fueron capturadas a un costado del Jardín Botánico o en los camellones del Circuito Exterior de Ciudad Universitaria, no se capturaron zorras en el interior de la reserva, pero como observamos por los datos de radio-seguimiento (Sección 7.3) las zorras salen de la reserva durante la noche para recorrer las zonas con infraestructura.

El éxito de captura final fue 1/27 noches trampa y se logró gracias a un cambio en el cebo utilizado bajo recomendación del Dr. Trapp (com. pers.) y que consistió en pan, yogurt de fresa y pasas. El cebo mas registrado en la literatura (Harrison, 1997) consiste en sardinas o pollo crudo y se obtienen buenos resultados, obtuvo un éxito de captura de 1/156 noches trampa. Esto tal vez responde a que los alimentos de origen antropogénico están más disponibles para los animales de esta zona y no sienten desconfianza hacia ellos sino que, incluso los buscan. (Sección 7.4.-Hábitos alimentarios)

Existe la posibilidad de que existan mas zorras en la zona que las 7 capturadas y la juvenil no capturada, particularmente en el lado este de la reserva en donde no realizamos el estudio por considerar el ambiente mas perturbado y el radio-seguimiento mas difícil. En esta zona se registró el hallazgo de una zorra joven-adulta muerta (fotografía 3) (Cano com. pers.)

Esta cantidad relativamente alta de zorras en un espacio tan reducido como la reserva y sus alrededores es sorprendente, ya que la densidad poblacional registrada para la especie es de entre 0.4 y 2.1 /km<sup>2</sup> (Fuller y Cypher, 2004; Fritzell, 1987) Considerando solamente a las zorras capturadas y observadas en la parte oeste de la reserva, la densidad poblacional es de 8/km<sup>2</sup>.

Esta densidad es mayor a la estimada por Laughrin (1977) para las zorras isleñas, *Urocyon littoralis*, (de 0.3 a 7.9 ind/km<sup>2</sup>) pese a que estas son 20% más pequeñas y se encuentran confinadas en las islas de la costa de California (Roomer *et al.*, 2004). Considerando esta densidad poblacional y el área de las zonas núcleo de la reserva (1.71 km<sup>2</sup> mapa anexo 1) la cantidad estimada de zorras grises es de 14 individuos.

Se ha registrado que la densidad poblacional de la especie esta relacionada con la calidad del hábitat, considerando particularmente la disponibilidad de alimento como factor limitante, esto podría explicar la alta densidad en la Reserva ya que la disponibilidad de alimento no parece ser limitante gracias al alimento de origen antropogénico y la gran cantidad de animales y plantas silvestres disponibles en la Reserva (sección 7.4). Considero que el alimento de origen antropogénico juega un papel muy importante en la alimentación de las zorras grises basándome en las observaciones directas de los animales pese a no poder confirmarlo con el tipo de estudio sobre hábitos alimentarios realizado en este trabajo.

## 7.2.- Área de actividad

Las zorras grises tienen áreas de actividad de tamaño variable, registradas desde 1 a 20 km<sup>2</sup> dependiendo principalmente de la cantidad de alimento disponible, la época del año y la calidad y tipo de hábitat (Fritzell y Haroldson, 1982) aunque también deberían considerarse el número de localizaciones y el método usado en la estimación.

En áreas silvestres como el bosque de roble de Missouri estudiada por Haroldson y Fritzell (1984), las zorras ocupan áreas de 676 ha en promedio mientras que en áreas suburbanas residenciales el área se reduce a 384 ha (Harrison 1997).

Las zorras del pedregal de San Ángel ocupan áreas mucho más reducidas, siendo en promedio 25.8 ha para las hembras y 34.4 ha para los machos (rango: ♀.- 17.5-34.1 ha; ♂.- 23.6-40.1 ha) obtenidos con el método Kernel y al 95% de los datos.

El área de actividad más grande correspondió a un macho, pero por su ubicación, fue el que presentaba mayor error. En este caso se consideraron sólo el 94% de los datos para eliminar las localizaciones más lejanas y con ángulos de intersección menos precisos.

Se ha registrado que las zorras grises se organizan en grupos familiares que defienden un territorio (Harrison, 1997), sin embargo, en el Pedregal de San Ángel no se observaron grupos familiares como tales; que se transporten, alimenten y defiendan un territorio juntos, sino que todas las zorras ocupaban un espacio muy reducido y son tolerantes a la presencia de otras del mismo o diferente sexo, e

incluso podían llegar a alimentarse en el mismo sitio sin mostrar interacciones agresivas. La única excepción fue la hembra UC720HU y dos juveniles quienes sí se trasladaban juntos y en general se comportaban como un grupo familiar por lo que suponemos que eran sus crías.

Todas las áreas de actividad que obtuvimos mostraban algún grado de sobreposición. De acuerdo con Chamberlian y Leopold (2000) los grupos familiares pueden presentar sobreposición en las áreas más externas de su área de actividad, pero presentan exclusividad en las áreas núcleo. En el caso de las zorras del Pedregal, algunas áreas de actividad se encontraban casi totalmente comprendidas dentro de otras (ej. ♀ UC720HU 92% y ♂ UC986MD 83% Tabla 5). Esta sobreposición no dependía del sexo de los individuos.

Todas las áreas de actividad estaban localizadas en la periferia de la reserva y en terrenos urbanizados como jardines, estacionamientos, campos deportivos, camellones, y otros. De acuerdo a los datos de este estudio, las zorras salen de la reserva todas las noches, consiguen su alimento e interactúan fuera de ella, regresando al ambiente silvestre para pasar el día en la protección del pedregal. Por desgracia las señales de radio durante el día eran demasiado débiles como para detectarlas y confirmar en qué zonas específicas de la reserva se encontraban los animales. No recibimos ninguna señal desde fuera de la reserva durante el día.

### **7.3.- Uso de hábitat**

El área de actividad total para todos los individuos, incluía una mayor superficie de ambientes alterados o artificiales (urbanos, perturbados, edificios, caminos, jardines y campos) que de reserva, lo cual es un indicio de que las actividades de forrajeo de las zorras se llevan a cabo en zonas fuera de la Reserva.

De acuerdo a nuestros datos, los animales hacen uso de la Reserva para refugiarse durante el día y para reproducirse, por lo que podemos asegurar que es indispensable para la subsistencia de esta población. La ausencia de áreas naturales podría explicar que no se tengan reportes de zorras viviendo en otras zonas arboladas dentro de la Ciudad de México, como el Bosque de Chapultepec, que pese a ser de mayor tamaño, está mas perturbado y no cuenta con tantos lugares de refugio como la Reserva. Aquí, la irregularidad en el terreno limita el paso de las personas y vehículos y forma gran número de oquedades ocupados por muchos animales incluyendo las zorras grises.

Dentro de las 6 categorías de ambiente que determinamos para este estudio, el pedregal fue el ambiente disponible más abundante (48%). Las zorras utilizaron éste y los otros ambientes de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente (Tabla 7).

El alto porcentaje de sobreposición y las áreas de actividad reducidas de las zorras del pedregal es un efecto de la falta de espacio disponible en la reserva (237 ha en total, 94.9 ha para la Zona Núcleo Poniente), pero probablemente sea la gran

disponibilidad de alimento la que favorece la existencia de áreas de actividad tan pequeñas.

Otro efecto de la abundancia de alimentos lo representa el peso de los individuos, todas las zorras del Pedregal pesaron en promedio 4.2 Kg (4.1 - 4.4) para las hembras y 4.7 kg (4.3 - 5.3) para los machos. El rango de peso registrado para las zorras es de 3 a 5 Kg. (Fritzell y Haroldson, 1982; Fedriani *et al.*, 2000). Las zorras del Pedregal se encuentran dentro del peso registrado para la especie pero cerca de los límites superiores, particularmente las hembras, que pesaron en general un Kg más que las registradas por Grinnell (1937) en California, EUA (2 - 3.9 Kg.).

#### **7.4.- Hábitos alimentarios y ciclo circadiano**

La dieta de las zorras del pedregal está constituida principalmente de artrópodos (particularmente ortópteros y coleópteros) seguido de mamíferos pequeños (Conejos, ardillas) (Tabla 8), los cuales constituyen alimentos naturales y presentes en la reserva, por lo que las zorras hacen uso de los recursos que les provee el Pedregal.

El análisis de excrementos que realizamos no puede determinar con exactitud la presencia de restos de comida antropogénica, ya que ésta no deja residuos reconocibles al microscopio por no tener partes duras o no digeribles. Sin embargo, si se encontraron algunos restos de papel aluminio, papel y plástico, incluso una bolsa completa enrollada en una excreta, que son claros indicios del

consumo de alimento de origen antrópico, aunque no se puede cuantificar la importancia de estos alimentos en la dieta de las zorras en Ciudad Universitaria.

Se ha registrado que la alimentación de las zorras se compone principalmente de mamíferos en invierno, y en verano de insectos y diversas frutas y semillas (Fritzell y Haroldson, 1982, Fuller y Cypher, 2004), pero no hay registros precisos de componentes antropogénicos aunque sí se registra que las zorras consumen hortalizas y cultivos de maíz y otros granos (Fritzell, 1987). Las zorras de esta población se alimentan, como esta registrado para otras (Saunders *et al.*, 1993; Trapp y Hallberg, 1975), de insectos, mamíferos pequeños, algunas frutas y semillas provenientes de la Reserva y del Jardín Botánico, pero además consumen comida dejada por los visitantes y trabajadores en las zonas aledañas la reserva.

En diversas ocasiones observamos a las zorras extraer alimentos de los contenedores de basura localizados en el estacionamiento del Jardín Botánico y del Instituto de Ecología. Los trabajadores de vigilancia informaron que a menudo alimentaban a las zorras con galletas y pastelitos dulces y dejaban restos de comida intencionalmente para alimentar a los animales de la zona, principalmente zorras, cacomixtles y tlacuaches, estos últimos frecuentemente quedaban atrapados en los contenedores de basura.

Las observaciones directas nos permitieron determinar que los patrones de actividad de las zorras grises responden a las actividades dentro de Ciudad Universitaria. Esta afirmación no pudo ser comprobada mediante radio

seguimiento debido a que no se lograron obtener suficientes datos durante el día en los periodos de seguimiento de 24 horas. En los datos que si se obtuvieron, en su mayoría pertenecientes al macho UC986MD, no se registro movimiento antes de las 19:00 hrs.

En las zonas de observación, cercanas a las zonas con infraestructura humana, las zorras eran visibles a partir de las 21:00 horas en los días laborables y desde el atardecer en días no laborables. Estas observaciones son consistentes con lo registrado en otros estudios de zorras en ambientes urbanos como el realizado por Macdonald *et al.* (1987), quienes registran que las zorras rojas de Oxford evitaban las zonas y horarios con mayor actividad humana e incluso respondían a las horas de salida de locales nocturnos y eventos deportivos.

### **7.5.- Radio-seguimiento urbano**

La Reserva del Pedregal de San Ángel se encuentra en una de las ciudades más grandes del mundo, y pese a que la parte sur de la ciudad no es de las más densamente pobladas, si tiene una gran actividad comercial que conlleva mucho movimiento de vehículos a lo largo de todo el día y parte de la noche. A pesar de esto, considere el área de estudio como suburbana debido a que se encuentra completamente rodeada por la Ciudad Universitaria que tiene un gran número de áreas verdes entre los edificios, camellones de gran tamaño con vegetación nativa

mezclada con vegetación exótica, y pocas calles lo que ofrece un ambiente muy heterogéneo y poco común en el interior de las ciudades, además, la universidad reduce considerablemente sus actividades a partir de las 19:00 horas y no presenta prácticamente ningún movimiento nocturno.

El radio-seguimiento en la ciudad se vio afectado por un gran número de señales de interferencia provenientes de radio patrullas, taxis, ambulancias, frecuencias de radio y televisión, y de radio-aficionados, así como el del tráfico de vehículos pesados en las avenidas cercanas (Av. de los Insurgentes y Periférico). Esta interferencia imposibilitaba la toma de datos durante el día y la dificultaba durante la noche.

Pese a que en algunas ocasiones se registró avistamientos de zorras a horas mas tempranas de la tarde, los horarios de toma de datos tuvieron que restringirse a las horas en las que el paso de vehículos cesaba por completo (entre las 22:00 y las 5:00, horas) para reducir la interferencia en la señal de radio. Estos avistamientos fueron escasos ya que los animales solían respetar también el horario vehicular (Sección 7.4)

El radio-seguimiento urbano se enfrenta también a problemas relacionados con la seguridad, de tal manera que no era aconsejable ingresar a los terrenos de la reserva durante la noche para buscar a los animales, dado que se sabe que hay gente que vive en el interior de la reserva, o ingresa en ella para consumir

estupefacientes o depositar ilegalmente cascajo o basura (Com. Pers. Vigilancia UNAM), además del grave problema de la presencia de jaurías de perros ferales.

El riesgo de vandalismo y robo impidió el colocar una estación de telemetría en el interior de la reserva, lo que hubiera permitido obtener mejores datos.

### **7.6.-Error de los datos**

El efecto de la interferencia de las señales de radio en la ciudad, generó un error promedio de 28.1 grados para las dos antenas, siendo el error de Proteo mucho mayor ( $44.6 \pm 38.6$ ) que el de la antena del IE ( $11.5 \pm 6.7$ ). Además, el error fue variable durante la noche siendo mayor al anochecer y al amanecer.

Este error es tan grande y tan variable, que los datos difícilmente hubieran sido de utilidad a no ser por el hecho de que la distancia a la que se encontraban los animales de las antenas era muy poca, lo que reduce el error real. Por ejemplo, una zorra a 100 metros de las antenas con el mayor error registrado se ubicaría en un radio de 100 metros de su ubicación real, distancia poco considerable para el análisis final de los datos, con el error promedio esta distancia es de 53 m. El volumen de la señal es un indicador de la distancia a la que se encuentran los animales y en algunos estudios se utiliza el volumen para determinar la distancia de los individuos con antenas omni-direccionales en lugar de hacer el seguimiento con antenas direccionales (Atkinson *et al.*, 2002)

En el caso de este estudio, las únicas señales distinguibles entre el ruido eran las de individuos que se encontraban muy cerca de las antenas, todos las

localizaciones se encontraron a una distancia máxima de (600 metros) y la mayoría a menos de 200 lo que reduce el error real considerablemente.

Se eliminó el 5% de los datos, práctica ampliamente utilizada y que tiende a eliminar datos aberrantes y aquellos que no representan movimientos normales de los animales (White y Garrott, 1990) esta práctica y la toma de datos simultánea también ayudan a disminuir el error de las localizaciones

Se calcularon áreas de actividad con Polígono Mínimo Convexo (PMC) y con el método Kernel Fijo utilizando el 95% y el 50% de los datos. En el caso de la zorra cuya localización presentó el mayor error (UC324MG), se calculó el PMC con sólo el 94% de los datos, esto redujo su área de actividad de 140 a 67 ha ya que éste 1% eliminó 2 localizaciones que estaban muy alejadas del resto, con un ángulo de intersección poco confiable, y en una zona en la que es poco probable que hubiera estado.

La cantidad de localizaciones obtenida a lo largo del tiempo de estudio fue pequeña y variable dependiendo del individuo y más precisamente, dependía de su ubicación, ya que algunas señales se perdían en rebotes en los edificios y muros y dentro de las oquedades de la piedra volcánica característica de la zona; o quedaba enmascarada por el ruido y la interferencia.

Durante la temporada de lluvias se disminuía la recepción de la señal, lo que podía responder a que los animales no se alejaban mucho de sus madrigueras o

simplemente a que la humedad ambiental amortigua las señales de radio lo que dificulta su recepción.

## 8.- CONCLUSIONES

A pesar de presentar perturbación y de su reducido tamaño, la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel alberga una gran población de zorras grises en relación al tamaño del área, además de que se encuentran en buena condición física y se están reproduciendo.

La zorra gris es una especie generalista, altamente adaptable a diversas condiciones ambientales y tipos de alimentación (Fritzell y Haroldson, 1982; Harrison, 1997; Leopold, 1990), pero no se tienen registros previos de áreas de actividad tan reducidas ni de densidades tan altas como las observadas en este estudio.

El uso de áreas perturbadas o ambientes artificiales fuera de la reserva, el consumo de origen antrópico y el patrón de actividad humana dentro de la Universidad, confirman que la zorra gris es una especie de hábitos generalistas. Y es precisamente esta capacidad de utilizar recursos ajenos al hábitat natural lo que le permite a esta especie persistir en sitios perturbados, suburbanos y agrícolas a lo largo de su área de distribución.

Aunque las zorras muestran una gran adaptabilidad a las condiciones artificiales de Ciudad Universitaria, las zorras no pueden utilizar las áreas urbanas fuera de Ciudad Universitaria, por lo que se encuentran completamente aisladas de otras poblaciones de zorra gris, y su sobrevivencia a largo plazo dependerá de que se haga un manejo de la población.

Aunque las zorras utilizaron todos los ambientes del área de estudio en función de su disponibilidad , el hecho de que la alimentación principal de las zorras consiste en elementos que se encuentran dentro del Pedregal (dentro y fuera de la reserva), y que la Reserva es el principal sitio de refugio crianza para las zorras, indica que el desarrollo de infraestructuras puede reducir la viabilidad de la población en Ciudad Universitaria, por lo que la construcción de nuevos edificios debe hacerse afectando lo menos posible el área ocupada por el Pedregal.

Los perros y gatos ferales que viven en la reserva pueden estar reduciendo las posibilidades de la persistencia de la población de zorras en la reserva, ya que pueden transmitirles enfermedades como el moquillo y el parvovirus; También es muy posible que estén compitiendo con las zorras por el alimento, y finalmente, se han encontrado tlacuaches matados por perros, y las zorras pueden ser también, víctimas de los perros que habitan la reserva. Propongo un programa intensivo de control de perros y gatos ferales en el interior de la Reserva y de esterilización de estos animales en Ciudad Universitaria. De la misma manera sería de utilidad un programa de información a la comunidad del efecto que estos animales tienen en la fauna silvestre para evitar el abandono de mascotas no deseadas en la zona.

El estudio de esta población planteó varias interrogantes principalmente relacionadas al reducido número total de individuos y al hecho de haber estado aislada por más de cuarenta años. ¿Cuál es el grado de endogamia en la población?, ¿Podría este factor terminar por extinguirla si no se da un manejo de la

población? Tener conocimiento sobre la genética de la población podría ayudar a generar un plan de manejo eficiente para garantizar su supervivencia, por lo que debe ser el siguiente paso en el estudio de esta especie en la Reserva.

### *Problemas y recomendaciones*

El radio seguimiento urbano presentó un gran número de problemas principalmente relacionados con la interferencia de las ondas electromagnéticas producidas en la ciudad, el uso de otros métodos de radio-seguimiento, como collares satelitales o de GPS podrían ser mas adecuados previo análisis del error obtenido con estos collares, los costos actuales y el tamaño de los equipos pueden no ser adecuados aún para realizar un estudio similar en la Reserva.

La instalación de trampas de cámara en lugares clave podrían brindar una estimación de los individuos presentes en distintas partes de la reserva y también serian útiles para determinar si algunas especies que no se han registrado en la reserva en varios años, como las comadrejas, aún están presentes; sin embargo es necesario garantizar la seguridad del personal y equipo dentro de la reserva para poder llevar a cabo estas actividades.

La conservación de las especies del pedregal requiere de una mayor conciencia sobre su importancia y de las condiciones que presenta actualmente. El interés de la comunidad universitaria y de las autoridades responsables mejorarían estas condiciones mediante acciones sencillas como limitar el acceso de vehículos y

controlar el acceso de personas mediante permisos para el uso de la reserva, evitar el depósito ilegal de basura y casajo así como la construcción de infraestructura en las zonas cercanas a la reserva para evitar la perturbación. La construcción de bardas sería una buena opción para reducir el impacto antrópico en la reserva, siempre y cuando se considere en su diseño la movilidad de las zorras y otros animales.

Es necesario un programa de divulgación y educación sobre la Reserva que fomente el interés y el conocimiento sobre las características únicas de esta área como último remanente de la vegetación y fauna originales del sur de la ciudad de México

## BIBLIOGRAFIA

**Ackerman, B. B.**, F. Lindzey y T. Hemker. 1984. Cougar Food Habits in Southern Utah. Journal of Wildlife Management, 48:147-155.

**Alldrege J. R.** y J. T. Ratti, 1986. Comparison of some statistical techniques for análisis of resource selection. Journal of Wildlife Management, 50:157-165

**Alldrege J. R.** y J. T. Ratti, 1992. Further Comparison of some statistical techniques for análisis of resource selection. Journal of Wildlife Management, 56:1-9

**Álvarez-Sánchez, F. J.**, J. Carabias-Lillo, J. Meave del Castillo, P. Moreno-Casasola, D. Nava-Fernández, F. Rodríguez-Zahar, C. Tovar-González y A. Valiente-Banuet. 1986. Proyecto para la creación de una reserva en el pedregal de San Ángel. Cuadernos de Ecología No. 1, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

**Andersen, D.E.**, O.J. Rongstad. 1989. Home-Range estimates of Red-Tailed Hawks Based on Random and Systematic Relocations. Journal of Wildlife Management 53(3):802-807.

**Anderson, D.J.** 1982. The Home Range: A New Nonparametric Estimation Technique. Ecology 63(1): 103-112

**Atkinson, R.P.**, C.J. Rhodes, D.W. Macdonald y R.M. Anderson. 2002. Scale-free dynamiscs in the movement patterns of jackals. Oikos 98:134

**Bjurlin, C.D.**, B.L.Chypher, C.M. Wingert y C.L. Van Horn Job. 2005. Urban Roads and the Endangered San Joaquin Kit Fox. Final Report Submitted to the California Department of Transportation. USA

**Boulanger, J. G.** y G. C. White. 1990. A Comparison of Home-Range Estimators Using Monte Carlo Simulation. Journal of Wildlife Management 54(2):310-315.

**Burt, W. H.** 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. Journal of Mammalogy, 24:346-352.

**Castellanos-Morales, 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. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

**Chávez-Tovar, C.** 1993. Dinámica poblacional y uso de hábitat por los roedores en un matorral de palo loco (*Senecio praecox*). Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.

**Chávez-Tovar, C.**1998. Los mamíferos silvestres de la reserva "El Pedregal": testigos del avance de la civilización. Especies 7(5):24-25.

**Chamberlain M.J.** y B.D. Leopold. 2005. Overlap in space use among Bobcats (*Lynx rufus*), coyote (*Canis latrans*) and grey foxes (*Urocyon cinereoargenteus*). American Midland Naturalist 153:171-179

**Cohn, J. P.** 2005. Urban Wildlife. Bioscience 55(3): 201- 205.

**Crooks K.R.** 2002. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. Conservation Biology 16(2):488-502

**Doncaster, C. P.** y D. W. Macdonald. 1991. Ecology and Ranging Behaviour of Red Foxes in The City of Oxford. Hystrix 3(1991):11-20

**Dunn, J.E.** y P.S. Gipson. 1977. Análisis of Radio Telemetry Data in Studies of Home Range. Biometrics 33:85-101

**Esri.** 1997. ArcView. Version 3.1. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, California, USA ([www.esri.com/software/arcview/index.html](http://www.esri.com/software/arcview/index.html))

**Faeth, S. H.,** P. S. Warren, E. Shochat y W. A. Marussich. 2005. Trophic Dynamics in Urban Communities. BioScience 55(5):399-407

**Fedriani, J.M.,** T.K.Fuller, R.M. Sauvajot y E.C. York. 2000. Competition and Intraguild Predation Sympatric Carnivores. Oecologia 125(2):258-270

**Fritzell, E.K.** 1987. Grey fox and island grey fox. En: Novak, M.; Baker, J.A.; Obbard, M.E.; Malloch, B. (Eds). Wild furbearer management and conservation in North America. Ontario Ministry of Natural Resources. Pp. 409-431

**Fritzell, E.K.** y K. J. Haroldson. 1982. Urocyon cinereoargenteus. Mammalian Species 189:1-8.

**Fuller, T.K.** 1978. Variable home-ranges of female grey foxes. Journal of Mammalogy 59:446-449

**Fuller, T.K.;** B.L. Chyper, 2004. Grey Fox Pp.92-97, En: Sillero-Zubiri C; M Hoffman; D MAcdonald (Eds.) Canids: Foxes, Wolves, Jackals and Dogs - 2004 Status Survey and Conservation Action Plan. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.

**Gaceta UNAM.** Zonificación de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel 3,813, Junio 2005

**Gautestad, A. O.** y I. Mysterud, 1993. Physical and biological mechanism in animal movement processes. Journal of Applied Ecology 1993(30):523-535.

**Gautestad, A. O.** y I. Mysterud. 1995. The home range ghost. OIKOS 74:195-204.

**Gosselink, T. E.,** T. R. Van Deelen, R. E. Warner, and M. J. Joselyn. 2003. Temporal habitat partitioning and spatial use of coyotes and red foxes in east-central Illinois. Journal of Wildlife Management 67:90-103.

**Haroldson K.J.,** E.K. Fritzell. 1984. Home Ranges, Activity, and Habitat Use by Gray Foxes in an Oak-Hockory Forest. Journal of Willife Management 48(1): 222-227.

**Harrison, R. L.** 1993. A survey of anthropogenic ecological factors potentially affecting gray foxes (*Urocyon cinereoargenteus*) in a rural residential area. The Southwestern Naturalist 38(4):352-356.

**Harrison, R.L.** 1997. A comparison of gray fox ecology between residential and undeveloped rural landscapes. Journal of Wildfile Management. 61(1):112-122.

**Harrison R.L.** 2003. Swift fox demography, movements, denning and diet in New Mexico. The Southwestern Naturalist. 48(2):261-273

**Hayne, D. W.** 1949. Calculation of size of home range. Journal of Mammalogy 30:1-17

**Hernández-Zacarias, C. C.,** T. Terrazas Arana y E. Linares Mazan. 1990. Las colecciones del Jardín Botánico del Instituto de Biología. México: Universidad Nacional Autónoma de México

**Hooge, P. N.** y B. Eichenlaub. 1997. Animal movement analyst extension to arc view ver. 1.1. Alaska Biological Science Center, U. S. Geological Survey. Anchorage, AK. USA.

**Jaksic, F.M.** y J.E. Jiménez. 1992. A long-term study on the dynamics of guild structure among predatory vertebrates at a semi-arid Neotropical site. Oikos 67:87-96

**Jaksic, F., M. E. Jiménez, S. S. Castro y P. Feinsinger.** 1992. Numerical and functional response of predators to a long-term decline in mammalian prey at a semi-arid Neotropical site. Oecologia 89:90-101

**Jenrich, R. I.** y F. B. Turner. 1969. Measurement of non-circular Home Range. Journal of Theoretical Biology 22:227-237

**Kamler J. K. ,** W.B. Ballard, E.B. Fish, P.R. Lemons, K. Mote y C.C. Perchellet. 2003. Habitat use, home ranges and survival of swift fox in a fragmentes landscape: conservation implications. Journal of Mammalogy, 84(3):989-995

**Kavanau J.** y J. Ramos. 1972. Twilights and onset and cessation of carnivore activity. Journal of Wildlife Management 36(2):653-657

**Kernohan B.J.,** J.J. Millspaugh, J.A. Jenks y D.E. Naugle. 1998. Use of an adaptive kernel home-range estimatos in a GIS enviroment to calculate habitat use. Journal of Enviromental Management, 53: 83-89

**Kernohan, B. J.,** R. A. Gitzen y J. J. Millspaugh. 2001. Analysis of Animal Space Use and Movements. pp. 125-166. En: Millspaugh, J. J. Y J. M. Marzluff (Eds.). 2001. Radio Tracking and Animal Populations. Academic Press. USA.

**Lavin S. R.** , T.R. Van Deelen, P.W. Brown, R.E. Warner y S.H. Ambrose. 2003. Prey use by red foxes (*Vulpes vulpes*) in urban and rural areas of Illinois. Canadian Journal of Zoology. 81:1070-1082

**Leopold, A. S.** 1990. Fauna Silvestre de México. Editorial Pax, México, 673p.

**List, R.**, 1997. Ecology of kit fox (*Vulpes macrotis*) and coyote (*Canis latrans*) and the conservation of the prairie dog ecosystem in northern Mexico. Tesis de Doctorado, Department of Zoology, University of Oxford, England

**Litvaitis, J. A.**, 2000. Investigating Food Habits of Terrestrial Vertebrates. Pp. 165-190., En: L. Boitani y T. K. Fuller (Eds.). Research Techniques in Animal Ecology; Controversies and Consequences. Columbia University Press. USA.

**Litvaitis, J. A.**, K. Titus y E. M. Anderson. 1996. Measuring Vertebrate Use of Terrestrial Habitats and Foods. Pp. 254-274 en T. A. Bookhout, ed. Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats. Bethesda, USA: The Wildlife Society

**Macdonald, D.**, 1987. Running with the fox. UK: Unwin Hyman Limited.

**McKinney, M. L.** 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. BioScience 52(10):883-390

**McNay, R. S.**, J. A. Morgan y F. L. Bunnell. 1994. Characterizing Independence of Observations in Movements of Columbian Black-Tailed Deer. Journal of Wildlife Management. 58(3): 422-429.

- Mikesic, D. G.** y C.T. LaRue. 2003. Recent status and distribution of red foxes (*Vulpes vulpes*) in northeastern Arizona and southeastern Utah. The Southwestern Naturalist 48(4):624-634
- Mohr, C.** 1947. Table of equivalent populations of North American Small mammals. American Midland Naturalist 37:223-249
- Myers, N.** 1997. Mass extinction and evolution. Science 278:597-598
- Negrete Y., A.** 1991. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica "El Pedregal". Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México D. F.
- Negrete Y., A.** y J. Soberón. 1994. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica El Pedregal. En: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel"; Ecología, Historia Natural y Manejo. UNAM, México.
- Noss, R. F.** y B. Csuti. 1997. Habitat Fragmentation. Pp. 269-304 en G. K. Meffe y R. C. Carroll, eds. 1997. Principles of Conservation Biology. USA: Sinauer Associates
- Neu, C.W.,** C.R. Byers y J.M. Peek. 1974. A Technique for Análisis of Utilization-Availability Data. Journal of Wildlife Management 38(3):541-545
- Panti-Madero, M. A.** 1984. Contribución al conocimiento del Pedregal de San Ángel sobre el problema de su flora y su conservación. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Powell, R. A.** 2000. Animal Home Ranges and Territories and Home Range Estimators. Pp 65-110, En: L. Boitani y T. K. Fuller (Eds.). Research Techniques in Animal Ecology; Controversies and Consequences. Columbia University Press. USA.

- Prange, S. y S. D. Gehrt.** 2004. Changes in Mesopredator-Community Structure in Response to Urbanization. Canadian Journal of Zoology 82(11):1804-1817.
- Rettie W. J. y P.D. McLoughlin.** 1999. Overcoming radiotelemetry bias in habitat-selection studies. Canadian Journal of Zoology. 77 (8): 1975-1184
- Reynolds, T. D. y J. W. Laundré.** 1990. Time Intervals for Estimating Pronghorn and Coyote Home Ranges and Daily Movements. Journal of Wildlife Management 54(2):316-322.
- Riley, S. P. D., R. M. Sauvajot, T. K. Fuller, E. C. York, D. A. Kamradt, C. Bromley y R. K. Wayne.** 2003. Effects of Urbanization and Habitat Fragmentation on Bobcats and Coyotes in Southern California. Conservation Biology 17(2): 566-576.
- Rojo, A. (comp).** 1994. Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel. Ecología, historia natural y manejo. UNAM. México
- Roemer G. W., T. J. Coonan, L. Munson y R. K. Wayne.** 2004. Island Fox. Pp 97-105, En: Sillero-Zubiri C; M Hoffman; D Macdonald (Eds.) Canids: Foxes, Wolves, Jackals and Dogs - 2004 Status Survey and Conservation Action Plan. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Rooney, S. M., A. Wolfe y T. J. Hayden.** 1998. Autocorrelated data in telemetry studies: time to independence and the problem of behavioral effects. Mammal Rev. 28(2):89-98.
- Rzedowski, J.** 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politecnico Nacional, 8 (1-2):59-129.

- Samuel, MD** y K.P. Kenow. 1992. Evaluating habitat selection with radio-telemetry triangulation error Journal of Wildlife Management. 56(4):725-734
- Saunders, G.;** P. C. L. White; S. Harris y J.M.V.Rayner. 1993. Urban foxes (*Vulpes vulpes*): food acquisition, time and energy budgeting of a generalized predator. Symp. Zool. Soc. Lond (1993) No 65: 215-234.
- Schmutz J.A.** y G.C. White. 1990. Error in telemetry studies: effects of animal movement on triangulation. J. Wildl. Manage 54(3):506-510
- Seaman, D.E.,** J.J. Millspaugh, B.J. Kernohan, G.C. Brundige, K.J. Raedeke y R.A. Gitzen. 1999. Effects of Sample Size on Kernel Home Range Estimates. Journal of Wildlife Management 63:739-747.
- Seaman, D. E.** y R. A. Powell. 1996. An evaluation of the accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis. Ecology 77(7): 2075-2085.
- Segura-Burciaga, S. G.** y M. Martínez-Ramos. 1994. La introducción de especies a comunidades naturales: El caso de *Eucalyptus resinifera* Smith. (Myrtaceae) en la reserva "El Pedregal" de San Ángel. En: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel"; Ecología, Historia Natural y Manejo. UNAM, México.
- Servicio Meteorológico Nacional.** 2004. [www.smn.gob.mx](http://www.smn.gob.mx)
- Schoener T. W.** 1981. An empirically based estimate of home-range. Theoretical Population Biology. 20: 281-325.
- Soberón M. J.** Ma. De la C. Rosas M. y G. Jiménez C. 1991. Ecología hipotética de la reserva del Pedregal de San Ángel. Ciencia y Desarrollo, (99): 25-38.

- Sovada M. A.**, C. R. Christiane, J. D. Telesco. 2001. Seasonal food habits of swiftfox (*Vulpes velox*) in cropland and rangeland landscapes in western Kansas. The American Midland Naturalist. 145:101-111
- Springer J. T.** 1979. Some Sources of Bias and Sampling Error in Radio Triangulation. Journal of Wildlife Management 43(4):926-935.
- Suzán-Aspiri, G.** 1998. Rabia, toxoplasma y parvovirus en mamíferos silvestres de dos reservas del Distrito Federal. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Swihart R. K.** y N. A. Slade. 1985a. Influence of Sampling Interval on Estimates of Home Range Size. Journal of Wildlife management. 49(4): 1019-1025.
- Swihart R. K.** y N. A. Slade. 1985b. Testing for Independence of Observations in Animal Movements. Ecology. 66(4):1176-1184.
- Swihart R. K.** y N. A. Slade. 1986. The Importance of Statistical Power when Testing for Independence in Animal Movements. Ecology. 67(1): 255-258.
- Trapp, G. R.** 1978. Comparative behavioral ecology of the ringtail and gray fox in southwestern Utah. Carnivore, 1(2):3-32.
- Trapp, G.R.** y L. Hallberg. 1975. Ecology of the gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*): a review. Pp 164-178. in The Wild Canids. M.W. Fox, ed. Van Nostrand Reinhold. N.Y, USA.
- Valiente- Banuet, A.** y E. de Luna García. 1990. Una lista florística del pedregal de San Ángel. Acta Botánica Mexicana, 9: 13-30.

**Weston, J.L.** y I.L. Brisbin. 2003. Demographics of a protected population of grey foxes (*Urocyon cinereoargenteus*) in South Carolina. Journal of mammalogy 84(3):996-1005

**White, G. C.** y R. A. Garrott. 1990. Analysis of Wildlife Radio-Tracking Data. Academic Press. USA.

**Withey, J. C.,** T. D. Bloxton y J. M. Marzluff. 2001. Effects of Tagging and Location Error in Wildlife Radiotelemetry Studies. Pp 43-63, En: Millspaugh, J. J. Y J. M. Marzluff (Eds.). 2001. Radio Tracking and Animal Populations. Academic Press. USA.

**Worton, B. J.** 1989. Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home Range Studies. Ecology, 70(1):165-168.

**Worton, B. J.** 1995. Using Monte Carlo Simulation to Evaluate Kernel-Based Home Range Estimators. Journal of Wildlife Management 59(4): 794-800.

**Wyatt, D. T.** 1993. Home Range Size, Habitat Use and Food Habits of Ringtails (*Bassariscus astutus*) in a Central Valley Riparian Forest, Sutter Co., California. Master of Science theses, California State University, Sacramento, CA.

# APENDICE: MAPA Y FOTOGRAFÍAS





**Universidad Nacional  
Autónoma de México**

**Legenda:**

	<b>Zona</b>		<b>Superficie</b>
	<b>Núcleo</b>		<b>171 ha</b>
	Protección estricta		
	<b>Amortiguamiento</b>		<b>66 ha</b>
	Uso restringido para protección ambiental		

**Superficie total de la Reserva: 237 hectareas**

   **Instalaciones no relacionadas con la Reserva**



**Instituto de Geografía**



**Instituto de Geofísica**

**30 de mayo de 2005**

Ordenamiento para darle a partir de fotografías aéreas digitales conmutadas el 12 de febrero de 2005

Proyección: UTM  
Geóide de referencia: CGRS80  
Datum horizontal: WGS84  
Referencia UTM: celda 500m

100 0 100 200 300 400 metros



N



Mapa Anexo.- Zonificación de la Reserva del Pedregal de San Ángel. 30 de mayo de 2005. (Gaceta UNAM, 2005)



Fotografía 1.- *Urocyon cinereoargenteus* (macho UC324MG)



Fotografía 2.- Zorra hembra UC578HN en trampa de caja



Fotografía 3.- Zorra adulta encontrada muerta en una construcción en la parte oriente de la reserva. (Cortesía laboratorio del Dr. Cano)



Fotografía 4.- UC780MA. Zorra macho con heridas en el rostro, oreja derecha rota y ojo izquierdo nublado



Fotografía 5.- Dientes de una zorra macho saludable



Fotografía 6.- UC986MD