



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"

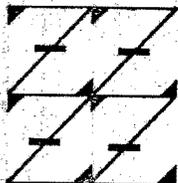
USO DE HABITAT DEL COYOTE (*Canis latrans cagottis*) Y SU RELACION CON LA ESTRUCTURA DEL PAISAJE EN LA REGION TLALOC - IZTA - POPO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE BI O L O G O P R E S E N T A :

EZEQUIEL HERNANDEZ PEREZ

UNAM FES ZARAGOZA



LO HUMANO EJE DE NUESTRA REFLEXION

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. ELISEO CANTELLANO DE ROSAS

MEXICO, D. F.

2004

332 Ø 99



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.

DEDICADA

A mis padres:

Guadalupe Pérez Ruiz y Ezequiel Hernández Rivera quienes me dieron la vida, cariño y la comprensión necesaria, además de permitirme estudiar brindándome su apoyo en cualquier circunstancia.

A mis hermanos:

Lourdes, Marisol, Omar Los cuales me apoyaron incondicionalmente y estuvieron junto a mí siempre o casi siempre.

A mis sobrinos:

Jared, Paola y Anneke quienes todavía están muy chicos y en este momento no les interesa, no importa algún día crecerán.

De manera muy especial a Mayeli por su cariño, amor, comprensión y por su apoyo incondicional en mi desarrollo profesional, soportando aquellas contrariedades (sobre todo cuando aparece el gemelo siniestro)....en verdad gracias!

A todas aquellas personas quienes siempre confiaron en mí.

AGRADECIMIENTOS -

Agradezco mi profesor y amigo Elíseo Cantellano de Rosas y Cristóbal Galindo, por su dedicación y consejos, por darme la oportunidad de trabajar con nuestra fauna nativa a pesar de los riesgos que ello implicaba; por confiar en la posibilidad de realizar este estudio y por su paciencia y voluntad de transmitir sus conocimientos.

A Salvador Gaona con quien aprendí mucho sobre mamíferos, por su apoyo en las técnicas de identificación.

A los sinodales quienes me ayudaron con sus correcciones para que este trabajo se volviera algo aceptable y no quedara tan mal.

A mis compañeros y amigos: Alejandro "El Flaco", Braulio "El Criterio", Abraham "La Gorda", Ricardo "El Richi", Edgar "El Cachorro", Rodrigo "El Rocka", Ricardo "El Chanco", Alejandro "El Hermano" Aby y Leo "Los Hoobits", Luis "El Hardcore", Luis "El profe", Ricardo "El reno", Miguel "El Chimombo", Miguel "El Miguelito", Natalia "La Nata", Bety "La Bety", Daniel "El Ocelote", Gerardo "El Smithers", Enrique "El Acroman", Ezequiel "El Ceke" y de manera muy especial (sobre todo por soportarme) a "La Princesa que Creía en los Cuentos de Hadas" (Mayeli)..... y todos aquellos que no me acuerde en este momento también gracias!

Mis más sinceros agradecimiento por haberme dado además, la oportunidad de compartir magníficos momentos en el difícil terreno de las rejas, aunque en algunas ocasiones fueron largos días de trabajo, también fueron ocasiones de compañerismo y solidaridad.

CONTENIDO

I	RESUMEN.....	2
II	INTRODUCCIÓN.....	3
III	MARCO TEÓRICO.....	6
III.1	Biología del coyote.....	6
III.2	Ecología de paisaje.....	10
III.3	Fragmentación de hábitat.....	12
III.4	Cuantificación de la estructura del paisaje.....	15
IV	PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
V	HIPÓTESIS.....	20
VI	JUSTIFICACIÓN.....	21
VII	OBJETIVOS.....	22
VII.1	Objetivo General.....	22
VII.2	Objetivos Particulares.....	22
VIII	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	23
IX	MÉTODO.....	29
IX.1	Uso de hábitat.....	29
IX.2	Cuantificación de la estructura del paisaje.....	32
X	RESULTADOS.....	35
X.1	Caracterización de la estructura del paisaje.....	35
X.2	Uso efectivo de hábitat.....	41
X.3	Alimentación del coyote.....	46

XI	DISCUSIÓN.....	50
XI.1	Configuración del paisaje.....	50
XI.2	Estructura del paisaje y disturbios a escala regional.....	51
XI.3	Paisaje y fauna silvestre.....	52
XI.4	Relación paisaje-coyotes en áreas de caza.....	53
XI.5	Influencia del estado de conservación de la región, su relación con la alimentación y distribución del coyote.....	55
XII	CONCLUSIONES.....	57
XIII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
XIV	APÉNDICE I. IDENTIFICACIÓN DE MAMÍFEROS A TRAVÉS DE PELO...66	
XV	APÉNDICE II. LISTA DE ESPECIES CONSERVADAS COMO PREPARACIONES PERMANENTES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PELO....68	

I RESUMEN

Se analizó por medio de rastros el uso de hábitat del coyote (*Canis latrans cagottis*) y la influencia de la estructura del paisaje en 14 tipos de vegetación. El estudio se realizó de noviembre de 2001 a septiembre de 2003 en la región Tláloc-Izta-Popo, en un paisaje con bosque de coníferas, donde el género dominante es *Pinus*. La estructura del paisaje se evaluó con índices de organización y el uso de hábitat mediante rastros (georreferenciando las excretas); para identificar los hábitats prioritarios se determinó su alimentación con base en el análisis de la composición de excretas. El paisaje en el área de estudio está determinado por las distintas geoformas presentes y los factores de disturbio. La región Iztaccíhuatl presentó una modificación del paisaje original afectado por la ganadería extensiva (25.80%), con mayor diversidad de elementos ($H = 0.87$), además se caracterizó por presentar mayor homogeneidad en cuanto al tipo de hábitat ($IDO = 0.92$). La región Popocatepetl presentó baja diversidad ($H = 0.79$) y mayor heterogeneidad entre hábitats ($IDO = 1.47$), con alta riqueza de parches ($RRP = 37.66$); la agricultura de riego y de temporal afectan a una parte importante del paisaje (16.28%). Para ambas regiones el hábitat más extenso correspondió a *Pinus* spp. y *Pinus hartwegii*. En la región Tláloc el 16.22% de la superficie arbórea ha sido desmontada para cultivos de agricultura de temporal; los bosques de *Pinus* spp. y *Abies religiosa* son los más extensos y la diversidad de parches fue intermedia ($H = 0.86$), al igual que la dominancia ($IDO = 1.22$). El uso de hábitat se relacionó con la disponibilidad de presas; el coyote utilizó más de un hábitat, prefirió los de *Pinus* spp., seguido por *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*, sin embargo, el pastizal inducido parece haber influido positivamente en el uso de hábitat. Las especies que más consumió fueron *Romerolagus diazi*, *Sylvilagus floridanus*, *Microtus mexicanus*, *Peromyscus* spp. y *Neotoma mexicana*. Los factores de disturbio y la abundancia de presas afectaron el uso de hábitat, ya que el coyote utilizó las áreas con presencia de lagomorfos; en algunas zonas el coyote se benefició por la inactividad humana y fue perjudicado en otras, donde las poblaciones de lagomorfos han desaparecido o disminuido como el caso de San Juan Tetla (Puebla). Se concluye que el uso de hábitat depende del tamaño, la forma, la diversidad y riqueza de parches y la conservación de los mismos, factores que influyen en la disponibilidad de presas.

II INTRODUCCIÓN

En los últimos siglos las actividades humanas han provocado severos impactos negativos sobre el ambiente; sus efectos han pasado de escalas locales y regionales a una escala global, modificando las características estructurales y funcionales del planeta. En este contexto, uno de los más graves problemas ambientales, derivado del desarrollo de las sociedades modernas es la pérdida de la diversidad biológica. Año con año, un número indeterminado de especies desaparece, perdiéndose irrevocablemente parte de la herencia biológica acumulada a lo largo de millones de años de evolución (Wilson, 1988; Ceballos, 1993).

Debido a que la pérdida de biodiversidad y la alteración de procesos ecológicos son difíciles de medir directamente, la implementación de los conceptos de ecología del paisaje y biología de la conservación conjuntamente con las herramientas de sensores remotos y los sistemas de información geográfica (SIG), ofrecen en la actualidad un gran potencial para monitorear y analizar los parámetros del paisaje que pueden ser utilizados como una aproximación en la evaluación del estado de conservación de una región. Determinar el estado y las tendencias en el patrón de los paisajes permite predecir la habilidad de un ecosistema para mantener los procesos ecológicos y se convierte en una escala de análisis a tener en cuenta en la toma de decisiones políticas para el manejo de los recursos naturales (Dinerstein *et al.*, 1995; O'Neill *et al.*, 1997).

La destrucción del hábitat es uno de los más serios riesgos para la diversidad biológica, en regiones donde las políticas de conservación son escasas, la pérdida y fragmentación del hábitat es virtualmente inevitable. Los mamíferos carnívoros son particularmente vulnerables a la extinción local en paisajes fragmentados, ya que requieren mayores extensiones de tierra para vivir, sus poblaciones son menores, además de sufrir una persecución directa de los humanos (Crooks, 2002). El declive y extinción de los grandes depredadores de los diferentes ecosistemas puede generar cascadas tróficas que alteran la estructura de las comunidades (Noss *et al.*, 1996).

Las poblaciones de carnívoros terrestres han sido estudiadas para conocer sus movimientos entre diferentes tipos de vegetación y se han empleado diversos métodos, entre ellos se encuentran: la telemetría (Andelt y Gipson, 1979; Litvaitis *et al.*, 1987; Servin y Huxley, 1991; Holzman *et al.*, 1992; Palomares, 2001; Tigas *et al.*, 2001; Kamler, 2002), estaciones olfativas (Linhart y Knowlton, 1975; Conner *et al.*, 1983; Monroy y Velázquez, 2002) y rastros (Litvaitis *et al.*, 1986; Aranda *et al.*, 1995; Fedriani *et al.*, 1998; Maran *et al.*, 1998; Macfadem y Marinho, 2002). Estos trabajos han aportado datos sobre el tamaño del ámbito hogareño, dieta, patrones de movimiento y cambios en el número de individuos a través del tiempo, entre otros. Algunos de los estudios han combinado el método de rastros con otros (por ejemplo: captura-recaptura, telemetría, tinción de excrementos), para

así evaluar la confiabilidad de los índices que aportan los rastros. El uso de excretas en los estudios sobre movimiento de carnívoros tiene ventajas favorables y desfavorables. Entre las ventajas se menciona la posibilidad de obtener un número importante de muestras sin afectar a la especie estudiada; mediante este tipo de colectas se puede recorrer una mayor distancia y de esta manera cubrir la mayor parte del ámbito hogareño, además de proporcionar mayor objetividad en el análisis. Entre los posibles problemas se mencionan la dificultad para identificar las excretas.

III MARCO TEÓRICO

III.1 Biología del coyote

El coyote es un mamífero de la familia Canidae, considerado como un animal exitoso, debido a su gran capacidad de adaptación a diferentes hábitats y alimentos (Bekoff, 1984). Es el único cánido silvestre que habita la región Tláloc-lzta-Popo y uno de los mayores carnívoros. Como la mayoría de los cánidos, suele formar grupos gregarios, sin embargo, los coyotes pueden vivir aislados o en pareja. Tienen su propia área de caza que a veces puede sobreponerse a la de otros animales como el puma, zorro y varias especies de pequeños félidos (Hernández-Huerta, 1992).

Los grupos familiares andan juntos hasta que los animales jóvenes han alcanzado su desarrollo total, aunque los coyotes adultos no forman clanes como lo hacen los lobos. Con frecuencia grupos de cinco a diez animales se reúnen a comer de un animal grande (como ungulados) y aún varios adultos pueden cazar juntos temporalmente; aunque hay pocas pruebas de que formen clanes bien organizados para la cacería. Generalmente los coyotes cazan en pareja, esta unión suele durar por largo tiempo (Leopold, 1977; Sybil, 1990).

Son animales diurnos y nocturnos, muestran un máximo de sus actividades en el crepúsculo. En los lugares donde están expuestos a presiones cinegéticas intensas desarrollan sus actividades casi exclusivamente de noche. Las excretas y orina contienen desechos metabólicos que sirven como señales químicas para otros individuos, de esta manera, al igual que muchos mamíferos, seleccionan sitios específicos, por lo que mediante el olor marcan su territorio o su presencia en determinados sitios. Son animales muy astutos que han logrado sobrevivir a la cacería y a las campañas de control de depredadores, así como a la disminución de sus hábitats y otro tipo de amenazas. Esto ha obligado a los coyotes a refugiarse en zonas de difícil acceso, con el fin de buscar alimento, para el establecimiento ocasional de sus madrigueras o cubiles (Ceballos y Galindo, 1984).

Los movimientos de los coyotes pueden ser de cacería o dispersión en sus ámbitos hogareños. El área de caza puede ser tan extensa como 80 km². Durante el invierno, cambian sus patrones de movimiento en sus áreas de actividad, también exhiben un comportamiento en el que tienden a reducir sus movimientos. En este periodo prefieren aquellos terrenos donde la cacería es más productiva. Además los coyotes realizan exploraciones en busca de alimento a lo largo de veredas o caminos, por lo que sus movimientos son más rápidos y los gastos de energía durante la locomoción son menores. Esta conducta permite contrarrestar los efectos de escasez de alimento durante el invierno (Bender *et al.*, 1996).

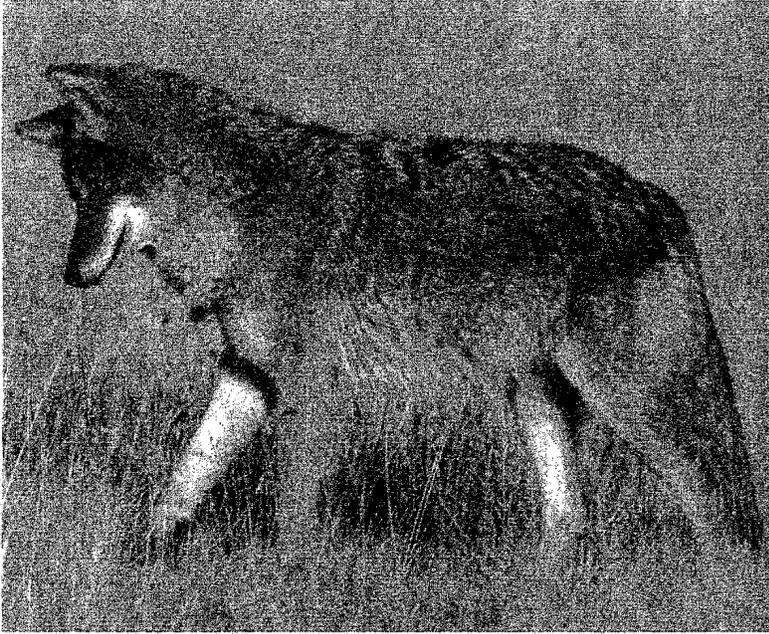


Figura 1. Coyote (*Canis latrans cagottis*) (Allen, 1995).

Anatomía

El tamaño del coyote es aproximadamente igual al de un perro pastor alemán. Su cuerpo es esbelto, las patas son relativamente largas; las orejas son erectas y puntiagudas; hocico largo y cola peluda. La piel es de color gris castaño, café en el lomo y amarillenta en las partes inferiores (vientre y pecho) (Figura 1). La cola tiene la punta de color negro. Los ojos son pequeños y están colocados muy juntos. Las medidas de su cabeza y cuerpo juntos son de entre 700 y 875 mm de longitud, la cola es de entre 270 a 375 mm de longitud. Su peso es de 10 a 18 Kg. (Ceballos y Galindo, 1984).

Ámbito hogareño

El ámbito hogareño es aquella área que ocupan en sus actividades cotidianas los individuos de una especie determinada de mamífero. El ámbito hogareño de los coyotes está determinado por numerosos factores, entre los que se pueden mencionar la disponibilidad y distribución de alimento, las necesidades metabólicas, el ciclo reproductivo, tamaño de grupo y jerarquía social (Bowen, 1982; Gittleman y Harvey, 1982). En México se ha reportado que el ámbito

hogareño de los coyotes es en promedio de 9.2 km², siendo mayor el de los machos (11.03 km²) que el de las hembras (5.53 km²) (Servin y Huxley, 1991); puede aumentar significativamente en periodos donde la disponibilidad de presas es escasa, aunque en otras áreas el tamaño del ámbito hogareño suele ser similar, aún en periodos de escasez o abundancia de presas (Mills y Knowlton, 1991).

Independientemente de la relación que tiene con la abundancia de hábitats, el tamaño de los parches de vegetación es un factor de gran importancia, ya que todo animal requiere un área mínima para vivir que se relaciona con su masa corporal, así, animales grandes como el coyote requieren de más alimento por lo que necesitan áreas más grandes para sobrevivir. Igualmente el área mínima que un animal necesita para alimentarse dependerá de su posición en la pirámide trófica, como es el caso de un herbívoro donde el ámbito hogareño a menudo es más pequeño que el de un carnívoro de igual tamaño (Barret y Peles, 1999).

Hábitos alimentarios

El coyote estrictamente hablando es un animal omnívoro, ya que además de comer carne, puede comer frutas y otros vegetales (Sybil, 1990). Se sabe que en algunas regiones de México su alimentación varía desde el consumo de vegetales como bayas de *Juniperus* y tunas de nopal, hasta mamíferos de diversos tamaños, también pueden capturar algunas presas acuáticas como peces, ranas y crustáceos (Hernández, 1995). Los porcentajes por especie varían según la zona y el hábitat donde se encuentren, así como la abundancia del alimento (Witmer *et al.*, 1995). Sin embargo, los mamíferos aparecen con más alto porcentaje en su alimentación (Jonhson y Hansen, 1977; MacCracken, 1981; Aranda *et al.*, 1995; Stoddart *et al.*, 2001). En este grupo algunos autores presentan a los roedores como el alimento más importante (Aranda *et al.*, 1995); mientras que otros a los lagomorfos (Clark, 1972; Jonhson y Hansen, 1977; MacCracken, 1981), la carroña es poco frecuente, sin embargo, en algunos casos se presenta como el alimento más importante (Best *et al.*, 1981; Pérez *et al.*, 1982). Los vegetales se presentan como el segundo grupo más importante, aunque en algunas regiones es un alimento importante para el coyote (Sybil, 1990). Las aves, anfibios y reptiles se presentan en menor frecuencia en su alimentación (Witmer *et al.*, 1995).

Hábitat

El hábitat para una especie se considera como el área que reúne las características físicas y biológicas necesarias para la supervivencia y reproducción (Hall *et al.*, 1997), implica más que vegetación o estructura de la vegetación. Es la suma de los recursos específicos que son necesarios para los organismos (Thomas, 1979). Estos recursos incluyen alimento, refugio y factores especiales para la supervivencia y sucesos reproductivos (Krausman, 1999).

Sobre la tierra se presentan una gran variedad de hábitats debido a que la superficie del planeta no es homogénea y también a que los rayos solares no

inciden en todas las partes de la superficie terrestre con la misma intensidad. Por consiguiente, se encuentran disponibles un gran número de hábitats potenciales, cada uno caracterizado por determinadas condiciones fisicoquímicas a las que deben adaptarse los organismos para sobrevivir (Jessop, 1975).

Selección de hábitat

La selección de hábitat es una actividad universal entre los animales, puede ser vista como un proceso jerárquico que envuelve una serie de decisiones innatas y aprendidas de comportamiento hechas por un animal sobre que hábitat podría usar a diferentes escalas de hábitat (Hutto, 1985; Orians y Wittenberg, 1991).

Rosenwieg (1981) afirma que la selección de hábitat se genera por decisiones de alimentación. Sin embargo, la alimentación es sólo un comportamiento derivado de la selección de hábitat. El hábitat puede ser seleccionado para su aprovechamiento mediante la cantidad y calidad de la alimentación, refugio y sitios para reproducción. Cada uno varía estacionalmente o en algunos casos anualmente.

La preferencia de hábitat es la consecuencia de la selección de hábitat, resultado del uso desproporcional de unos recursos sobre otros (Krausman, 1999). La preferencia del coyote por hábitats que presentan una gran riqueza de sus presas comunes ha sido documentada por varios autores (Ozaga y Harger, 1966; Litvaitis y Shaw, 1980; Andelt y Andelt, 1981; Aranda *et al.*, 1995; Stoddart *et al.*, 2001; Monroy y Velázquez, 2003).

Por otra parte, existe un acuerdo generalizado respecto a que las distintas especies responden en forma diferencial a las características del hábitat en función de sus requisitos de vida específicos. Sin embargo, se señala que la configuración de la vegetación resulta uno de los factores más importantes en este proceso, teniendo una estrecha relación con los principales requerimientos de hábitat de las mismas (Rabenold y Bromer, 1989). La fisonomía de la vegetación ha sido reconocida como un factor de gran importancia a escala de paisaje en la determinación de su distribución, influyendo en la selección.

Uso de hábitat

El uso de hábitat es el forma en que un animal utiliza los recursos físicos y biológicos en el hábitat, puede ser utilizado para alimentarse, protegerse, escapar de los depredadores, entre otros. Estas categorías (por ejemplo, alimentación y escape) dividen al hábitat, sin embargo, puede ocurrir un traslape en la misma área. Un área usada para alimentación puede estar constituida por las mismas características físicas y biológicas usadas para refugio, reproducción o ambas. (Litvaitis *et al.*, 1996).

Las diversas actividades que realiza un animal requieren de componentes ambientales específicos que varían estacional o anualmente. Las especies

pueden usar un hábitat en verano y otro en invierno (Hutto, 1985; Morrison *et al.*, 1985).

De esta manera el uso de hábitat para una especie está interrelacionado con patrones de movimiento, siendo importante la habilidad de los individuos para moverse entre hábitats dentro de la variedad que encuentren en un paisaje, estos movimientos dependen de la calidad de hábitats encontrados. Los estudios de patrones de movimiento y uso de hábitat se enfocan a los movimientos de mamíferos derivados de su comportamiento en relación con la dispersión en función del sexo, los niveles de sociabilidad, hábitos alimentarios y varios aspectos que influyen su historia de vida, en consecuencia son el resultado de la estructura del paisaje derivada de la fragmentación (Barret y Peles, 1999).

Existen diversos métodos para cuantificar el uso de hábitat de una especie en particular, sin embargo, en la mayoría de los casos resultan complicados y difíciles de llevar a cabo. Un método con el cual se puede calcular el uso de hábitat para una especie como el coyote es la tasa de uso de hábitat (TUH), se trata de una tasa entre la proporción del hábitat usado por una especie contra la proporción de hábitat no usado los límites del paisaje son subjetivos (Loehle y Wein, 1994). Esta relación resulta útil para determinar y comparar de una región a otra el grado de utilización que hace una especie de su hábitat.

III.2 Ecología de paisaje

Definición

Es una disciplina que integra aspectos del área biológica y de las ciencias de la tierra, que tiene al paisaje como su principal objeto de estudio (Duran *et al.*, 2002). Estudia la estructura de los paisajes, la forma en que ellos funcionan y como cambian a lo largo del tiempo (Lavers y Haynes-Young, 1993).

Paisaje

Un paisaje se define como un área en la cual todos sus puntos poseen una geomorfología y un clima similares y se encuentran sometidos, además, a un mismo régimen de disturbios tanto en frecuencia como en intensidad a lo largo del tiempo (Forman y Godron, 1986; Zonneveld, 1995). La definición de paisaje incluye tres aspectos fundamentales: la dimensión física (el paisaje es el territorio), la dimensión subjetiva y cultural (es una porción de territorio, pero sin olvidar los valores subjetivos que la población le atribuye) y finalmente, la dimensión temporal-causal (el aspecto del paisaje como resultado de la interacción entre el género humano y la naturaleza) (Zonneveld, 1988). Por otra parte, el ser humano ha influido en la mayoría de los paisajes, dando como resultado mosaicos de parches naturales y antrópicos, que varían en tamaño, forma y disposición (Burgess y Sharpe, 1981; Krummel *et al.*, 1987; Zonneveld, 1995).

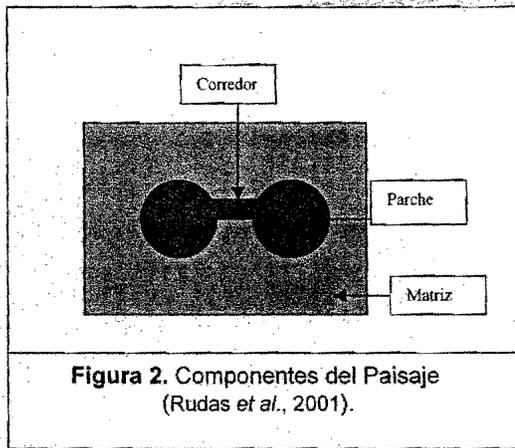
La ecología de paisaje se enfoca en tres características (Forman y Godron, 1986):

- **Composición.** Es la identidad, distribución, riqueza, proporciones de tipos de fragmentos, conjuntos de paisajes, patrones colectivos de la distribución de especies (riqueza, endemismos), entre otros (O'Neill *et al.*, 1994).
- **Estructura.** Se refiere a la relación espacial entre distintos ecosistemas, es decir, la distribución de la energía, los materiales y las especies con relación al tamaño, formas, números de clases y configuraciones de los componentes del paisaje. Comprende la heterogeneidad, conectividad, enlaces espaciales, porosidad, contraste, tamaño del grano, fragmentación, configuración, yuxtaposición, distribución de frecuencias del tamaño del fragmento, proporción de perímetro y área.
- **Función.** Comprende los procesos ecológicos y evolutivos en el paisaje (p.e. flujo genético, perturbaciones e interacciones). Abarca los procesos de perturbación, hidrológicos, geomorfológicos y tendencias en el uso de la tierra. Además contempla la biomasa, productividad de los recursos y tasas de ciclos de nutrientes.

El paisaje se desarrolla mediante dos mecanismos que operan simultáneamente dentro de su ámbito territorial: los procesos geomorfológicos específicos y las alteraciones de las formaciones vegetales que los conforman (Forman y Godron, 1981). En consecuencia, los patrones de distribución de la cubierta natural terrestre son el resultado de complejas interacciones entre el clima, el terreno, el suelo, el agua y los seres vivos (Whittaker, 1975), y la alteración de dichas cubiertas naturales es producida por distintos usos humanos, tales como la urbanización, la industrialización, la agricultura o las prácticas piscícolas y silvícolas (Krummel *et al.*, 1987). El paisaje que resulta es un mosaico de parches naturales y alterados por el hombre que varían en tamaño, forma, disposición y cubierta (Forman y Godron, 1986). Cuando se habla de patrones del paisaje, se refiere al número, tamaño y grado de superposición de los elementos del paisaje (sean tipos de usos o sean tipos de cubierta territoriales), elementos importantes que son los que permiten interpretar los procesos ecológicos.

Elementos del paisaje

Los elementos principales del paisaje son los parches, corredores y matrices (Figura 2), los cuales constituyen la composición del paisaje a cualquier escala (Forman y Godron, 1986; Forman, 1995). Pueden ser de origen natural o transformados debido a la acción del hombre.



Parches. Son extensiones de terreno ambientalmente diferentes que presentan condiciones relativamente homogéneas con relación a otros parches (Forman, 1995; Duran *et al.*, 2002). Están definidos en áreas que contienen una combinación particular de componentes bióticos y abióticos. Pueden representar el concepto genérico de hábitat, definiendo áreas que contengan los recursos necesarios para una o más especies (Morrison *et al.*, 1992; Hall *et al.*, 1997).

Corredores. Son fragmentos alargados o lineales que conectan o separan elementos dentro de la matriz. Estos juegan un papel importante en el aumento de la preservación de la diversidad biótica en ecosistemas muy fragmentados (Forman y Godron, 1986). Estructuralmente se pueden definir tres tipos de corredores: lineales, en franjas y riparios. Una característica importante de ellos es su conectividad, o la presencia de puntos de interrupción de éstos.

Matriz. Los parches y los corredores están embebidos en una matriz, la cual es usualmente el elemento más grande y conectado (menos fraccionado) dentro del paisaje, controlando en mayor medida su dinámica y funcionamiento. Existen tres criterios básicos para determinar la matriz: a) el elemento de mayor área dominante en el paisaje; b) el grado de conectividad y c) los parches o cualquier tipo de elemento del paisaje que ejerza el mayor grado de control sobre la dinámica del paisaje (Forman y Godron, 1986).

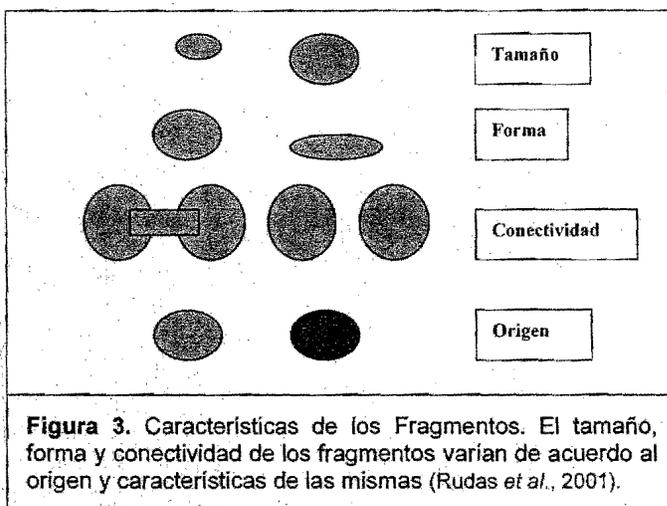
III.3 Fragmentación de hábitat

La fragmentación se define como la transformación de un bosque continuo en unidades más pequeñas y aisladas entre sí, cuya extensión agregada de superficie resulta ser mucho menor que la del bosque original (Bustamante y Grez, 1995).

Los fragmentos son áreas geográficas no lineales que difieren en apariencia de su alrededor y que guardan condiciones ambientales relativamente homogéneas. Los fragmentos varían ampliamente en tamaño, forma, origen, conectividad y bordes (Figura 3); estas características juegan un papel importante en la determinación del flujo de energía, organismos y factores abióticos a través del paisaje (Etter, 1991). Los fragmentos son componentes dinámicos del paisaje y su variación ocurre a escalas espaciales y temporales que dependen de la percepción de cada organismo y de los diferentes niveles de organización de las poblaciones (McGarigal y Marks, 1995). La configuración de los fragmentos (tamaño y forma), determina la habilidad de una especie para persistir dentro de éste.

Los fragmentos se clasifican de la siguiente manera (Etter, 1991):

- Fragmentos de perturbación. El origen del fragmento es una perturbación pequeña natural o antrópica de tipo eventual (deslizamientos, quemas ocasionales) o crónico (pastoreo, inundaciones, quemas cíclicas).
- Fragmentos remanentes. Originados por una perturbación extensa que forma islas no afectadas por el disturbio. Su magnitud es más severa y se puede presentar extinción de especies.
- Fragmentos de recurso ambiental. Se presentan por diferencias en las condiciones del suelo, drenaje o características litológicas. Se caracteriza por bordes abruptos o graduales con mayor movimiento de especies.
- Fragmentos introducidos. Originados por actividades humanas como la introducción de especies, establecimiento de enclaves industriales y actividades antropogénicas de tipo permanente. Detienen el proceso de sucesión natural.



La fragmentación presenta dos componentes principales (Murcia, 1995):

- Reducción y pérdida de la cantidad total del hábitat, o quizá de todo hábitat natural en un paisaje.
- Separación del hábitat remanente en parches más pequeños y aislados.

Ambos procesos provocan la disminución progresiva de la diversidad biológica y resulta de varios procesos tales como (Murcia, 1995):

- La explotación irracional de los bosques para obtención de madera y leña.
- La apertura de canteras y brechas en varios sectores.
- La sustitución de los paisajes forestales nativos para afectación de los terrenos a la agricultura.
- La sustitución de las pasturas naturales por cultivos de cereales y oleaginosas.
- El enriquecimiento de las pasturas naturales con especies de pasturas exóticas, con el fin de aumentar la receptividad ganadera.
- Las prácticas incorrectas de preparación y manejo de la tierra.
- El tratamiento inexperto de los problemas de erosión.
- La caza predatoria y sin control alguno, de especies en estado crítico.
- La utilización de agroquímicos altamente nocivos para el ambiente.

Harris (1981) señala que el efecto de la fragmentación puede ser visto en varios niveles de organización biológica, desde cambios en la frecuencia genética dentro de poblaciones hasta cambios sobre el continente (población arbórea remanente, no fragmentada), en la distribución de especies y ecosistemas. A nivel de

especies, éstas tienen necesariamente tres opciones para sobrevivir bajo un paisaje altamente fragmentado:

- Prosperar en una matriz de paisajes de uso humano.
- Sobrevivir dentro de un paisaje fragmentado manteniendo viable la población dentro del hábitat fragmentado; esta opción es sólo para especies con un ámbito hogareño bajo o con modestos requerimientos de área, muchas de estas especies pueden enfrentarse toda su vida a estos requerimientos dentro de los bordes de un hábitat fragmentado, esperando una mejor condición ambiental.
- Algunas especies pueden sobrevivir en paisajes altamente fragmentados, por tener una alta movilidad, pueden integrar un número de hábitat, tanto dentro de los rangos individuales de su nicho como dentro de poblaciones interrelacionadas, jugando un papel importante la zona limítrofe de los paisajes fragmentados conocida como bordes. Cabe destacar que una especie que no pueda adoptar alguna o más de estas opciones está destinada a su eventual extinción dentro del fragmento.

La fragmentación de la vegetación tiene diversos efectos sobre las poblaciones animales dependiendo del grado de especialización del hábitat que éstas tengan. Los animales restringidos a la vegetación nativa (especialistas) serán más afectados por la pérdida de su hábitat, al disminuir el área disponible para mantener poblaciones viables. En cambio, las especies generalistas utilizan varios tipos de elementos paisajísticos en el transcurso de su ciclo de vida, son menos afectados por la fragmentación, ó incluso, podrían ser beneficiados en algunos casos. (Beier, 1993; Burel y Baudry, 2002).

III.4 Cuantificación de la estructura del paisaje

Las medidas de riqueza y diversidad de hábitats reflejan la heterogeneidad espacial de las regiones y pueden ser indicadores de alta riqueza de especies. Según Gastón (1996) la alta riqueza de especies está relacionada con alta diversidad topográfica, factor formador de los paisajes. Por tanto a mayor heterogeneidad espacial y diversidad de hábitats se atribuye una mayor riqueza de especies.

Cualquier estudio de superficie, diversidad y fragmentación de paisajes puede realizarse en varios niveles: por fragmento, por tipo o clase de hábitat o por área de interés (totalidad de clases de hábitats). Dentro de estos niveles, los índices de estado se usan para caracterizar la heterogeneidad espacial y suministrar una base objetiva para describir el fragmento, tipo de hábitat o área de interés.

En el estado actual de desarrollo del sistema de indicadores, se incluyen (Rudas *et al.*, 2001):

- **Índices de superficie.** Incluye variables tales como la extensión y distribución de los distintos hábitats naturales no intervenidos en un momento determinado.
- **Índices de diversidad.** Representan la riqueza y diversidad de hábitats en un área de estudio poniendo en evidencia su riqueza y representatividad a nivel de paisaje.
- **Índices de fragmentación.** Estos índices reflejan los patrones de fragmentación en un área de estudio e incluyen índices de número, tamaño, borde y forma de los fragmentos de los parches.

El interés creciente en cuantificar la estructura del paisaje se debe a que los procesos ecológicos están vinculados a la biodiversidad y pueden predecirse a partir de patrones espaciales a escalas más generales (Turner *et al.*, 2001). La métrica del paisaje contribuye al desarrollo de índices cuantitativos que ayudan a evaluar la condición de la diversidad y a elaborar modelos para predecir las interacciones entre la estructura del paisaje, formas de relieve, organismos y procesos del paisaje como disturbios y ciclo de nutrientes, entre otros (Turner 1989).

Forman (1995) resume en cuatro categorías las mediciones o índices de paisaje reportados en la literatura, mientras que Turner *et al.* (2001) los categoriza en composición, configuración espacial y fractales. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA, 1994) presenta a su vez un total de 23 índices como indicadores de calidad biótica y diversidad. Sin embargo, sólo 8 de ellos disponen de medición y de pruebas de campo e implementación. Algunos índices empleados son:

Índice de diversidad de Shannon (IDS). Este índice describe la estructura global de un paisaje en estudio. IDS representa la abundancia proporcional de cada tipo de parche (i) dentro de un área de interés (h). Es un índice ampliamente usado para medir la diversidad del paisaje y es sensitivo a la rareza de algunos tipos de hábitats. $IDS = 0$ cuando el paisaje contiene solamente un parche (no hay diversidad), IDS se incrementa a medida que aumenta el número de parches de diferente tipo, si la distribución proporcional del área de interés entre los tipos de parches se hace más equitativa, o ambas.

Índice de dominancia (IDO): Estima el grado de dominancia de los distintos parches que componen un paisaje. Representa el desvío del valor calculado respecto de un máximo hipotético en el cual todos los parches estarían representados en la misma proporción. Valores elevados de IDO implican paisajes dominados por uno o pocos parches; a bajos valores de IDO, el paisaje estará conformado por un mosaico de parches en proporciones más o menos similares.

Riqueza relativa de parches (RRP): RRP estima el grado de riqueza de los distintos parches que integran un paisaje. Cuando el valor es cercano a 0 el paisaje contiene un tipo de parche simple. Cuando RRP es igual o cercano a 100

todos o la mayor parte de los tipos de parches posibles están representados en el paisaje.

Actualmente para el cálculo de los índices de paisaje existen programas especializados como el Spatial Pattern Analysis Programs for Quantifying Landscape Structure (FRAGSTATS), desarrollado por la Universidad del Estado de Oregon (McGarigal y Marks, 1995), el Patch Analyst (Elkie *et al.*, 1999) o el APACK desarrollado por Mladenoff en la Universidad de Wisconsin-Madison (Turner *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Índices de Paisaje

Categoría	Índices	Descripción
I. Índices de diversidad	<ul style="list-style-type: none"> • Riqueza relativa • Uniformidad relativa • Dominancia • Diversidad 	Las dos primeras categorías analizan la heterogeneidad de un mosaico. Estas medidas determinan los números, tipos, tamaños o formas relativas de los fragmentos o corredores en un mosaico. Son de orden informativo.
II. Índices de límites o bordes	<ul style="list-style-type: none"> • Número de bordes • Dimensión fractal • Fragmentos relativos • Longitud de límites / área • Densidad de límites / área 	Son medidas del tipo y predominio de límites en un paisaje. Se han empleado en estudios de hábitat silvestres, tamaño de penínsulas sobre costas rocosas y en evaluación del cambio en la forma del fragmento para un periodo de 50 años.
III. Índices centrados en el fragmento	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento de un fragmento • Accesibilidad de un fragmento 	Las categorías III y IV, dependen tanto de la abundancia de objetos como de su localización relativa de unos con otros.
IV. Índices del patrón de todos los fragmentos	<ul style="list-style-type: none"> • Dispersión de fragmentos. • Aislamiento de fragmentos. • Probabilidad del vecino más cercano. • Contagio. • Densidad de fragmentos. • Contigüidad. 	

Fuente: Forman, 1995

IV PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los trabajos realizados anteriormente han descrito el hábitat y la alimentación del coyote desde una perspectiva puntual sin considerar la dimensión espacial del conjunto de comunidades vegetales asociadas al coyote, la mayor parte de estos estudios se han realizado en zonas áridas del norte del país, (Arnaud, 1981; Vela-Coiffier, 1985; Hernández y Delibes, 1994); otros trabajos son los de Esparza e Iñiguez (1991) en bosques de pino-encino de Jalisco; Servín y Huxley (1991) en bosques de pino-encino de Durango; Villa-Cañedo y Aguilar (1993) en pastizales inducidos en una región muy alterada de bosque tropical perennifolio de Veracruz; en la parte central del país destaca el trabajo realizado por Aranda *et al.* (1995) en la Sierra del Ajusco en comunidades vegetales de pino y pastizal. Sin embargo, no se tiene una consideración explícita con los parámetros espaciales de los fragmentos de hábitat y su relación con la distribución de los organismos, lo cual tiene gran importancia debido a las implicaciones para su conservación (McCoy y Mushinsky, 1994). Es relevante el estudio del hábitat del coyote desde la perspectiva del paisaje porque es posible identificar de manera más amplia las presiones ejercidas sobre la biodiversidad por la actividad humana y permite orientar las acciones institucionales para mejorar el estado de conservación de la biodiversidad y disminuir las presiones sobre ella.

Grupos como los mamíferos carnívoros que requieren grandes extensiones de tierra para sobrevivir, y mantener sus poblaciones serán más afectados por la fragmentación (Wilcox y Murphy, 1985; Noos *et al.*, 1996; Crooks y Soulé, 1999) y podrían desaparecer de sus hábitats naturales, si esta fragmentación persiste, convirtiendo las grandes extensiones de tierra en pequeños parches de hábitats. La urbanización y uso del suelo para cultivo es la mayor causa de la fragmentación del hábitat, disminuyendo la probabilidad de sobrevivencia de los carnívoros en todo el mundo (Ferrerías *et al.*, 1992; Vila y Urios 1995; White *et al.*, 1996; Adkins y Scott, 1998), sin embargo, la fragmentación es especialmente severa en las reservas naturales, particularmente en los Parques Nacionales (Hernández-Huerta, 1992).

En el Valle de México el mayor carnívoro es el coyote (Ceballos y Galindo, 1984), esto lo convierte en una especie altamente sensitiva a la fragmentación del paisaje en el cual habita, debido a que requiere mayores áreas para vivir, además, se encuentra en lo alto de la cadena trófica, aunque esta especie es capaz de resistir algunas degradaciones que provoca la fragmentación, no se sabe de qué manera los coyotes responden a los disturbios (Tigas *et al.*, 2002). Los estudios realizados sobre aspectos cuantitativos del paisaje se han realizado para especies de pequeños mamíferos y aves (Martin, y McComb, 2001; Barret y Peles, 1999; Rotenberry y Wiens, 1980; Songer *et al.*, 1997; Velázquez *et al.*, 2001), además, son pocos los realizados para carnívoros (White *et al.*, 1996; Palomares, 2001; Crooks, 2002; Kamler, 2002; Seth *et al.*, 2003), incluyendo para coyote (Monroy y Velázquez, 2003; Tigas *et al.* 2002) por lo que resulta relevante determinar la

aplicación de los índices de paisaje a este tipo de especies, para conocer de que manera los recursos como alimentación vegetación e influyen en el uso y selección del hábitat por parte del coyote.

V HIPÓTESIS

Si el uso de hábitat del coyote depende de la disponibilidad y variabilidad de presas y a su vez esto depende del tamaño, forma y tipos de parches en un paisaje en la región Tlálloc – Izta – Popo, entonces en la medida en que se tenga mayor diversidad y riqueza de parches en un paisaje, se tendrá mayor oferta de hábitats, mayor diversidad de presas y una mayor proporción del hábitat usado por parte del coyote.

VI JUSTIFICACIÓN

Desde una perspectiva práctica, la pregunta clave a responder es: ¿cuánto hábitat natural debe ser preservado para asegurar la persistencia de las poblaciones (o reducir los riesgos de extinción local) y mantener la diversidad biológica y, por lo tanto, cómo debe ser el diseño espacial de tales áreas? Ello es particularmente relevante para minimizar, mitigar o compensar los impactos ecológicos de proyectos de desarrollo en zonas donde los ambientes naturales son un componente significativo y donde no existen ANP legalmente (p.e. Parques Nacionales) que permitan la recolonización de los remanentes de hábitats. Cabe recordar, que incluso las propias ANP también están siendo afectadas por los procesos de insularización por lo que su mera presencia no es suficiente para lograr los objetivos de conservación.

En la mayoría de de los trabajos sobre distribución de fauna silvestre se analizan patrones temporales y muy pocos describen patrones espaciales. Este tipo de trabajos son indispensables para realizar propuestas de manejo de fauna silvestre y son fundamentales para las tareas de ordenamiento territorial. Este estudio se concentró en probar un método para abordar este problema por medio de la identificación de un gradiente de utilización de hábitat por parte del coyote. En este campo la estructura del paisaje resulta fundamental, al estudiar el componente vegetacional del área de estudio y abordar la problemática a través de la identificación de aquellas variables claves que condicionan la aptitud de hábitat para un carnívoro como el coyote. A partir de esto se podrán tomar decisiones sobre cuánto hábitat natural debe ser preservado para asegurar la persistencia de las poblaciones de los mamíferos carnívoros del área de estudio (o reducir los riesgos de extinción local) y mantener la diversidad biológica, al mismo tiempo, cómo debe ser el diseño espacial de tales áreas para la conservación de este carnívoro en particular con el fin de contribuir al plan de ordenamiento, manejo y conservación de la región Tláloc-Izta-Popo.

VII OBJETIVOS

VII.1 General

Conocer la distribución y el uso de hábitat del coyote, así como su relación con la estructura de los paisajes de la región Tláloc-Izta-Popo.

VII.2 Particulares

- Determinar la distribución y los hábitos alimentarios del coyote en el área de estudio.
- Caracterizar la vegetación en la región Tláloc-Izta-Popo.
- Describir la estructura espacial de los paisajes en la zona.
- Relacionar la distribución, los hábitos alimentarios del coyote y la estructura espacial de los paisajes.
- Interpretar la distribución, los hábitos alimentarios y la estructura del paisaje con relación al estado de conservación en el área de estudio.

VIII Descripción del área de estudio

Delimitación de las subzonas

El área de estudio se encuentra comprendida en una región con características ecológicas diferenciadas, tomando este criterio se dividió en subzonas utilizando como referencia la influencia que tienen los volcanes sobre el paisaje. De esta manera se delimitó cada una de las subzonas utilizando una imagen compuesta mediante Arc View 3.2, debido a que los volcanes se encuentran dispuestos de forma lineal se otorgó una distancia promedio de 9 km entre cada volcán para obtener tres regiones: Tláloc, Iztaccíhuatl y Popocatepetl, formando rectángulos de distintos tamaños, ya que la extensión que ocupan en cada una de las regiones es irregular. En algunos casos los parches se compartieron entre regiones, debido a que formaron una franja continua que por sus características no fue posible separar, evitando de ésta manera formar un nuevo parche en donde no existe (Figura 4).

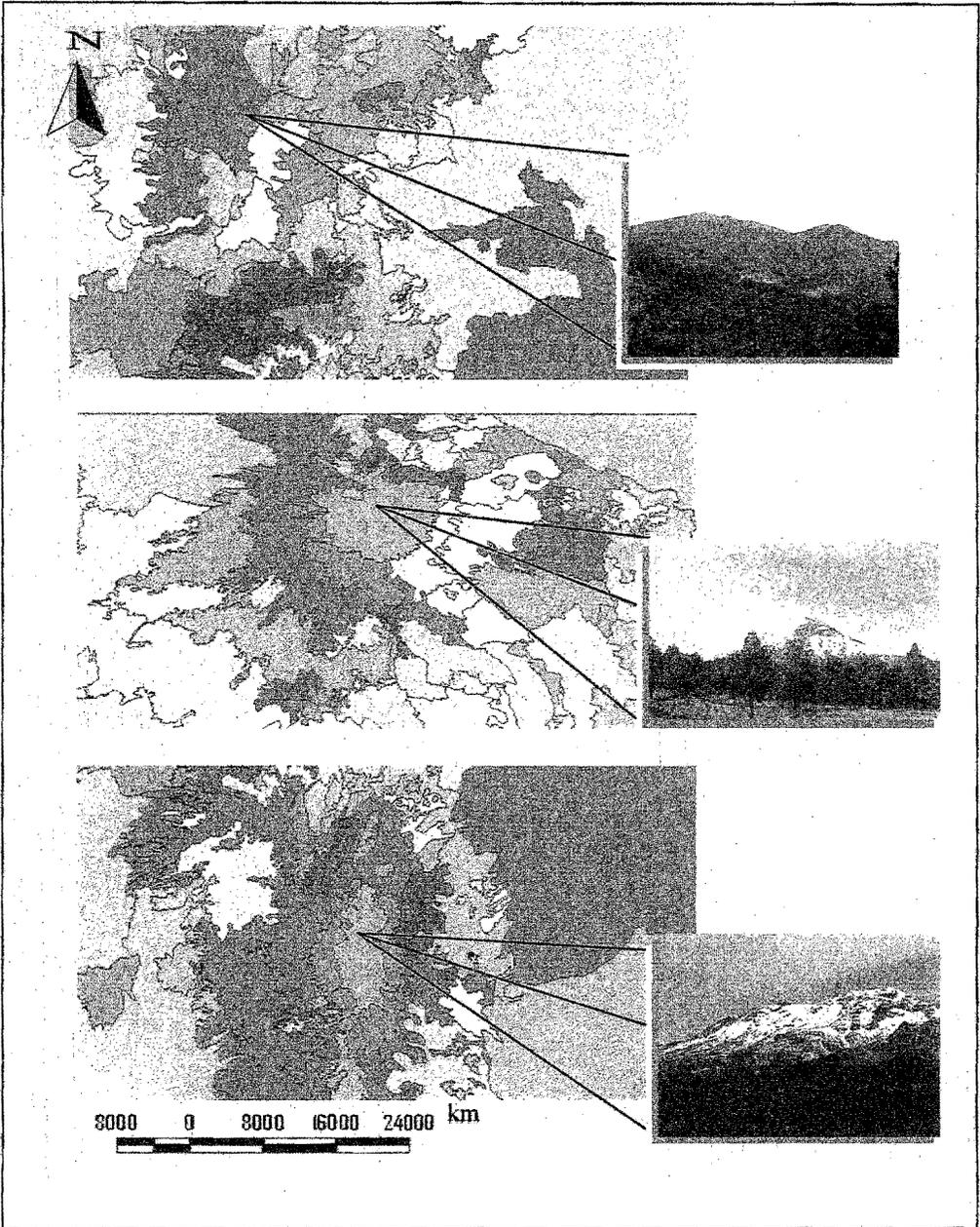


Figura 4. Representación de la distribución espacial de los distintos tipos de vegetación en las subzonas: a) Tlálloc, b) Popocatépetl, c) Iztaccíhuatl.

Ubicación y geomorfología

La región Tláloc-Izta-Popo forma parte del eje Neovolcánico Transversal, se conoce también con el nombre de Sierra Nevada o "Poyauhtecatí", la zona que se extiende en dirección NNW a SSE a lo largo de más de 100 km, localizada geográficamente entre los meridianos de coordenadas 98° 35' y 98° 42' de longitud oeste y entre los paralelos de 18° 59' y 19° 15' de latitud norte; está enclavada entre los límites de los estados de Morelos, Puebla, Tlaxcala y Estado de México (Vargas, 1984).

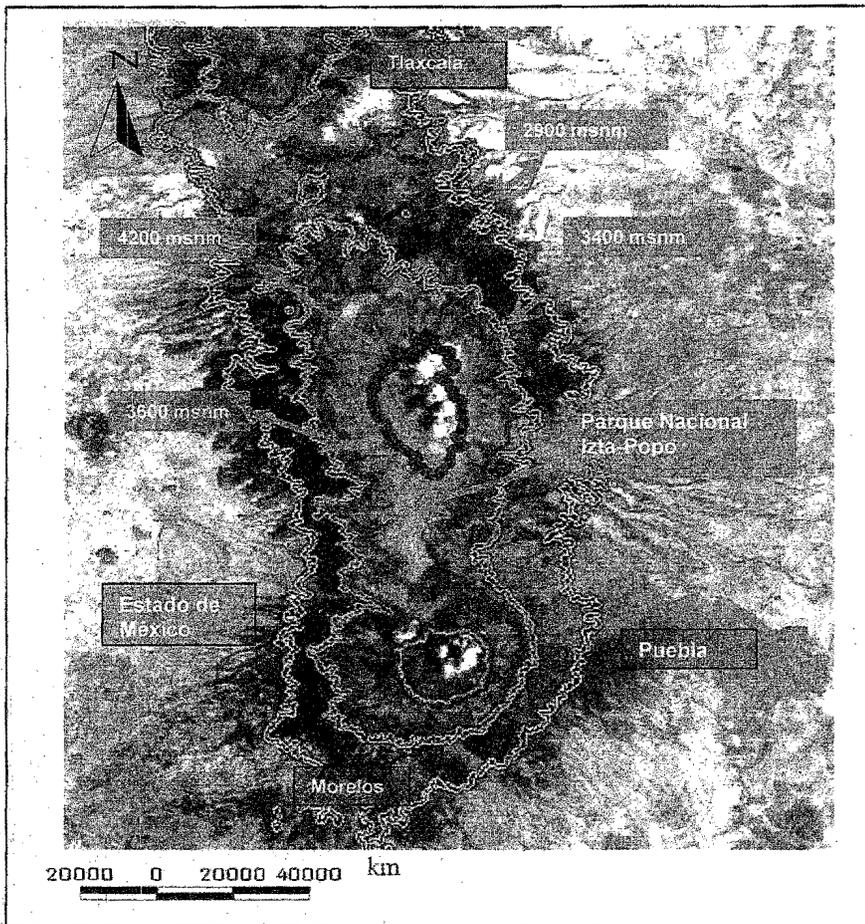
Los volcanes que la componen son, de Norte a sur: el Tláloc, de 4150 m de altura; el Telapón, de 3996 m; el Iztaccíhuatl, de 5286 m y el Popocatepetl, de 5452 m (Yarza, 1983).

Clima

Como resultado de las características geomorfológicas se presentan los siguientes subtipos climáticos (INEGI, 2001):

ETH.- Clima frío. Este subtipo climático se encuentra casi por encima de la cota de los 4000 m y corresponde a las partes nevadas de los volcanes y zonas aledañas, la temperatura media anual es de -2°C (la del mes más caliente alcanza apenas 0°C).

C(E)(W₂)(W): Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano. Este subtipo climático se encuentra aproximadamente entre las cotas de 3000 y 4000 m correspondiendo casi por completo al macizo volcánico, con temperatura media anual de 5 a 12°C y entre 3 y 18°C. La precipitación media anual es de 600 a 800 mm.



Rasgos geográficos sobresalientes:

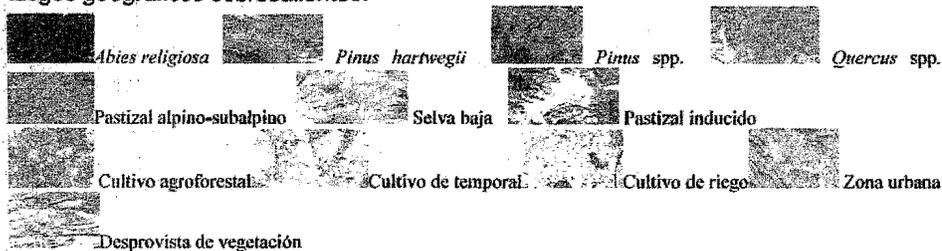


Figura 5. Área de Estudio. El espaciograma en escala 1:500 000, se representa en falso color compuesto, con la siguiente asignación de colores:

Región del espectro	Color asignado en el espaciograma
Infrarrojo cercano	rojo
Infrarrojo de onda corta media	azul
Infrarrojo de onda corta	verde

Vegetación

Debido a la geomorfología, gradiente altitudinal y a las condiciones climáticas imperantes, el área de estudio presenta una gran diversidad de comunidades vegetales.

Parte de esta vegetación ha sido previamente descrita por, Madrigal (1969) y Rzedowski (1978). Las principales características de las comunidades vegetales más importantes se dan a continuación:

Bosque de encino. Este tipo de comunidad prospera entre los 2350 a 3100 m formando amplios bosques que colindan con pastizales inducidos y zonas de cultivo, en áreas donde la precipitación es de 700 a 1200 mm, por consiguiente ocupan hábitats similares a los bosques de pino y en muchas ocasiones forman asociaciones con ellos. En altitudes de 2500 a 2800 m prospera el bosque de *Q. rugosa* que puede presentar también individuos de *Pinus*, *Arbutus* y de otras especies de *Quercus*. Por encima de los 2800 m se establece el bosque de *Q. lauriana*, que presenta hojas más delgadas y es más bajo, también se encuentran ejemplares de los géneros *Abies*, *Cupressus*, *Arbutus*, *Pinus* y otras especies de *Quercus*. En los niveles arbustivos y herbáceos existen en los encinares los siguientes géneros: *Baccharis*, *Castilleja*, *Desmodium*, *Eupatorium*, *Galium*, *Muhlenbergia*, *Salvia* y *Senecio*.

Bosque de Pino. Se encuentra en altitudes que van de los 2350 a 400 m, donde la precipitación anual es de 700 a 1200 mm y la temperatura media anual es de 10 a 20 °C. Los pinares parecen tener preferencia por áreas cubiertas por rocas ígneas que en estas condiciones climáticas producen suelos ácidos. Estos bosques varían en altura desde unos cuantos metros hasta 30 o más. Se encuentran alrededor de los volcanes y ocupan una gran superficie dentro del área de estudio. Son varios los componentes arbustivos y herbáceos que en ellos se presentan; los más representativos son: *Archibaccharis*, *Bidens*, *Eryngium*, *Eupatorium*, *Festuca*, *Geranium*, *Lupinus*, *Ribes*, *Senecio*, *Salvia*, *Calamagostis* y *Muhlenbergia*.

Bosque de Oyamel. Se presenta entre los 2700 y 3500 m, la especie dominante es *Abies religiosa*, forma conjuntos casi puros en zonas que tienen alta humedad, precipitación mayor a 1000 mm., también se encuentran individuos de los géneros *Alnus*, *Cupressus*, *Quercus*, *Salix* y *Pinus*; en el estrato herbáceo *Eupatorium*, *Senecio*, *Acaena* y *Salvia* entre otros; el piso de esta comunidad está revestido casi por completo por briofitas de los géneros *Thuidium*, *Bryum* e *Hypnum*. En el área de estudio este tipo de vegetación se encuentra ubicado en un cinturón que va desde la parte noroeste hasta la parte sureste, en altitudes de 2700 a 3500 m. En la zona que da hacia el estado de Puebla se localiza en pequeños manchones debido a la fuerte deforestación.

Pastizal alpino y subalpino. Se desarrolla por encima de los límites de la vegetación arbórea (bosques de *Pinus hartwegii*), por encima de los 3700 m y en algunos casos llegando a 4300 m. Se encuentra en climas de tipo frío donde la precipitación anual sobrepasa los 1000 mm, con suelo constituido por ceniza volcánica y con alto contenido de materia orgánica. Las gramíneas que lo conforman son altas (hasta 1 metro) y crecen amacolladas. Se distinguen tres diferentes asociaciones: la dominada por *Muhlenbergia quadridentata* que se establece en sitios carentes de bosque entre 3700 y 3800 m; la de *Calamagrostis toluensis* y *Festuca toluensis* que es la más extendida de los 3800 a 4200 m y la de *Festuca livida* y *Arenaria bryoides* propia de parajes entre los 4200 y 4300 m. Otros géneros son *Stipa*, *Senecio*, *Erygium* y *Lupinus* entre otros.

Pastizal inducido. Los pastizales inducidos se establecen por un efecto consistente e intenso de disturbio que puede ser debido a la tala extensiva e intensiva, incendio o sobrepastoreo y pueden o no formar parte de una sucesión normal (Rzedowski, 1978). Forman un complejo mosaico sobre todo a bajas altitudes donde las tierras presentan poca pendiente, aunque actualmente han invadido paulatinamente áreas de mayor altitud sobre todo para el pastoreo de ganado caprino y ovino.

Prosperan en sitios que ocupaban anteriormente bosques de *Pinus* y *Quercus*, en altitudes superiores a los 2800 m, son muy semejantes en composición al pastizal alpino y están formadas principalmente por los géneros *Festuca*, *Muhlenbergia*, *Stipa* y *Calamagrostis*.

Tierras de cultivo. Bajo este nombre se engloban áreas con un elevado índice de perturbación donde la vegetación original ha sido parcial o totalmente desplazada por cultivos de temporal (frijol, avena, trigo, cebada y haba), cultivos de riego y cultivos agroforestales (especies forestales, cultivos agrícolas y frutales). Casi todos los terrenos de cultivo se han restringido a zonas con pendiente poco pronunciada como es el intervalo de 2200 a 3000 m, aunque recientemente se utilicen también algunas zonas altas y con elevadas pendientes.

Fauna

La mastofauna está representada por el orden Rodentia (ardillas, tuzas, ratas y ratones) con cinco familias y 21 especies, constituyen el 40.4 % de los mamíferos de la Sierra Nevada le siguen en orden decreciente los carnívoros con cuatro familias y 11 especies (21.2 %), los quirópteros con 2 familias y 10 especies (19.2 %), los insectívoros con una familia y cuatro especies (7.7 %), los lagomorfos con una familia y tres especies (5.8 %), y los ordenes Marsupialia (tlacuache), Xenarthra (armadillo) y Artiodactyla (venado cola blanca), con una familia y una especie (1.52 %) cada una. Se encuentran casi 200 especies de aves, sin embargo, tomando en cuenta las incursiones frecuentes y sistemáticas de algunas especies migratorias, el número de especies que podría comprender la avifauna es de aproximadamente 205 distribuidas en 32 familias (Chávez y Trigo, 1996).

IX MÉTODO

IX.1 *Uso de hábitat*

Para identificar los hábitats prioritarios del coyote se determinó su alimentación mediante el análisis de 282 excretas, los muestreos se realizaron mensualmente con salidas a campo de dos días, la recolecta comprendió un tiempo aproximado de 22 meses (noviembre de 2001 a septiembre 2003), para las regiones Tláloc y Popocatépetl las recolectas se hicieron durante 7 meses para cada región y de 8 meses para la región Iztaccíhuatl. Las recolectas se hicieron a través de caminos y senderos ubicados en la zona de estudio a partir del gradiente altitudinal de 2900 m, siguiendo transectos de 6 horas por día durante cada mes (1,320 horas/hombre = 1,320 h/h). Las muestras fueron identificadas en base a su tamaño, forma, color, contenido general y huellas asociadas. También se tomó en cuenta la experiencia de los lugareños y la literatura especializada (Aranda, 1981), para considerar las excretas de coyote y no confundirlas con excretas de perro o de lince que en este lugar son las que más se asemejan. Las huellas dejadas por los coyotes muestran cuatro dedos y un cojinete casi central, con garras sobresalientes, pero filosas como las de los felinos (Figura 6). Se tomaron los datos y fotografías correspondientes, así como la georreferencia (NAD27, UTM 14) y la caracterización de la zona donde se encontraron. Una vez identificadas las excretas se colocaron en bolsas de plástico con su respectiva etiqueta.

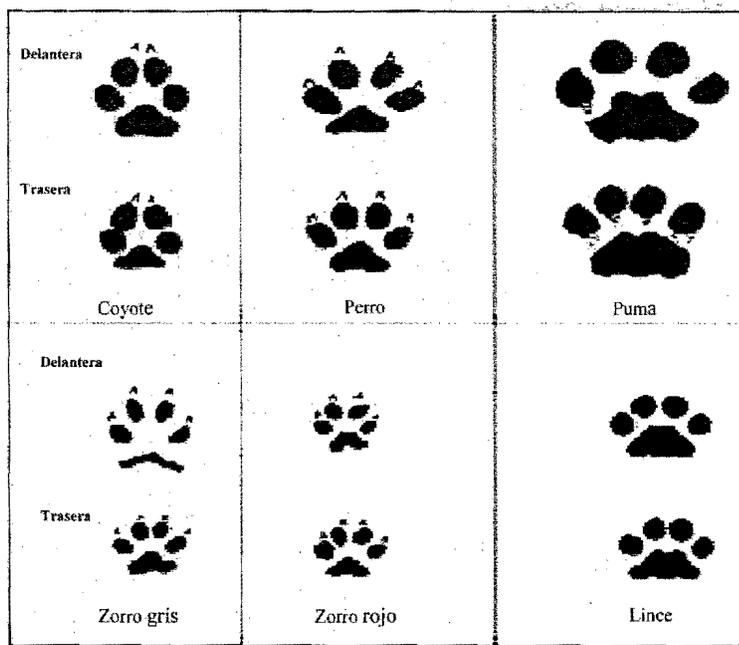


Figura 6. Comparación de las huellas entre el coyote y los carnívoros con los que comparte las áreas de caza. En el área de estudio comúnmente se confunden las huellas de perro con las de coyote, sin embargo existió una diferencia significativa en la posición de los dedos como lo ilustra la figura (Aranda, 1981).

Para su análisis en el laboratorio, cada excreta se colocó individualmente en recipientes con jabón y alcohol al 70% por espacio de 48 horas para facilitar su disgregación, posteriormente se lavaron con agua corriente sobre un tamiz de 125 μ de abertura, con el fin de evitar que las partes más pequeñas (dientes de roedores y lagomorfos) se perdieran durante este proceso. El secado de las muestras se realizó en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 72 horas. Los contenidos de cada excreta se separaron manualmente con ayuda de pinzas y agujas de disección. De cada muestra se separaron restos de pelo, fragmentos craneales, huesos, plumas, restos de insectos y material vegetal. Para facilitar su identificación se utilizó un microscopio estereoscópico (Aranda *et al.*, 1995; Maran *et al.* 1998).

Los restos de mamíferos fueron identificados hasta el nivel taxonómico inferior posible, utilizando los restos de mandíbulas, dientes y pelo. La identificación consistió en comparar piezas dentarias principalmente (molares, incisivos, colmillos) con las de ejemplares depositados en la colección de mamíferos de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, así como de algunos ejemplares que se colectaron en la zona de estudio. Para la identificación de las muestras de

pelo se utilizó una clave de pelos de los mamíferos del Valle de México (Arita, 1985; Tóth, 2002). Como apoyo y referencia se hicieron preparaciones permanentes (Apéndice I). Las aves fueron identificadas por los restos de plumas, los reptiles por las escamas y restos óseos, los insectos por la presencia de restos de élitros (coleópteros), la presencia de vegetales se determinó por restos de semillas y pasto.

Los resultados se agruparon por región. Para determinar la importancia de las presas encontradas en las excretas, se utilizó la frecuencia de aparición (FA) de cada categoría "i" en el total de la muestra por región. El porcentaje de aparición (PA), es el número de excretas donde apareció la categoría "i" (FA_i) multiplicada por 100 y dividida entre la suma de frecuencias de aparición de todas las categorías en toda la muestra N .

$$PA = \frac{(FA_i)(100)}{N}$$

Para determinar si existe o no variación regional en el consumo de los diferentes grupos de alimento se hizo un análisis de varianza (ANDEVA), con los valores obtenidos del porcentaje de aparición y se calcularon con el paquete estadístico NCSS 2000.

Se realizó el vaciado de las coordenadas geográficas asignadas a cada una de las excretas en el programa ArcView 3.2, posteriormente se sobrepusieron en una imagen de satélite de la región Tlálloc-Izta-Popo, para determinar la distribución del coyote con relación al tipo de vegetación, posteriormente se utilizó el dato de ámbito hogareño (9.2 km²), asignando una distancia de amortiguamiento a cada una de las excretas con la georreferencia (NAD27, UTM 14) y el programa Arc-View 3.2., para cubrir la mayor parte de su territorio.

El criterio de hábitat "usado" y "no usado" fue establecido para determinar el grado de utilización que hace el coyote en el hábitat y compararlo entre subzonas a partir de la presencia o ausencia de excretas (Loehle y Wein, 1994). Se consideró que el hábitat fue usado cuando un parche estuviera dentro del rango del ámbito hogareño (P_i), cuando el parche no se encontró dentro de éste rango se consideró que el hábitat no fue usado (P_j). Con estos datos se procedió al cálculo del uso de hábitat mediante la siguiente ecuación:

$$TUH = \frac{P_i n}{P_j m}$$

TUH = Uso de Hábitat.

P_i = Proporción de la vegetación donde se encontraron las excretas signando el ámbito hogareño.

n = Número total de parches donde se encontraron las excretas.

P_j = Proporción de la vegetación donde no se encontraron excretas.

m = Número total de parches en el paisaje donde no se encontraron excretas.

IX.2 Cuantificación de la estructura del paisaje

Para cada una de las subzonas (Tlálloc, Iztaccíhuatl y Popocatépetl), se caracterizó el hábitat a través de datos fisonómicos de la vegetación y de perturbaciones (Olvera, *et al.*, 1996):

Datos sobre perturbaciones: Incendio: se consideró éste evento cuando se observaron muestras de quemaduras sobre la corteza de los árboles o en la superficie del suelo. Erosión: se tomó en cuenta el grado de traslado de partículas del suelo de un lugar a otro, ya sea por la acción del viento, agua o de la actividad humana. Pastoreo: se tomó en cuenta la presencia de animales domésticos mediante la cantidad de excretas y/o rastros de ganado.

Datos fisonómicos de la vegetación: Se tomaron datos sobre el porcentaje de suelo cubierto por la vegetación herbácea, arbustiva y arbórea, para estimar la abundancia y cobertura de la vegetación en el sitio de muestreo.

Los sitios de muestreo se transformaron a forma digital (resolución espacial), se realizó una clasificación supervisada de una imagen compuesta Landsat TM (Thematic Mapper) escala 1:500 000 de la región Tlálloc-Izta-Popo, asignando las bandas 4 (infrarrojo cercano), 5 (infrarrojo de onda intermedia) 7 (infrarrojo de onda corta), mediante IDRISI 3.2. El tipo de vegetación se identificó por la interpretación visual de unidades homogéneas, tomando como criterios la coloración y textura, se digitalizaron con el programa ArcView 3.2 (Villeda *et al.*, 2002), para formar polígonos y delimitar cada uno de los diferentes tipos de vegetación. Se emplearon las letras iniciales para denominar el tipo de vegetación presente en el sitio de muestreo, de acuerdo con el sistema más aceptado, según Rzedowski (1978) (Cuadro 2). Se identificaron un total de 14 tipos de vegetación, de los cuales 7 presentan remanentes de vegetación natural, los tipos de parches antrópicos son los de pastizal inducido, agricultura de riego, de temporal y agroforestal, zona desprovista de vegetación erosionada y zona urbana.

Los datos de los polígonos de vegetación obtenidos de cada una de las subzonas fueron vaciados en la extensión FRAGSTATS para cuantificar estructura del paisaje (McGarigal y Marks, 1995), se generaron 3 índices (O'Neill *et al.*, 1988) a fin de evaluar el patrón de los diferentes tipos de parches en el paisaje, además de obtener el cálculo de superficie y proporción ocupada por cada uno. Los índices empleados fueron los siguientes:

I. Índice de Diversidad de Shannon (IDS)

$$IDS = -\sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$$

IDS = Índice de diversidad de Shannon

i = Tipo de parche

m = número de clases de parches

P_i = Proporción del parche *i* presente en el paisaje (*i* / *m*)

II. Índice de Dominancia (IDO)

$$IDO = \ln n + \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i$$

IDO = Índice de dominancia

ln n = Máximo hipotético en el cual todos los parches del paisaje se encuentran en igual proporción. Tiende a normalizar el índice entre paisajes con diferente número de parches

P_i = *P_i* = proporción en el paisaje del parche *i*

n = Número total de parches en el paisaje

III. Riqueza Relativa de Parches (RRP)

$$RRP = \frac{m}{m_{\max}} (100)$$

RRP = Riqueza Relativa de Parches

m = Número de tipos de parches presentes dentro del límite del paisaje

m_{max} = Número máximo potencial de tipos de parches posibles presentes en el paisaje

Cuadro 2. Categorías de tipos de hábitat usados para el cálculo de la estructura del paisaje

1. Ar = *Abies religiosa*
2. AR = Agricultura de Riego
3. Af = Cultivo Agroforestal
4. AT = Agricultura de Temporal
5. Dv = Zona desprovista de vegetación
6. DvE = Zona desprovista de vegetación, erosionada.
7. Pa = Pastizal alpino
8. Psa = Pastizal subalpino
9. Ph = *Pinus hartwegii*
10. Pi = Pastizal inducido
11. Pspp = *Pinus* spp.
12. Qspp = *Quercus* spp.
13. Sb = Selva baja
14. ZU = Zona Urbana

X RESULTADOS

X.1 Caracterización de la estructura del paisaje

En la región Iztaccihuatl, los bosques de *Pinus* spp. ocupan el 27.70% del paisaje, con una preponderancia de parches de *Pinus hartwegii* con 22.78% y *Abies religiosa* con 10.06%. Una cuarta parte de la superficie del paisaje (25.80%) se encuentra ocupada por pastizales inducidos, mientras que la proporción de hábitat ocupada para la agricultura ocupa el 10.51%. Los tipos de vegetación restantes ocupan superficies inferiores, siendo el pastizal subalpino y las zonas desprovistas de vegetación los más restringidos espacialmente (0.28%) (Cuadro 3). En la región Popocatepetl los parches de *Pinus hartwegii* ocupan mayor superficie con 27.27%, constituyen los elementos dominantes en este paisaje, por otra parte, las áreas de cultivo y pastizal inducido se presentan con porcentajes de ocupación de 16.61%. En la región Tláloc los parches de *Pinus* spp. tienen representatividad en casi la mitad del área con 43.46%, los bosques de *Abies religiosa* se distribuyen de manera abundante con 16.85%, mientras que las áreas dedicadas a las actividades antropogénicas ocupan el 22.08%, también presentó la mayor proporción ocupada por la zona urbana con 6.87% de la superficie ocupada. De acuerdo a los resultados obtenidos (Figura 7), el paisaje en la región Iztaccihuatl se caracterizó por poseer la mayor diversidad de parches ($H = 0.87$), con respecto a la dominancia relativa de las superficies ocupadas por cada uno de los parches presentes, este sitio presentó una situación baja al compararlo con las otras regiones ($IDO = 0.92$), lo que implicaría una mayor homogeneidad del paisaje. Esta región presentó una riqueza relativa de parches con un valor intermedio (35.93). En el extremo opuesto se encuentra la región Popocatepetl, donde se una baja diversidad de hábitats ($H = 0.79$) y una elevada dominancia de algunos parches ($IDO = 1.47$), constituido principalmente por *Pinus hartwegii*, para esta región la riqueza relativa de parches es mayor (37.66), lo que implica que la mayor parte de los tipos de parches se encuentran en esta zona. El paisaje de la región Tláloc presentó una diversidad intermedia de tipos de hábitat ($H = 0.86$), al igual que la dominancia de parches ($IDO = 1.22$), la riqueza relativa de parches para esta región es más baja (29.87), lo que implica poca representatividad en los tipos de hábitats y la distribución entre parches es mucho mayor en las áreas anteriores, es decir, el dominio es entre varios tipos de hábitats.

Cuadro 3. Superficie ocupada por cada uno de los diferentes tipos de vegetación en las áreas estudiadas.

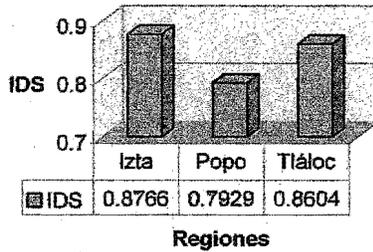
	Hábitat	SOC (%)	Área total: 382263 km ²
a) Iztaccihuatl	<i>Abies religiosa</i> Agricultura de riego Agroforestal Agricultura de temporal Zona desprovista de vegetación <i>Pinus</i> spp. <i>Pinus hartwegii</i> Pastizal inducido Pastizal alpino Pastizal subalpino <i>Quercus</i> spp.	10.0663 1.6694 2.3624 6.4820 0.1798 27.7044* 22.7813 25.8091 1.1935 0.1079 1.6432	Área: 205376 km ²
b) Popocatepetl	<i>Abies religiosa</i> Agricultura de riego Agricultura de temporal Zona desprovista de vegetación <i>Pinus</i> spp. <i>Pinus hartwegii</i> Pastizal inducido Pastizal subalpino <i>Quercus</i> spp. Selva baja Zona Urbana	10.8430 4.2774 12.0050 0.84516 20.8038 27.2713* 3.0614 0.3306 19.699 0.0417 0.8208	Área: 112750 km ²
c) Tláloc	<i>Abies religiosa</i> Agroforestal Agricultura de temporal Zona desprovista de vegetación, erosionada <i>Pinus</i> spp. <i>Pinus hartwegii</i> Pastizal inducido Pastizal alpino <i>Quercus</i> spp. Zona urbana	16.8598 0.8282 16.1316 1.4079 43.4697* 2.5172 5.1282 0.1365 5.8028 6.8702	Área: 63810 km ²

SOC = superficie ocupada (%).

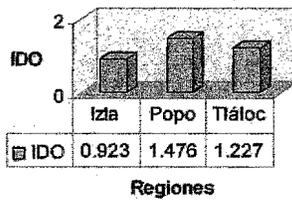
* Tipo de vegetación con mayor porcentaje de superficie ocupada

Índices de paisaje

a) Índice de Diversidad de Shannon



b) Índice de Dominancia



c) Riqueza Relativa de Parches

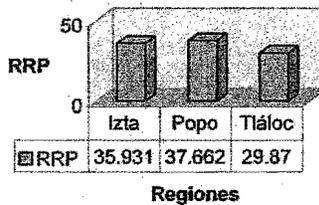


Figura 7. Valores de los índices de paisaje para las tres áreas estudiadas. a) IDS= índice de diversidad de Shannon; b) IDO= índice de dominancia; c) RRP = riqueza relativa de parches.

Modificación del paisaje original por efecto de las actividades humanas

El área de estudio se encuentra sometida a distintos tipos de disturbio por actividades humanas, aunque con diferente magnitud. La región Iztaccihuatl presentó una profunda modificación del paisaje natural afectada principalmente por la ganadería extensiva, observándose una predominancia de parches producto del recambio de las comunidades naturales por pastizal inducido, ocupando el 25.80 % del total de esta área, permaneciendo libres de la herbivoría sólo aquellas partes demasiado anegadas como para que el ganado pueda ingresar a las mismas, sumado al efecto de herbivoría sobre los árboles jóvenes, se producen frecuentes talas para la obtención de madera lo cual hace que algunas especies como el abeto (*Abies religiosa*) y encino (*Quercus* spp.) se encuentren actualmente con poca abundancia (10.06% y 1.64% respectivamente) (Figura 8). En la región Popocatepetl, la agricultura de riego y de temporal constituida principalmente por cultivos de maíz, avena, trigo, cebada y haba afectan a una parte importante del paisaje (16.28%). Aunque la ganadería no afecta de forma significativa a la vegetación natural remanente, está presente en el área con algunos parches de pastizal inducido (3.06%). Sin embargo, la baja carga animal y el sistema de rotación de los animales, hacen que no se observe una drástica modificación de las comunidades vegetales. En esta región se observan frecuentes talas para la obtención de madera afectando principalmente los parches de *Abies religiosa* reduciendo la proporción ocupada por esta especie con solo el 10.84 % de la región. En la región Tláloc la ganadería afecta al 5.12% de la superficie total de esta área. Por otra parte, el 16.22% ha sido desmontada para cultivos de agricultura de temporal que aún persiste, los remanentes de bosques se encuentran empobrecidos observándose en la proporción que ocupan los parches de *Pinus hartwegii* (2.51%) y *Quercus* spp. (5.80 %) (Figura 9), sin embargo, los parches que presentan *Pinus* spp. y *Abies religiosa* constituyen los únicos relictos de vegetación natural remanente. En muchos casos, las zonas que originalmente ocupaban estos parches ahora están invadidos por especies arbustivas de los siguientes géneros: *Baccharis*, *Castilleja*, *Desmodium*, *Eupatorium*, *Galium*, *Salvia* y *Senecio*, que por su dinámica poblacional son mucho más abundantes que las especies arbóreas. Si se tienen en cuenta los disturbios descritos anteriormente, se puede afirmar que, en este sitio el área se encuentra modificada en mayor o menor medida, por las actividades humanas.

A partir de lo anterior se observan paisajes contrastantes, debido a que existen diferencias en cuanto a actividades humanas y fisiografía, lo que determina estructuras del paisaje con diferente grado de heterogeneidad. Estas diferencias se pueden puntualizar interpretando la modificación del paisaje original y la abundancia y distribución de parches (Figura 9).

Superficie ocupada por los diferentes tipos de vegetación

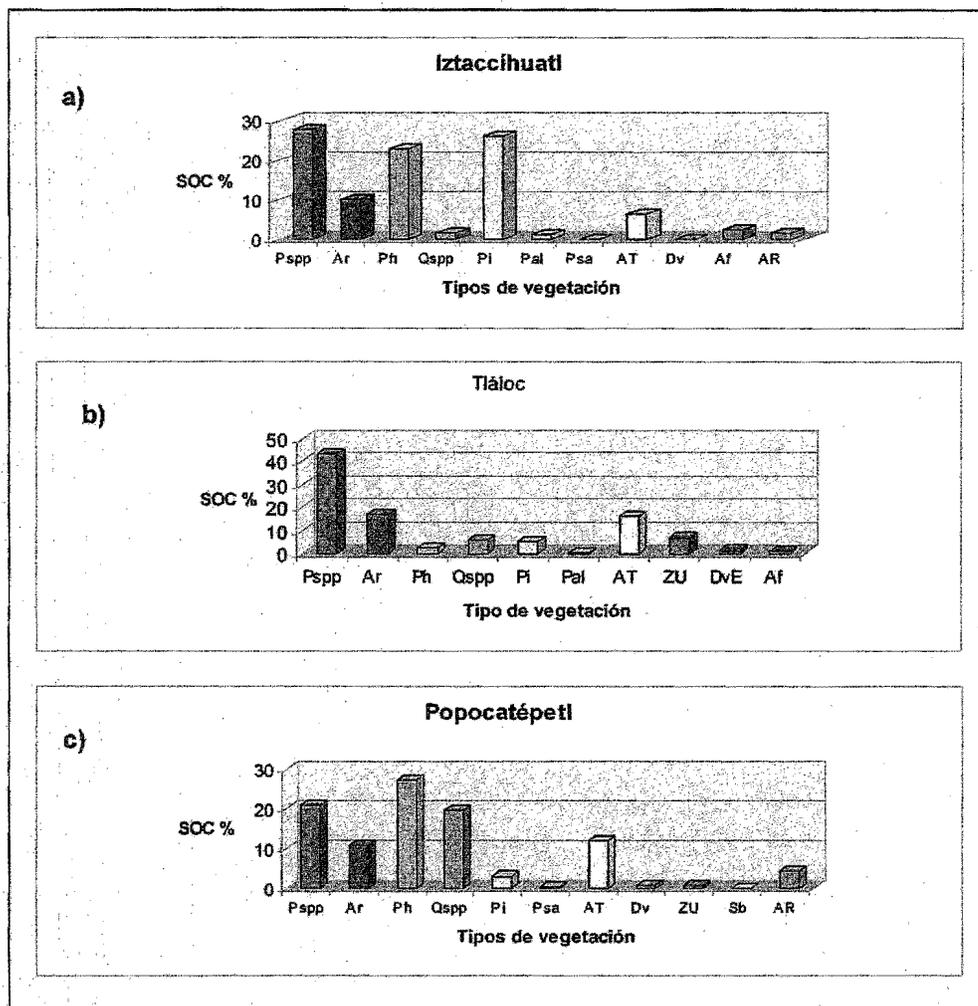


Figura 8. Las gráficas representan el porcentaje que ocupan cada uno de los distintos tipos de vegetación en las regiones estudiadas a) Iztaccihuatl, b) Tláloc, c) Popocatepetl, (Porcentaje de la superficie ocupada = (SOC%), *Pinus* spp. (P spp), *Abies religiosa* (Ar), *Pinus hartwegii* (Ph), *Quercus* spp. (Q spp), pastizal inducido (PI), pastizal alpino (Pal), pastizal subalpino (Psa), agricultura de temporal (AT), zona desprovista de vegetación (Dv), zona urbana (ZU), zona desprovista de vegetación erosionada (DvE), cultivo agroforestal (Af), selva baja (Sb), agricultura de riego (AR)).

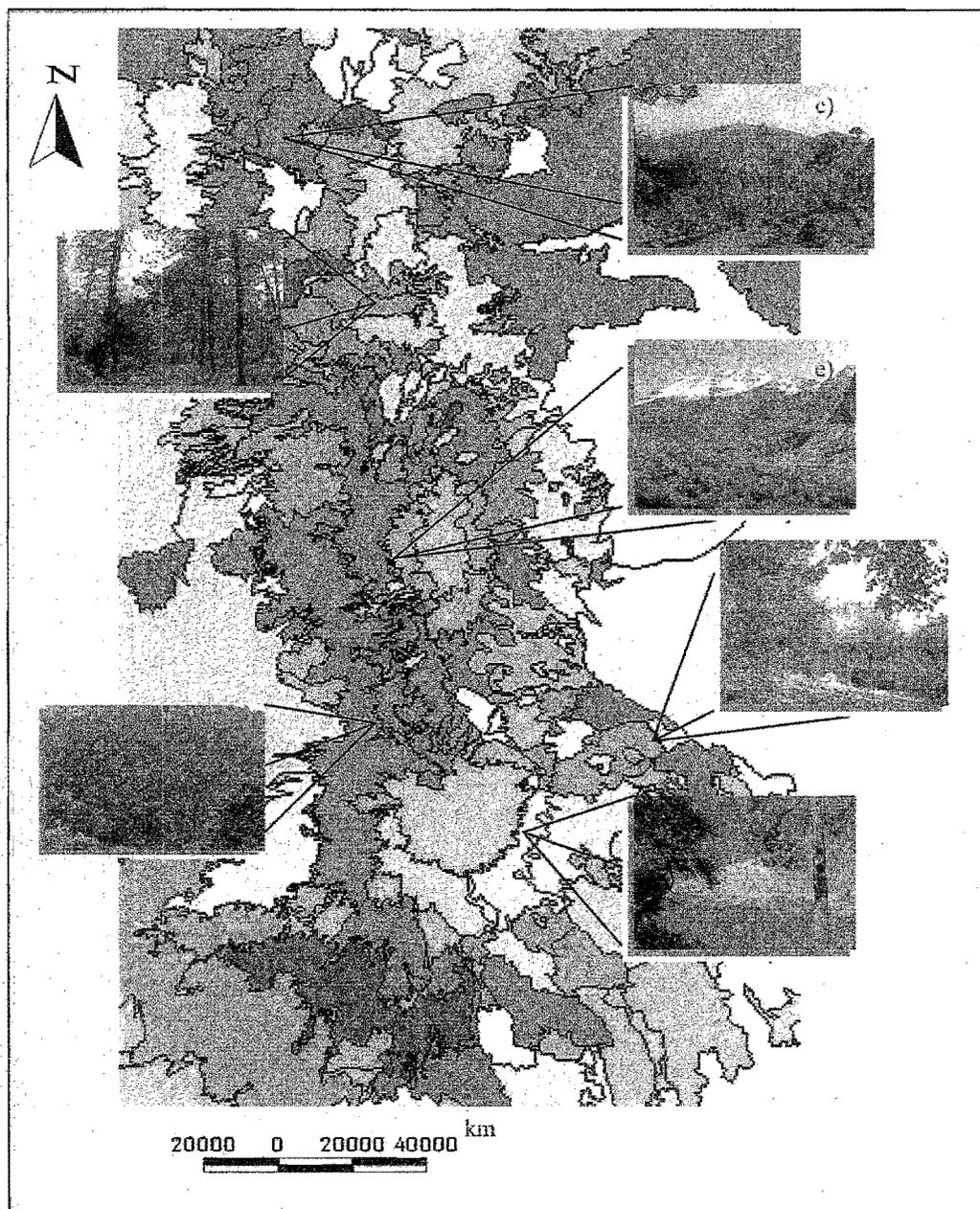


Figura 9. Distribución de los principales tipos de vegetación. Los colores indican la variación entre los tipos de vegetación, la vegetación dominante corresponde a *Pinus* spp. (a), *Abies religiosa* (b), *Pinus hartwegii* (c), *Quercus* spp. (d) y pastizal (e).

X.2 Uso de hábitat

En la región Iztaccihuatl la proporción de uso de hábitat por parte del coyote fue de 1.90, con un porcentaje de uso equivalente al 65.52% del total del área estudiada, el hábitat más usado fue el de *Pinus* spp. (35.06%), seguido por pastizal inducido (28.36%) y *Pinus hartwegii* (24.46%), mientras que los menos usados fueron el pastizal subalpino (0.16%), las zonas desprovistas de vegetación (0.27%) y los bosques de encino (0.40%) (Cuadro 4). En la región Popocatepetl, dicha proporción fue superior (2.78) con porcentajes de uso de 73.57% sobre el total del área, el hábitat más usado para ésta región fue el de *Pinus hartwegii* (38.74%), seguido por *Pinus* spp. (24.91%) y *Quercus* spp. (17.31%); los menos usados fueron pastizal subalpino (0.46%), las zonas desprovistas de vegetación (1.20%) y el pastizal inducido (1.46%) (Figura 10). En la región Tláloc el uso de hábitat fue mucho menor (0.55) que en las regiones anteriores (Figura 11). Los porcentajes de uso en función del total del área estudiada fueron del 35.75%, en esta región el hábitat más usado correspondió a *Pinus* spp. (59.38%), seguido por *Abies religiosa* (24.48%), mientras que los menos usados correspondieron a Pastizal alpino (0.17%) y *Quercus* spp. (3.34%). La distribución del coyote sumado para las tres regiones (Tláloc-Izta-Popo) ocupa un área de 240519.87 km², es decir cerca de 62.92% del total del área para esta región (Figura 12).

Tipo de vegetación usada por el coyote (*Canis latrans cagottis*)

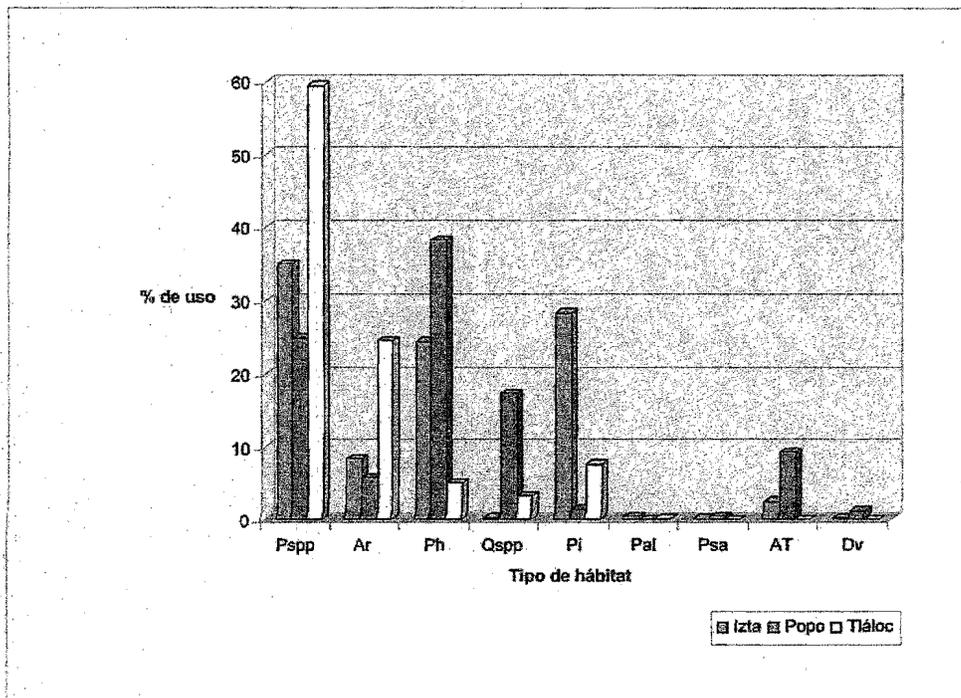


Figura 10. Porcentaje de tipo de vegetación utilizada por el coyote en sus movimientos dentro del paisaje en función de los recursos tróficos. *Pinus* spp. (Pssp), *Abies religiosa* (Ar), *Pinus hartwegii* (Ph), *Quercus* spp. (Qssp), pastizal inducido (Pi), pastizal alpino (Pal), pastizal subalpino (Psa), agricultura de temporal (AT), zona desprovista de vegetación (Dv).

Uso de hábitat

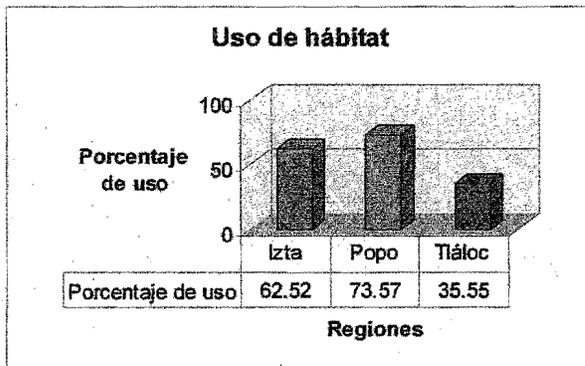
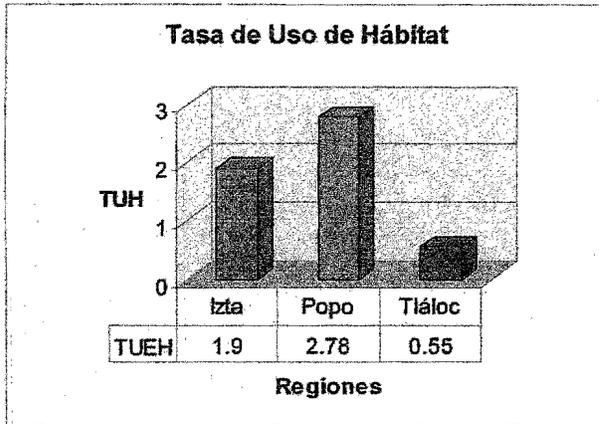


Figura 11. Valores de la tasa de uso de hábitat (TUEH) para el coyote en las tres áreas estudiadas. a) Tasa de uso de hábitat, b) Uso de hábitat.

Cuadro 4. Porcentaje de uso del tipo de vegetación para cada región.

Tipo de vegetación	Iztaccíhuatl	Popocatépetl	Tláloc
Psp	35.06	24.91	59.38
Ar	8.34	5.66	24.48
Ph	24.46	38.34	5.04
Qsp	0.4	17.31	3.34
Pi	28.36	1.46	7.56
Pal	0.41	0	0.17
Psa	0.16	0.46	0
AT	2.5	9.26	0
Dv	0.27	1.2	0

Pinus spp. (Psp), *Abies religiosa* (Ar), *Pinus hartwegii* (Ph), *Quercus* spp. (Qsp), pastizal inducido (Pi), pastizal alpino (Pal), pastizal subalpino (Psa), agricultura de temporal (AT), zona desprovista de vegetación (DV).

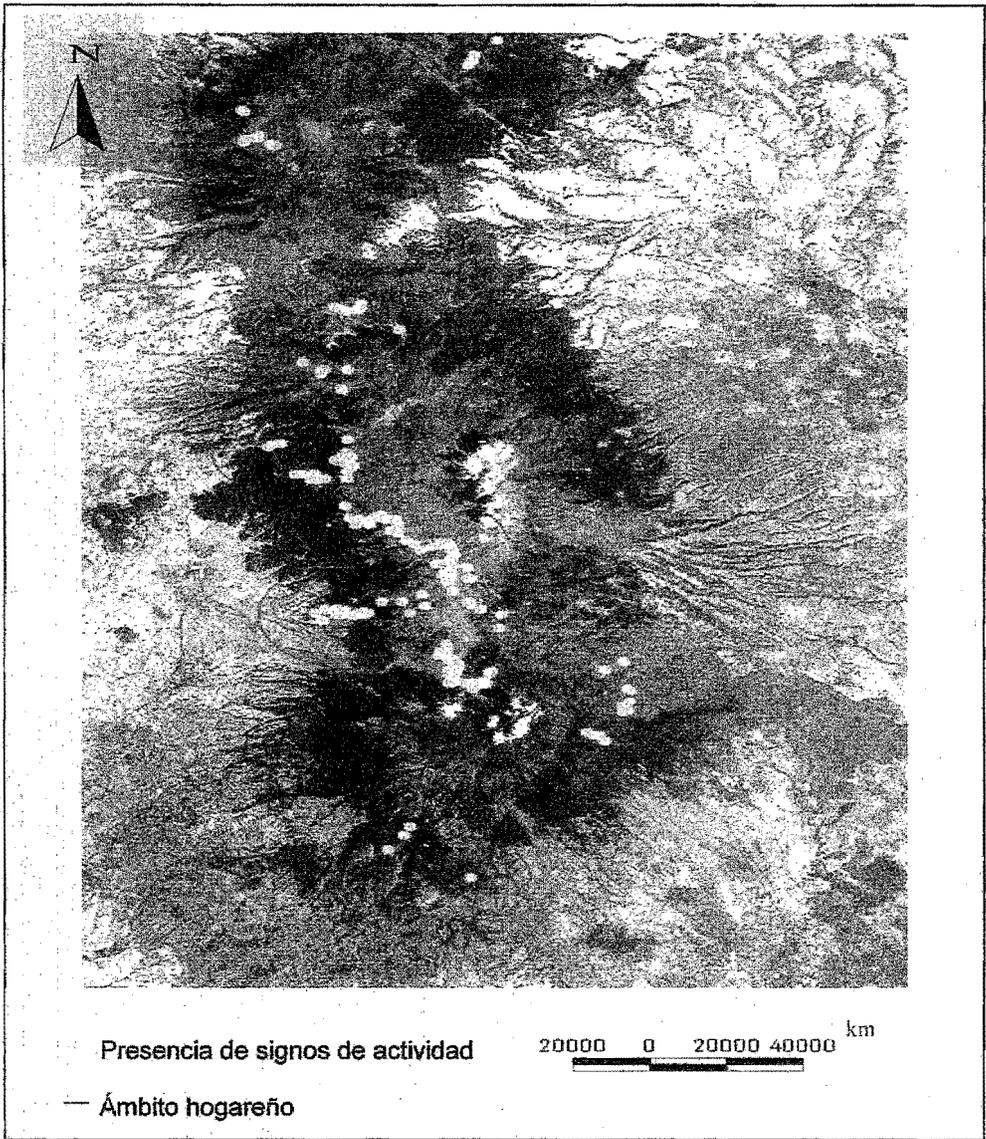


Figura 12. Los círculos representan la distribución del coyote (*Canis latrans cagottis*), que comprende aproximadamente 240519.87 km². Los puntos amarillos representan registros de signos de actividad en la región Tlaloac-Izta-Popo, 2001-2003.

X.3 Alimentación del coyote

En la zona de estudio la alimentación del coyote se compone de cinco grupos (mamíferos, aves, reptiles, coleópteros y vegetales), los mamíferos son los más importantes en la dieta, los grupos restantes tienen poca representatividad en su alimentación (Figura 13). En la región Iztaccihuatl el coyote se alimenta principalmente de mamíferos (83.16%) (Figura 14), donde los lagomorfos son los más importantes (44.55%), las especies más consumidas fueron *Romerolagus diazi* (21.28%), seguido por *Sylvilagus floridanus* (13.36%) y *Microtus mexicanus* (12.37%) (Figura 13), además el consumo de reptiles fue superior (6.43%) comparado con las otras regiones, mientras que el consumo de ganado (*Bos taurus*) se incrementó (9.90%). Para la región Popocatepetl se presentó un caso similar donde los mamíferos fueron los más importantes en la dieta (83.04%), al igual que en la región Iztaccihuatl los lagomorfos fueron los más frecuentes en la alimentación del coyote (50.86%), sin embargo, la especie más consumida fue *Sylvilagus floridanus* (23.47%), seguido por *Romerolagus diazi* (20.43%) y *Microtus mexicanus* (8.69%), también se observó un incremento en la diversidad en el consumo de presas y aparecen especies no muy comunes en la dieta, tales como *Liomys irroratus*, *Dasytus novemcinctus* y *Conepatus mesoleucus*. La región Tláloc presentó una disminución en el consumo de presas, aunque se mantiene a los mamíferos como los más importantes (84.37%) en la dieta, donde los roedores son los más consumidos con el 50.00% para esta región. La especie más importante en la alimentación para ésta región es *Sylvilagus floridanus* (15.62%), seguido por *Microtus mexicanus* (12.5%), *Neotoma mexicana* (12.5%) y ratones del género *Peromyscus* (10.93%) (Figura 14). A pesar de que no se observaron diferencias estadísticas en la alimentación del coyote entre regiones ($P > 0.05$), algunos alimentos aparecieron en mayor número, o bien se presentaron exclusivamente en una región. Solo los reptiles no aparecen en todas las regiones, ya que esta categoría alimenticia es poco frecuente en la alimentación del coyote, y cuando se presenta su aporte a la alimentación es bajo (Cuadro 5).

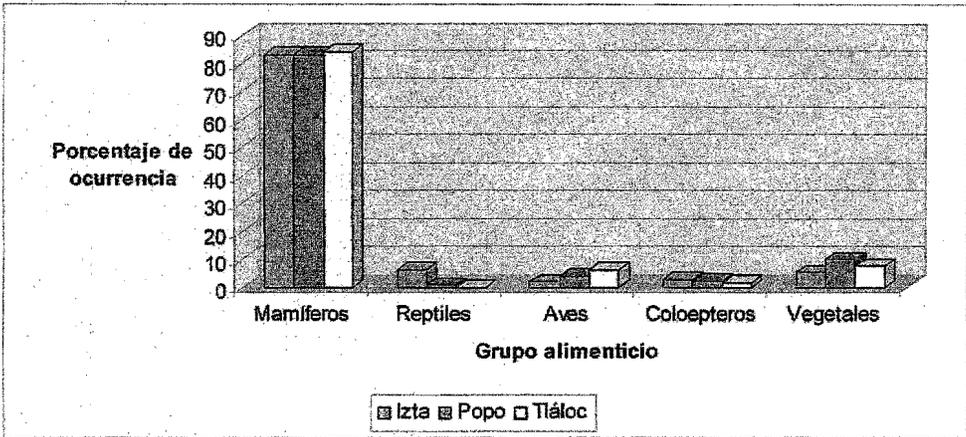


Figura 13. El gráfico representa la alimentación del coyote de los distintos grupos alimenticios en las regiones estudiadas y destaca la importancia de los mamíferos en su alimentación.

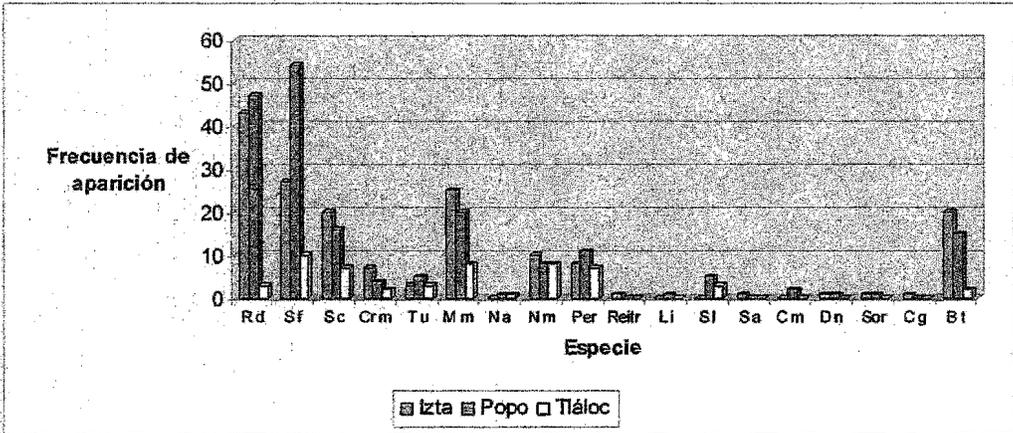


Figura 14. Frecuencia de aparición de las diferentes especies consumidas por el coyote (*Canis latrans cagottis*) en la región Tlálloc-Iztaccihuatl- Popocatepetl. (*Romerolagus diazi* (Rd), *Sylvilagus floridanus* (Sf), *Sylvilagus cunicularius* (Sc), *Cratogeomys merriami* (Crn), *Thomomys umbrinus* (Tu), *Microtus mexicanus* (Mm), *Neotomodon alstoni* (Na), *Neotoma mexicana* (Nm), *Peromyscus* spp. (Per), *Reithrodontomys* spp. (Reitr), *Liomys irroratus* (Li), *Sigmodon leucotis* (Sl), *Sciurus aureogaster* (Sa), *Conepatus mesoleucus* (Cm), *Dasyopus novemcinctus* (Dn), *Sorex* spp. (Sor), *Cryptotis goldmani* (Cg), *Bos taurus* (Bt)).

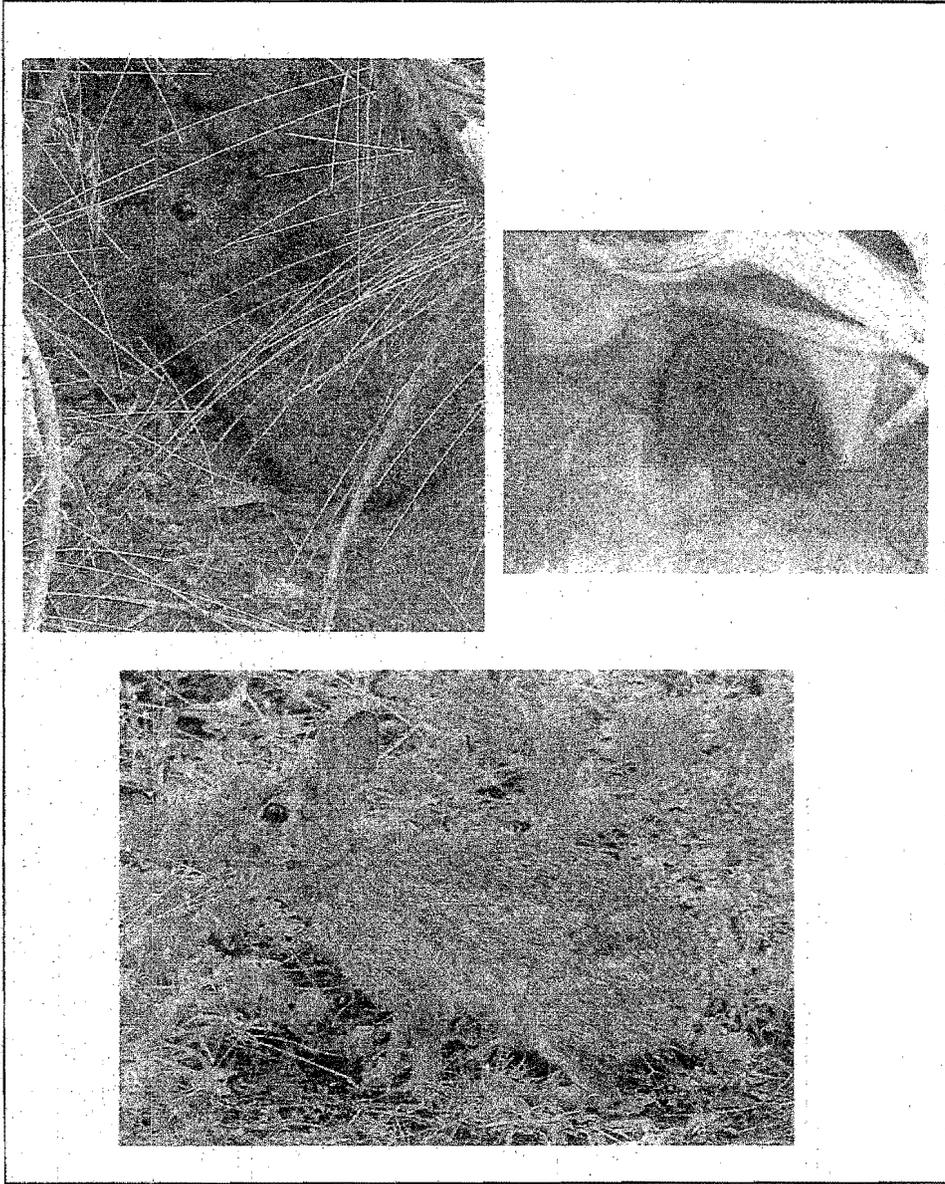


Figura 15. Especies que constituyen la principal fuente de alimento para el coyote en la región Tláloc-Izta-Popo. a) *Romerolagus diazi*, b) *Microtus mexicanus* y c) *Sylvilagus floridanus*.

Cuadro 5. Porcentajes y frecuencias de ocurrencia de las clases, grupos y componentes alimenticios obtenidos del análisis de 282 excretas de coyote, colectadas de noviembre de 2001 a septiembre de 2003. Variación regional (*) en la alimentación del coyote (*Canis latrans cagottis*) en la región Tláloc-Izta-Popo.

Especies	Popocatepetl (n = 130)		Iztaccíhuatl (n = 115)		Tláloc (n = 37)	
	FA	PA	FA	PA	FA	PA
MAMÍFEROS	191	83.04	168	83.16	34	84.37
Lagomorpha	117	50.86	90	44.55	20	31.25
<i>Romerolagus diazi</i>	47	20.43	43	21.28	3	4.68
<i>Sylvilagus floridanus</i>	54	23.47	27	13.36	10	15.62
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	16	6.95	20	9.90	7	10.93
Rodentia	55	23.91	55	27.22	32	50.00
<i>Cratogeomys merriami</i>	4	1.73	7	3.46	2	3.12
<i>Thomomys umbrinus</i>	5	2.17	3	1.46	3	4.68
<i>Microtus mexicanus</i>	20	8.69	25	12.37	8	12.5
<i>Neotomodon alstoni</i>	1	0.43	0	0.00	1	1.56
<i>Neotoma mexicana</i>	8	3.47	10	4.95	8	12.5
<i>Peromyscus</i> spp.	11	4.78	8	3.96	7	10.93
<i>Reithodontomys</i> spp.	0	0.00	1	0.49	0	0.00
<i>Liomys irroratus</i>	1	0.43	0	0.00	0	0.00
<i>Sigmodon leucotis</i>	5	2.17	0	0.00	3	4.68
<i>Sciurus aureogaster</i>	0	0.00	1	0.49	0	0.00
Otros mamíferos	19	8.26	23	11.38	2	3.12
<i>Conepatus mesoleucus</i>	2	0.86	0	0.00	0	0.00
<i>Dasyus novemcinctus</i>	1	0.43	1	0.49	0	0.00
<i>Sorex</i> spp.	1	0.43	1	0.49	0	0.00
<i>Cryptotis goldmani</i>	0	0.00	1	0.49	0	0.00
<i>Bos taurus</i>	15	6.52	20	9.90	2	3.12
REPTILES	2	0.86	13	6.43	0	0.00
AVES	9	3.91	4	1.98	4	6.25
COLEÓPTEROS	5	2.17	6	2.97	1	1.56
VEGETALES	23	10.00	11	5.44	5	7.81

(*) F = 2.17; g.l. = 14; P > 0.05

FA = Frecuencia de aparición

PA = Porcentaje de aparición

n = Número de excretas analizadas en cada región

XI DISCUSIÓN

XI.1 Configuración del paisaje

Las actividades humanas han influido en la mayoría de los paisajes del área estudiada, dando como resultado mosaicos de parches naturales y antrópicos, que varían en tamaño, forma, disposición y conectividad (Burgess y Sharpe, 1981; Krummel *et al.*, 1987; Zonneveld, 1995). Dado que los paisajes como un todo tienen propiedades que sus partes por separado no poseen, los mismos no pueden ser descritos simplemente como la suma de elementos que los componen sino que, además, debe tenerse en cuenta la configuración que estos elementos adoptan en el espacio, es decir, su localización y yuxtaposición (Forman y Godron, 1986). La configuración actual de los paisajes presentes en las regiones estudiadas resultó contrastante al compararlas entre sí, observándose una variación en la forma y complejidad de los parches. Este hecho sugiere, tal como fue planteado por Mladenoff *et al.* (1993), una respuesta diferencial de dichos elementos a los disturbios y a los procesos geomorfológicos característicos de cada una de las áreas estudiadas.

En la región Popocatepetl se observó mayor fragmentación del paisaje (en un gradiente altitudinal de 2900 a 3700 m), pero a su vez mayor conectividad (conforme aumenta de 3700 a 4000 m) entre parches dada por la regeneración de algunas zonas cercanas al cono volcánico. En función de los resultados obtenidos al aplicar los índices de organización del paisaje, se observó que el paisaje está caracterizado por un alto nivel de heterogeneidad, con una dominancia en el mosaico actual de parches con elementos naturales (IDO = 1.47), debido a que la actividad volcánica restringe el acceso a las zonas boscosas permitiendo una regeneración natural y la permanencia de los bosques en la mayor parte de esta región, éstos podrían ser considerados como la matriz del mismo. Sin embargo, también es cierto que los parches relictuales de agricultura de temporal podrían ser considerados como la fuente del paisaje futuro en caso de que las actividades antropogénicas aumentaran. En este sentido se observa que en periodos de abandono mayores a los 50 años, los bosques que fueron afectados por actividades antropogénicas vuelven a poseer una fisonomía de bosque natural. Desde este punto de vista, Forman y Godron (1986) plantean que si un elemento está gobernando de alguna manera la dinámica de funcionamiento de un paisaje cuya expresión sería el resultado final en ausencia de disturbios antrópicos, éste elemento podría ser considerado como la matriz del mismo. Sin embargo, la matriz de un paisaje puede cambiar si las condiciones a las cuales se encuentra sometido se modifican. De acuerdo a este criterio, en la región Popocatepetl la matriz cambiaría de un conjunto de parches de *Pinus* spp., en el caso de un área sometida a explotación forestal, a un paisaje altamente fragmentado debido a una alteración provocada por diferentes usos de suelo, con una heterogeneidad interna mayor o menor de acuerdo al tiempo de abandono en que se encuentran los diferentes parches de bosque.

La región Iztaccíhuatl presentó mayor homogeneidad, debido a que la dominancia relativa (fue la más baja con 0.92, comparada con las otras regiones) esta constituida por pocos elementos en el paisaje, donde la matriz está formada por bosques de *Pinus hartwegii* y *Pinus* spp., sin embargo, los parches boscosos presentan una acelerada fragmentación sobre todo aquellos que se encuentran fuera los márgenes del Parque, con la acelerada transformación del paisaje, las áreas permanentemente anegadas conjuntamente con los cursos de agua provenientes del deshielo de las partes más altas, que a menudo se interconectan los pastizales alpinos, subalpinos e inducidos, constituirían la matriz de este paisaje ya que los mismos abarcarían la mayor extensión.

En la región Tláloc la matriz está compuesta por bosque de *Pinus* spp., aunque presenta un paisaje altamente fragmentado provocando una mayor heterogeneidad entre los parches, las áreas desmontadas y dedicadas a la agricultura constituirían la matriz de este paisaje, debido a la práctica constante de esta actividad que se refleja en la riqueza de parches (RRP = 35.93). Sin embargo, si las actividades productivas fuesen abandonadas, entonces podría ocurrir, que los parches boscosos volviesen a colonizar estas áreas, convirtiéndose así en la matriz dominante. Incluso podría darse el caso de un cambio de la matriz a un nuevo elemento que podría denominarse bosque secundario, con una densidad más alta que el bosque primario, a una escala temporal mucho mayor, en función de la dinámica del sistema así como del tipo de vegetación dominante.

XI.2 Estructura del paisaje y disturbios a escala regional

En cierta forma, tanto el grado de contraste que presenta un paisaje como la forma de los parches dominantes en el mismo, pueden dar una primera aproximación sobre los tipos de disturbios que controlan la dinámica del sistema. Los patrones del paisaje se desarrollan en tiempo y espacio por complejas interacciones físicas, biológicas y sociales. (Urban *et al.*, 1987). Si bien los parches presentes en un paisaje pueden responder a determinadas condiciones ambientales, también pueden ser el resultado de disturbios, tanto de origen natural como antrópico (Mooney y Godron, 1983). Las respuestas de las especies a estos disturbios, tanto dentro de los parches como en las áreas circundantes, dependerán del tipo, grado de intensidad y tiempo de recurrencia de los mismos (Forman y Godron, 1986).

Cuando se comparan los paisajes de las regiones estudiadas, se observa que los mismos difieren en cuanto al tipo y frecuencia de disturbios a los que se encuentran sometidos. En las regiones Iztaccíhuatl y Tláloc predominan los disturbios de origen humano (cultivos y ganadería), mientras que en la región Popocatepetl se presentan los de origen natural (incendios provocados por la actividad volcánica), aunque predominan los de origen antrópico (cultivos).

En la región Iztaccíhuatl los parches se distribuyen de manera homogénea a lo largo del paisaje, sin embargo, una parte importante se encuentra desprovista de

vegetación conformada principalmente por zonas de pastizal inducido, aunque en las partes bajas se presentan inundaciones, estas no afectan la composición del paisaje, puesto que alimentan a una red de ríos subterráneos que irrigan los hábitats circundantes. Las actividades productivas han dado como resultado una tendencia a la homogeneización de los parches de pastizal inducido. En este caso, el efecto de la herbivoría potenciaría al de la tala, ya que la primera estaría impidiendo la regeneración natural por consumo directo de las plántulas. Esto explicaría la falta de bosque en algunos parches de la región Iztaccihuatl donde esta actividad es más severa. Además, la alta carga animal presente en este sitio contribuye a alterar la estructura y composición florística del paisaje. Los disturbios de origen humano, por otra parte, tuvieron un efecto mucho más drástico sobre la estructura del paisaje en la región Tláloc, donde se han producido reemplazos o eliminación de comunidades completas como producto de las actividades humanas. Aunque algunos sitios de la región Popocatepetl presentan regeneración y conectividad entre parches, la parte sur se encuentra sometida a una explotación forestal sin control llevando a la existencia de un paisaje más complejo que el original, conformado por un mosaico heterogéneo de parches.

XI.3 Paisaje y fauna silvestre

La fragmentación y composición de los paisajes varía temporal y espacialmente durante la evolución de los pequeños mamíferos en el área de estudio. Los pequeños mamíferos están asociados con la composición y el patrón del paisaje, los disturbios humanos y naturales han modificado la estructura del paisaje, sin embargo, se especula que los pequeños mamíferos pueden responder a diferentes cambios en el patrón y composición a escala de paisaje (Martin y McComb, 2001).

La distribución del coyote, así como el uso de hábitat se relaciona con la con la disponibilidad de presas, esto depende de la composición y distribución espacial de los distintos tipos de vegetación disponibles. Para gran parte de la fauna silvestre, la vegetación es la que otorga las características estructurales del hábitat (Rotenberry y Wiens, 1980), ya que la configuración de la vegetación resulta uno de los factores más importantes en este proceso al otorgar refugio, áreas para reproducción y alimento (Rabenold y Bromer, 1989).

Estos patrones de movimiento y uso de hábitat se relacionan con el comportamiento en relación con la dispersión y hábitos alimentarios. La presencia o ausencia de las especies de las cuales hace presa, influye de muchas maneras sobre el comportamiento de los coyotes, puesto que se trata de un depredador oportunista que necesita extensas áreas de caza. La disponibilidad de alimento depende de de la hospitalidad de los diferentes elementos paisajísticos en términos del grado de utilización por parte del coyote.

El tamaño corporal, conjuntamente con otras características ecológicas, son parcialmente responsables de la heterogeneidad de respuestas del coyote en

paisajes fragmentados. La remarcable plasticidad del comportamiento de los coyotes y la habilidad para tener éxito en límites de áreas con disturbios, puede utilizarse como un indicador de conectividad entre hábitats (Seth *et al.*, 2003). Sin embargo, la ocurrencia, residencia y decline de la presencia del coyote debido a la cacería a la que se ve expuesto y degradación de algunos sitios en la porción Puebla de la región Iztaccihuatl, puede ser causa de extinción local de poblaciones de coyote en pequeños remanentes humanos aislados.

XI.4 Relación paisaje-coyotes en áreas de caza

En el área de estudio los coyotes utilizaron más de un hábitat para satisfacer sus requerimientos, dependiendo de la disponibilidad de éstos en el paisaje, se registraron rastros de coyote con mayor frecuencia en bosques de *Pinus* spp. y *Pinus hartwegii* y son lugares aparentemente propicios para el establecimiento tanto de roedores como de lagomorfos (Fa *et al.*, 1990), especies presa para el coyote, lo cual puede constituir un requisito indispensable para el mantenimiento de poblaciones viables y lo convierte en un elemento importante que condiciona la presencia de éste cánido en diferentes regiones. (Ozaga y Harger, 1966; Litvaitis y Shaw, 1980; Andelt y Andelt, 1981; Aranda *et al.*, 1995; Stoddart *et al.*, 2001; Monroy y Velázquez, 2003). Sin embargo, no siempre se detectó la presencia del coyote en bosques de *Pinus* spp., debido a que gran parte se encuentra bajo explotación forestal o formando grandes extensiones de tierra para cultivo, esta situación se presentó en un gradiente altitudinal de 3200 a 3500 msnm. En cambio es más fácil encontrar rastros en altitudes superiores a 3600 msnm con hábitats de *Pinus hartwegii* y pastizal alpino, contrario a lo que reportó Monroy y Velázquez (2003), para otras regiones de la Cuenca de México. Esto resulta un hecho común en muchas especies animales, donde el elemento del paisaje más protegido es utilizado para descanso y abrigo de crías mientras que el más productivo es dedicado a la cacería en el caso de depredadores e implica un considerable movimiento a través de los límites de los mismos y en determinados puntos de convergencia, lo cual enfatiza la importancia de comprender el real funcionamiento de los hábitats en un paisaje (Harris, 1981), puesto que muchas veces, dadas sus características ambientales, un determinado hábitat puede actuar como una zona de repulsión, inhibiendo el movimiento de una especie e impidiendo así la disponibilidad de recursos en ciertas áreas del mismo, donde el número y tipo de hábitats en el paisaje juegan un papel importante en el patrón de utilización del hábitat de una especie y por lo tanto en su aptitud.

La disposición espacial de los hábitats de la región Iztaccihuatl, determina lo que se denomina un patrón homogéneo, lo cual facilita que ciertas especies de las cuales se alimenta (principalmente lagomorfos), se dispersen de forma abundante a lo largo de los distintos hábitats que conforman la región, de esta manera el coyote puede desplazarse fácilmente y conseguir alimento. Esto explica su amplia distribución en esta región, sin embargo, en la zona que comprende la porción de Puebla, el coyote ha visto disminuida sus poblaciones debido a las prácticas

antropogénicas que en ella operan, principalmente por la cacería a la que se ve expuesto. En el caso concreto del coyote, su capacidad para desplazarse con alta eficiencia en zonas con poca vegetación (principalmente pastizales), permite en este sitio una buena dispersión de animales entre diferentes hábitats, esta abundancia de pastizales atrae a número importante de pequeños roedores, lagomorfos (Bekoff y Wells, 1986) y ganado mostrenco, que en períodos de escasez forman parte de la dieta de los coyotes, a diferencia de lo reportado por Quinn (1995), que informó que el coyote se localiza frecuentemente en áreas de mayor diversidad boscosa. El patrón de paisaje observado en algunas regiones del Popocatepetl hace que existan parches literalmente "no disponibles" para el coyote debido al difícil acceso, principalmente por la vegetación circundante, esto también influye en las especies de las que se alimenta (principalmente a los lagomorfos). Esta situación dificulta su alimentación, por lo que necesita cubrir más área para conseguir sustento suficiente, en consecuencia la tasa de uso de hábitat resulta mayor al compararla con las otras regiones.

En la región Tláloc se observa una tendencia a formar un patrón de parches en mosaicos pequeños constituidos de poca vegetación y en algunos casos altamente degradados distribuidos de manera heterogénea, dejando fuera de uso por parte del coyote un porcentaje mayor de paisaje con respecto a las otras regiones, y como consecuencia su principal alimento (lagomorfos) presenta poblaciones bajas (Chapman y Flux, 1990; Mills y Knowlton, 1991; Stoddart *et al.*, 2001; Palomares, 2001), lo que provoca que recurra a los roedores como alternativa a la escasez de lagomorfos. Aquí, el movimiento y sus interacciones con la estructura y la dinámica es un proceso clave para la supervivencia del coyote en un medio heterogéneo, y está determinado principalmente por los disturbios provocados por las actividades humanas. En este caso, la alta degradación tanto natural como antrópica y la heterogeneidad espacial de los hábitats es el factor que provoca una disminución en la abundancia de presas y en consecuencia se presentó un uso de hábitat bajo ($UH = 0.53$) por parte de los coyotes a pesar de que cuenta con la vegetación preferencial y con áreas de difícil acceso para actividades humanas.

Estas características de los hábitats tendrán una fuerte repercusión en el uso del hábitat para el coyote. Por otra parte, la región Popocatepetl representa un paisaje con alta conectividad debido a la regeneración en las partes más altas. Desde el punto de vista de la aptitud de hábitat para los coyotes, esta situación resultaría favorable puesto que pueden acceder a distintos hábitats en busca de alimento utilizando la regeneración natural, en este sentido, los paisajes con alta regeneración formaran corredores y constituirían elementos "dispersivos", permitiendo a los coyotes moverse en distintos puntos del paisaje con una alta posibilidad de encontrar presas donde antes no las había. Más aún, la abundancia de presas podría propiciar la existencia de grupos sociales grandes, tal como es el caso de zonas donde la disponibilidad de presas es abundante (Leopold, 1977; Sybil, 1990).

A pesar de las características propicias de algunas zonas, el uso de hábitat disminuye en lugares donde las actividades humanas afectan el hábitat de las especies con las que se alimenta (principalmente *Romerolagus diazi*) (Hoth *et al.*, 1987), lo que implica una considerable proporción del mismo que no es utilizado por los coyotes (superficies ocupadas por cultivos y zonas urbanas). Esto último estaría de acuerdo con lo encontrado por otros autores (Palomares, 2001), quienes observaron que algunos depredadores aumentan la efectividad de la cacería en sitios poco perturbados por la presencia humana. Esta situación se observó claramente en zonas que por su difícil acceso o por la actividad volcánica las actividades humanas fueron nulas como en el tramo de Paso de Cortés a Tlamacas donde los coyotes se ven beneficiados en el aumento de presas.

Si bien, la situación de protección en que se encuentra una zona permite a los coyotes cazar libremente sin ser molestados por las actividades humanas, en la misma región, las zonas donde la protección es escasa o nula, los pocos coyotes que sobreviven a la cacería permanecen siempre en las áreas restringidas y de difícil acceso. Esto explicaría la diferencia en el uso efectivo del hábitat cuando se compara entre áreas de la misma región.

XI.5 Influencia del estado de conservación de la región, su relación con la alimentación y distribución del coyote

Se observó una distribución no aleatoria del coyote dentro de la región Tlálloc-Izta-Popo, ya que los hábitats conservados y los alterados se presentan en diferente magnitud e intensidad, sin embargo, existe una relación entre la presencia de rastros de coyote, el tipo de vegetación, la presencia de especies de las que se alimenta y grado de conservación en donde éstas se encuentren, principalmente *Romerolagus diazi* que se distribuye en áreas donde la densidad del pastizal es abundante (Hoth *et al.* 1987). Sin embargo, las actividades humanas determinan su distribución, lo que provoca que se encuentren en áreas restringidas en bosques con pastizal (*Pinus hartwegii*). (Hoth *et al.*, 1987; Chapman y Flux, 1990; Mills y Knowlton, 1991; Palomares, 2001; Stoddart *et al.*, 2001). Esto se debe a una distribución irregular (en forma, tamaño y conectividad) de fragmentos de distintos tipos de hábitats (conservados-degradados), ya que existen varios sitios localizados donde la degradación es extremadamente severa, así como sitios donde la conservación es alta, aunque no siempre fue posible encontrar rastros de coyote en los sitios conservados, pero nunca se encontraron rastros de coyote en sitios altamente degradados principalmente en aquellas zonas de recreación intensiva y con gran dispersión de actividades de recreación pasiva. Los sitios que presentaron actividad forestal y que se dispersan en la mayor parte de de la región, son las zonas que el coyote no frecuenta, sin embargo, en aquellas zonas donde se práctica la ganadería, como es el caso de el pastizal inducido no presentaron problemas en cuanto a la presencia de coyotes, además de las áreas degradadas con pérdida de la cubierta forestal por incendios. Existen sitios, como el tramo Paso de Cortés a Tlamacas donde el acceso restringido desde 1994 al

volcán Popocatepetl explica una mayor presencia de excretas, contrario a lo que sucede otros sitios donde es difícil encontrar rastros de coyote como es el caso de San Juan Tetla (Puebla), en donde la constante actividad recreativa, agropecuaria y forestal, han disminuido las poblaciones de fauna silvestre, llevando a esta especie a una posible extinción local, incluyendo a las presas de las cuales se alimenta particularmente *Romerolagus diazi*.

Por otra parte, las actividades productivas llevadas a cabo en el área de estudio sólo parecen haber influido negativamente sobre las poblaciones de coyote en la región Tlálloc. Aunque, en la región Iztaccihuatl, los pastizales inducidos han mejorado la aptitud de hábitat para el coyote, ya que las zonas abiertas mejoran las condiciones de caza. Sin embargo, cuando las deforestaciones se realizan en áreas donde la vegetación es más abundante (bosques de *Abies religiosa*, *Pinus hartwegii*, *Pinus* spp. y *Quercus* spp.), el cambio resulta tan drástico que el uso de hábitat para en este tipo de hábitats resultó inferior a la del paisaje original. Esto hecho provoca el desplazamiento de las especies de las que se alimenta hacia zonas de difícil acceso (en altitudes superiores a 3600 msnm en el caso de lagomorfos), con ciertas dificultades para capturarlas. En suma, algunas actividades humanas pueden incrementar la aptitud de hábitat para el coyote, por mejoramiento o incremento en la disponibilidad de áreas de cacería o por una mayor disponibilidad de presas. Aunque si las mismas exceden determinados umbrales en cuanto a su intensidad o a su profundo efecto sobre la estructura del paisaje original, podrían volverse incompatibles con la existencia de poblaciones de esta especie.

La forma en que el coyote utilizó y seleccionó el hábitat influyó en su capacidad de adaptación a los cambios que el humano genera en el paisaje y por lo tanto en su estado de conservación (Caughley, 1994; Fahrig y Merriam, 1994). Los patrones de uso del hábitat para los coyotes reflejan la influencia de las características topográficas y principalmente de la estructura del paisaje, las cuales, de acuerdo al caso, incentivaron o inhibieron el uso de los diferentes hábitats. Tanto los hábitos sociales de los coyotes, como los alimentarios, así como la concentración de los grupos sociales a lo largo de las zonas de caza hicieron que el patrón de distribución de los mismos no fuera aleatorio. De esta manera, el tipo, disposición espacial y estado de conservación de los distintos sitios de alimentación en una región condicionan la distribución de las poblaciones de coyotes en un área dada. En este sentido, las especies que seleccionan algunos atributos del hábitat, principalmente aquellos que se han reducido debido a las actividades humanas, podrían verse más perjudicadas que aquellas que son más flexibles en el uso de los recursos disponibles (Beier, 1993; Songer *et al.*, 1997).

XII CONCLUSIONES

El número y tipo de parches juegan un papel importante en la utilización del hábitat. Los tipos de vegetación que ocupan más superficie fueron los de *Pinus* spp., *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa* y *Quercus* spp., aunque el pastizal inducido comienza a extenderse, ocupando una parte importante en la región Iztaccíhuatl, superando en cuanto a superficie a los bosques de *Quercus* spp. y *Abies religiosa*.

El paisaje se encuentra sometido a distintos tipos de disturbio tanto naturales como antrópicos en diferente magnitud. La región Iztaccíhuatl presentó disturbios provocados principalmente por la ganadería, al sustituir los parches de vegetación natural por pastizal inducido; para la región Popocatepetl la mayor modificación del paisaje es provocada por la agricultura de temporal, presentándose una situación similar en la región Tláloc, aunque aquí se observó mayor fragmentación y la zona urbana comienza a afectar de manera significativa al paisaje natural.

La alimentación del coyote se encuentra relacionada con el tipo de vegetación, los más importantes fueron: *Pinus* spp., *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa*, en éstos se distribuyen las especies de las cuales se alimenta. Los mamíferos fueron los más significativos en la dieta del coyote, de los cuales los lagomorfos son la presa más importante y en consecuencia son vitales para su sobrevivencia.

Los factores de disturbio y la abundancia de presas claramente afectaron el uso de hábitat. El coyote utilizó áreas con más lagomorfos y donde la cobertura de los arbustos fuera escasa. Se observó una relación entre la abundancia de lagomorfos, el tipo de vegetación y la proporción de hábitat usado y no usado. Las áreas con baja calidad de hábitats (factores de disturbio) y poca o nula presencia de lagomorfos demuestran que los depredadores se presentan en bajas cantidades e incluso no existen en esas áreas.

En parches de *Pinus hartwegii* y *Pinus* spp. se observó mayor protección, alimento y mejor sustrato para las madrigueras de lagomorfos y roedores, por lo tanto la proporción de hábitat usado por el coyote en este tipo de vegetación fue mayor y en consecuencia es un hábitat ideal para la permanencia de poblaciones éste cándido, aunque, en el pastizal inducido de la región Iztaccíhuatl, se presentó la misma condición.

Se observó una distribución no aleatoria del coyote, debido a que el uso de hábitat depende del tamaño, la forma, diversidad y conservación de los diferentes tipos de parches, factores que influyen en la disponibilidad de presas.

Es importante considerar que el coyote puede resistir o inclusive aparentemente verse favorecido con la presencia humana, sin embargo, se debe considerar la intensidad con que se realizan actividades antropogénicas, como son la destrucción de los hábitats naturales, además de la caza, que lejos de beneficiar a las poblaciones de coyote, las están perjudicando de tal manera, que se encuentre

con menor frecuencia a la esperada en lugares donde la presencia humana es más frecuente.

La conservación de los grandes carnívoros requiere de mejores calidades de hábitat y de corredores conectados entre parches de distintos tipos de vegetación. Las características generales de los hábitats para mantener poblaciones viables de coyotes y otros carnívoros con requerimientos similares (como el lince) podrían incluir áreas con cobertura arbórea de alrededor del 60% (*Pinus hartwegii*, con una cobertura herbácea y arbustiva constituida principalmente por pastizales amacollados, donde los conejos como *Romerolagus diazi* también tendrían abundantes áreas de residencia.

Los medianos y grandes carnívoros pueden ser considerados como una herramienta para estrategias de conservación por su rol en la estructura de la comunidad, puesto que requieren de grandes áreas para sobrevivir y por sus requerimientos de la calidad del hábitat, además de ayudar a preservar a muchas especies y la salud de los ecosistemas naturales.

XIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adkins, C.A. y P. Stott, 1998. Home ranges, movements and habitat associations o red foxes *Vulpes vulpes* in suburban Toronto, Ontario, Canada. *Journal of the Zoological Society of London* 244: 335-346.
- Allen, T., 1995. *Wild Animals of North America*. The National Geographic Society.
- Andelt, W y S. Andelt, 1981. Habitat Use by Coyotes in South Eastern Nabrasca, *Journal of Wildlife Management*, 45:1001-1005.
- Andelt, W. y P. Gipson, 1979. Home Range, Activity and Movements, *Journal of Wildlife Management*, 45:1001-1005.
- Aranda, J. M., 1981. *Rastros de Mamíferos Silvestres de México*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Jalapa, Veracruz, México. 198 pp.
- Aranda, M., R. N. López y López De Buen, 1995. Hábitos alimentarios del coyote (*Canis latrans*) en la Sierra del Ajusco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, México. (n.s.) 65:89-99.
- Arita, H. T., 1985. Identificación de los pelos de guardia de los mamíferos del Valle de México, Tesis Profesional no publicada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México 128 pp.
- Arnaud, G., 1981. Estudio preliminar sobre el coyote *Canis latrans* Say, 1823, en el Municipio de Sabinas de Hidalgo, Nuevo León. Tesis profesional, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. 41 pp.
- Barret, G. W. y J. D. Peles, 1999. *Landscape Ecology of Small Mammals*. Springer-Verlag, Mew York. Pág. 9-10.
- Beier, P., 1993. Determining minimum habitat areas and habitat corridors for cougars. *Conservation Biology* 7:94-108.
- Bekoff, M. 1984. Coyote. In: Chapman y Feldhamer (Eds.) *Wild Mammals of North America. Biology, Management and Economics*. The Jon's Hopkins Univ. Press, Baltimore, Maryland, U.S.A., 1147 pp.
- Bekoff, M. y M.C. Wells, 1986. Social ecology and behavior of coyotes. *Adv. study Behav.*, 16: 251-338.
- Bender, D. J.; E. M. Bayne y R. M. Brigham, 1996. Lunar condition influences coyote (*Canis latrans*) howling. *American Midland Naturalist*, 105: 413-417.
- Best, t. L., B. Hoditschek y H. H. Thomas. 1981. Foods of coyotes (*Canis latrans*) in Oklahoma. *Southwestern Naturalist*, 26:67-69.
- Bowen, W. D., 1982. Home range and spatial organization of coyotes in Jasper National Park, Alberta. *Journal of Wildlife Management*, 46:201-206.
- Burgess, R.L. y D.M. Sharpe (eds.), 1981. *Forest Island Dynamics in Man-Dominated Landscapes*. New York: Springer-Verlag.
- Bustamante, R. y A. Grez, 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ciencia y Ambiente*, 11(2): 58-63.
- Burel, F. y J. Baudry, 2002. *Ecología del Paisaje: Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España.

- Caughley, G., 1994. Directions in conservation biology. *Journal of Animal Ecology*, 63: 215-244.
- Ceballos, G., 1993. Especies en peligro de extinción. En: Flores-Villela, O. y Navarro, A. (comps.), *Biología y problemática de los vertebrados en México. Ciencias (Número especial) 7*: 5-10.
- Ceballos, G. G. y L. C. Galindo, 1984. *Mamíferos Silvestres de la Cuenca de México*. Editorial Limusa, México.
- Chapman, J. A. y J. E. Flux, 1990. Rabbits, Hares and Pikas: Status Survey and Conservation Plan. ICUN/SSC Lagomorph Specialist Group.
- Chávez, J. M. y N. Trigo, 1996. Programa de Manejo para el Parque Nacional Iztaccihuatl-Popocatepetl. Universidad Autónoma Metropolitana. Colección Ecológica y Planeación.
- Clark, F. W. 1972. Influence of jackrabbit density on the coyote population change. *Journal of Wildlife Management*, 3:180-198.
- Conner, M.; R. Labisky y D. Progulsk, 1983. Scent-station Indices as Measures of Population Abundance for Bobcats, Raccoons, Gray Foxes and Opossums, *Wildlife Society Bulletin*, 11(2):146-152.
- Crooks, K., 2002, Relative Sensitivities of Mammalian Carnivores to Habitat Fragmentation. *Conservation Biology*. 16:488-502.
- Crooks, K. R. y M. E. Soulé, 1999. Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. *Nature* 40:563-566.
- Dinerstein, E., D. Olson, D. Graham, A. Webster, S. Primm, M. Bookbinder y G. Fedec, 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial y Fondo Mundial para la Naturaleza. Washington, D.C.
- Duran, E., L. Galicia, E. Pérez y L. Zambrano, 2002. El Paisaje en Ecología. *Ciencias* 67:44-50.
- Elkie, P., R. Rempel y A. Carr, 1999. Patch Analysis User's manual. A Tool for Quantifying landscape Structure. Ontario Ministry of Natural Resources. Northwest Sci and Technol. Thunder Bay. Ont. T.M-022.
- Esparza, J. A. y L. I. Iñiguez, 1991. Variaciones estacionales en la alimentación de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el coyote (*Canis latrans*) en la Estación Científica Las Joyas, Sierra de Manantlán, Jalisco. En: Mem. I Congreso Nacional de Mastozoología, AMMAC, 59 pp.
- Etter, A., 1991. Introducción a la Ecología del Paisaje. Un marco de integración para los levantamientos rurales. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Colombia.
- Fa, J.; J. López-Paniagua; F. Romero; J. Gómez y J. López, 1992. Influence of Habitat on Small Mammals in a Mexican High-Altitude Grassland. *Journal of Zoological London* 221:275-292.
- Fahrig, L. y G. Merriam, 1994. Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology*, 8: 50-59.
- Fedriani, J. M., P. Ferreras y M. Delibes, 1998. Dietary response of the Eurasian badger, *Meles meles*, to a decline of its main prey in the Doñana National Park. *J. Zool. (Lond)* 245:214-218.

- Ferreras, P., J. Aldama, F. Beltran y M. Delibes, 1992. Rates and causes of mortality in a fragmented population of Iberian lynx *Felis pardina* Temminck, 1824. *Biological Conservation* 61: 197-202.
- Forman, R. T., 1995. *Land mosaics*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Forman, R.T.T. y M. Godron, 1981. Patches and Structural Components for Landscape Ecology, *BioScience* 31: 733-739.
- Forman, R. T. T. y M. Godron, 1986. *Landscape Ecology*, John Wiley & Sons, New York, U.S.A.
- Gaston, K. J. (ed.), 1996. *Biodiversity: biology of numbers and difference*. Blackwell Science Ltd, Oxford, United Kingdom.
- Gittleman, J. y P. H. Harvey, 1982. Carnivore home range size: metabolic needs and ecology. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 10:57-63.
- Hall, L. S., P. R. Krausman, y M. L. Morrison. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25(1):173-182.
- Harris, L. D., 1981. Forest and wildlife dynamics in the Southeast Trans North America Wildlife Resources Conference. 45: 307-322.
- Hernández, E. M., 1995. Monografía de *Canis latrans*. F. E. S. Zaragoza, UNAM, México.
- Hernández, L y M. Delibes, 1994. Seasonal food habits of coyotes, *Canis latrans*, in the Bolsón de Mapimí, Southern Chihuahua Desert, México. 59:82-86.
- Hernández-Huerta, A. 1992. Los carnívoros y sus perspectivas de conservación en las áreas protegidas en México. *Acta Zoológica Mexicana*. México. (n.s.) 54: 1-23.
- Holzman, S.; M. Conroy y J. Pickering, 1992. Home Range, Movements, and Habitat Use of Coyotes in South Central Georgia, *Journal of Wildlife Management*, 56(1):139-146.
- Hoth, J., A. Velazquez, F. J. Romero, L. Leon, M. Aranda, and D. J. Bell, 1987. The Volcano Rabbit a Shrinking Distribution and Threatened Habitat. *Oryx* vol. 21: pp. 85-91.
- Hutto, R. 1985. Habitat selection by nonbreeding migratory land birds. P. 455-476 In: M. L. Cody (ed.). *Habitat selection in Birds*. Academia Press, Orlando, Florida.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, 2001. *Atlas Nacional del Medio Físico*. México.
- Jessop, M. M., 1975. *Biosfera: los seres vivos y su ambiente*. Editorial Omega, S.A, Barcelona, España. 953 pp.
- Johnson, M.K. y R. M. Hansen. 1977. *Foods of coyotes in the Lower Grand Canyon, Arizona*. Arizona Academy of Sciences.
- Kamler, J. F., 2002. *Relationships of swift foxes and coyotes in northwest Texas*. Ph.D. dissertation, Texas Tech University, Lubbock.
- Krausman, P., 1999. Some Basic principles of Habitat Use. In: Launchbaugh, K.L. and K. D. Sanders (ed.). *Grazing Behavior and Wildlife*. University of Idaho.
- Krummel J.R., R.H. Gardner, G. Sugihara y R.V. O'Neill, 1987. Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos* 48: 321-24.

- Lavers, C. P. y R. Haynes-Young, 1993. Equilibrium landscapes and their aftermath: spatial heterogeneity and the role of new technology. En: 57-74 pp., Landscape ecology and GIS (R. Haynes-Young, Eds.). Taylor and Francis Ltd., London.
- Leopold, A. S. 1977. Fauna Silvestre de México. Ed. Pax-México. 2ª. Edición. México. Pp. 610.
- Linhart S y F Knowlton, 1975. Determining the Relative Abundance of Coyotes by Scent-station Lines, *Wildlife Society Bulletin*, 3(3):119-124.
- Livaitis, J. y J. Shaw, 1980. Coyote Movements, Habitat Use and Habits in Southwestern Oklahoma, *Journal of Wildlife Management*, 44(1):62-68.
- Livaitis, J.; J. Sherburne y J. Bissonete, 1986. Bobcat Habitat Use and Home Range Size in Relation to Prey Density. *Journal of Wildlife Management*, 50(1):110-117.
- Livaitis, J.; J. Mayor y J. Sherburne, 1987. Influence of Season and Human-induced Mortality on Spatial Organization of Bobcats (*Felis rufus*) in Main. *Journal of Mammalogy*, 68(1):100-106.
- Litvaitis, J. A.; K. Titus y E. M. Anderson, 1994. Measuring vertebrate use of territorial habits and foods. P. 74-5-254 IN: T.A: Bookhout (ed.). Research an Management Techniques for Wildlife and habitats. The Wild. Soc., Bethesda, Md.
- Loehle, C. y G. Wein, 1994. Landscape habitat diversity: a multiscale information theory approach. *Ecological Modelling*, 73: 311-329.
- MacCracken, J.G. 1981. Coyote foods in southwestern Colorado. *Southwestern Naturalist*, 26:317-318.
- Macfadem, K. y J. Marinho, 2002. Diet, habitat use, and home ranges of sompatric canids in central Brazil. *Journal of Mammalogy*, 83(4):925-933.
- Madrigal, X., 1969. Contribución al conocimiento de la ecología de bosques de oyamel (*Abies religiosa*) en el Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Bol. Técnico, México, 18:1-94.
- Maran, T., H. Kruuk, D. W. Macdonald y M. Polma, 1998. Diet of tow species of Mink in Estonia: displacement of *Mustela lutreola* by *M. bison*. *J. Zool. (Lond)*, 245:218-222.
- Martin, K. J. y W. C. McComb, 2001. Small Mammal Habitat Associations at Patch and Landscape Scales in Oregon. *Forest Science*, 48(2):255-264.
- Mills, L. S. y F. F. Knowlton, 1991. Coyote space use in relation to prey abundance. *Canadian Journal of Zoology*, 69(6): 1516-1521.
- McCoy, E. D. y H. R. Mushinsky, 1994. Effects of fragmentation on the richness of vertebrate of the Florida scrub habitat. *Ecology*, 75: 446-457.
- McGarigal, K. y B. Marks, 1995. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p.
- Mladenoff, D.; M. White; J. Pastor y T. R. Crow, 1993. Comparing spatial pattern in unaltered old growth and disturbed forest landscapes. *Ecological Applications*, 3(2): 294-306.

- Morrison, M.L.; B.G. Marcot; R.W. Mannan, 1992. Wildlife habitat relationships: concepts and applications. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin. 343 p.
- Morrison, M.L.; I. C. Timossi; K A. With y P. N. Manley, 1985. Use of tree species by forest birds during winter and summer J. of Wildl. Manag. 49:1098-1102.
- Monroy, O. y A. Velázquez, 2003. Distribución regional y abundancia del lince (*Linx rufus escuinape*) y el coyote (*Canis latrans cagottis*) por medio de estaciones olfativas: un enfoque espacial. Ciencias Naturales y Agropecuarias. 9(3): 293-300.
- Mooney, H. A. y M. Godron, 1983. Disturbance and ecosystems: components of response. Springer-Verlag, New York.
- Murcia, C., 1995. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. Tree, 10(2) 58-62.
- Noss, R.F., H.B. Quigley, M.G. Hornocker, T. Merrill y P.C. Paquet, 1996. Conservation biology and carnivore conservation in the Rocky Mountains. Conservation Biology 10: 949-963.
- Olivera Vargas, M., S. Moreno-Gómez y B. Figueroa-Rancel. 1996. Sitios Permanentes para la Investigación Silvícola. Unidad de Investigación. Guadalajara, México.
- O'Neill, R. V., J. R. Krummel, R. H. Gardner, G. Sugihara, B. Jackson, D. L. Deangelis, B. T. Milne, M. G. Turner, B. Zygmunt, S. W. Christensen, V. H. Dale, y R.L. Graham, 1988. Indices of landscape pattern. Landscape Ecology, 1(3): 153-162.
- O'Neill, R. V., J. Bruce, K.H. Riitters, J.D. Wickham, y I. A. Goodman, 1994. Landscape Monitoring and Assessment Research Plan. Environmental Monitoring Systems Laboratory. Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency. Las Vegas, N.V.
- O'Neill, R. V., C.T. Hunsaker, K.B. Jones, K.H. Riitters, J.D. Wickam, P.M. Schwartz, I.A. Goodman, B.L. Jackson y W. S. Baillargeon, 1997. Monitoring environmental quality at the landscape scale: Using landscape indicators to assess stability, *BioScience* 47(8): 513-519.
- Orians, G. H. y J. F. Wittenberg, 1991. Spatial and temporal scales in habitat selection. The American Naturalist. Vol. 137:29-49.
- Ozoga, J. y E. Harper, 1966. Winter Activities and Feeding Habits of Northern Michigan Coyotes", *Journal of Wildlife Management*, 30:809- 818.
- Palomares, F. 2001. Vegetation structure and prey abundant requirements of the Iberian Linx: implications for the design of reserves and corridors. Journal of Applied Ecology. 38, 9-18.
- Pérez, G. C., L. C. Fierro Y J. C. Treviño. 1982. Determinación de la composición de la alimentación del coyote (*Canis latrans* Say) a través del año en la región central de Chihuahua por medio del análisis de contenido estomacal. Pastizales, 12:2-15.
- Quinn, T., 1995. Using Public Sighting Information to Investigate Coyote Use of Urban Habitat, *Journal of Wildlife Management*, 59(2):238-245.
- Rabenold, K. y W. Bromer, 1989. Plant communities as animal habitats: effects of primary resources on the distribution and abundance of animals. En:

- Plant-animal interactions. W. Abrahamson, (Editores), McGraw-Hill Book Company: 291-353.
- Rosenweig, M. L. 1981. A theory of habitat selection. *Ecology* 62:337-335.
 - Rotenberry, J. T. y J. A. Wiens, 1980. Habitat structure, patchiness, and avian communities in North American steppe vegetation: a multivariate approach. *Ecology*, 61: 1228-1250.
 - Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México.
 - Rudas, G.; D. Armenteras; S. Sua y N. Rodríguez (coordinadores). 2001. *Indicadores de Seguimiento de la Política de la Biodiversidad de la Amazonia Colombiana*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, Colombia. (Disponible en línea en: [http://araneus.humboldt.org.co/sig/doc/1_Amazonia\(FINAL_09_04_02\).pdf](http://araneus.humboldt.org.co/sig/doc/1_Amazonia(FINAL_09_04_02).pdf)) (Revisado el 30 de marzo de 2003).
 - Servín, J. y C. Huxley. 1991. La dieta del coyote en la Reserva de la Biosfera La Michila, Durango, México. *Acta Zoológica Mexicana*. n.s. 44:1-43.
 - Seth, P.; D. Riley; M. R. 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.
 - Songer, M. A.; M. V. Lomolino, y D. R. Perault, 1997. Niche dynamics of deer mice in a fragmented, old growth forest landscape. *Journal of Mammalogy*, 78:1027-1039.
 - Sybil, P. P. 1990. *Grzimek's encyclopedia of mammals*. Editorial McGraw-Hill. Vol. 4. USA. Pp. 1180.
 - Stoddart, C. L.; R. E. Griffiths y F. F. Knowlton, 2001. Coyote responses to changing jackrabbit abundance effect sheep predation. *Journal of Wildlife Management*, 54:15-20.
 - Tigas L. A., D. H. Van Vuren y R. M. Sauvajot, 2002. Behavioral responses of bobcats and coyotes to habitat fragmentation and corridors in an urban environment. *Biological Conservation* 108:299-306.
 - Tóth, M. A., 2002. Identification of Hungarian Mustelidae and other Small Carnivores Using Guard Hair Analysis. *Acta Zool. Hung.* 48:237-250.
 - Turner, M.G., 1989. Landscape Ecology: The effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 20:171-197.
 - Turner, M.G., R. H. Gardner y R. V. O'Neill, 2001. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer, New York.
 - US-EPA, United States Environmental Protection Agency. 1994. *Landscape Monitoring and Assessment Research Plan*, EPA 620/R-94/009. Washington.
 - Urban, D. L.; R. V. O'Neill, y H.H. Shugart, 1987. Landscape Ecology, a hierarchical perspective. *BioScience*, 37: 119-127.
 - Vargas, M. F. 1984. *Parques Nacionales de México y Reservas Equivalentes, Pasado, Presente y Futuro*. Colección: Grandes Problemas Nacionales. Serie: Los Bosques de México: Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México.
 - Vela-Coiffier, E. L., 1985. Determinación de la composición de la dieta del coyote *Canis latrans* Say, por medio del análisis de heces en tres localidades

- del estado de Chihuahua. Facultad de Ciencias Biológicas. UNANL, Monterrey, Nuevo León, México 131 pp.
- Velázquez, A.; F. J. Romero; H. Cordero y G. Heil. 2001. Effects of landscape changes on mammalian assemblages at Izta-Popo volcanoes, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 10:1059-1075.
 - Vila, C. y V. Urios. 1995. Observations on the daily activity patterns in the Iberian wolf. En: Carbyn, L. N., S. H. Fritts, y D. R. Seip, (Eds.), *Ecology and Conservation of Wolves in a Changing World*. Canadian Circumpolar Institute, Occasional Publication No.35, pp.335-340.
 - Villeda, E.; R. M. E. Martínez; R. Y. Sánchez y E. Castellano, 2002. Análisis espacial de los paisajes del Parque Nacional Iztaccihuatl-Popocatepetl y su zona de influencia. *Memorias V Congreso Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México*. Guadalajara, Jalisco, México.
 - Villa-Cañedo, J. T. y S. H. Aguilar, 1993. Notas sobre la alimentación del coyote (*Canis latrans*) en una zona tropical húmeda perturbada. En: *Mem. X Simposio sobre Fauna Silvestre* Gral. M. V. Manuel Cabrera Valtierra, 433 pp.
 - Wilcox, B.A. y D. D. Murphy, 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist* 125: 879-887.
 - Wilson, E. O., 1988. *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D. C.
 - Whittaker R.H., 1975. *Communities and ecosystems*. Mac Millan, New York.
 - Witmer G. W., M. J. Pipas y A. Hayden. 1995. Some observations on coyote foods habits in Pennsylvania. *Journal of the Pennsylvania Academy of Science*. USA. Vol. 28. Pp. 268-275.
 - White, P. C. L.; G. Saunders y S. Harris, 1996. Spatiotemporal patterns of home range use by foxes (*Vulpes vulpes*) in urban environments. *Journal of Animal Ecology* 65: 121 .125.
 - Yarza, E. D., 1983. *Volcanes de México*. Edición corregida y ampliada. Editorial Aguilar. México. Pp. 273.
 - Zonneveld, I. S., 1988, *Landscape ecology and its application*. In: *Landscape Ecology and Management*. Proceeding of the First Symposium of the Canadian Society for Landscape Ecology and Management: University of Guelph. Michael R. Moss Ed. Polyscience Publications Inc.
 - Zonneveld, I. S., 1995. *Land ecology. An introduction to landscape ecology as a base for land evaluation, land management and conservation*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.

XIV APÉNDICE I. Identificación de mamíferos a través de pelo.

A. Obtención de las muestras de pelo.

Las muestras de pelo fueron obtenidas de ejemplares conservados como piel en la colección de mamíferos del Departamento de Zoología de la Universidad Autónoma Metropolitana. De cada especie fue seleccionado un ejemplar colectado en la Sierra Nevada (no se incluyeron las especies introducidas como el ratón casero (*Mus musculus*) y ratas (*Rattus* spp.), aunque se incluyó la muestra de ganado vacuno (*Bos taurus*)), siguiéndose los siguientes criterios en la elección:

1. Que el ejemplar contara con el cráneo completo: para tener mayor seguridad en la determinación de la especie.
2. Que el pelaje resultara representativo: se descartaron los ejemplares con coloración claramente diferente de la común entre los de su especie (por ejemplo, ejemplares melánicos).

De cada ejemplar elegido se obtuvo una muestra de pelo de guardia proveniente de la región dorsal del animal, a una distancia intermedia del cuello y la base de la cola. Se tuvo especial cuidado con las especies con listas o manchas (como los zorrillos, de los que se tomaron muestras de los dos tipos de pelo. Utilizando unas pinzas se tomaron unos 50 pelos de cada ejemplar, teniendo cuidado de no dañar la piel, de retirar el pelo completo y de no tomar únicamente los más largos.

Cada muestra fue guardada en una en una bolsa de plástico, rotulada con el nombre científico de la especie.

B. Lavado:

Una vez obtenido el material, se procedió a su limpieza colocándolas en cajas de Petri de 6 cm de diámetro (una por cada ejemplar) y sumergidas en tetracloruro de carbono para eliminar el exceso de grasa y las partículas extrañas de los pelos. Unos veinte minutos de este lavado son suficientes para lograr la limpieza. Después de sacar los pelos de las cajas y dejar que se evaporara el tetracloruro de carbono excedente, se regresaron las muestras a su bolsa original, teniendo cuidado de no confundirlas.

C. Preparación del pelo completo:

Para la elaboración de las preparaciones permanentes se desarrollaron los siguientes pasos:

1. Lavar los pelos (siguiendo la técnica ya descrita).
2. Aclarar en xilol. Cada muestra se colocó en una caja de Petri y se expuso a la acción del xilol por 24 horas, teniendo de nuevo extrema precaución de no confundir las muestras.
3. Montar en bálsamo de Canadá. Con ayuda del microscopio estereoscópico, pinzas y agujas de disección, se transfirieron algunos pelos del xilol a un portaobjetos con algunas gotas de bálsamo de Canadá. La cantidad óptima del bálsamo depende del tamaño del pelo. Se tuvo cuidado de no dejar secar el pelo, lo que hubiera propiciado su opacamiento.
4. Infiltrar algunos de los pelos. Esta técnica consiste en romper algunos de los pelos para que el medio de inclusión penetre en la médula, lo que facilita la observación de su estructura. Se utilizó solo en los casos necesarios, con pelos gruesos y fuertemente pigmentados.
5. Rotular las preparaciones. Cada preparación elaborada quedó terminada con su respectivo rótulo, en el que se especificó la especie.

D. Observación al microscopio.

Observación de la médula y la corteza. Las preparaciones permanentes se observaron utilizando el campo claro con la iluminación ajustada. Para cada especie fueron tomadas en cuenta las siguientes características:

- a) Se observó el tipo de patrón medular de todos los ejemplares.
- b) Distribución de los pigmentos: las acumulaciones de pigmento y la localización de las bandas de color fueron observadas cuidadosamente.

Los objetivos empleados en estas observaciones fueron los de 40x y 100x, todos ellos completados con oculares de 12.5x.

XV APÉNDICE II. Lista de especies conservadas como preparaciones permanentes para la identificación de pelo

El procedimiento descrito anteriormente también se aplicó a las muestras de pelo obtenidas en las excretas de coyote para su posterior comparación con los ejemplares que a continuación se mencionan:

- *Bos taurus* (ganado vacuno)
- *Cratogeomys merriami* (tuza)
- *Conepatus mesoleucus* (zorrito)
- *Cryptotis goldmani* (musaraña)
- *Dasyurus novemcinctus* (amadillo)
- *Didelphis virginiana* (tlacuache)
- *Liomys irroratus* (ratón de abazones)
- *Mephitis macroura* (zorrito)
- *Microtus mexicanus* (ratón, metorito)
- *Mustela frenata* (comadreja)
- *Neotoma mexicana* (rata)
- *Neotomodon alstoni* (ratón de los volcanes)
- *Peromyscus aztecus* (ratón)
- *Peromyscus boylii* (ratón)
- *Peromyscus difficilis* (ratón)
- *Peromyscus maniculatus* (ratón)
- *Peromyscus melanosis* (ratón)
- *Reithrodontomys chrypsis* (ratón)
- *Reithrodontomys megalotis* (ratón)
- *Reithrodontomys sumichrasti* (ratón)
- *Romerolagus diazi* (teporingo)
- *Sigmodon leucotis* (ratón)
- *Sciurus aureogaster* (ardilla arborícola)
- *Sorex saussurei* (musaraña)
- *Spermophilus variegatus* (ardilla de tierra)
- *Sylvilagus cunicularius* (conejo)
- *Sylvilagus floridanus* (conejo castellano)
- *Thomomys umbrinus* (tuza)