

00376

12
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"RABIA, TOXOPLASMA Y PARVOVIRUS EN
MAMIFEROS SILVESTRES DE DOS RESERVAS DEL
DISTRITO FEDERAL."

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(ECOLOGIA Y CIENCIAS AMBIENTALES)

P R E S E N T A :
GERARDO SUZAN AZPIRI



DIRECTOR DE TESIS: DR. GERARDO CEBALLOS GONZALEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1999

269708



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres
Humberto y Olga por todo su amor que me han brindado toda la vida

A mis hermanos
Humberto, Olga e Ivonne

A Frenando, Lupe, Victor, Tía Irma, Claudia y Mariana

A mis sobrinos con todo cariño
Katia, Mónica, Gabriela, Fernando, Rodrigo, Emmanuel y Andrés.

A Erika Marcé con todo mi amor

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Gerardo Ceballos por permitirme entrar al fascinante mundo del estudio de los seres vivos en áreas naturales y por seguirme apoyando en mi desarrollo profesional.

Al Dr. Rodrigo Medellín por todo su apoyo y confianza que me ha brindado estos 4 años.

Al Dr. Francisco Galindo por su amistad y por todo su apoyo para seguir adelante en toda la maestría.

Al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza que proporcionó el apoyo económico para el trabajo de campo y los análisis de laboratorio durante los dos años de estudio y a CONACYT que proporcionó la beca de estudios de la maestría 95886.

Al Laboratorio de Serología de la FMVZ, y al personal que me apoyaron en todo momento. Paloma, Raúl, Esther, Grisel y en especial a los Doctores Mirna Alicia Vicencio en el diagnóstico de parvovirus y toxoplasma y a Emeterio Saldivar en el diagnóstico de rabia.

A los miembros del jurado. Dr. Morales Malacara, Dra. Noé, Dr. Basurto, Dr. Ramírez y Dr. Constantino por todos sus comentarios y contribuciones para esta tesis.

A todos mis amigos que participaron en el trabajo campo: R. Ávila, B. Vieyra, M. Santos, J. O. Corona, G. Tellez, R. Servitja, R. Hernández, X. López, A. Garza, K. Garza, V. García, I. Hernández, M. Vallejo, N. Salamanca, C. Loza, G. Carreón, S. López, G. Sánchez, Ely, E. Tobón, C. González, M. A. Rico, H. Zarza, F. Colchero, D. Conde, D. García, A. de Villa, H. Gómez, A. Briseño, C. Chávez, C. Galicia, N. López y S. Lara.

A mis amigos de los tres laboratorios del Instituto de Ecología. J. Ortega, R. Ávila, M. Santos, C. Chávez, J. Pacheco, G. Oliva, L. Tellez, I. Castro, O. Gaona, G. Tellez, A. Mendoza, D. Vázquez, E. Vázquez, J. Ramírez, X. López, D. Valenzuela, H. Zarza, P. Mosig, F. Colchero, D. Conde, C. Equihua, Deneb, A. Mondragón, H. Gómez, G. López, C. Loza, G. Carreón, J. Uribe, M. Valtierra, L. Morales, A. Soler, L. Solis, E. Huerta, J. J. Flores, H. Arita, M. Amín, C. López, L. B. Vázquez, E. Velarde, E. Tobón, F. Chinchilla, A. García, R. List, P. Manzano, P. Rodríguez, E. Galván, A. Ruiz, J. Córdoba, B. Gamboa, C. Galicia, Y. Domínguez y B. Hernández.

A quienes me asesoraron en la parte estadística, H. Suzán, C. Chávez, D. Valenzuela, G. Sánchez, J. Ortega y R. de la Cueva.

Al laboratorio de Etología y Fauna Silvestre de la FMVZ, al personal del Instituto de Biología y al personal de la Facultad de Ciencias. D. Brousset, C. Godínez, A. Cataño, M. González, E. Flores, L. F. Rodarte, A. Tejada, A. Parás, C. Pedernera entre otros.

A Gerardo Ponce y David Osorio que apoyaron en la identificación de algunos endoparásitos.

A Juan Morales Malacara y a Laura del Castillo, quienes me apoyaron en el diagnóstico de ectoparásitos.

A los revisores no oficiales de la tesis. R. Ávila, J. Ortega, G. Sánchez, F. Izquierdo, G. Malda, H. Suzán.

A la Familia Marcé Santa y a la Familia Malda por todo su apoyo.

A todos mis amigos de antaño, el chino, el yey, el queto, Marco Antonio, Rubén, Edgar, Manuel, David, José Luis, Sergio, Laoreja, la Gaby, los Arquís, los corredores de los viveros y a un gran número de amigos que no mencioné y que me han apoyado de manera indirecta en este proyecto.

Y en especial, a todos los animales que donaron sangre para el presente estudio.

*Entréme donde no supe,
y quedéme no sabiendo,
toda sciencia trascendiendo*

*Yo no supe donde entraua,
pero, cuando ahi me ví
sin saber donde me estaua
grandes cosas entendi;
no diré lo que senti,
que me quedé no sabiendo,
toda sciencia trascendiendo*

*De paz y de piedad
era la sciencia perfecta,
entendida por vía recta,
era cosa tan secreta
que me quedé balbuciendo,
toda sciencia trascendiendo*

*Estaua tan embueuido,
tan absorto y agenado
que se quedo mi sentido
de todo sentir privado,
y el espíritu dotado
de un entender no entendiendo,
toda sciencia trascendiendo*

*El que allí llega de vero
de sí mismo desfallece;
quanto sabla primero
mucho bajo le paresce
y su sciencia tanto cresce
que se queda no sabiendo
toda sciencia trascendiendo*

*quanto más alto se sube,
tanto menos se entendía
que es la tenebrosa nube
que a la noche esclarecía:
por eso quien la sabla
quedaba siempre no sabiendo,
toda sciencia trascendiendo*

*Este saber no sabiendo
es de tan alto poder,
que los sabios arguyendo
jamás le pueden vencer
que no llega su saber
a no entender entendiendo
toda sciencia trascendiendo*

*Y es de tan alta excelencia
aqueste summo saber,
que no ay facultad ni sciencia
que le puedan emprender;
quien se supiere uencer
con un no saber sabiendo
toda sciencia trascendiendo*

*Y si lo queréis oyr
consiste esta summa sciencia
en un subido sentir
de la divinal essencia:
es obra de su clemencia
hacer quedar no entendiendo
toda sciencia trascendiendo*

Sor Juana Inés de la Cruz

Contenido	Página
ÍNDICE	i
RESUMEN	ii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO I	
IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES EN LA CONSERVACIÓN DE FAUNA SILVESTRE	
Introducción	4
Evolución del concepto de enfermedad	5
Enfoque ecológico de la enfermedad infecciosa	6
Las enfermedades infecciosas y la diversidad biológica	7
Coevolución y filogenia entre parásitos y huéspedes	8
Enfermedades y biogeografía	9
Impacto de las enfermedades infecciosas en la conducta de los individuos	10
Impacto de las enfermedades infecciosas en los sistemas de depredación y competencia	12
Efecto de las enfermedades infecciosas en las poblaciones y comunidades de huéspedes	14
Los análisis serológicos como indicadores de la presencia de parásitos	16
Perspectiva nacional del diagnóstico de parásitos y enfermedades en la fauna silvestre	18
CAPÍTULO II	
RABIA, TOXOPLASMA Y PARVOVIRUS EN MAMÍFEROS SILVESTRES EN DOS RESERVAS DEL DISTRITO FEDERAL	
Introducción	20
Objetivos	27
Hipótesis	27
Área de estudio	28
Reserva Ecológica "El Pedregal"	30
Parque Nacional Desierto de los Leones	30
Métodos	31
Captura de animales	31
Muestras de sangre y análisis clínicos	32
Análisis estadísticos	33
Resultados	33
Composición y abundancia relativa de especies	33
Examen físico general	35
Seroprevalencia general	35
Comparación de la seroprevalencia entre reservas	40
Seroprevalencia y variables hemáticas asociadas por especie	42
Discusión	48
Propuesta de manejo y conservación	55
Literatura citada	59
Apéndices	66

RABIA, TOXOPLASMA Y PARVOVIRUS EN MAMÍFEROS SILVESTRES EN DOS RESERVAS DEL DISTRITO FEDERAL

RESUMEN

Se comparó la seroprevalencia de rabia, toxoplasma y parvovirus en mamíferos silvestres y ferales en las reservas "El Pedregal" y el "Parque Nacional Desierto de los Leones", para comprobar la hipótesis que áreas con diferente tamaño, grado de aislamiento y fragmentación tienen prevalencias de parásitos diferentes, y que tales diferencias están relacionadas con el grado de perturbación.

Se trabajó durante cuatro períodos de muestreo comprendidos entre 1996 y 1997. Se utilizaron trampas tipo Tomahawk para la captura de los animales y se inmovilizaron con una combinación (ketamina y xylacina) administrada por vía intramuscular. Se marcaron con aretes metálicos y se tomaron datos como sexo, edad aproximada y constantes fisiológicas de cada animal (temperatura corporal, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria). Se colectaron muestras de sangre y se realizaron pruebas de inhibición de focos fluorescentes para rabia, fijación de complemento directo para *Toxoplasma gondii* e inhibición de la hemoaglutinación para parvovirus canino.

Se capturaron 68 individuos pertenecientes a ocho especies que representan a tres órdenes y seis familias de mamíferos medianos que incluyeron a 29 tlacuaches (*Didelphis virginiana*), 20 cacomixtles (*Bassariscus astutus*), 6 zorrillos (*Spilogale putorius*), 6 gatos (*Felis domesticus*), 3 ardillas (2 *Spermophilus variegatus* y 1 *Sciurus aureogaster*), 3 perros (*Canis familiaris*) y una comadreja (*Mustela frenata*). El 88% de los animales presentó anticuerpos contra alguno de los tres parásitos, siendo el parvovirus el que tuvo mayor prevalencia (87%), seguido de toxoplasma y rabia.

Los mamíferos del Desierto de los Leones mostraron una mayor seroprevalencia para parvovirus y toxoplasma, mientras que los mamíferos de "El Pedregal" presentaron mayores títulos de anticuerpos para rabia. Los resultados por especie muestran que el parvovirus, el virus de la rabia y el *Toxoplasma gondii* infectan más a carnívoros (cacomixtles, gatos, perros y zorrillos) que a otros grupos.

Aparentemente el tamaño de fragmento, al menos en las condiciones de deterioro que existen en las áreas naturales protegidas del Distrito Federal, no es un factor clave en la dispersión de los agentes causales, ya que en ambas regiones se presentaron seroprevalencias similares. Es probable que la alta seroprevalencia de los tres parásitos se deba a la alta densidad de especies exóticas (perros y gatos) en las dos zonas de estudio y a las eficientes tasas de transmisión de los tres agentes infecciosos en todos los mamíferos del valle de México.

En ausencia de programas de manejo y seguimiento epidemiológico, se pueden esperar brotes que puedan, por un lado, causar extinción local de las especies nativas y, por otro, tener consecuencias indeseables para la salud pública. A partir de los resultados obtenidos, se propone un programa de manejo y conservación de la fauna silvestre.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los severos impactos negativos de las actividades del ser humano en el ambiente han pasado de escalas regionales y locales a la global. Hoy en día, problemas como el calentamiento global de la atmósfera, el adelgazamiento de la capa de ozono, la contaminación, la desertificación, la pérdida de la diversidad biológica y la introducción de especies exóticas son resultado del desarrollo de las sociedades modernas (Wilson, 1993; Ehrlich y Ceballos, 1998).

A pesar de que no se conocen con precisión las tasas de extinción, se estima que miles de especies se extinguen cada año. Gran parte de la diversidad biológica que se pierde es originada por las actividades del hombre y por la introducción de enfermedades exóticas. Estas enfermedades son causadas por parásitos y siguen siendo la principal causa de mortalidad en las diferentes especies, incluyendo al hombre, en todos los ecosistemas (Mills *et al.*, 1995; Dinar y Eshed, 1984). El transporte y la dispersión intencional y accidental de parásitos y organismos vectores y transmisores de enfermedades por actividades antrópicas es un fenómeno extremadamente común que ha afectado a las comunidades naturales con consecuencias ecológicas y epidemiológicas sin precedentes en la historia de la humanidad (Soulé, 1988).

Perros, gatos, ratas, ratones, cabras, moscas, cucarachas, mosquitos y muchos otros tipos de animales han dispersado en el planeta toda clase de parásitos y enfermedades que han ocasionado el desplazamiento y la extinción de especies nativas (Duffey, 1988). El efecto de tales enfermedades ha sido en muchos casos catastrófico. Por ejemplo, el mosquito *Anopheles* sp., transmisor de la malaria, fue introducido accidentalmente a las islas Hawaii el siglo pasado, causando la extinción de un gran número de especies de aves. En la actualidad la distribución geográfica de algunas aves está ligada a la resistencia que han ido desarrollando a la malaria y al impedimento de que el mosquito pueda acceder a regiones de gran altitud (van Riper *et al.*, 1986).

El impacto de las enfermedades infecciosas en sistemas naturales ha sido favorecido también por la destrucción, fragmentación y aislamiento de hábitats naturales (Coblentz, 1990). Un resultado de este fenómeno es la concentración de especies e individuos en áreas menores, lo que facilita un mayor contacto entre ellos, condición adecuada para la

transmisión de enfermedades y parásitos. En ciertos casos esto tiene como consecuencia la extinción de la especie afectada, como el caso del hurón de patas negras (*Mustela nigripes*) con la enfermedad del moquillo en los Estados Unidos de América (Thorne y Williams, 1988).

La identificación, el control y el manejo de enfermedades es una tarea esencial en las áreas naturales protegidas, donde se trata de mantener ecosistemas y especies con la menor perturbación posible. Ante el avance de los procesos de deterioro del hábitat y en especial de la destrucción de la vegetación natural, el problema de introducción de enfermedades y parásitos es una amenaza severa para todas las especies en las áreas naturales protegidas.

Se ha planteado que entre más aislada y fragmentada se encuentre una reserva, mayor será la probabilidad de dispersión y transmisión de enfermedades, así como de posibles extinciones locales (Saunders *et al.*, 1991). A pesar de que este problema ha sido documentado en diferentes partes del mundo, pocos son los estudios que reflejan la vulnerabilidad de las especies silvestres en fragmentos pequeños.

El estudio comparado de prevalencia de enfermedades y de parásitos en zonas fragmentadas y zonas de vegetación continua, ayudará a analizar los factores que favorecen la dispersión y la dinámica de las enfermedades en los diferentes tamaños de fragmento. Los resultados de estos estudios pueden aportar información para sugerir medidas de conservación. Sin embargo, para poder proponer medidas adecuadas en áreas naturales protegidas y no protegidas, es necesario estudiar de manera detallada las implicaciones de las enfermedades a través del tiempo y sus consecuencias a nivel comunitario. En años recientes se ha documentado que el parasitismo, incluyendo virus, bacterias, protozoarios, hongos, helmintos y artrópodos, es una interacción biológica tan importante como la competencia y la depredación en la determinación de la dinámica de los sistemas biológicos (Anderson, 1991).

En Estados Unidos de América, Europa, Australia y África existen una serie de estudios que reflejan la importancia del parasitismo en la dinámica de los sistemas naturales. A partir de estos estudios se han logrado establecer medidas de conservación que conllevan al control de las enfermedades y al mantenimiento de la diversidad biológica (Anderson y May 1986; May, 1988; Marilyn *et al.*, 1993). En México no existen estudios sobre el tema;

por lo tanto el objetivo fundamental de este estudio fue evaluar la seroprevalencia de algunas enfermedades infecciosas en mamíferos en dos reservas del DF, con grados de aislamiento y fragmentación diferentes. El trabajo está dividido en dos capítulos. En el primero se hace un análisis de la importancia de las enfermedades para la conservación de la fauna silvestre. En el segundo capítulo, se presenta un análisis comparativo de las dos áreas de estudio para evaluar diferencias en la seroprevalencia de la rabia, toxoplasma y parvovirus en los mamíferos nativos e introducidos con el objeto de corroborar la hipótesis que en áreas más fragmentadas existen mayores tasas de prevalencia de enfermedades.

Para una mejor comprensión y estandarización de conceptos se realizó un glosario de términos (Apéndice I).

CAPITULO I

IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES EN LA CONSERVACIÓN DE FAUNA SILVESTRE

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas, causadas por algún parásito tienen implicaciones en los ecosistemas y en la biósfera y han sido reconocidas como las principales causas de mortalidad en todos los seres vivos (Mills *et al.*, 1995; Combes, 1996; Marilyn *et al.*, 1993). Los programas de conservación de fauna silvestre empiezan a reconocer la importancia del diagnóstico, la prevención y el control de las enfermedades y de los parásitos en áreas naturales protegidas. El conocimiento de la dinámica de los parásitos y de las enfermedades en sistemas naturales es la primera herramienta para prevenir y predecir posibles brotes epidémicos que puedan diezmar las poblaciones de animales silvestres (Combes, 1996).

Teofrasto (300 a.c.), quien reconocía la diferencia entre los sistemas naturales y los cultivos, mencionó que los sistemas naturales no están sujetos a los efectos destructivos de las enfermedades a diferencia de los cultivos, donde dichos efectos son muy grandes. Sin embargo, las enfermedades están presentes en los sistemas naturales provocando mortalidad en los individuos más débiles y facilitando el proceso de sucesión, principalmente por la apertura de claros, para el caso de las comunidades vegetales; mientras que en el caso de las comunidades animales interfieren en procesos como competencia, migración, especiación y depredación, entre otros (Manion, 1991). El efecto de las enfermedades en las comunidades se ve amortiguado por la diversidad específica, variedad genética y estructura de edades en las poblaciones. En comunidades donde se presenta dominancia y uniformidad específica, existen interacciones entre el huésped y el parásito que favorecen el desarrollo de epidemias ocasionando altas mortalidades y subsecuentemente el restablecimiento de la diversidad específica y el equilibrio poblacional (Dinar y Eshed, 1984), a lo que Combes (1996) llama “efecto estabilizador de los parásitos en los ecosistemas”.

Históricamente, las enfermedades han representado uno de los retos más importantes para la humanidad ya que afectan y comprometen la vida de los seres humanos. Además, las enfermedades afectan los recursos naturales que el hombre utiliza para su manutención. Los

avances en el estudio de la medicina, especialmente en epidemiología, han determinado una herramienta para prevenir y controlar diferentes enfermedades. Sin embargo, las enfermedades infecciosas siguen siendo la principal causa de mortalidad en los seres humanos (Mills *et al.*, 1995) y en diferentes especies de animales y vegetales (Manion, 1991).

Día con día los estudios de ecología y de genética aportan más elementos integrales para el entendimiento de las mismas. Los métodos para controlar y erradicar las diferentes enfermedades y parásitos exóticos han ido cambiando a través de los tiempos, y cada día es necesario un mayor entendimiento y comprensión de la dinámica parasitaria en las poblaciones y comunidades naturales para lograr su adecuado control.

Para describir la importancia de las enfermedades en los ecosistemas es necesario evaluar históricamente el concepto de enfermedad y revisar cómo las enfermedades han participado en los procesos naturales a través del tiempo.

EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE ENFERMEDAD

El concepto de enfermedad ha ido cambiando en la historia de la humanidad y siempre ha tenido un sentido antropocéntrico. En un principio, las enfermedades fueron adjudicadas a poderes sobrenaturales y su explicación era mágica y religiosa. Las grandes epidemias del siglo XI fueron adjudicadas a la introducción de malos espíritus en el cuerpo. Estas creencias condujeron a que los remedios utilizados consistieran en encantamientos, oraciones, cantos y emanaciones odoríferas para ahuyentar a los malos espíritus, los cuales se siguen empleando en diferentes regiones del mundo.

En Europa, la medicina evolucionó de manera primordial en conventos y claustros, surgieron médicos empíricos que trabajaron sistemáticamente para lograr un avance en el estudio de las enfermedades. Siglos después, con la revolución industrial y el modo de producción capitalista, se realizaron grandes avances en el conocimiento de biología y medicina que propiciaron el descubrimiento de diferentes agentes causantes de enfermedades.

En el siglo XIX a partir de los trabajos de Robert Koch, Louis Pasteur y otros investigadores, comienza la época de la unicausalidad, concepto que surge por el

descubrimiento de los organismos causantes de las enfermedades tales como bacterias, virus, protozoarios y nemátodos. En esa época se entendía que la enfermedad era el resultado de la presencia del parásito. Las estrategias para controlar y erradicar las enfermedades fueron generar vacunas y desparasitantes.

El concepto general de salud y enfermedad se transformó en un concepto multicausal llamado “triada ecológica en la enfermedad”, el cual incluye al huésped, al agente y al ambiente. El agente como condición necesaria pero no suficiente, está influido por factores tales como la patogenicidad, virulencia y especificidad. El huésped está influido por una serie de factores tales como especie, edad, raza, sexo, aspectos genéticos, estado nutricional, hábitos, y la influencia del ambiente (clima, tipos de hábitat, latitud y altitud). Este concepto es el que prevalece hoy en los programas de salud pública y animal y se enriquece día con día con las aportaciones de la biología molecular y de ecología. El enfoque multicausal del estudio de la enfermedad se confirma a mediados de este siglo con el concepto de estrés propuesto por Selye (1973). Se considera que la enfermedad es la alteración o desviación fisiológica en una o varias partes del cuerpo de un organismo de origen multicausal y que se manifiesta por signos y síntomas (Diccionario terminológico de ciencias médicas, 1993).

ENFOQUE ECOLÓGICO DE LA ENFERMEDAD INFECCIOSA

A principios de los años 70 se incrementó el estudio de los parásitos y de la vida parasítica. La parasitología se ligó más al desarrollo de los conceptos en ecología como fueron la dispersión de los parásitos, la especificidad de huésped (Noble y Noble, 1976), densidades poblacionales de los parásitos, heterogeneidad espacial, estructura comunitaria de los parásitos en sus hospederos y estrategias reproductivas parasitarias (Anderson, 1991). A partir de entonces, se ha postulado que los parásitos son el componente biológico de mayor diversidad específica y actualmente se empieza a reconocer que tienen gran influencia en la biología de los huéspedes (Lyles *et al.*, 1993). Por otra parte es muy raro que un organismo de vida libre no albergue varios parásitos, además que muchos parásitos muestran cierto grado de especificidad de huésped o de huéspedes, por lo que más de la mitad de las especies del mundo son parásitos (Begon *et al.*, 1992).

El conocimiento integral de poblaciones y comunidades de parásitos, así como el estudio profundo de la interfase “parásito-huésped” en los ecosistemas, ha permitido el desarrollo de los modelos de la dinámica de las enfermedades infecciosas en los sistemas biológicos.

LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

En la evolución del parasitismo muchas evidencias indirectas muestran que los parásitos afectan la estructura y ensamblaje de las comunidades a través del tiempo y ayudan a entender aspectos biogeográficos y evolutivos de los huéspedes (Brooks y Mc Lennan, 1993).

Hamilton y Zuck (1982) han propuesto que las enfermedades infecciosas son agentes importantes de selección natural, con gran valor ecológico en la diversidad genética. Por ejemplo, Ayling (1981) ha mostrado que la mortalidad inducida por las enfermedades en las esponjas de mar crea parches que permiten la colonización por una variedad de invertebrados, incrementando la diversidad específica.

Los parásitos tienen influencia en la conducta individual, en la dinámica de poblaciones, en la estructura comunitaria y en patrones biogeográficos de los huéspedes (Minchella y Scott, 1991). La presión que ejerce el parásito sobre el huésped puede provocar exclusión competitiva, disminuyendo la riqueza específica, limitando la invasión de otras especies y determinando patrones de distribución. Contrario a este fenómeno, los parásitos pueden favorecer la diversidad biológica, ya que algunos parásitos infectan huéspedes que tienen abundancias relativas altas y dominancia, permitiendo el incremento en la equitatividad entre las especies y en la diversidad debido a la colonización por nuevas especies (Ayling, 1981; Combes, 1996). El efecto de las enfermedades infecciosas en la distribución geográfica y en las interacciones que se dan en un escenario comunitario tienen implicaciones en la diversidad biológica. Estos efectos se describen detalladamente en los siguientes temas.

COEVOLUCIÓN Y FILOGENIA ENTRE PARÁSITOS Y HUÉSPEDES

Los estudios de coevolución y filogenia han demostrado que los parásitos no representan un grupo monofilético y han tenido diferentes mecanismos de evolución y de especiación (Brooks y Mc Lennan, 1993). Diferentes trabajos, como los de Glen y Brooks (1985) y Uchikawa y Harada (1981), muestran ejemplos de coevolución entre huéspedes y parásitos. Los resultados de estos trabajos pueden aportar información valiosa para hacer seguimientos evolutivos y biogeográficos. Por ejemplo, la presencia de algunos ácaros del género *Acanthophthirius* que parasitan quirópteros de la familia Vespertilionidae, han sido indicadores de la taxonomía y filogenia de los murciélagos (Uchikawa y Harada, 1981).

Otros estudios muestran que la presencia de ciertos nemátodos correspondientes al género *Oesophagostomum*, que infectan principalmente a los primates, explica algunas rutas geográficas de migración y apoya la idea del origen africano de los primates, incluyendo al hombre (Glen y Brooks, 1985).

Los trabajos realizados por Anderson y May (1982) describen interacciones entre los huéspedes y los parásitos para explicar procesos de coevolución. En estos trabajos se postula que la virulencia de los parásitos es un factor desencadenante de procesos evolutivos para los huéspedes y viceversa. Por ejemplo, la mixomatosis es una enfermedad en la que se observan tres serotipos virales, de virulencia alta, media y baja. En la primera etapa se presentaron brotes epidémicos que causaron altas mortalidades en conejos en la década de los años 50 con cepas de alta virulencia en Australia. Para los años 60, cepas menos virulentas del virus empezaron a aparecer y se incrementó el grado de resistencia en la población de conejos. Los estudios subsecuentes realizados por Fenner y Ratcliffe (1966), mostraron que las cepas altamente virulentas matan rápidamente a los huéspedes y las tasas de replicación viral a largo plazo no son exitosas. Las cepas de virulencia media muestran la mejor tasa de replicación para los virus y causan mortalidades relativamente bajas en los huéspedes. Finalmente en las cepas de virulencia baja existe una rápida recuperación del hospedero que disminuye el éxito en la dispersión de los parásitos. Estos resultados muestran que el equilibrio entre la tasa reproductiva de los organismos susceptibles y de los parásitos es más eficiente en las cepas de virulencia media, el cual es llamado "estrategia estable evolucionaria" (Anderson y May, 1982).

La identificación de parásitos o indicadores indirectos de su presencia en los organismos, como anticuerpos y procesos patológicos en una población, refleja una serie de eventos históricos y ecológicos presentes en una comunidad (Follmann, 1996). Tales indicadores pueden resaltar la antigüedad de la interacción parásito-huésped, además de indicar la presencia de parásitos exóticos (Fenner y Ratcliffe, 1966).

ENFERMEDADES Y BIOGEOGRAFÍA

La viruela, la malaria y otras enfermedades muestran evidencias de que los parásitos intervienen en la distribución geográfica de las especies. La malaria es una enfermedad causada por un protozoario (*Plasmodium* sp.) que es transmitida por moscos y ataca a diferentes especies, entre ellas a los humanos y a todas las aves. Esta enfermedad tiene gran importancia en las aves, ya que está asociada a la extinción de algunas especies, como sucedió en las islas de Hawaii. Inicialmente, la desaparición y extinción de especies de aves en las islas se atribuyó a la deforestación masiva. Sin embargo, Warner (1968) sugirió que la distribución de las aves en la isla estaba determinada por la distribución del mosco transmisor de la malaria y de la viruela aviar. En este archipiélago existe una gran diversidad de aves endémicas. Las especies sobrevivientes de aves que se encuentran en altitudes bajas, donde habita el mosco transmisor, son parcialmente resistentes a la malaria. La distribución de las que se encuentran en altitudes mayores ha sido limitada por su alta susceptibilidad a la malaria y a la viruela aviar. Van Riper y colaboradores (1986), confirmaron que la distribución de las aves se debe, en gran medida, a la distribución de la enfermedad y de los mosquitos, confirmando también que la malaria ha sido causante de la extinción de algunas especies de aves en Hawaii.

En poblaciones humanas la malaria tiene características peculiares. Hill y colaboradores (1991), mostraron que algunos grupos humanos del oeste de África tienen cierto grado de resistencia asociado a los leucocitos del tipo I y II. Estos tipos celulares no son comunes en otros grupos raciales y en otras zonas. Los factores coevolutivos han generado que los caracteres de histocompatibilidad otorguen resistencia a algunas poblaciones humanas en los casos de malaria severa, característica que no se da en otros

lugares donde la malaria ocurre. Históricamente esta enfermedad ha evitado que los inmigrantes anglosajones en África ocupen territorios de zonas donde existe la malaria.

IMPACTO DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS EN LA CONDUCTA DE LOS INDIVIDUOS

Los cambios fisiológicos que causan los parásitos y las enfermedades en el organismo de los huéspedes pueden presentarse de diferentes maneras e intensidades. Los agentes infecciosos causan patologías en el huésped que van desde pequeños cambios histológicos hasta cambios que involucran el funcionamiento de órganos, aparatos y sistemas que pueden causar alteraciones fisiológicas que se reflejarán en la conducta, la adecuación individual y en algunos casos la muerte. Disnea, diarrea, fiebre, convulsiones, anorexia, debilidad muscular y muchos otros signos son el resultado de la presencia de diferentes parásitos en el huésped. Sin embargo, los primeros signos de la enfermedad están asociados a los cambios conductuales que se manifestarán en la pérdida de vigor y de defensa territorial. Se tienen registros que una gran cantidad de parásitos afectan la habilidad del huésped para proteger un territorio (Scott, 1988) y para seleccionar pareja, ya que la carga parasitaria disminuye la coloración del pelaje y del plumaje, además disminuye la frecuencia y la intensidad en los desplantes reproductivos en el cortejo (Hamilton y Zuck, 1982).

Si los parásitos afectan a un individuo reduciendo su potencial de selección de pareja, la infección puede afectar también en el éxito reproductivo, por lo que el parasitismo actúa como una presión selectiva (Hamilton y Zuck, 1982). Los parásitos pueden afectar las diferentes etapas reproductivas de los huéspedes provocando, por ejemplo: momificaciones, reabsorciones y abortos en las primeras fases de la gestación; alteraciones en la producción espermática, en la ovulación (Boyce, 1990) y disminución el tamaño de la camada y el éxito de sobrevivencia después del destete, así como un aumento en el número de individuos nacidos muertos. Por ejemplo, la *Fasciola hepatica* es un parásito que ha mostrado retardar el crecimiento del huésped, la madurez sexual y también reduce la fertilidad en los borregos (Hawkins y Morris, 1978). Otros trabajos han mostrado que *Trichinella spiralis* afecta a las hembras de pequeños roedores, provocando que las camadas tengan el mismo número de crías pero que el éxito de supervivencia de las camadas sea menor (Scott, 1988). *Trichinella*

pseudospiralis influye en las características reproductivas de algunas aves, ya que en algunas parejas toma más tiempo el poner el primer huevo, el número de huevos es menor y el éxito de eclosión es inferior. La malaria disminuye la motilidad espermática y la viabilidad en aves (Boyce, 1990).

Otras conductas de los huéspedes han sido registradas como respuesta a los parásitos, por ejemplo, búsqueda de refugios con menos cantidad de parásitos, siblicidio y algunas conductas de automedicación como la alimentación con plantas medicinales (Hart, 1990). El éxito competitivo de un animal parasitado puede ser menor y podrá ser excluido por los individuos de su grupo o de otra especie. Algunos animales tienden a alimentarse en lugares donde existen menores cantidades de garrapatas u otros parásitos. La conducta de espulgamiento individual, entre individuos de una misma especie y entre individuos de diferentes especies es el resultado de una presión parasitaria constante.

Los patrones de movimiento en algunas especies de animales responden a la presencia de parásitos. En algunos caracoles, las rutas de migración se ven afectadas por la presencia de larvas de *Digenea* spp. (Gill y Mock, 1985). Las zorras rojas (*Vulpes vulpes*) con rabia se mueven a distancias más largas que los individuos seronegativos. Los tejones europeos (*Meles meles*) infectados con tuberculosis se acercan a los asentamientos humanos fácilmente. Asimismo, los nemátodos incrementan movimientos espontáneos de carrera en los ratones y las hormigas infectadas con *Dicrocoelium* tienden a subir a lo alto de los tallos (Curtis, 1987).

Se ha sugerido que algunas migraciones de aves y de mamíferos en las planicies del Serengeti, en África, pueden ser explicadas como una adaptación evolutiva para eludir los altos índices de parásitos (Gill y Mock, 1985). En este contexto, se ha encontrado que diferentes parásitos afectan paulatinamente la distribución geográfica de las especies y el desplazamiento de unas especies por otras en diferentes zonas del mundo (Minchella y Scott, 1991; Hart, 1990).

En el caso de las plantas existen también diferentes cambios patológicos asociados a los parásitos. Por ejemplo, la putrefacción de la savia, necrosis de las raíces, putrefacción de las raíces, enfermedades en las hojas, clorosis en el follaje, cáncer obstructivo y marchitamiento, pueden alterar la fotosíntesis, la adquisición, almacenaje y transporte de

nutrientes, la respiración, el crecimiento, la dispersión, la producción de semillas y otros (Dinar y Eshed, 1984).

IMPACTO DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS EN LOS SISTEMAS DE DEPREDACIÓN Y DE COMPETENCIA

Si un animal altamente parasitado es más fácil de ser depredado, las tasas de mortalidad en una población por depredación estarán relacionadas con la virulencia y prevalencia de algún parásito. Si un parásito afecta a dos o más especies de huéspedes en diferentes niveles tróficos, las implicaciones de un parásito en la dinámica de los ecosistemas serán mayores. Existen sistemas de parásito-huésped que involucran a tres especies en diferentes niveles tróficos, especialmente en helmintos, los cuales reflejan procesos coevolutivos que tienen que ver con la depredación, como *Taenia solium* y *Parelaphostrongylus tenuis* (Anderson, 1972). Por ejemplo, la *Fasciola hepatica* es un tremátodo que depende de la densidad poblacional de caracoles (huésped intermediario) para su éxito reproductivo y de la densidad de los mamíferos (huéspedes definitivos) para desarrollar las fases adultas de su ciclo de vida (Scott, 1988).

Por otra parte, la cantidad de alimento que un animal ingiere por día puede variar cuando tiene una gran cantidad de parásitos, ya que comerá menos y destinará más tiempo a la captura de sus presas con poco éxito, además de que la alta carga parasitaria puede provocarle pérdida de biomasa y vigor (Schall y Putman, 1982). De esta forma, el parasitismo influye directamente en las tasas de depredación en las redes tróficas en una comunidad y las consecuencias estarán relacionadas con el nivel trófico al que afectan. Por ejemplo, el azulejo (*Amphelocoma ultramarina*) es una ave que habita en regiones donde se encuentran pinos piñoneros. El pino (*Pinus nelsonii*) es una especie que se ve beneficiada por la presencia del azulejo, ya que el ave dispersa las semillas. El ave tiene una conducta de enterrar las semillas de los pinos en el suelo, ya que deposita de 80 a 100 semillas en cada lugar para posteriormente alimentarse; sin embargo, no se alimenta de todas las semillas y permite el desarrollo de la planta en otras zonas por el efecto de siembra (Suzán, 1990). El insecto parásito *Ecusoma* sp. deposita sus huevecillos en los piñones, en los cuales posteriormente crecen y se alimentan de las larvas. La presencia del parásito afecta

directamente la dispersión de las semillas y el éxito reproductivo del pino (Ledezma *et al.*, 1991). Los efectos en este caso son directos en los piñones , ya que el ave deja de dispersar las semillas por la presencia del parásito en el piñón y por la pérdida de las semillas por la depredación del parásito. Las repercusiones del parásito en la estructura y en la dinámica de la comunidad pueden ser variadas (aunque no han sido medidas). En este ejemplo se puede sugerir que afecta la competencia interespecífica, dando oportunidad a que otras especies de plantas se desarrollen, cambiando la fenología, la estructura de la comunidad, la sucesión y probablemente las tasas de descomposición.

La competencia es otra de las interacciones que se presentan en cualquier escenario poblacional o comunitario, y tiene como consecuencias la exclusión de especies o la coexistencia por el equilibrio estable. La competencia ha sido postulada como una interacción que regula la dinámica de los sistemas biológicos (Connell, 1975). Se tienen evidencias de que los parásitos intervienen en la dinámica competitiva en un ecosistema. La competencia intraespecífica y la interespecífica estarán reguladas por el vigor y la salud que cada individuo presenta. La conducta de un individuo se modifica por la presencia de parásitos, como sucede en los desplantes de jerarquía, en la estructura social y en selección de pareja en un escenario poblacional, con profundos cambios en la adecuación individual (Hamilton y Zuck, 1982; Hart, 1990).

El parásito *Parelaphostrongylus tenuis* en el norte de EUA y sur de Canadá que infecta artiodáctilos ha causado el desplazamiento de especies de huéspedes no resistentes (alces y caribús) por los resistentes (venados), propiciando cambios en el éxito competitivo interespecífico y en la distribución geográfica de las especies (Anderson, 1972). En los casos de introducción de especies exóticas se tienen muchas evidencias de este proceso. El éxito de las especies exóticas se incrementa por la introducción de enfermedades también exóticas que pueden sucumbir poblaciones de animales y vegetales endémicas que no tienen inmunidad específica contra los parásitos introducidos provocando cambios en la estructura de las comunidades (Loope *et al.*, 1988).

EFFECTO DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS EN LAS POBLACIONES Y COMUNIDADES DE HUÉSPEDES

Las enfermedades infecciosas pueden afectar directamente la supervivencia de individuos y tener un impacto directo en la densidad y en las tasas de crecimiento poblacional de los huéspedes. Algunas enfermedades atacan a diferentes grupos de edad en los huéspedes y en diferentes épocas del año, siendo algunas de ellas cíclicas y estacionales. Por ejemplo, el parvovirus felino que fue introducido en la isla Marión para controlar la sobrepoblación de gatos ferales, tuvo como resultado una disminución total de la población de gatos en la isla, aunque la enfermedad introducida sólo afectó a los individuos jóvenes (van Rensburg *et al.*, 1987). Otro efecto importante de las enfermedades en algunas poblaciones es su “preferencia” por algún sexo. El parásito *Atelopus varius*, díptero que ataca a las ranas, causa mortalidades más severas en las hembras que en los machos, provocando cambios en la dinámica reproductiva de una población (Minchella y Scott, 1991).

Los principales agentes que causan cambios abruptos en las poblaciones de los huéspedes son los virus y los microparásitos (bacterias, hongos microscópicos y protozoarios). Por ejemplo, la introducción de un hongo asiático (*Cryphonectria parasitica*) en los EUA tuvo como consecuencia la destrucción del nogal en el siglo XX. En estudios de palinología se menciona que un evento de igual magnitud hace 4800 años pudo haber causado una destrucción de los abetos (Manion, 1991). Los efectos devastadores de dichos eventos fueron ocasionados por la introducción de patógenos y por la dominancia de una especie en una comunidad.

Diferentes enfermedades como mixomatosis, rabia y tuberculosis responden de manera significativa a la densidad de los huéspedes y se ha sugerido que son factores reguladores de la dinámica poblacional (Trout *et al.*, 1993). Sin embargo, éste es un aspecto que ha sido cuestionado por la comunidad científica, por lo que se ha recurrido a trabajos experimentales para su comprobación. Scott (1988) realizó un estudio con ratones, donde monitoreó la dinámica poblacional durante 32 semanas y estimó el equilibrio de la densidad en 3 grupos con 925 ratones cada uno. Se puso en contacto a la población con el parásito (helminto), el cual ocasionó una mortalidad del 90% después de las 9 semanas en los tres contenedores. Se suministró un antihelmíntico a un contenedor de ratones y se observó un

crecimiento exponencial. Los ratones sin el medicamento mostraron un crecimiento poblacional más lento. Es decir, se comprobó que en este caso el parásito reguló a la población de los huéspedes.

Los cambios en la abundancia relativa de las especies por efecto de los parásitos y de las enfermedades que ocasionan, tienen implicaciones mayores en la estructura y en la dinámica de las comunidades. Hughes (1989) informó la importancia de los efectos históricos en la dinámica de ensamblaje comunitario en los arrecifes coralinos. En su estudio, un huracán causó un impacto en la comunidad alterando la diversidad específica y tres años después se encontró una mortalidad masiva de los erizos *Diadema antillarum* causada por una enfermedad no determinada. La mortalidad de los erizos causó gran impacto en la comunidad por el consecuente crecimiento masivo de las algas, alterando el ensamblaje de especies.

La enfermedad holandesa de los olmos en Inglaterra, originada por el hongo *Ceratocystis ulmi* y transmitida por el insecto *Scolytus multistriatus*, causó la muerte de una gran cantidad de árboles y ocasionó que los refugios de una gran cantidad de aves fueran destruidos. Con la migración de las aves afectadas se incrementaron las poblaciones de escarabajos, diferentes especies de aves ocuparon el nicho abandonado, y la estructura de las comunidades de aves y la fenología de la región cambiaron completamente (Manion, 1991).

El gusano de la cabeza (*Parelaphostrongylus tenuis*) es un parásito que ataca principalmente a los artiodáctilos de Canadá. El parásito se alberga en la región subdural de las meninges en el cráneo y en todo el parénquima pulmonar y es eliminado por la heces. Resiste las bajas temperaturas y utiliza a los caracoles *Zonitoides nitidus* como huésped intermediario para su desarrollo. Cierra su ciclo vital al ser ingerido por artiodáctilos. En muchas regiones de Norteamérica los venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*), los alces (*Alces alces*), los caribús (*Rangifer tarandus*) y el venado bura (*Odocoileus hemionus*) traslapan su distribución, especialmente en bosques de coníferas y en ecotonos de taiga. Esta enfermedad ha sido el origen de la disminución de los alces en diferentes regiones en los años cuarenta y cincuenta y aún ahora en diferentes regiones de EUA y Canadá (Nudds, 1990).

El venado cola blanca es parasitado por este gusano sin que le cause alta mortalidad. Los signos clínicos de la enfermedad son más agudos en los alces, venado bura, caribús y wapitis (*Cervus canadiensis*). La alta capacidad del venado cola blanca para adecuarse a diferentes condiciones ha permitido diseminar la infección, especialmente donde los alces habitan. Los alces son altamente susceptibles a este parásito y han sido desplazados a lugares de condiciones climáticas muy extremas y con bajas temperaturas, mientras que el venado cola blanca es ahora dominante en estas regiones (Nudds, 1990). La migración del venado ha estado asociada al seguimiento de los bosques caducifolios y de sucesión temprana, causado por la agricultura, la explotación forestal y el fuego (Anderson, 1972). La reintroducción de caribús, wapitis y otros artiodáctilos en zonas donde antes dominaban ha fracasado por la presencia del parásito y del venado cola blanca.

LOS ANÁLISIS SEROLÓGICOS COMO INDICADORES DE LA PRESENCIA DE PARÁSITOS

La presencia de anticuerpos contra ciertas enfermedades en la sangre de los animales refleja una interacción entre el parásito y el huésped. En los programas de conservación y manejo de vida silvestre, el uso de los perfiles serológicos ha ofrecido una técnica fácil y económica para el monitoreo de las enfermedades, así como indicadores de la transmisión entre fauna doméstica y fauna silvestre (Chomel *et al.*, 1994).

Los análisis serológicos han representado una herramienta para evidenciar la presencia de parásitos internos en los animales, donde no es necesario su sacrificio a diferencia de algunos análisis de helmintología y patología. Estas técnicas proporcionan una prueba definitiva del aumento o disminución de los niveles de anticuerpos que coinciden con los episodios clínicos. La presencia de anticuerpos ha servido para estudiar la distribución geográfica de los parásitos además de proporcionar evidencias de coevolución entre los parásitos y los huéspedes, como sucedió con los trabajos de malaria en humanos (Hill *et al.*, 1991), además se puede delinear la divergencia evolutiva de algunos virus como en el caso de parvovirus en animales domésticos y silvestres. De esta manera se han podido identificar diferentes tipos de parvovirus tales como el parvovirus canino tipo I, parvovirus canino tipo

II, panleucopenia felina y el virus de la enteritis del mink así como algunos parvovirus que afectan a seres humanos (Greene, 1993).

Las técnicas de introducción, reintroducción y traslocación de especies han generado numerosos problemas de riesgos sanitarios, siendo el más evidente la introducción directa de nuevas enfermedades. Este hecho se ha producido en muchas ocasiones en diferentes partes del mundo y como consecuencia, graves enfermedades han aparecido en lugares donde no existían causando altas mortalidades en las poblaciones nativas de animales, con enfermedades como la tuberculosis bovina, la rabia y la peste equina. Las pruebas serológicas han permitido rastrear y evaluar el impacto de estas epidemias en una región (Marilyn *et al.*, 1993).

La Organización Internacional de Epizootias (OIE), informó en la última reunión mundial de enfermedades de fauna silvestre, una serie de recomendaciones para mejorar el éxito de las técnicas de manejo como introducción, reintroducción y traslados (OIE, 1995). Entre las diferentes medidas propuestas, se incluyó el análisis serológico sistemático en las diferentes poblaciones reintroducidas así como en las poblaciones nativas.

En años recientes, la serología se usa en forma extensa para determinar la prevalencia en un momento exacto de una infección en una población de animales. La determinación sistemática de anticuerpos en diferentes épocas del año permitirá conocer mejor la dinámica de la infección y determinar si el parásito es endémico o epidémico en la región y de la misma manera se puede determinar la incidencia del agente infeccioso (Follmann, 1996; Chomel *et al.*, 1994)

Se ha probado que la seroepidemiología es útil en el diagnóstico de las infecciones virales en poblaciones definidas de animales en riesgo de infectarse, como pueden ser los animales que se encuentran aislados en fragmentos de vegetación natural. Las técnicas de seroepidemiología y los programas de vigilancia epidemiológica adquieren valor particular en la observación de infecciones en poblaciones de animales silvestres, ya que pueden representar el primer acercamiento al entendimiento de la dinámica de un agente infeccioso en diferentes especies de animales (Greene, 1993).

PERSPECTIVA NACIONAL DEL DIAGNÓSTICO DE PARÁSITOS Y ENFERMEDADES EN LA FAUNA SILVESTRE

México es conocido por su alta diversidad biológica y se considera uno de los 7 países megadiversos del mundo, ya que cuenta con el 10% de la diversidad mundial (Mittermeier, 1988). Es el primer lugar mundial en reptiles con 705 especies, el cuarto lugar de anfibios con 295 especies, el segundo lugar de mamíferos con 466 especies, y el séptimo lugar en aves en América Latina con 1060 especies. Además del gran número de especies de plantas y animales en el país, es importante destacar la gran cantidad de endemismos, originados principalmente por la heterogeneidad topográfica y climática. El 52% de los reptiles, el 59% de anfibios y el 29% de los mamíferos de México son endémicos (Flores y Gerez, 1994).

Entre las principales causas de la pérdida de la diversidad en México se encuentran la destrucción de hábitats, el cambio del uso de suelo, la sobrexplotación de los recursos, el tráfico, la recolecta y la caza ilegal de especies, la ganadería extensiva, la producción de monocultivos, la contaminación de suelo, agua y tierra, y la poca superficie destinada para la conservación. En México se reconocen un total de 166 áreas naturales protegidas que cubren un total de 7.3% de superficie del territorio nacional (SEMARNAP, 1997).

En las áreas naturales del país se han introducido una gran cantidad de especies exóticas de plantas y animales que han causado diferentes impactos ecológicos y epidemiológicos en las comunidades nativas, y se ha incrementado desmesuradamente la ganadería extensiva en zonas de alta diversidad biológica (SEMARNAP, 1997). No existen estudios sobre las implicaciones de parásitos en la fauna silvestre de áreas naturales protegidas y de sistemas fragmentados y no se cuenta con los elementos necesarios para prevenir y controlar brotes de posibles epizootias en la fauna silvestre del país.

Las crecientes condiciones de deterioro ambiental y el incremento de las enfermedades zoonóticas emergentes y reemergentes requerirán el desarrollo de programas sistemáticos de evaluación de la diversidad de parásitos en todos los ecosistemas y en todos los lugares donde exista la interacción de animales domésticos, silvestres y seres humanos. Por lo que es necesario incrementar los estudios encaminados a la detección y prevención de posibles epizootias y epidemias que puedan comprometer la diversidad biológica en el país y la salud pública.

Ante la gran diversidad biológica de México y la responsabilidad de mantener los ecosistemas que la sostienen, el diagnóstico de parásitos permitirá participar de manera activa y comprometida con el manejo y conservación de los recursos naturales e incrementará conocimiento biológico del País.

*Defender la alegría como una trinchera
defenderla del caos y de las pesadillas
de la ajada miseria y de los miserables
de las ausencias breves y las definitivas*

*Defender la alegría como un atributo
defenderla del pasmo y de las anestias
de los pocos neutrales y los muchos neutrones
de los graves diagnósticos y de las escopetas*

*Defender la alegría como un estandarte
defenderla del rayo y la melancolía
de los males endémicos y de los académicos
del rufián caballero y del oportunista*

*Defender la alegría como una certidumbre
defenderla a pesar de dios y de la muerte
de los parcos suicidas y de los homicidas
y del dolor de estar absurdamente alegres*

*Defender la alegría como algo inevitable
defenderla del mar y las lagrimas tibias
de las buenas costumbres y de los apellidos
del azar y también
también de la alegría*

Mario Benedetti

*Muchas son las cuasas de las enfermedades en la vida silvestre
pero una es común,
profundos cambios en el ambiente*

CAPÍTULO II

RABIA, TOXOPLASMA Y PARVOVIRUS EN MAMÍFEROS SILVESTRES EN DOS RESERVAS DEL DISTRITO FEDERAL

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las sociedades modernas ha permitido al hombre colonizar un gran porcentaje de la superficie de la tierra y usar los recursos naturales de una manera desmedida. A partir del desarrollo de la agricultura y la ganadería, la cobertura de vegetación natural ha sido modificada y se han incrementado las tasas de destrucción de los bosques tropicales, bosques templados y zonas costeras, ocasionando la pérdida de la diversidad biológica en todo el mundo y generando cambios climáticos que han pasado de escalas regionales a una global (Groom y Schumacher, 1993).

La fragmentación de los ecosistemas ha favorecido la concentración de las especies y de los individuos en áreas menores. Esta situación facilita una mayor tasa de contacto entre parásitos, individuos y especies, permitiendo la transmisión de enfermedades infecciosas entre ellos (Anderson y May, 1982; Coblenz, 1990). La dinámica de los parásitos y de las enfermedades infecciosas ha cambiado con los eventos constantes de perturbación, además de que ha favorecido el surgimiento de enfermedades emergentes y reemergentes (Apéndice I) en todo el mundo como la rabia, el ébola, el dengue y diferentes encefalitis virales que están asociadas a insectos que proliferan en lugares perturbados (Murphy, 1998). El hantavirus es otra enfermedad viral que recientemente provocó una mortalidad de 70% en personas infectadas causando el síndrome pulmonar hantavirus (HPS) en el suroeste de los Estados Unidos de América. La enfermedad está asociada al aumento de las densidades poblacionales de roedores que toleran eventos de perturbación. El brote epidémico que se presentó en la zona de los indios navajos en 1993, sucedió después de cambios climáticos ocasionados por el fenómeno “El Niño” y por el aumento en las densidades del ratón *Peromyscus maniculatus* que es la especie reservoria (Yates *et al.*, 1998).

La creciente fragmentación de ecosistemas ha facilitado el deterioro del estado de salud de los animales afectando el sistema inmune y aumentando la vulnerabilidad ante los

parásitos y enfermedades. Se han identificado como factores estresantes y detrimentales para los animales a la pérdida del refugio, ruido, fragmentación por carreteras y la falta de recursos. Diferentes autores han mencionado que los cambios climáticos (Manabe y Wetherald, 1986), el incremento de los niveles de contaminantes (Schindler *et al.*, 1990), el efecto de borde, así como la depredación y la competencia causadas por la introducción de especies exóticas (Goosem, 1997), son otros problemas que afectan la conducta y la salud de los individuos que han logrado sobrevivir en ambientes fragmentados.

Los eventos de perturbación han favorecido la introducción de especies y enfermedades exóticas, que tiene un alto costo biológico (Goosem, 1997). Por ejemplo, la introducción de bovinos domésticos infectados con la peste bovina en África a finales del siglo XIX, ocasionó una epizootia con alta mortalidad en mamíferos silvestres en todo el continente (Pastoret y Saliki, 1985). Se considera que las especies exóticas son el principal problema ecológico y epidemiológico que enfrentan las especies nativas en los parques nacionales de los EUA y otras partes del mundo (Soulé, 1988). Las especies exóticas y las enfermedades introducidas son dos problemas con magnitud de crisis que afectan a todo tipo de sistemas biológicos en la superficie de la tierra (Coblentz, 1990; Goosem, 1997).

La dispersión de las enfermedades infecciosas ha sido favorecida por la combinación de factores tales como altas tasas de contacto entre los huéspedes y el parásito, altas densidades de los huéspedes, modificaciones antropogénicas a los ecosistemas, susceptibilidad de los huéspedes a los parásitos, parcialmente determinada por el genotipo, y el estrés al que son sometidas las diferentes especies locales. La identificación, el control y el manejo de enfermedades en áreas naturales protegidas revisten gran importancia para el manejo y la conservación de especies y ecosistemas naturales en el mundo. La evaluación de la prevalencia de diferentes parásitos en zonas perturbadas y conservadas, permitirá evaluar la dinámica de las enfermedades en áreas naturales.

Para el presente estudio se escogieron enfermedades que sean de distribución mundial, que afecten a la mayor parte de los vertebrados, que sean endémicas en las poblaciones de perros y gatos de la Ciudad de México y que las técnicas de diagnóstico serológico sean ampliamente utilizadas en los diferentes laboratorios de diagnóstico del país,

para poder estudiar la dinámica de agentes infecciosos en dos zonas naturales con diferente grado de aislamiento y fragmentación pero con comunidades de huéspedes similares. De acuerdo a estos criterios se seleccionaron los agentes infecciosos del virus de la rabia, el parvovirus y el protozooario *Toxoplasma gondii*.

Se realizaron estudios de sangre (hemograma) con el objeto de obtener indicadores indirectos que se relacionen con la presencia de estos parásitos, ya que algunas enfermedades como la toxoplasmosis pueden provocar leucocitosis y leucopenia en diferentes fases de la infección, además de causar linfopenia y neutropenia. La parvovirus puede causar una disminución en el hematocrito y leucopenia (Greene, 1993). En algunas enfermedades los cambios drásticos en las cantidades celulares pueden ser indicadores directos de la infección, por ejemplo en el hantavirus un aumento explosivo en las cantidades de leucocitos y del hematocrito son característicos de la presencia del virus (Espinosa *et al.*, 1998). A partir de la obtención de las muestras sanguíneas para la realización del hemograma en todos los individuos capturados se obtuvieron valores sanguíneos promedio para cada una de las especies.

Las enfermedades provocadas por el virus de la rabia, el toxoplasma y el parvovirus han sido ampliamente estudiadas en poblaciones silvestres en otras partes del mundo (Tinline, 1988; Dubey *et al.*, 1987) y han sido notificadas en animales domésticos de todo México, sin embargo, se conoce poco sobre su incidencia y prevalencia en la fauna silvestre del país. Los informes de estas enfermedades que afectan a las diferentes especies animales silvestres están circunscritos a la fauna en cautiverio como la de zoológicos y criaderos. El monitoreo de estas enfermedades en las especies nativas e introducidas no ha sido constante y no se registra el impacto sobre las comunidades de la fauna silvestre nacional. A continuación se describen las características principales de las tres enfermedades que producen estos agentes infecciosos.

Rabia

Descrita en animales domésticos y silvestres desde hace más de 2000 años por los egipcios (Vilchis, 1974), la rabia es un problema de primera importancia en salud pública en todo el mundo (Mohanty y Dutta, 1985). Es una enfermedad producida por un lyssavirus perteneciente a la familia Rabdoviridae que afecta el sistema nervioso central y causa una encefalomiелitis aguda y mortal en los mamíferos. El virus de la rabia tiene altos índices de transmisión en un gran número de especies y la enfermedad se manifiesta en tres formas: prodrómica, furiosa y paralítica (Greene, 1993).

La rabia se encuentra incluida en el listado B de la Oficina Internacional de Epizootias, es considerada como uno de los problemas prioritarios relacionados con la producción agropecuaria, salud pública y conservación de poblaciones silvestres. La rabia es una enfermedad que ha causado severos impactos sobre las poblaciones de animales domésticos y silvestres en todo el mundo. Se considera que todos los mamíferos son susceptibles a la infección. La rabia se comporta de manera diferente a través del mundo, mientras en Europa los zorros son los principales transmisores, en Canadá y EUA son los mapaches y los zorrillos (Cambell y Charlton, 1988). Se considera que las especies que son capaces de mantener la infección en estado silvestre en diferentes partes del mundo son: zorras, zorrillos, mapaches, chacales, diferentes cánidos y félidos, además de ciertas especies de murciélagos (Tinline, 1988).

La manera de transmisión del virus es casi siempre por la mordida de un animal enfermo que lleva el virus en la saliva; sin embargo, se ha sugerido la transmisión del virus a través de la exhalación y de las excretas en algunas colonias de murciélagos de alta densidad, por la ingesta de tejidos infectados y por vía transplacentaria (Winkler, 1968; Bell y Moore, 1971). El periodo de incubación varía por especie y está en función de diferentes factores como sitio de la mordida, cantidad de virus inoculado y virulencia (Tinline, 1988).

Existen diferentes pruebas de diagnóstico para el virus de la rabia y pueden realizarse en animales muertos y en animales vivos. Para diagnóstico *postmortem* se utilizan pruebas para detección del antígeno en tejido nervioso como la prueba directa de anticuerpos fluorescentes y algunas pruebas histopatológicas. Para diagnóstico en animales vivos se

utilizan diferentes técnicas serológicas para la detección de anticuerpos como seroneutralización, contraelectroforesis (Loza, 1995), anticuerpos monoclonales y algunas técnicas más sencillas como la prueba de inhibición de focos fluorescentes rápida.

En México la información sobre rabia en fauna silvestre se encuentra principalmente en quirópteros por su impacto en la ganadería (Aguilar- Setien *et al.*, 1996). En algunos casos, se ha registrado rabia en otros mamíferos mexicanos, como ha sido el brote en zorrillos (*Conepatus leuconotus* y *Spilogale putorius*) desde 1993 hasta 1997 en San Luis Potosí (Aranda *et al.*, 1997). En México se conoce muy poco sobre la permanencia del virus en poblaciones silvestres y los estudios se han concentrado más en el principal transmisor de la rabia en seres humanos, los perros (SSA, 1994).

Toxoplasmosis

El *Toxoplasma gondii* es un protozoo intracelular que afecta a todos los vertebrados incluyendo al hombre, causando cuadros clínicos variados. La toxoplasmosis es una enfermedad común, pero las manifestaciones clínicas de este padecimiento son mal diagnosticadas y algunas veces se considera como una enfermedad subclínica. El toxoplasma puede producir la enfermedad o quedarse enquistado, produciendo una premunidad con infección latente o asintomática. El toxoplasma es un parásito obligado que puede localizarse en diferentes células del organismo, teniendo mayor afinidad por las células del sistema nervioso central, y puede causar alta mortalidad en individuos jóvenes. En algunos casos puede provocar encefalomiелitis, afecciones pulmonares, problemas gastrointestinales y mortalidades neonatales como en lince (*Lynx rufus*). En los carnívoros se pueden registrar formas graves y altas tasas de mortalidad (52%) en jóvenes y en hembras (Dubey *et al.*, 1987).

Se pueden considerar dos tipos de ciclos de vida del parásito, uno de ellos, es el que se lleva únicamente en los felinos y dentro de los cuales el gato doméstico juega una función importante. Al infectarse por vía oral se desarrolla un ciclo de vida intestinal que se traducirá en la eliminación de ooquistes en las heces, de esta manera se consideran los huéspedes definitivos. El segundo ciclo ocurre en todas las demás especies de animales, incluyendo al

hombre y perro, donde únicamente se dan las fases de desarrollo asexual en diferentes tipos de tejidos. Las principales vías de infección son la congénita y la ingestión de los oocistos en el alimento, en el agua o en los tejidos infectados (Greene, 1993). La transmisión del parásito se lleva a cabo por la saliva, lágrimas, exudado conjuntival, orina, heces y leche materna (Martínez, 1986). Para el diagnóstico del toxoplasma se utilizan diferentes pruebas serológicas como la técnica de Sabin-Feldman, inmunofluorescencia, ELISA, hemoaglutinación y fijación de complemento, así como diferentes pruebas de identificación del parásito en las heces fecales y en biopsias. En México el conocimiento de la seroprevalencia de *Toxoplasma gondii* es desconocido en especies silvestres y sólo se ha registrado en animales en cautiverio como en zoológicos y criaderos (Berrón, 1991).

Parvovirusis

El parvovirus es un virus de la familia Parvoviridae de reciente distribución en América que causa problemas entéricos y alta mortalidad en muchas especies de animales, especialmente en las crías (Greene, 1993). El parvovirus es un parásito que provocó una panzootia en los años 80 y se encuentra presente en la mayoría de los cánidos en todo el mundo (Parrish, 1994). El virus se secreta por todos los fluidos corporales y atraviesa la placenta para causar lesiones congénitas cerebrales. La principal vía de transmisión del virus es por las heces en los estados infectivos de los animales portadores y se adquiere por vía oral. Johnson (1970) registró que el parvovirus provoca enteritis en los prociónidos, como por ejemplo los cacomixtles. Debido a que este virus es de reciente distribución en gran parte de América, se puede esperar que las tasas de morbilidad y de mortalidad sean altas en los diferentes nuevos huéspedes, principalmente los carnívoros (Andrewes *et al.*, 1978).

El parvovirus es un agente de distribución mundial que puede afectar a individuos de cualquier edad, aunque es más patógeno en los individuos jóvenes y se conocen diferentes serotipos del virus que han estado asociados a diferentes especies como el parvovirus canino tipo 1, el parvovirus canino tipo 2, la panleucopenia felina, el virus de la enteritis del mink y el parvovirus de los mapaches (Greene, 1993). La parvovirusis puede causar vómito, diarrea, gastroenteritis, miocarditis y hepatitis. Para el diagnóstico del virus existen una serie

de pruebas de laboratorio como serológicas, coprológicas y hallazgos *postmortem*. Algunas de las pruebas serológicas que se utilizan son la neutralización sérica, radioinmunoensayo, inmunofluorescencia y la inhibición de la hemoaglutinación. En México se desconocen las seroprevalencias de este agente infeccioso en animales silvestres de vida libre.

La rabia, la toxoplasmosis y la parvovirosis son enfermedades endémicas en animales domésticos de la Ciudad de México que pueden afectar a las poblaciones de mamíferos silvestres de las áreas naturales protegidas ubicadas en la zona metropolitana y sus alrededores. Tal es el caso de la Reserva Ecológica "El Pedregal" y del Parque Nacional Desierto de los Leones (Desierto de los Leones); además la rabia y la toxoplasmosis son enfermedades de interés en salud pública porque son zoonosis y se encuentran distribuidas en zonas conurbadas con mayor densidad de perros y gatos (Islas, 1974; Flores, 1977; Martínez, 1986; SSA, 1994).

OBJETIVOS

En el presente estudio se comparó la seroprevalencia del virus de la rabia, del protozooario *Toxoplasma gondii* y del parvovirus canino de los mamíferos medianos de dos reservas contrastantes en condiciones físicas, biológicas, de aislamiento, fragmentación y de tamaño: “El Pedregal” y el Desierto de los Leones. Los objetivos específicos fueron:

- 1) Determinar y comparar la prevalencia de anticuerpos en suero sanguíneo contra el virus de la rabia, el parvovirus canino y el *Toxoplasma gondii* en mamíferos medianos del Desierto de los Leones y la Reserva “El Pedregal”.
- 2) Obtener una base de datos del hemograma por especie y encontrar las variaciones celulares sanguíneas asociadas a la presencia de los parásitos.
- 3) Con base en los resultados, proponer medidas de manejo y de conservación para asegurar el mantenimiento de la diversidad biológica y evitar posibles brotes epizooticos y epidémicos en las dos áreas protegidas estudiadas.

HIPÓTESIS

Se espera encontrar una mayor seroprevalencia de anticuerpos contra toxoplasma, parvovirus y rabia en los mamíferos de áreas naturales protegidas aisladas, fragmentadas, con mayor densidad de animales y de menor tamaño como “El Pedregal”, que en mamíferos que habitan en áreas de mayor tamaño, con menor densidad de animales y con menor grado de aislamiento y fragmentación como el Desierto de Los Leones.

ÁREA DE ESTUDIO

Se seleccionaron dos áreas naturales protegidas que contrasten en tamaño y grado de aislamiento y con una diversidad de especies de mamíferos similar. “El Pedregal” es una isla de vegetación natural dentro de la Ciudad de México sin corredores biológicos que ha estado sujeta a perturbaciones de diversa índole que afectan de una manera determinante la estructura y composición de su fauna nativa (Figura 1). En contraste, el Desierto de los Leones abarca una extensa zona que se encuentra conectada a otras áreas protegidas por medio de corredores biológicos (Fig. 2).



Figura 1. Reserva Ecológica “El Pedregal”. Fotografía aérea 1:29,000.



Figura 2. Parque Nacional Desierto de los Leones. Fotografía aérea 1:29,000.

Los cuadros en negro representan las áreas muestreadas. Nótese que “El Pedregal” es una isla inmersa en la mancha urbana de la Ciudad de México, a diferencia del Desierto de los Leones, el cual conecta a otras áreas naturales protegidas.

Reserva Ecológica “El Pedregal”

La reserva “El Pedregal” se encuentra localizada dentro de los terrenos de la Universidad Nacional Autónoma de México en México (UNAM), D. F. Tiene una extensión aproximada de 160 hectáreas (ha), su vegetación predominante es el matorral xerófilo y ha sido considerada como un sitio de alta riqueza florística desde el siglo pasado (Rzedowski, 1979; Álvarez *et al.*, 1986). Delimitada al este y al sur por los límites de los terrenos de la Universidad, al oeste por los terrenos del Jardín Botánico Exterior y al norte por el Circuito Universitario con una altitud de 2,250 msnm. El clima es templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano y con una temperatura media anual de 15.5°C (García, 1978) y una precipitación promedio anual de entre 700 y 900 mm (Herrera y Almeida, 1994). La época seca se registra de octubre a mayo. Esta zona no presenta grandes variaciones de altitud, sin embargo la topografía es bastante irregular ya que existe una gran cantidad de pequeñas grietas, fisuras y grandes oquedades formadas por derrames de lava. Este ecosistema por su origen geológico, ubicación y clima, contiene numerosas especies animales como murciélagos, cacomixtles, zorrillos, zorras, ardillas, tlacuaches y una gran cantidad de especies vegetales, algunas endémicas, otras en peligro de extinción y otras especies que han sido extirpadas de la región (Chávez, 1993). El Pedregal constituye uno de los pocos refugios para la fauna silvestre que habita en la Ciudad de México o que utiliza esta zona como lugar de paso, de hibernación o de reproducción.

Parque Nacional Desierto de los Leones

El Desierto de los Leones, al occidente de la Ciudad de México, cuenta con 1,867 ha, y una altitud máxima de 3,800 m. La vegetación predominante está compuesta principalmente de pinos (*Pinus hartwegii*) y oyameles (*Abies religiosa*). El Desierto de los Leones es una de las áreas protegidas que mayor atención han obtenido tanto de las autoridades como de la ciudadanía desde principio de siglo. El acceso al parque es por la carretera México-Toluca, en la Sierra de las Cruces. El clima es semifrío subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 10.7° C, siendo diciembre y enero los meses de registro más bajo. La precipitación promedio anual es de 1,245 mm (SARH, 1994). El parque se

encuentra localizado entre la Sierra del Ajusco y la Sierra de Monte Alto, todas ellas integrando la cordillera Neovolcánica.

El Desierto de los Leones representa un escenario que presenta una gran cantidad de microclimas y de especies de animales y plantas. A pesar de varios factores de perturbación como la invasión de tierras, el pastoreo, la deforestación, la agricultura y la caza, el Desierto de los Leones sigue siendo una reserva con un estado de conservación recuperable. La mastofauna de la región perteneciente a la cuenca de México, se caracteriza por roedores, quirópteros, carnívoros, insectívoros, lagomorfos y marsupiales como los tlacuaches (*Didelphis virginiana*), entre otros (Ceballos y Galindo, 1984).

MÉTODOS

Captura de animales

Se establecieron cuatro periodos de trapeo, cada período consistió de 16 días (8 días/reserva) en las épocas de lluvias y secas de 1996 y 1997, con el fin de comparar la seroprevalencia temporal del virus de la rabia, el parvovirus canino y el protozoario *Toxoplasma gondii* y entre las dos zonas de estudio en las diferentes especies de mamíferos y obtener el hemograma para cada especie.

Para la captura de los mamíferos medianos se utilizaron trampas tipo Tomahawk cebadas con sardinas y fruta (naranjas y plátanos). Se trabajó con dos transectos de 15 trampas cada uno separados entre sí por 400 metros. La distancia entre cada trampa fue de 30 m. Las trampas fueron cebadas al atardecer y revisadas por las mañanas.

Los animales capturados se inmovilizaron con la combinación de 10 mg/kg de ketamina y 1 mg/kg de xylacina, administrados por vía intramuscular entre los músculos semimembranoso y semitendinoso. El tiempo de anestesia con esta combinación de fármacos es suficiente para realizar un examen físico general y obtener una muestra de sangre. Se marcaron los animales con aretes metálicos permanentes y con números progresivos con el fin de llevar un registro individual.

Se realizó un examen físico general de cada ejemplar capturado con el fin de detectar posibles anomalías físicas y fisiológicas. El examen incluyó valoraciones del estado

nutricional, hidratación, color de mucosas e inflamación de nódulos linfáticos. Se registraron las constantes fisiológicas, tales como frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y temperatura rectal. Se evaluó el estado reproductivo, sexo, edad y peso del animal (Apéndice II). Se realizó un examen de biometría hemática (Hemograma) con el fin de tener más datos que nos puedan indicar el estado general de salud de cada animal con relación a las enfermedades estudiadas (Apéndice III). Los animales fueron liberados después de la recuperación total y las recapturas no fueron consideradas como réplicas válidas, ni para la toma de muestras sanguíneas, ni para la realización del análisis estadístico. Sólo se usaron los datos de la primera captura.

Se establecieron tres categorías de edad. Se clasificaron como individuos jóvenes a aquellos que presentaron el aparato reproductor no desarrollado y dientes temporales, así como peso y tamaño; como adultos aquellos con los testículos (machos) o tetas (hembras) bien desarrollados; y como adultos viejos aquellos individuos con pérdida y desgaste excesivo en la dentadura, así como opacidad de las córneas.

Muestras de sangre y análisis clínicos

Se colectaron 5 ml de sangre, obtenidos a partir de la vena radial o por punción cardíaca con un vacutainer (tubo de ensayo esterilizado) para su posterior centrifugación y análisis serológico en los Laboratorios de Virología y de Serología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

Las pruebas de laboratorio que se realizaron fueron las siguientes:

- a) Determinación serológica de presencia de anticuerpos contra el virus de la rabia a través del método de inhibición de focos fluorescentes rápida (Greene y Dreesen, 1993). Se usa para cuantificar concentraciones de anticuerpos contra el virus rábico en el suero sanguíneo.
- b) Determinación serológica de presencia de anticuerpos contra el protozoario *Toxoplasma gondii* a través del método de fijación de complemento directo (Berrón, 1991). Se usa para cuantificar concentraciones de anticuerpos contra *Toxoplasma gondii* en el suero sanguíneo.
- c) Determinación serológica de presencia de anticuerpos contra el parvovirus canino por la prueba de inhibición de la hemoaglutinación (CDC, 1977). Se usa para cuantificar

concentraciones de anticuerpos contra parvovirus en el suero sanguíneo.

d) Análisis de componentes celulares sanguíneos (hemograma) con el método de citometría de flujo con citoquímica y clasificación de leucocitos por tinción de peroxidasa y lobularidad de núcleos, en los Laboratorios Médicos del Chopo, en la Ciudad de México.

Análisis estadísticos

Para comparar la diversidad de cada una de las áreas de estudio se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener y para comparar la similitud en la composición de especies se utilizó el índice de Sorensen. Los análisis estadísticos utilizados para comparar la seroprevalencia estacional y la seroprevalencia por zonas fueron tablas de contingencia de 2 X 2 para Chi cuadrada (χ^2).

Para detectar las variaciones de los componentes sanguíneos asociados a la seroprevalencia de los tres agentes infecciosos se realizaron análisis de regresión múltiple y de correlación de variables (Spearman).

RESULTADOS

Composición y abundancia relativa de especies

En los cuatro períodos de muestreo comprendidos entre 1996 y 1997, se capturaron y analizaron 68 individuos pertenecientes a ocho especies que representan a tres órdenes y seis familias de mamíferos medianos silvestres y domésticos.

Los 68 individuos incluyeron a 29 tlacuaches (*Didelphis virginiana*), 20 cacomixtles (*Bassariscus astutus*), seis zorrillos (*Spilogale putorius*), una comadreja (*Mustela frenata*), dos ardillas (*Spermophilus variegatus*), una ardilla (*Sciurus aureogaster*), seis gatos (*Felis domesticus*) y tres perros (*Canis familiaris*). La participación porcentual de cada una de las especies para las dos zonas se especifica en el Cuadro 1.

El 74% de los individuos fueron capturados en El Pedregal y el resto en el Desierto de los Leones. El éxito de trampeo (total de individuos capturados/ total de trampas por días de muestreo) fue 6.7% en El Pedregal y sólo 2% en el Desierto de los Leones ($\chi^2=24.5$ $P<0.0001$). En El Pedregal se capturaron 50 individuos de 6 especies (cociente de

Cuadro 1. Número de individuos capturados en las reservas del Pedregal y del Desierto de los Leones en el Distrito Federal. El número en el paréntesis representa el porcentaje del total de animales capturados por especie.

ESPECIE	DESIERTO LEONES	PEDREGAL	TOTAL
Cacomixtle (<i>Bassariscus astutus</i>)	9 (50%)	11 (22%)	20 (29.4%)
Tlacuache (<i>Didelphis virginiana</i>)	4 (22.2%)	25 (50%)	29 (42.6%)
Zorrillo (<i>Spilogale putorius</i>)	0	6 (12%)	6 (8.8%)
Comadreja (<i>Mustela frenata</i>)	1 (5.6%)	0	1 (1.4%)
Ardilla (<i>Spermophilus variegatus</i>)	0	2 (4%)	2 (2.9%)
Ardilla (<i>Sciurus aureogaster</i>)	1 (5.6%)	0	1 (1.5%)
Gato (<i>Felis domesticus</i>)	2 (11.1%)	4 (8%)	6 (8.8%)
Perro (<i>Canis familiaris</i>)	1 (5.6%)	2 (4%)	3 (4.4%)
TOTAL	18 (100%)	50 (100%)	68 (100%)

individuo/especie=8.3) y en el Desierto de los Leones 18 individuos de 6 especies ($C.I/E=3$). El Pedregal resultó ser la zona con mayor diversidad de mamíferos medianos (índice de diversidad de Shannon-Wiener, donde $H' = 1.38$ y $J = 0.77$ para el Pedregal y $H' = 0.834$ y $J = 0.46$ para el Desierto de los Leones). Los resultados no mostraron diferencias significativas $P=0.22$ y presentaron una similitud de 66% en la composición de especies (índice de Sorensen). El 60% de los individuos fueron adultos, el 22% jóvenes y el 18% viejos.

Examen físico general

No se encontraron anomalías físicas ni fisiológicas aparentes en todos los animales capturados. En todos los zorrillos de "El pedregal" se encontró una infestación por garrapatas (*Ixódidos*) y algunos animales presentaron cataratas en los ojos.

Seroprevalencia general

El 88% de los animales presentó títulos contra al menos uno de los tres parásitos, siendo el parvovirus el que tuvo una mayor prevalencia (87%), seguido de toxoplasma y rabia (Figura 3).

Todas las especies mostraron niveles de anticuerpos contra alguno de los tres agentes infecciosos a excepción de la *Mustela frenata*. Los gatos domésticos presentaron proporcionalmente mayor número de individuos infectados para los tres parásitos al mismo tiempo. Las especies que presentaron mayor número de individuos con uno y dos parásitos fueron los perros y los gatos (Fig. 4).

Seroprevalencia por año y por estación

La dinámica de los parásitos se estimó a través de la prevalencia estacional durante cuatro temporadas de dos años consecutivos (Fig. 5). La toxoplasmosis mostró diferencias significativas ($PX^2=9.135$ entre 0.005 y 0.001) entre el primer año y el segundo. El parvovirus mostró diferencias significativas entre las estaciones ($PX^2=10.86$ entre 0.025 y 0.05).

Existen algunas tendencias que se pueden observar en el comportamiento estacional para cada uno de los parásitos (Fig. 6), por ejemplo: 1) la seroprevalencia de rabia se

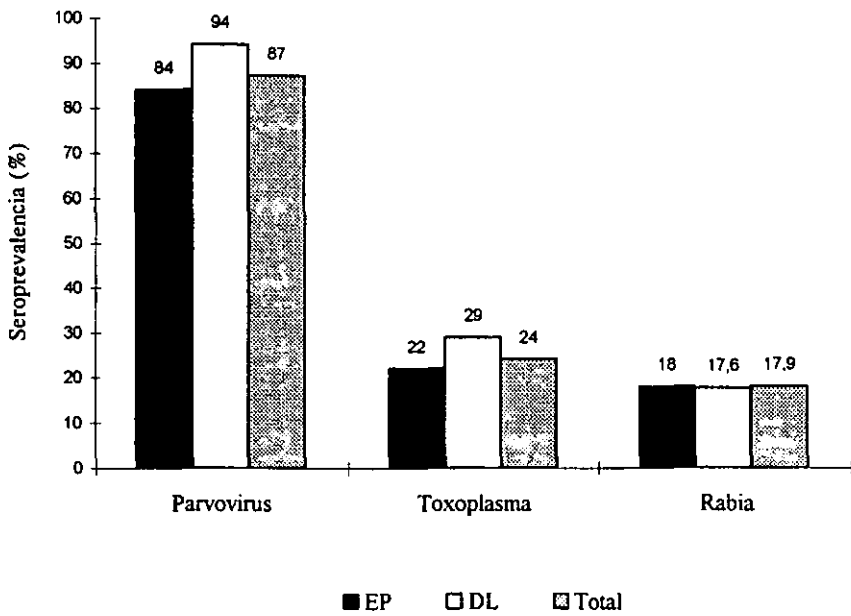
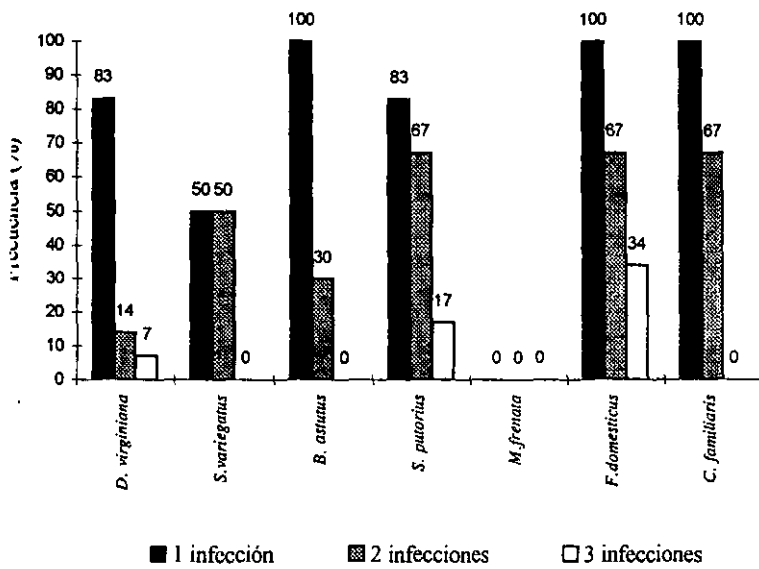


Figura 3. Seroprevalencia (%) total para los tres agentes infecciosos y para las dos zonas. "El Pedregal" (EP), Desierto de los Leones (DL).



ira 4. Porcentaje de individuos infectados para 1, 2 y 3 agentes infecciosos simultaneamente en cada una de las especies de las dos zonas de estudio.

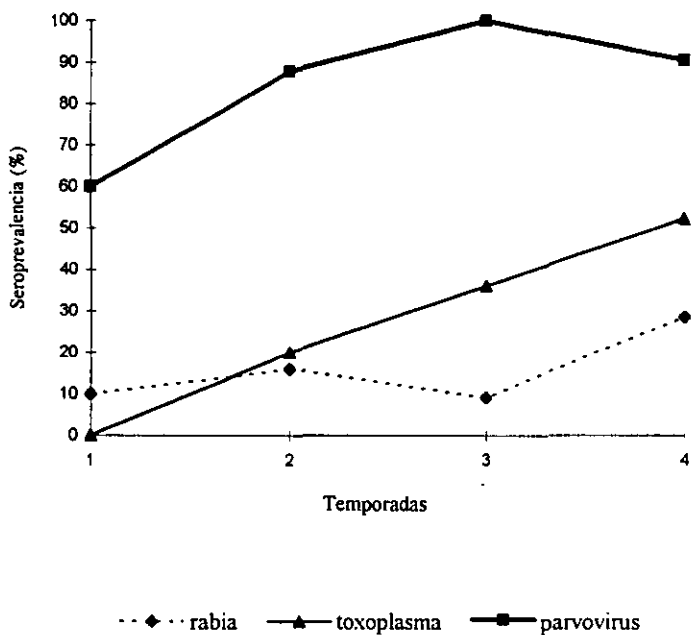


Figura 5. Seroprevalencia (%) de los tres agentes infecciosos en las cuatro temporadas en todos los individuos. Época seca 96 (1), E. lluvias 96 (2), E. seca 97 (3), E. lluvias 97 (4).

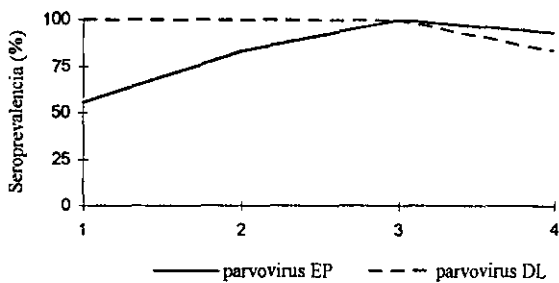
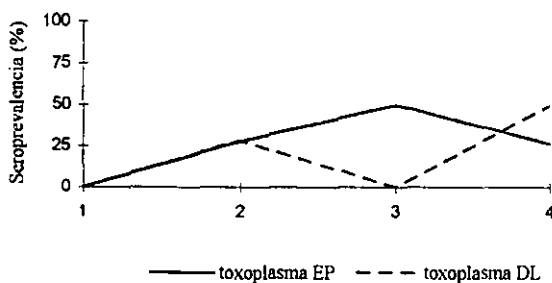
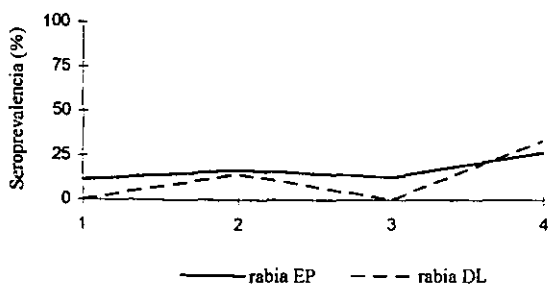


Figura 6. Seroprevalencia (%) por temporada en el Desierto de los Leones (DL) y "El Pedregal" (EP) para los patógenos en todos los animales. Época seca 96 (1), E. lluvias 96 (2), E. seca 97 (3), E. lluvias 97 (4).

mantiene constante, con picos estacionales en las dos temporadas de lluvias (16% y 29% respectivamente); 2) la seroprevalencia de parvovirus se incrementó en la primera temporada de lluvias (88%) y para la segunda temporada de secas llegó a 100%. La seroprevalencia de parvovirus fue mayor en el Desierto de los Leones que en la Reserva “El Pedregal”, y presentó fluctuaciones por temporadas, y 3) la seroprevalencia de toxoplasma registró incremento gradual desde la segunda temporada hasta la cuarta, llegando a alcanzar 52% para las dos zonas. En el Desierto de los Leones ningún animal fue seropositivo para toxoplasma en las épocas secas. Se registró un incremento en la prevalencia en la época de lluvia de los dos años. En la Reserva del Pedregal en la segunda temporada seca se registró 50 % de seropositivos.

La seroprevalencia del virus de la rabia aumentó en las dos temporadas de lluvias en las dos zonas. En el Desierto de los Leones no se encontró prevalencia detectable del virus de la rabia en las temporadas de secas. En “El Pedregal”, la seroprevalencia de toxoplasma presentó un aumento gradual hasta la segunda época de secas. En el Desierto de los Leones no fue detectada la seroprevalencia de toxoplasma en las dos épocas secas (Fig. 6).

En el caso de cacomixtles, la seroprevalencia de parvovirus presentó diferencias significativas $P=0.0125$ (Kruskall-Wallis). En las otras especies la seroprevalencia estacional no fue significativa.

Seroprevalencia por sexo

Los análisis no mostraron diferencias estadísticas entre hembras y machos. Es decir, existe la misma probabilidad de tener la prevalencia de los parásitos en cualquiera de los sexos (Cuadro 2).

Comparación de la seroprevalencia entre reservas

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la seroprevalencia de cada uno de los agentes infecciosos entre las dos reservas. Ji cuadrada (χ^2) toxoplasma $P=0.535$, rabia $P=0.97$, parvovirus $P=<0.25$ (Cuadro 2) (Fig. 3).

Rabia

La seroprevalencia total contra rabia fue del 18% y fue similar para las dos zonas con

Cuadro 2. Cuadros comparativos de contingencia por zonas y por sexo.

Especies	Variables	(X²) (0.05)	P
Toxoplasma	zona vs toxoplasma	0,38	0,535
B. astutus	zona vs toxoplasma	0,05	.75 < p < 0.90
	sexo vs toxoplasma	1,16	.25 < p < .5
D. virginiana	zona vs toxoplasma	0,54	0,46
	sexo vs toxoplasma	0,87	0,35
S. putorius	sexo vs toxoplasma	1,2	0,27
F. domesticus	zona vs toxoplasma	1,5	0,22
	sexo vs toxoplasma	0,37	0,54
C.familiaris	zona vs toxoplasma	0,75	0,38
	sexo vs toxoplasma	3	0,08
Rabia	zona vs rabia	0,001	0,97
B. astutus	zona vs rabia	2,7	0,1
	sexo vs rabia	0,021	.75 < p < 0.90
D. virginiana	zona vs rabia	0,74	0,38
	sexo vs rabia	0,053	0,81
S. putorius	sexo vs rabia	0,6	.25 < p < .5
F. domesticus	zona vs rabia	0,37	0,54
	sexo vs rabia	0,37	0,54
C.familiaris	zona vs rabia	0,75	0,38
	sexo vs rabia	0,75	0,38
Parvovirus	zona vs parvovirus	1,97	.10 < P < .25
B. astutus	zona vs parvovirus	0	1
	sexo vs parvovirus	0	1
D. virginiana	zona vs parvovirus	0,96	0,32
	sexo vs parvovirus	1,75	0,096
S. putorius	sexo vs parvovirus	0,23	0,69
F. domesticus	zona vs parvovirus	0	1
	sexo vs parvovirus	0	1
C.familiaris	zona vs parvovirus	0,997	.25 < p < .5
	sexo vs parvovirus	0,997	.25 < p < .5

Ho: zona y sexo son independientes del agente infeccioso.
 Ninguno de los resultados es estadísticamente significativo.

un porcentaje ligeramente mayor en la Reserva “El Pedregal” que en el Desierto de los Leones (Fig. 3). La especie con mayor seroprevalencia fue *S. variegatus* seguida de gatos, perros y zorrillos (Fig. 7).

Toxoplasma

El 24% de los animales mostraron anticuerpos contra toxoplasma. La seroprevalencia fue similar en las dos zonas con un ligero porcentaje mayor en el Desierto de los Leones (Fig. 3). Las especies con mayor seroprevalencia fueron los perros, gatos y zorrillos (Fig. 7). Del total de animales seropositivos, los gatos y los cacomixtles fueron los que contribuyeron proporcionalmente con mayor número, seguidos de zorrillos y tlacuaches

Parvovirus

El 87% de los animales mostraron anticuerpos contra parvovirus, encontrándose una ligera diferencia en la seroprevalencia en el Desierto de los Leones respecto a la Reserva “El Pedregal” (Fig. 3). Las tasas más altas de seroprevalencia fueron en *B. astutus* y *F. domesticus* (100%), seguidos por *S. putorius* y *D. virginiana* (Fig. 7).

Seroprevalencia y variables hemáticas asociadas por especie

Animales silvestres

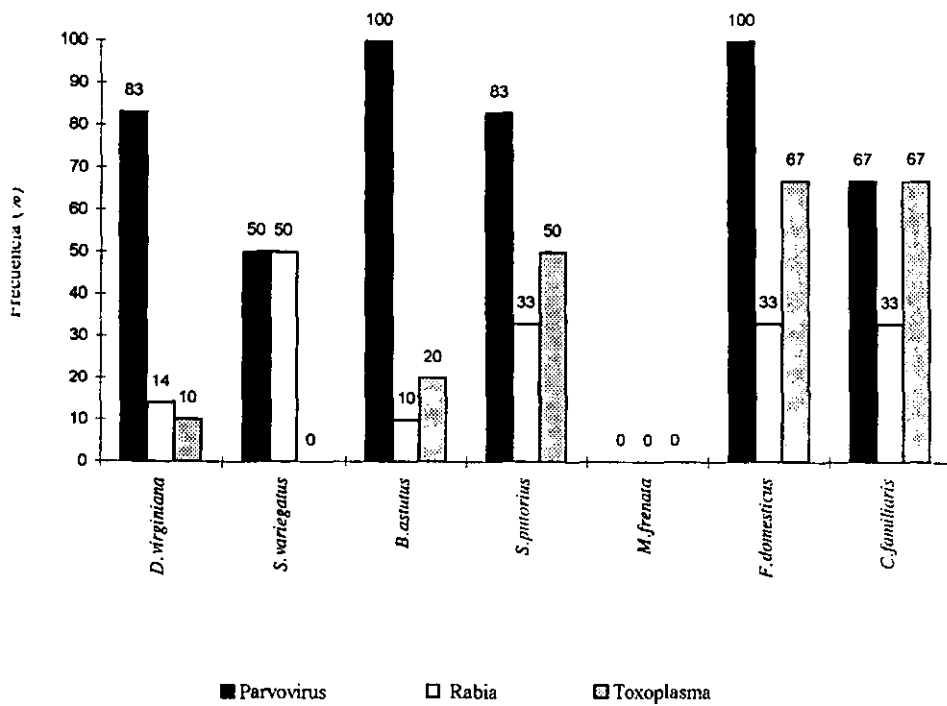
Cacomixtles (*Bassariscus astutus*)

Durante las cuatro temporadas y en las dos zonas estudiadas, los cacomixtles mostraron una prevalencia total (100%) para el parvovirus y con menor grado para el toxoplasma y el virus de la rabia (Fig. 7). Los cacomixtles no mostraron títulos contra rabia en la Reserva “El Pedregal”. La seroprevalencia de toxoplasma fue similar para los cacomixtles en las dos zonas (Cuadro 3).

La correlación de Spearman mostró que el 23% de la presencia de anticuerpos contra rabia en cacomixtles se explica por la varianza en el número de linfocitos.

Tlacuaches (*Didelphis virginiana*)

Los títulos de anticuerpos contra parvovirus en el Desierto de los Leones fueron del 100% y en “El Pedregal” de 80%. Para la rabia y toxoplasma los títulos fueron menores.



ura 7. Seroprevalencia (%) de los tres agentes infecciosos por especie. Las dos últimas son ferales.

Cuadro 3. Seroprevalencia de parvovirus, rabia y toxoplasma en mamíferos silvestres y domésticos en las reservas “El Pedregal” (EP) y Desierto de los Leones (DL), en el Distrito Federal.

ESPECIE	ENFERMEDAD					
	Rabia		Toxoplasma		Parvovirus	
	EP	DL	EP	DL	EP	DL
Silvestres						
<i>Didelphis virginiana</i>	4/25 (16)	0/4 (-)	3/25 (12)	0/4 (-)	20/25 (80)	4/4 (100)
<i>Spermophilus variegatus</i>	1/2 (50)		0/2 (-)		1/2 (50)	
<i>Bassariscus astutus</i>	0/11(-)	2/9 (22.2)	2/11 (18)	2/9 (22)	11/11 (100)	9/9 (100)
<i>Spilogale putorius</i>	2/6 (33)		3/6 (50)		5/6 (83)	
<i>Mustela frenata</i>		0/1 (-)		0/1 (-)		0/1 (-)
Ferales						
<i>Felis domesticus</i>	1/4 (25)	1/2 (50)	2/4 (50)	2/2 (100)	4/4 (100)	2/2 (100)
<i>Canis familiaris</i>	1/2 (50)	0/1 (-)	1/2 (50)	1/1 (100)	1/2 (50)	1/1(100)
Total	9/50 (18)	3/17 (18)	11/50 (22)	5/17(29)	42/50 (84)	16/17 (94)

El valor del numerador indica el total de animales seropositivos y el número en el denominador indica el total de animales capturados. El número en paréntesis indica el porcentaje de individuos seropositivos (Seroprevalencia).

Esta especie no mostró títulos contra rabia y toxoplasma en el Desierto de los Leones a diferencia de “El Pedregal” (Cuadro 3).

Los resultados de correlación muestran que existe una correlación negativa entre rabia y la cantidad de neutrófilos, es decir, el 56% de la presencia de rabia se explica por la varianza en los neutrófilos.

Zorrillos (*Spilogale putorius*)

En los zorrillos los análisis se realizaron sólo para la Reserva “El Pedregal”, ya que en el Desierto de los Leones no se capturaron individuos de esta especie. La seroprevalencia de parvovirus fue mayor que en las otras dos enfermedades (Fig. 7). Los zorrillos junto con los gatos registraron frecuencia significativa de la seroprevalencia de toxoplasma (*Felis domesticus*) a diferencia del resto de las especies (ANOVA $F= 4.77$, $P< 0.001$).

Los análisis de correlación de los componentes sanguíneos en los zorrillos muestran que el 82% de los seropositivos a rabia se explica por la varianza en los linfocitos y que el 80% de la presencia de parvovirus se explica por la varianza en la cantidad de monocitos. Por otra parte, el 79% de la seroprevalencia contra toxoplasma se explica por la varianza en la cantidad de eosinófilos y el 63% por la varianza de linfocitos.

Ardillas (*Sciurus aureogaster* y *Spermophilus variegatus*)

Se realizaron los análisis de laboratorio sólo para las dos ardillas *Spermophilus variegatus*, ya que el individuo de *Sciurus aureogaster* se encontró muerto en la trampa y no se obtuvieron muestras de sangre. En las ardillas de “El Pedregal” (*Spermophilus variegatus*) se encontró una seroprevalencia del 50% para rabia y parvovirus y no se encontraron anticuerpos contra toxoplasma (Fig. 7). Por la poca cantidad de animales capturados, no se realizaron análisis de asociación de los valores sanguíneos.

Comadreja (*Mustela frenata*)

Los análisis de suero del único individuo de esta especie fueron negativos para los tres agentes infecciosos, probablemente por la poca cantidad de suero analizado.

Animales Ferales

El único parásito que mostró diferencias significativas entre animales ferales y silvestres fue el toxoplasma ($PX^2=0.002$) (Fig. 8).

Gatos (*Felis domesticus*)

En esta especie, la mayor seroprevalencia fue la del parvovirus (100%) (Fig. 7). Se observó una mayor seroprevalencia en el Desierto de los Leones que en la Reserva "El Pedregal" para los tres agentes infecciosos (Cuadro 3). La seroprevalencia contra toxoplasma es significativamente mayor en los gatos y en zorrillos que en otras especies (ANDEVA $F= 4.77$, $P < 0.001$).

Los valores sanguíneos no mostraron asociación significativa con alguno de los tres parásitos.

Perros (*Canis familiaris*)

La seroprevalencia contra parvovirus y toxoplasma fue similar (67%) y fue mayor que la de rabia (Fig. 7). En el estudio comparativo mostró que el 100% de los perros mostraron anticuerpos contra toxoplasma y parvovirus en el Desierto de los Leones y el 50% en la Reserva "El Pedregal" (Cuadro 3). La seroprevalencia de rabia fue mayor en los mamíferos de la Reserva "El Pedregal" con el 50% mientras que en el Desierto de los Leones fueron seronegativos.

Los valores sanguíneos no mostraron asociación significativa con alguno de los tres parásitos.

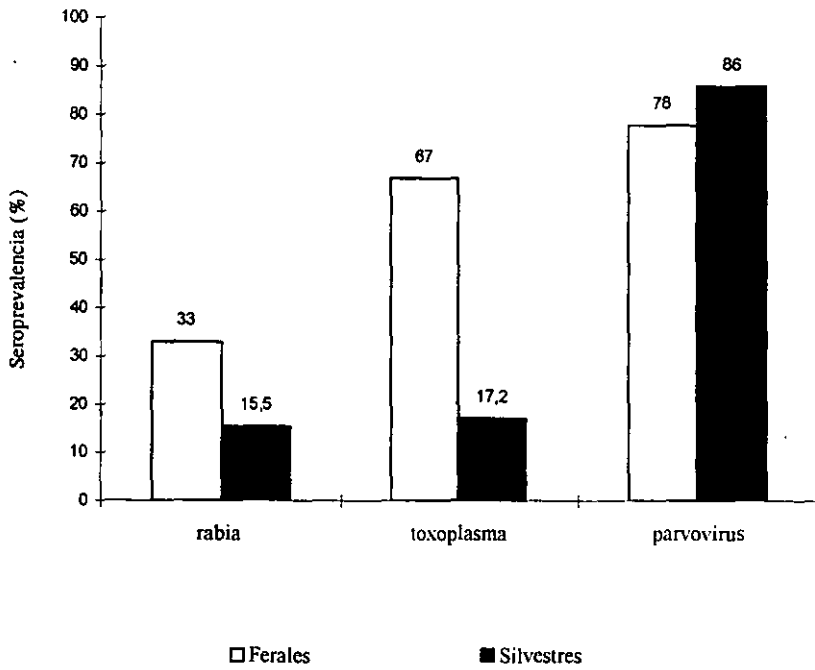


Figura 8. Seroprevalencia comparada de los tres agentes infecciosos en todos mamíferos capturados.

DISCUSIÓN

No existen trabajos en la literatura que comparen la seroprevalencia de parásitos en fauna silvestre en áreas con diferentes tamaños de fragmento. En el presente trabajo se propone que los estudios de seroepidemiología son útiles para entender la dinámica de los parásitos en la fauna silvestre que habita en los crecientes parches de vegetación natural en todo el mundo. Los resultados que pueden aportar este tipo de análisis ayudarán a establecer las bases para prevenir posibles brotes epidémicos y epizooticos que comprometan a la salud humana y a la diversidad biológica.

A pesar de que la seroprevalencia puede ser variable y que los análisis de laboratorio pueden detectar falsos positivos con antígenos similares como la panleucopenia felina y el virus de la enteritis del mink y el parvovirus de los mapaches, los resultados indican que todas las especies capturadas han estado en contacto con los tres agentes infecciosos, sin importar el tamaño de fragmento, grado de aislamiento y densidad de los individuos en las áreas naturales aledañas o inmersas en la Ciudad de México. La seroprevalencia general de los tres agentes infecciosos en todas las especies coincide con tres de las enfermedades que se registran constantemente en los perros y gatos callejeros de la Ciudad de México (SSA, 1994; Martínez, 1986). Dadas las características de tolerancia y adaptación a diferentes condiciones y de distribución de las especies ferales en zonas naturales, conurbadas y urbanas, se les puede considerar como las especies potencialmente transmisoras de estas tres enfermedades para los mamíferos silvestres de ambas reservas.

Algunos criterios para establecer qué especies son epidemiológicamente importantes en el mantenimiento de las enfermedades, con implicaciones para la salud pública y para los mamíferos silvestres en áreas naturales son (Mills *et al.*, 1997): 1) área de distribución de las especies; 2) amplia tolerancia ecológica a lugares fragmentados, conservados, zonas suburbanas, urbanas y a la presencia del ser humano; 3) la conducta de estas especies provoca contactos con miembros de otras especies y con seres humanos. Bajo estos criterios, los carnívoros ferales como perros y gatos resultan ser las especies que tienen mayores implicaciones en la dinámica de las enfermedades en los diferentes ecosistemas, así como en el mantenimiento de epidemias y brotes de zoonosis.

En la reserva “El Pedregal”, a pesar de ser una zona más aislada y fragmentada, se capturaron un mayor número de mamíferos silvestres y ferales que indican una alta densidad poblacional conforme a lo estimado en la hipótesis y se encontraron índices de diversidad mayores. Aparentemente, el tamaño de fragmento no es el factor determinante para favorecer la dispersión de los agentes infecciosos, ya que en ambas regiones se presentaron seroprevalencias similares y no se encontraron diferencias significativas entre las dos zonas, probablemente porque en ambas se registra un alto grado de perturbación y altas densidades de animales ferales que pueden participar en la dispersión de los parásitos. La seroprevalencia puede estar influenciada por diferentes factores estocásticos o de susceptibilidad de los individuos a la infección que a su vez puede estar influida por clima, calidad de hábitat, disponibilidad de recursos, consanguinidad, competencia y depredación (Mills *et al.*, 1997).

A pesar de que existen algunas tendencias temporales en la seroprevalencia de los tres parásitos, los resultados de estacionalidad mostraron que sólo el parvovirus tiene diferencias temporales significativas. Greene (1993) menciona que puede existir predisposición temporal para el parvovirus, ya que en primavera y verano es más común la enfermedad. La influencia de otros factores como estructura de edades y sexo en la prevalencia de las enfermedades debe ser monitoreada por estudios sistemáticos a largo plazo de captura y recaptura.

Desafortunadamente no existen estudios que registren la seroprevalencia de diferentes agentes infecciosos en la fauna silvestre nacional, por lo que la descripción de la seroprevalencia para cada uno de los agentes infecciosos y para cada una de las especies estará limitada a los hallazgos encontrados. Para una mejor comprensión y análisis de los resultados encontrados en este trabajo se procedió a separar la discusión por agente infeccioso.

Rabia

En diferentes estudios realizados en EUA y Canadá, se observan prevalencias similares a las detectadas en el presente trabajo (17.91%). Wandeler y Casey (1993) en un estudio con 5,257 individuos de diferentes especies domésticas y silvestres, mostraron que el 21.7% eran seropositivos a rabia. En México, en el periodo de 1989 a 1994 se realizaron análisis para diagnóstico de rabia en 67,354 cerebros de diferentes especies de animales, principalmente perros y gatos, y se encontró un prevalencia de 22.7% (SSA, 1994). A pesar de que la técnica de diagnóstico fue diferente (inmunofluorescencia directa), la seroprevalencia encontrada en los mamíferos fue similar en las dos zonas de estudio, lo que sugiere que el virus de rabia puede estar latente y que la enfermedad es endémica a pesar de los títulos bajos registrados (1/2 y 1/4). Además se han registrado casos de rabia en la zona sur de la Ciudad de México y dentro de la reserva "El Pedregal" (Islas, 1974; Dirección General de Servicios Médicos de la UNAM, comunicación personal, 1998) que confirman la presencia del virus en la zona. Dicha situación pudiera generar implicaciones severas para la fauna silvestre y para la salud pública, por lo que se sugiere el aislamiento del parásito y campañas de erradicación de fauna exótica, así como campañas de vacunación en las zonas aledañas a las reservas.

El INIFAP (1994) registra una mayor incidencia de rabia para la temporada de verano (meses lluviosos) en perros y gatos. En el presente estudio no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la seroprevalencia registrada de todos los animales capturados por temporada. Para el seguimiento estacional de la seroprevalencia de la rabia se necesitan estudios a largo plazo que puedan registrar la incidencia y la prevalencias para las diferentes especies en estas dos zonas de estudio.

La especie que más alta seroprevalencia presentó contra rabia fue *S. variegatus* y puede deberse a la poca cantidad de animales capturados, seguido de los carnívoros (perros, gatos y zorrillos) quienes presentaron mayores títulos de anticuerpos; estos resultados concuerdan con las expectativas de la presencia de rabia asociada a carnívoros (Artois *et al.*, 1991).

El virus de la rabia es un parásito exitoso que ha podido permanecer a través del

tiempo alrededor del mundo en una gran variedad de especies. Las razones de su permanencia siguen siendo poco claras, por lo que es importante realizar estudios para entender su historia natural en comunidades silvestres (Brown *et al.*, 1990). A partir de las técnicas de anticuerpos monoclonales se ha descubierto que el virus de la rabia tiene una gran cantidad de formas y variaciones que persisten en las diferentes especies de animales. Los murciélagos, particularmente los hematófagos, parecen tener gran importancia en la persistencia de este virus en las comunidades silvestres (Cambell y Charlton, 1988). Sin embargo, para la permanencia del virus en las dos zonas de estudio se proponen a los perros y gatos, ya que los murciélagos hematófagos no han sido registrados en estas localidades.

Los anticuerpos encontrados en los perros y gatos de ambas zonas pueden ser originados por los programas de vacunación que se realizan constantemente por parte del Secretaría de Salud. Sin embargo, los animales ferales capturados fueron en su mayoría animales jóvenes, ya que animales más grandes no entran en las trampas utilizadas. La seroprevalencia encontrada en los animales jóvenes puede originarse por las vacunas o por anticuerpos maternos de madres que fueron vacunadas. Sin embargo, la conducta asilvestrada de estos individuos, que en muchas veces cazan en jaurías y presentan dificultad para su captura, sugiere que no han sido vacunados y que podrían mantener la infección latente en estas dos zonas de estudio. La seroprevalencia encontrada en los animales silvestres sugiere la presencia del virus rábico en ambas zonas.

Otra variable que puede favorecer la permanencia de este virus es el periodo de incubación, el cual es diferente entre las especies, en algunos casos hasta un año o más. Además, se han encontrado anticuerpos en animales que nunca manifestaron la enfermedad, como zorros en Europa, y se ha informado que los marsupiales tiene mayor grado de resistencia a la enfermedad que otros mamíferos (Tinline, 1988). La prevalencia de rabia en los mamíferos ferales y silvestres de las dos zonas de estudio puede aportar información valiosa para proponer programas de seguimiento epidemiológico y ver si existen especies que presenten cierta resistencia a este virus, ya que además se registró recientemente un virus de rabia en zorrillos que difiere al genoma del virus de la rabia común (Durán, 1997).

En el Distrito Federal, los perros son la principal fuente de contagio de rabia en

humanos, participando con el 85.7% de los casos registrados por la Secretaría de Salud (SSA, 1994). Se menciona que la incidencia de la rabia es mayor en zonas urbanas con altas densidades poblacionales de perros y gatos (Islas, 1974; SSA, 1994). La rabia como problema de salud pública en la Ciudad de México, es de gran importancia, principalmente por el gran tamaño de la metrópoli, así como por la gran abundancia de perros callejeros que favorecen los mecanismos de transmisión. Se sabe también que la delegación de Coyoacán, entidad en la que se encuentra ubicada la Reserva "El Pedregal", pertenece a una de las 5 delegaciones que contienen el 50% de los casos de rabia en el Distrito Federal (Flores, 1977).

Para el caso de las dos zonas de estudio se debe considerar a los perros, gatos y zorrillos como las especies que potencialmente pueden presentar brotes epizooticos y mantener la rabia en ambas reservas.

En el presente estudio se realizaron análisis estadísticos que indican las variables que se relacionan y que pueden ayudar a diagnosticar de manera indirecta el aumento o la presencia de la enfermedad en la zona: por ejemplo, la cantidad de linfocitos está asociada a la presencia de títulos de anticuerpos contra el virus de la rabia en cacomixtles; en los tlacuaches se observó que la presencia de anticuerpos contra rabia está asociada a la cantidad de neutrófilos. Por último, en el caso de los zorrillos se encontró que la seroprevalencia de rabia está asociada a la cantidad de linfocitos. Los neutrófilos y los linfocitos están asociados al sistema de defensa del organismo y tienden a incrementarse en algunas infecciones virales como la rabia (Greene, 1993). Los análisis sanguíneos aportan elementos indirectos que podrían sugerir la presencia del virus en los animales.

Toxoplasma

Smith y Frenkel (1995), en un estudio realizado en Kansas con 273 animales de diferentes especies silvestres, mostraron una seroprevalencia del 24%, la mayor parte de los seropositivos fueron carnívoros. A pesar de que en el estudio anterior se realizó la técnica de Sabin-Feldman para la identificación de anticuerpos, en el presente estudio se encontraron seroprevalencias similares con la técnica de fijación de complemento. La seroprevalencia

encontrada en el presente trabajo fue igual (24%), distribuyéndose principalmente en los carnívoros (perros, gatos y zorrillos). En diferentes partes del mundo, se ha observado que la incidencia en mamíferos silvestres es de 18% (Johnson *et al.*, 1990), la mayor prevalencia encontrada en este estudio puede deberse a la gran densidad de gatos y perros ferales en ambas reservas, que pueden ser la fuente de infección. La seroprevalencia encontrada por Martínez (1986), en perros y gatos callejeros de la Ciudad de México fue de 53%, mientras que la encontrada para las especies ferales en las dos zonas de estudio fue mayor (67%).

A pesar del pequeño tamaño de muestra, la alta seroprevalencia en gatos corrobora los datos esperados y registrados en la bibliografía (Roch, 1971), por lo que se sugiere que la fuente de infección de toxoplasmosis en las dos áreas de estudio, es originada a partir de las heces de los gatos domésticos, que son considerados los huéspedes definitivos de este parásito. La posibilidad de contagio en los mamíferos que habitan en fragmentos pequeños puede incrementarse por la alta movilidad de los animales entre los territorios, donde existe mayor frecuencia de encuentro con heces fecales de otras especies y de otros individuos que contienen el *Toxoplasma gondii*, ya que esta vía de transmisión es la más común para este parásito (Jakob-Hoff y Dunsmore, 1983). Los resultados de la presencia de la toxoplasmosis en las diferentes especies son consistentes con la hipótesis de que la seroprevalencia es mayor en carnívoros (Dubey, 1985). En los roedores no se encontraron anticuerpos.

Los resultados de correlación indican que en los zorrillos la cantidad de eosinófilos y linfocitos está asociada a la presencia de toxoplasma, similar a los datos que registra Greene (1993).

Las seroprevalencias registradas en perros y gatos de las dos zonas de estudio, justifican estudios sistemáticos de monitoreo serológico de este parásito para evaluar el impacto en las poblaciones silvestres, especialmente en los zorrillos, ya que junto con los gatos mostraron prevalencias significativamente más altas que las demás especies.

La persistencia del parásito en las dos zonas de estudio se da por la presencia de los gatos domésticos, ya que no existen felinos silvestres en la reserva "El Pedregal" y muy pocos registros de gato montes en el Desierto de los Leones. Para conocer el impacto de este parásito en las poblaciones silvestres se necesitan estudios de captura y recaptura a

largo plazo, así como implementar seguimientos epidemiológicos de estudios en heces fecales de los gatos domésticos que habitan ambas zonas de estudio. Como medida de prevención, se propone la erradicación de los mismos.

Parvovirus

La seroprevalencia de parvovirus fue registrada en un gran porcentaje de los animales capturados. Las especies que presentaron el 100% de anticuerpos fueron los gatos y los cacomixtles. Las implicaciones que pueda tener este virus en las especies silvestres están sujetas a estudios posteriores donde se hagan aislamientos virales y seguimientos de los animales infectados.

Para este agente infeccioso se encontraron títulos altos de anticuerpos (desde 1/32 hasta 1/4096), lo que sugieren la constante presencia de este virus a lo largo del año en ambas zonas; sin embargo, los títulos altos no indican la fase de la infección en el huésped, ya que existe una gran variedad de especies que no manifiestan signos clínicos ante este agente infeccioso (Gaskell, 1984). En los zorrillos, el incremento en la cantidad de monocitos estuvo asociado a la presencia de anticuerpos contra parvovirus, a diferencia de los trabajos realizados por Hosokawa y colaboradores (1987) quienes registran una disminución severa en los leucocitos. En las otras especies no se registraron cambios en los componentes sanguíneos asociados a este virus.

La posibilidad de contagio en los mamíferos que habitan en fragmentos pequeños puede incrementarse por la alta movilidad de los animales entre los territorios, donde existe mayor frecuencia de encuentro con heces fecales de otras especies y de otros individuos que contienen el virus, ya que esta vía de transmisión es la más común para este agente infeccioso (Gaskell, 1984).

Las mortalidades en poblaciones silvestres causadas por parvovirus pueden variar y a veces llegan hasta el 90%. En los felinos silvestres el primer aislamiento de parvovirus se registró en un leopardo, desde entonces esta infección ha sido registrada en diferentes especies como coatis, mapaches, panteras, tigres y comadrejas (Andrewes *et al.*, 1978). Un brote de parvovirus, originado por gatos domésticos, ocasionó hipoplasia cerebelar en

hurones (*Mustela nigripes*), mientras que en otras especies ha causado reabsorción fetal, muertes neonatales y ataxia (Johnson, 1970).

La alta seroprevalencia de parvovirus en carnívoros y marsupiales de las dos zonas de estudio justifica el seguimiento epidemiológico en los animales de la región y el aislamiento del agente infeccioso. Para conocer el impacto de este virus en las poblaciones silvestres se necesitan estudios de captura y recaptura a largo plazo.

PROPUESTA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN

Uno de los dilemas que enfrenta la biología de la conservación, es decidir si se debe proteger a la fauna silvestre de las enfermedades infecciosas para mantener al máximo la variedad genética o bien dejar que las poblaciones se enfrenten a la carga parasitaria esperando que los sistemas de selección natural permitan la existencia de los huéspedes resistentes y la eliminación de los débiles. Si la enfermedad provoca bajas tasas de mortalidad probablemente se pueda mantener ésta en los ecosistemas en su curso normal. Sin embargo, si existe el riesgo de que la enfermedad pueda causar alta mortalidad en las especies silvestres, por la alta densidad poblacional, por aumento en la consanguinidad y si son zoonosis, sería necesario proponer medidas para su control y su posible erradicación (Combes, 1996).

La predicción de la virulencia de las enfermedades no es fácil, e involucra una serie de factores que pueden potencializar las tasas de mortalidad tales como la fragmentación del hábitat y la introducción de especies exóticas. Las poblaciones silvestres en hábitats fragmentados y en cautiverio están expuestas a una presión directa de los parásitos, que se pueden tornar en patógenos por las altas tasas de mutación que presentan, principalmente en virus y microparásitos, por las altas densidades que los huéspedes presentan y por las altas tasas de contacto entre individuos. La detección de los anticuerpos en poblaciones silvestres indica que un parásito está presente o ha estado presente en una región y puede indicar el estado infectivo en que se encuentra el mismo dentro de su huésped. Para comprender las consecuencias de los agentes infecciosos se necesitan monitoreos serológicos constantes y estudios experimentales en las diferentes especies para aislar, identificar y confirmar la

presencia de cada agente infeccioso y así establecer los niveles de anticuerpos que pueden otorgar inmunidad, identificar a los portadores sanos, enfermos y convalecientes.

Los resultados del presente trabajo sugieren que las infecciones son endémicas y es necesario establecer técnicas de aislamiento de los agentes infecciosos para su confirmación. El virus de la rabia, el parvovirus, y el toxoplasma son agentes infecciosos de distribución exitosa en diferentes especies por su alto grado de persistencia y dispersión en lugares perturbados, aún en áreas naturales protegidas. En las poblaciones silvestres especialmente aisladas como en "El Pedregal" se pueden favorecer algunos factores que causen altas mortalidades en la fauna silvestre. La reserva "El Pedregal" puede ser un modelo de estudio, ya que por su tamaño de fragmento y por su importancia ecológica en la Ciudad de México, se pueden aplicar programas piloto de medicina preventiva y de vigilancia epidemiológica en los mamíferos silvestres. En las dos zonas de estudio existe evidencia significativa de que los tres agentes infecciosos se encuentran presentes en todas las especies. Si estos resultados se encuentran en diferentes áreas naturales del país, las posibilidades de pérdida de la diversidad faunística se incrementarán. En ausencia de programas de manejo y seguimiento epidemiológico se pueden esperar brotes de éstos y otros parásitos que pueden tener consecuencias en la salud pública. El impacto de estos tres agentes infecciosos sobre la fauna silvestre puede ser detrimental por las condiciones desfavorables de perturbación del hábitat en ambas zonas, llevando a las especies silvestres a eventos de extinción local.

Una de las principales razones por la que las especies exóticas y ferales como perros y gatos son exitosas en la invasión de áreas naturales protegidas y en áreas fragmentadas, es la ausencia de sus depredadores naturales y su capacidad de adaptación a diferentes hábitats perturbados. Las especies exóticas y ferales son y han sido el principal problema que enfrentan las especies locales en los parques nacionales de Estados Unidos y otras partes del mundo (Soulé, 1988). Sin embargo, su erradicación total resulta casi imposible debido a que se encuentran bien establecidas y existe una presión constante ejercida por los activistas de las sociedades protectoras de animales contra los sistemas de control letales para las especies exóticas.

La erradicación de fauna exótica en ambas reservas es una manera de evitar y

prevenir posibles brotes epizooticos y epidémicos de estos tres parásitos, que revisten posibles consecuencias en la salud pública, ya que la rabia y la toxoplasmosis son zoonosis y con graves consecuencias en los humanos. Dentro de las especificaciones técnicas que pueden plantearse para estas dos reservas y que surgen como propuestas del presente trabajo son:

1) Se requiere del seguimiento y monitoreo constantes para evaluar el impacto de parvovirus, rabia y toxoplasmosis en las poblaciones silvestres, así como el aislamiento de los tres parásitos para confirmar los hallazgos serológicos.

2) Instrumentar un programa sistemático de erradicación y control de fauna exótica (perros y gatos).

3) Incrementar las campañas de vacunación de perros y gatos en las zonas aledañas a las reservas, con la participación de la dirección de salud pública de las delegaciones políticas correspondientes (Coyocán, Cuajimalpa y Álvaro Obregón). Específicamente, se propone la vacunación contra parvovirus y rabia.

4) Se proponen campañas de esterilización canina y felina en las delegaciones correspondientes en materia de control poblacional de estas dos especies.

5) Se propone la realización de campañas de información acerca de las especies silvestres que existen en el Desierto de los Leones y la Reserva "El Pedregal" para difundir la importancia ecológica de estas dos zonas e indicar las medidas preventivas de todo factor que sea detrimental para el ecosistema, estimulando a los pobladores y visitantes a una actividad conjunta para evitar el saqueo de fauna silvestre y tala del bosque, así como estimular la erradicación de perros y gatos.

En México no existen programas de manejo sistemático en materia de monitoreo serológico de diferentes enfermedades de la fauna silvestre, por lo cual se sugiere la integración de programas constantes de monitoreo en todas las áreas naturales protegidas del país de las enfermedades más importantes que pueden afectar a las poblaciones silvestres y que además tengan implicaciones en la salud humana, enfermedades que casualmente están extendidas en la mayoría de los mamíferos domésticos y silvestres de amplia tolerancia ecológica.

El estudio realizado en las dos áreas fragmentadas puede ayudar a sentar las bases para un programa de vacunación contra rabia y parvovirus en la fauna silvestre; dicho programa además de proteger inmunológicamente a las diferentes especies de ambas regiones podría extrapolarse (bajo ciertas restricciones) a otras áreas naturales protegidas del país, ya que si las seroprevalencias de estas tres enfermedades son comunes en otras áreas naturales del país se corre un grave problema de posibles extinciones locales, brotes epidémicos y pérdida de la diversidad faunística en México.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Setien, A., B. Brochier, E. Labrandero, O. de Paz, C. Bahoul, N. Tordo y P. P. Pastoret. 1996. La rage des chapeus-souirs hématophages. *Cahiers d'Ethologie*, 16: 259-272
- Álvarez, S. F., J. Carabias, J. Meave del Castillo, F. D. Nava, Z. F. Rodríguez, G. C. Tovar y A. Valiente. 1986. Proyecto para la creación de una Reserva en el Pedregal de San Angel. Cuadernos de Ecología 1.. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.
- Anderson, R.C. 1972. The ecological relationships of meningeal worm and native cervids in North America. *Journal of Wildlife Diseases*, 8: 304-310.
- Anderson, R. M. y R. M. May. 1982. Coevolution of hosts and parasites. *Parasitology*, 85: 411-426
- Anderson, R. M. y R. M. May. 1986. The invasión, persistence and spread of infectious diseases within animal and plant communities. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biology*, 314: 533-570.
- Anderson, R. M. 1991. Populations and infectious diseases: ecology or epidemiology?. *Journal of Animal Ecology*, 60: 1-50.
- Andrewes, C. H., H. G. Periera y P. Wildy. 1978. Viruses of vertebrates. Fourth Edition. London. 421pp.
- Aranda, M., O. Garcia y L. Lopez-de Buen. 1997. Reporte de un brote de rabia en zorillos (Carnivora: Mustelidae) en San Luis Potosí, México. XV Simposio sobre Fauna Silvestre Gral. MV. Manuel Cabrera Valtierra. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México. D. F.
- Artois, M., M. Aurbet, J. Blancou, J. Barrat, M. L. Poulle y P. Stahl. 1991. Ecologie des comportements de transmission de la rage. *Annales de Recherches Veterinaires*, 22: 163-172.
- Ayling, A. M. 1981. The role of biological disturbance in temperate subtidal encrusting communities. *Ecology*, 62: 830-847
- Begon, M., R. G. Bowers, N. Kadianakins y D. E. Hodgkinson. 1992. Disease and community structure: the importance of host self-regulation in a host-host-pathogen model. *The American Naturalist*, 139:1131-1150.
- Bell, J. F. y G. J. Moore. 1971. Susceptibility of Carnivora to rabies virus administered orally. *American Journal of Epidemiology*, 95:267-277.
- Berrón, D. 1991. Deteccion de anticuerpos contra *Toxoplasma gondii* mediante la prueba de fijación de complemento en una población de felinos silvestres albergada en el zoológico de Chapultepec. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Boyce, M. S. 1990. The red queen visits sage grouse leks. *American Zoologist*, 30: 263-270.
- Brooks, D.R. y D.A. McLennan. 1993. Parascript. Parasites and the Language of Evolution. Smithsonian Institution Press, Washington y London.

- Brown, C. L., C. E. Rupprecht y W. M. Tzilkowski. 1990. Adult racoon survival in an enzootic rabies area of pennsylvania. *Journal of Wildlife Diseases*. 26: 346-350.
- Cambell, J. B. y K. M. Charlton. 1988. Rabies. Kluwer Academic Publishers. Boston. USA.
- CDC, 1977. Laboratory diagnosis of viral diseases. Departement of health. education. and welfare public health service. Centers for Disease Control and Prevention. 233pp
- Ceballos, G. y C. Galindo. 1984. Mamíferos silvestres de la cuenca de México. Ed Limusa.. México. D. F. 300pp.
- Coblentz, B. E. 1990. Exotic organisms: A dilemma for conservation biology: The elimination of exotics species poses a number of complex problems. *Conservation Biology*. 4:261-265.
- Combes, C. 1996. Parasites, biodiversity and ecosystem stability. *Biodiversity and Conservation*. 5: 953-962.
- Connell, J. H. 1975. Some mechanisms producing structure in natural communities: a model and evidence from field experiments. In Ecology and evolution of communities, de. by M. L. Cody and J. M. Diamond, pp. 460-490. Harvard University Press. Cambridge, Mass.
- Curtis, L. A. 1987. Vertical distribution of an estuarine snail altered by a parasite. *Science*. 235: 1509-1511.
- Chávez, T. J. C. 1993. Dinámica poblacional y uso de hábitat por roedores en un matorral de palo loco (*Senecio praecox*). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. D. F.
- Chomel, B. B., L. M. Carniciu., R. W. Kasten., P. M. Castelli., T. M. Work y D. A. Jessup. 1994. Antibody prevalence of eight ruminant infectious diseases in california mule and black-tailed deer (*Odocoileus hemionus*). *Journal of Wildlife Diseases*. 30: 51-59.
- Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas. 1993. 13a Edición. Editorial Salvat. México. D. F. 1293 pp
- Dinar, A. y Eshed. 1984. The role and importance of pathogens in natural plant communities. *Annual Review Phitopathology*. 22: 443-466.
- Dubey, J. P. 1985. Toxoplasmosis in dogs. *Canine Practice*. 12:253-262.
- Dubey, J. P., W. J. Quinn y D. Weinandy. 1987. Fatal neonatal in a bobcat (*Linx rufus*). *Journal of Wildlife Diseases*, 23: 324-327.
- Duffey, E. (ed). 1988. Biological invasions of nature reserves. *Biological Conservation*. vol 44 (1-2). Elsevier Applied Science, Essex. U. K.
- Duran, T. 1997. Descubrimiento de un nuevo virus de rabia en el zorrillo. *Investigación y Desarrollo*. 53: 6. México. D. F. Octubre, 1997.
- Ehrlich, P. R. y G. Ceballos. 1998. Población y medio ambiente: ¿Qué nos espera?. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 48:19-30

- Espinosa, M. A., C. Lucero, P. Álvarez, I. Durán, C. Mansanilla, M. Tapia, A. S. Khan y W. Terry. 1998. Hantavirus infection in children. The fourth international conference on HFRS and Hantaviruses. March 5-7, 1998. Atlanta, Georgia USA.
- Fenner, F. y F.N. Ratcliffe. 1966. Myxomatosis. Cambridge. Cambridge University Press.
- Flores, A. 1977. Análisis y evaluación epidemiológica de la rabia en el Distrito Federal. Durante el año 1975. Tesis de licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México. D. F.
- Flores, O y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. CONABIO-UNAM. 2a ed. México D. F. 439 pp.
- Follmann, E. H., G. W. Garner, J. F. Evermann y A. J. McKeiman. 1996. Serological evidence of morbillivirus infection in polar bears (*Ursus maritimus*) from Alaska and Russia. *The Veterinary Record*. 138:615-618.
- García, E. R., 1978. Los climas del valle de México. Colegio de Posgraduados. Chapingo. México.
- Gaskell, R. M. 1984. The natural history of the major feline viral diseases. *Journal of Small Animal Practice*. 25:159-172.
- Gill, D. E. y Mock, B. A. 1985. In *Ecology and Genetics of host parasite interactions* (Rollinson, D. and R. M. Anderson, eds), 157-183, Academic Press.
- Glen, D. R. y D. R. Brooks. 1985. Phylogenetic Relationship of Some Strongylate Nematodes of Primates. *Proceedings of the Helminthological Society*, 52: 227-236.
- Greene, C. E. 1993. Enfermedades Infecciosas, Perros y Gatos. Ed. Interamericana. 1020 pp.
- Greene, C. E. y D. W. Dreesen. 1993. Rabia. *En (Enfermedades Infecciosas, Perros y Gatos*. Ed. Interamericana). 1020 pp
- Groom, M. J. y N. Schumacher. 1993. Evaluating landscape change: patterns of worldwide deforestation and local fragmentation. Pp 24-44. In *Biotic Interactions and Global Change* (P. M. Kareiva, J. G. Kingsolver y R. B. Huey, eds) Sunderland, MA: Sinauer Associates Inc.
- Goosem, M. 1997. Internal Fragmentation: The effects of roads, highways, and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates. In: *Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities* (W. f. Laurence and R. O. Bierregaard. Eds) The University of Chicago Press.
- Hawkins, C. D. y R. S. Morris, 1978. Depression of productivity in sheep infected with *Fasciola hepatica*. *Veterinary Parasitology*, 4: 341-351.
- Hamilton, W. D., y M. Zuck. 1982. Heritable true fitness and bright birds: A role for parasites?. *Science*. 218: 384-387.
- Hart, B. L. 1990. Behavioral adaptations to pathogens and parasites: Five Strategies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 14: 273-294.

- Herrera, A. y L. Almeida. 1994. Relaciones fitogeográficas de la flora vascular de la reserva del Pedregal de San Angel, México, D. F. *En Reserva Ecológica "El Pedregal de San Angel": Ecología. Historia y Manejo*. Ariel Rojo. Compilador. UNAM.
- Hill, V. S., E. M. Aillsopp y D. Kwiatkosky. 1991. Common West African HLA antigens are associated with protection from severe malaria. *Nature*, 352: 595-600.
- Hosokawa, S., S. Ichijo y H. Goto. 1987. Clinical hematological and pathological findings in specific pathogen free cats experimentally infected with feline panleukopenia virus. *Japanese Journal of Veterinary Science*. 49:43-50
- Hughes, T. P. 1989. Community structure and diversity of coral reefs: The role of history. *Ecology*, 70: 275-279.
- INIFAP. 1994. Rabia. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarías. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 7a Reimpresión. Departamento de divulgación técnica. México, D. F.
- Islas, M. 1974. La rabia como problema de Salud Pública en la Ciudad de México: Magnitud. Trascendencia y Vulnerabilidad. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México, D.F.
- Jakob-Hoff, R. M. y J. D. Dunsemore. 1983. Epidemiological aspects of toxoplasmosis in Southern Western Australia. *Australian Veterinary Journal*. 60: 217-218.
- Johnson, A. S. 1970. Biology of the Raccoon (*Procyon lotor varius* Nelson and Goldman) in Alabama. *Auburn University Agriculture Experiment Station Bulletin* 402: 1-148 pp.
- Jhonson, A. M., P. Phillips y D. Jenkins. 1990. Prevalence of *Toxoplasma gondii* antibodies in dingoes. *Journal of Wildlife Diseases*. 26:383-386.
- Ledezma, S., G. Sánchez, H. Suzán y J. Flores. 1991. Evaluación de la mortalidad y la tabla de vida en conos de *Pinus nelsonii* .Shaww. en el municipio de Miquihuana, Tamaulipas. Pp 67- 77. IV Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. UAT-COTACYT-UANL. Tamps. México.
- Loope, L. L., O. Hamann y C. P. Stone. 1988. Comparative conservation biology of oceanic archipelagos: Hawaii and the Galápagos. *Bioscience*, 38: 272-282.
- Loza, E. 1995. Técnicas serológicas para el diagnóstico de la rabia. Instituto Nacional de Investigaciones forestales y Agropecuarias. Folleto técnico No 1. Proyecto de vigilancia epidemiológica.
- Lyles, A. M., A. P. Dobson y D. Phil. 1993. Infectious disease and intensive managment: Population dynamics, threatened hosts, and their parasites. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 24: 313-326.
- Manion P. D. 1991. Tree disease concepts. Second edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey.
- Manabe, S. y R. T. Wetherald. 1986. Reduction in summer soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide. *Science*, 232: 626-628.
- Marilyn, G., D. V. M. Spalding y D. J. Forrester. 1993. Disease monitoring of free- ranging and released

- wildlife. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 24: 271-280.
- Martínez, J. J. 1986. Sondeo serológico para la detección de anticuerpos contra toxoplasmosis en perros de la Ciudad de México y su importancia en salud pública. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México, D. F.
- May, R. M. 1988. Conservation and disease. *Conservation Biology*, 2: 28-30.
- Mills, J. N., T. L. Yates, J. E. Childs, R. R. Parmenter, T. G. Ksiazek, P.E. Rollin y C. J. Peters. 1995. Guidelines for working with rodents potentially infected with hantavirus. *Journal of Mammalogy*. 76: 716-722.
- Mills, J. N., T. G. Ksiazek, B. A. Ellis, P. E. rolin, S. T Nichol, T. L. Yates. W. L. Gannon. C. E. Levy. D. M. Engelthaler, T. Davis, D. T. Tanda, J. W. Frampton, C. R. Nichols. C. J. Peters. and J. E. Childs. 1997. Patterns of association with host and habitat: Antibody reactive with Sin Nombre Virus in smmall mammals in the major biotic communities of the Southwestern United States. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene* 56 (3), pp.273-284.
- Minchella, D. J. y M. E. Scott. 1991. Parasitism, a cryptic determinant of animal comunity structure. *Trends in Ecology and Evolution*, 6: 250-254.
- Mittermeier, R. A. 1988. Primate diversity and the tropical forest: case studies from Brazil and Madagascar and the importance of megadiversity countries. Pp. 145-154, *In Biodiversity* (E. O. Wilson. ed.). National Academy Press, Washington, D. C., 521 pp.
- Mohanty, S. B. y S. K. Dutta. 1985. Virología veterinaria. Editorial Interamericana. México. D. F. 423pp.
- Murphy, F. A. 1998. Emerging zoonoses. *Emerging infectious diseases*. Centers for Disease Control and Prevention 4 (3): 429-435.
- Noble, E.R. y G.A. Noble. 1976. Parasitology: The Biology of Animal Parasites. 4th edn. Lea and Febiger. Philadelphia.
- Nudds, T. D. 1990. Retroductive logic in retrospect: The ecological effects of meningeal worms. *Journal of Wildlife Management*, 54: 396-402.
- OIE. 1995. Informe de la reunión del grupo de trabajo de la OIE (Oficina Internacional de Epizootias) sobre enfermedades de los animales salvajes. Paris, 13-15 de junio de 1995.
- Parrish, C. R. 1994. The emergence and evolution of canine parvovirus, an example of recent host range mutation. *Seminary of Virology*, 3: 121-32.
- Pastoret, P. P. y J. Saliki. 1985. Actualité de la peste bovine en Afrique. *Cahiers d' Ethologie*. (5) 1: 19-30.
- Roch, E. 1971. Compendio de toxoplasmosis. 1a Edición. Ed. Patria, S. A. México. 279pp
- Rzedowski, J. 1979. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14: 3-21.

- SARH. 1994. Plan de Manejo. Parque Nacional Desierto de los Leones. México. D. F. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Saunders, D., R. J. Hobbs y R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a Review. *Conservation Biology*, 5:18-32.
- Schall, J. J. y R. W. Putman. 1982. Lizards infected with malaria: physiological and behavioral consequences. *Science*, 217: 1057-1059.
- Schindler, D. W., K. G. Beaty, E. J. Fee, D. R. Cruikshank, E. R. DeBruyn, D. L. Findlay, G. A. Linsey, J. A. Shearer, M. P. Stainton, y M. A. Turner. 1990. Effects of climatic warming on lakes of the central boreal forest. *Science*, 250: 967- 970.
- Scott, M. E. 1988. The impact of infection and disease on animal populations: implications for Conservation Biology. *Conservation Biology* 2, 40-56.
- Selye, H. 1973. The evolution of the stress concept. *American Scientist*, 61: 692-699.
- SEMARNAP. 1997. Programa de conservación y diversificación productiva en el sector rural. 1997-2000. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Smith, D.D. y Frenkel, J.K. 1995. Prevalence of antibodies to *Toxoplasma gondii* in wild mammals of Missouri and east central Kansas: Biologic and ecologic considerations of transmission. *Journal of Wildlife Diseases*, 31: 15-21.
- Soulé, M. E. 1988. The onslaught of alien species and other challenges in the coming decades. *Conservation Biology*, 4: 233-239.
- SSA, 1994. Programa nacional de prevención y control de la rabia. Reseña testimonial. 1989-1994. Secretaría de Salubridad y Asistencia.
- Suzán, H. 1990. Estructura de un bosque de *Pinus nelsonii* Shaw. en Tamaulipas. *Biotam*. 1(4): 29-35.
- Thorne, E. T y E. S. Williams. 1988. Disease and endangered species: the black ferret as a recent example. *Conservation Biology*, 2: 66-74.
- Tinline, R. R. 1988. Persistence of rabies in wildlife In: Rabies. (Cambell, J. B. y Charlton. K. M.) Kluwer Academic Publishers. Boston. USA.
- Trout, R. C., J. Ross y A. P. Fox. 1993. Does mixomatosis still regulate numbers of rabbits (*Oryctolagus cuniculus* Linnaeus, 1758) in the United Kingdom?. *Review Scientific and Technological.. Office International of Epizootics*, 12:35-38.
- Uchicawa, K. y M. Harada. 1981. Evaluation of Bat-Infesting Myobiidae (Acarina. Trombidiformes) as Indicators in Taxonomy and Phylogeny of Host Bats (Chiroptera). *Zoological Magazine*. 90: 351-361.
- van Rensbrug, P. J., J. D. Skinner y R. J. Van Aarde. 1987. Effects of feline panleucopaenia on the population characteristics of feral cats on Marion Island. *Journal of Applied Ecology*, 24: 63-73.

- van Riper, C., III, S. G. Van Riper, M. L. Goff y M. Laird. 1986. The epizootiology and ecological significance of malaria in Hawaiian land birds. *Ecological Monographs*, 56:327-344.
- Vilchis, V. J. 1974. Epidemiología de la rabia en México. Salud pública de México. Época V. Vol. XVI. No. 3. De. Secretaria de salubridad y asistencia. México. 407-418.
- Wandeler, A. I. y G. A. Casey. 1993. Eastern Canada rabies diagnoses Animal Diseases Research Institute. Agriculture Canada, *Canadian-Veterinary-Journal*, 34: 2-123.
- Warner, R. E. 1968. The role of introduced disease in the extinction of the endemic Hawaiian avifauna. *The Condor*, 70: 101-120.
- Wilson, E. O. 1993. The diversity of life. Belknap Cambridge, Press. 424 pp.
- Winkler, W. G. 1968. Airborne rabies virus isolation. *Bulletin of Wildlife Diseases Association*. 4: 37-40.
- Yates, T., T. Ksiazek, R. Parmenter, P. Rollin, S. Nichol, J. Dunnum, R. Baker, C. Parmenter y C. Peters. 1998. Hantavirus outbreaks and rodent ecology: The role of El Niño. The fourth international conference on HFRS and Hantaviruses. March 5-7, 1998 . Atlanta, Georgia USA.

Apéndice I

Glosario de términos

En epidemiología y ecología los términos de enfermedad y de parásito son ampliamente discutidos, ya que existen problemas en su limitación. Sin embargo, para el presente trabajo se utilizaron los siguientes conceptos.

Ectoparásitos. Parásitos que viven parcial o totalmente en la superficie de sus huéspedes.

Endoparásitos. Parásitos que viven parcial o totalmente en el interior de los huéspedes.

Enfermedad. Pérdida de salud. Alteración fisiológica en una o varias partes del cuerpo de un organismo de origen multicausal y que se manifiesta con signos. La presencia o ausencia de una enfermedad dependerá de un examen detallado del organismo y de las técnicas modernas con que se cuenta para su detección.

Enfermedad emergente. Son aquellas enfermedades de reciente aparición que constituyen un problema para la salud pública y se manifiestan en proporciones epidémicas.

Enfermedad endémica o endemia. Presencia habitual de una enfermedad, generalmente infecciosa, dentro de un área geográfica dada y que puede convertirse en una epidemia. La enfermedad endémica no es necesariamente originaria de ese lugar.

Enfermedad epidémica o epidemia. Presencia de una enfermedad accidental, transitoria, generalmente infecciosa que se presenta al mismo tiempo en una región.

Enfermedad infecciosa. Alteración fisiológica causada por parásitos.

Enfermedad reemergente. Son aquellas que habían dejado de constituir un problema para la salud pública y que en la actualidad han aparecido con creciente intensidad, comúnmente en proporciones epidémicas.

Epidemiología. Estudio de la dinámica de las enfermedades en las poblaciones de huéspedes.

Huésped u Hospedero. Organismo que alberga a un parásito.

Incidencia. Número de individuos nuevos infectados en una población a partir de un brote epidémico o epizootico en un espacio y tiempo determinado.

Infección. Presencia de un parásito en un individuo o en una población de huéspedes y que provoca alguna reacción orgánica consecutiva por parte del hospedero.

Parásito o Agente infeccioso. Organismo que vive sobre o dentro de otro organismo, parcial o totalmente y obtiene de él parcial o totalmente sus recursos y que causa un efecto detrimental en las tasas de crecimiento y de reproducción del huésped, además, de que provoca una reacción inmunológica o de defensa por parte del huésped. En el trabajo se utiliza el concepto amplio de los parásitos que incluye a virus y microparásitos como bacterias, hongos y protozoarios y como macroparásitos a los hongos multicelulares, helmintos, algunas plantas y a los artrópodos.

Patogenicidad. Capacidad de un parásito de provocar cambios patológicos en los huéspedes.

Patógeno. Parásito capaz de producir alguna patología en otro organismo.

Prevalencia. Proporción de huéspedes infectados, nuevos y viejos. Presencia de un parásito en una población de animales en un momento dado.

Seroepidemiología. Estudio epidemiológico sobre la base de la detección de una infección mediante pruebas serológicas.

Seropositivo. Reacción sérica positiva. Presencia de evidencia de una infección, aunque el individuo no manifieste signos de enfermedad.

Seroprevalencia. Proporción de individuos sero-reactivos positivos en una población en un momento dado.

Virulencia. Grado de la patogenicidad (Capacidad de un parásito de provocar enfermedad o cuadros morbosos en el huésped).

Apéndice II

Hoja de Campo

Fecha _____

Hora _____

Localidad _____

Ubicación _____

Arete número _____

Especie _____

Sexo _____

Peso _____

Edad _____

Dosis anestesia _____

Reacción de la anestesia _____

Estado Reproductivo _____

Número crías _____

Temperatura rectal _____

Frecuencia cardiaca _____

Frecuencia respiratoria _____

Nódulos linfáticos _____

Hidratación _____

Mucosas _____

Estado Nutricional _____

Lesiones _____

Observaciones _____

Apéndice III

Hemograma por especie

#sp	FX	leucocitos	Eritrocitos	Hemoglobina	Hematocrito	VCM	HCM	CHCM	ADE	Plaquetas	Neutrófilos	Linfocitos	Monocitos	Eosinófilos	Basófilos
B.a.	Med	9639	8	12	38	48	15	31	14	390	8297	787	351	38	7
	DE	4128	1	1	6	4	1	3	1	116	4475	304	131	54	5
D.v.	Med	11529	5	11	35	79	24	30	17	291	5249	2428	542	634	246
	DE	6075	1	2	6	7	2	2	1	160	3193	1873	372	636	176
S.p.	Med	4177	6	9	28	48	15	28	16	447	2390	992	450	112	10
	DE	1424	1	3	6	8	1	12	2	212	1435	562	332	169	0
S.v.	Med	2880	4	10	30	79	27	35	133	18	2342	1158	100	92	
	DE	2432	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1355	0	0	
C.f.	Med	18472	6	10	29	47	17	36	18	394		2220	560	333	
	DE	14826	1	1	3	6	1	3	2	222		2736	702	208	
F.d.	Med	25845	4	9	26	67	22	33	18	583		900	2500		
	DE	3415	0	1	2	2	0	2	2	115		424	849		
M.f.	Med	2410	8	15	41	52	19	36	14	568	1570	480	180	80	20

B.a.=Bassariscus astutus, D.v.=Didelphis virginiana, S.p.=Spilogale putorius, F.d.=Felis domesticus, C.a.=Canis familiaris, M.f.=Mustela frenata.

Med =Mediana y DE =Desviación Estandar. VCM=Valor corpuscular medio, CHCM=Concentración media de hemoglobina corpuscular, ADE= Amplitud del eritrocito.