

La importancia del estudio de enfermedades en la conservación de fauna silvestre

Gerardo Suzán Azpiri*
Francisco Galindo Maldonado**
Gerardo Ceballos González*

Abstract

As in other parts of the world, it is possible that in Mexico diseases affecting wildlife are an important cause of biodiversity loss. To better understand the dynamics of diseases in areas where a great variety of species converge, it is necessary to know which are the ecological factors that favour the transmission of infectious agents, and which are their implications to conservation. Habitat fragmentation is one of the most severe environmental problems as it generates changes in the physical and biological environment that favour the extinction of species as well as the occurrence of disease, affecting biological diversity. The incidence of diseases influences on the behaviour of individuals in different populations affecting ecological and evolutionary processes that regulate biodiversity. As a result of environmental destruction, some management procedures have been implemented in order to maintain, recover, recuperate and increase endangered populations. So far, few wildlife management programmes have taken into account the study of diseases, increasing the risks for animal and public health problems. The success of these programmes depends on the knowledge of the epidemiological profile of the populations being managed. In this sense, it is necessary that, veterinary medicine professionals broaden up their field of action on these types of programmes in Mexico, so that they can contribute to the conservation of biodiversity in this country, not only important itself alone but for the world as well.

Key words : DISEASE, EPIDEMIOLOGY, WILDLIFE, CONSERVATION.

Resumen

Al igual que en otras partes del mundo, es posible que en México gran parte de la diversidad biológica se pierde como consecuencia de las enfermedades que afectan a la fauna silvestre. Con el propósito de lograr un mejor entendimiento de la dinámica de las enfermedades en áreas donde converge una gran variedad de especies, es necesario conocer los factores ecológicos que pueden favorecer las tasas de transmisión de los agentes infecciosos, así como las implicaciones que éstos pueden tener en la conservación. La fragmentación del hábitat es uno de los problemas ambientales más severos en virtud de que genera cambios en el entorno físico y biológico, que son favorables a la extinción de especies y a la proliferación de enfermedades, afectando negativamente la diversidad biológica. La incidencia de enfermedades provoca cambios en la conducta de individuos en diferentes poblaciones afectando así procesos evolutivos y ecológicos que regulan la biodiversidad. A partir del deterioro del ambiente se han instrumentado una serie de medidas que intentan mantener, recuperar o aumentar poblaciones silvestres a través del manejo del hábitat, o del manejo directo de la fauna. Hasta la fecha, sin embargo, han sido pocos los programas de manejo de fauna silvestre han tomado en cuenta de manera sistemática el estudio de las enfermedades, lo que constituye un serio riesgo de salud animal y pública. El éxito de los programas de manejo de fauna depende del conocimiento del perfil epidemiológico de las poblaciones que se manejan. En este sentido, en México es necesario que el médico veterinario amplíe su campo de acción hacia este tipo de actividades con el fin de que contribuya a conservar esa diversidad biológica, no sólo necesaria para México, sino para todo el Mundo.

Palabras clave: ENFERMEDADES, EPIDEMIOLOGÍA, FAUNA SILVESTRE, CONSERVACIÓN.

Recibido el 14 de febrero del 2000 y aceptado el 26 de junio del 2000.

* Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 70-275, 04510 México, D. F.

** Departamento de Etología y Fauna Silvestre, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 México, D. F.

Introducción

El acercamiento del médico veterinario a los temas de conservación de los recursos naturales es una necesidad inaplazable en México, uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo. Gran parte de la diversidad biológica se pierde debido a las actividades del hombre, así como a las enfermedades, que son consideradas como la principal causa de mortalidad en todas las especies de fauna silvestre.¹⁻³ Entre estas enfermedades se incluyen a las parasitarias o infecciosas y a las no infecciosas, que son consecuencia, entre otros factores, de altos índices de perturbación como deforestación y contaminación. Esto último, además de alterar la salud de los animales, puede tener repercusiones severas en el mantenimiento de la diversidad biológica y en la salud del ser humano. Con el propósito de lograr un mejor entendimiento de la dinámica de las enfermedades en áreas donde converge gran variedad de especies, es necesario que se conozcan los factores ecológicos que pueden favorecer las tasas de transmisión de los agentes infecciosos, al igual que las implicaciones que éstos pueden tener en la conservación.

El presente trabajo pretende describir de manera general, algunos de esos factores y sus implicaciones para la conservación, de manera que se puedan identificar áreas en las que el médico veterinario deberá participar para proponer programas de manejo de fauna, adecuados para conservar la diversidad biológica de México.

La primera parte de esta revisión incluye información de factores que facilitan la presentación de una enfermedad, con particular interés en el efecto que tiene la fragmentación de ecosistemas sobre la susceptibilidad a que se presenten enfermedades en poblaciones de fauna silvestre.

La segunda parte del trabajo se refiere al efecto que tienen las enfermedades sobre la conducta de individuos y la manera en que éstos influyen en los procesos que regulan la diversidad biológica. En la última parte del trabajo se discute brevemente la importancia de las enfermedades en el manejo de fauna silvestre.

Evolución del concepto de enfermedad en estudios de ecología

El concepto de enfermedad se ha transformado en la historia de la humanidad. En un principio, las enfermedades fueron adjudicadas a sucesos sobrenaturales, su explicación tenía un origen mágico y religioso. Con el avance en el conocimiento de biología y medicina, fue posible identificar a los organismos causantes de las enfermedades (bacterias, virus y protozoarios), dando origen al concepto de unicausalidad⁴. El concepto general de salud y enfermedad ha evolucionado en el siglo XX en un concepto de multicausalidad, explicado a través de lo que se conoce como “triada ecológica en la enfermedad”; este último incluye al huésped, al agente y al ambiente⁴.

Cada componente de esta triada tiene factores de influencia propios que hacen que las formas de presentación de una enfermedad varíen. El huésped está influido por distintos factores: especie, edad, raza, sexo, aspectos genéticos, estado nutricional, conducta y presión competitiva, entre otros⁵. El agente, como componente necesario pero no determinante para la presentación de la enfermedad, está influido por patogenicidad, virulencia, dosis infectiva y especificidad de huésped⁶. Finalmente, el ambiente es influido por el clima, tipos de hábitat, eventos naturales (como incendios), y perturbación antropogénica⁷.

Debido a aportaciones de la biología molecular y ecología, se reconoce a las enfermedades como un resultado de los procesos ecológicos y evolutivos; al tiempo de que constituyen un factor importante de selección natural⁸. Se puede considerar a un parásito o agente infeccioso como un organismo que vive sobre o dentro de otro organismo (huésped), parcial o totalmente, y obtiene de él, parcial o totalmente, sus recursos, causando un efecto potencialmente detrimental, afectando por ejemplo sus tasas de crecimiento y de reproducción, y provocando una reacción inmunológica o de defensa por parte de éste⁹⁻¹². En el presente trabajo se utiliza este concepto amplio de parásito o agente infeccioso, que incluye a los virus y bacterias, hongos unicelulares y protozoarios, helmintos y artrópodos.

Factores ecológicos que contribuyen a la presentación de enfermedades en fauna silvestre

Efecto de la fragmentación sobre la diversidad biológica y su posible relación con los niveles de estrés ambiental y con brotes de enfermedades en fauna silvestre

Las formas de desarrollo de las sociedades modernas han provocado un uso irresponsable de los recursos naturales del planeta. A partir del crecimiento de las actividades agrícolas, ganaderas e industriales, han aumentado los niveles de contaminación y se han incrementado las tasas de destrucción en todos los ecosistemas, provocando la fragmentación de la cobertura de vegetación natural y, como consecuencia, una disminución de la diversidad biológica en todo el mundo^{13,14}. La fragmentación constituye uno de los problemas ambientales más severos¹⁵ y ha sido definida como la pérdida de la continuidad de un hábitat homogéneo¹⁶. Puede traer consecuencias irreversibles, como la extinción de especies, al ocasionar cambios en los ecosistemas afectados. La fragmentación de la vegetación natural tiene, en general, impactos muy severos en los medios físico y biológico; por ejemplo, modificaciones en el ciclo del agua y de elementos químicos en el suelo, así como en la temperatura y en la erosión¹⁶. Estos cambios físicos provocan, a su vez, cambios bióticos, al generar ambientes que son favorables para la extinción de especies y la proliferación de especies exóticas y de especies generalistas, que son tolerantes a la perturbación. Ejemplos de especies generalistas en México, son los tlacuaches, gorriones, ratones, esturninos y tilapias, entre otros, que pueden desplazar a otras especies a través de mecanismos como competencia, depredación, y potencialmente, por la introducción de agentes infecciosos¹⁷.

Conforme el fragmento es más pequeño, hay una mayor densidad de población, lo que favorece el contacto entre los individuos de esta último y de diferentes especies, incluyendo a los animales domésticos y facilitando de esta manera la transmisión de ciertos agentes infecciosos con riesgo para la salud animal y pública¹⁸ (Figura 1). Dos ejemplos de brotes de enfermedad asociados a ecosistemas altamente fragmentados son los de dengue y encefalitis virales en diferentes partes del mundo¹⁹.

La fragmentación del hábitat provoca también cambios en la conducta de los individuos que se asocian a situaciones poco predecibles²⁰. Estos cambios conductuales, en poblaciones de ambientes fragmentados pueden estar relacionados con la actividad prolongada del eje adrenocortical, caracterizada en todos los vertebrados estudiados por la liberación de glucocorticoides²¹. Hay evidencia de que la liberación prolongada y continua de glucocorticoides puede influir negativamente en la respuesta inmune de los individuos afectados y hacerlos más susceptibles a la enfermedad²². Además, la activación prolongada del eje adrenocortical puede estar también asociada a cambios en los perfiles de hormonas reproductivas, poniendo en riesgo el éxito reproductivo de los animales²³. De tal manera se puede sugerir que animales que enfrentan los cambios ambientales por la fragmentación pueden ser más susceptibles a problemas de salud que aquellos que habitan zonas menos perturbadas (Figura 1.)

Los efectos de la fragmentación de ecosistemas han sido medidos de diferentes formas, a través de estudios comparativos de la diversidad biológica y de sucesión de especies²⁴⁻²⁸. Se sugiere que el estado de salud, así como los niveles de estrés ambiental pueden ser indicadores útiles para evaluar el impacto de la fragmentación, situación que día con día se agudiza mundialmente³.

Efecto de las enfermedades sobre la conducta animal y la diversidad biológica

Cambios en la conducta de los individuos y poblaciones

Existen muchos estudios acerca del efecto que tienen los parásitos sobre las conductas de los huéspedes²⁹. Las alteraciones conductuales provocadas por una infección o enfermedad, involucran a todos los sistemas motivacionales de la conducta: reproductivas y sociales, depredación y competencia, tróficas y de mantenimiento, así como el cuidado parental. En muchas ocasiones, los cambios en la conducta del huésped, a su vez, afectarán su adecuación individual³⁰, y dependiendo de los niveles tróficos que estén afectados por el parásito o la enfermedad, el agente infeccioso podrá tener efectos importantes sobre la diversidad biológica.

Los primeros signos de una enfermedad como disnea, diarrea, fiebre, anorexia, están asociados a cambios conductuales causados por la pérdida de vigor del individuo parasitado, esto último influye negativamente en su habilidad para proteger un territorio³¹ y seleccionar pareja^{32,33}. La carga parasitaria disminuye la coloración del pelaje y del plumaje, e incluso los olores de individuos parasitados pueden modificarse, provocando que sean rechazados por otros miembros del grupo³¹, disminuyendo el éxito reproductivo de ese individuo³².

Los agentes infecciosos se relacionan también con los patrones de movimiento de los individuos, que tiene como función la búsqueda del territorio o alimento y que pueden influir en patrones de natalidad y mortalidad; por ejemplo, al exponer a los individuos a mayores tasas de depredación y de competencia. Un ejemplo de un cambio de conducta directamente relacionado con un agente infeccioso es la frecuencia de cambio de madriguera de un grupo de tejones europeos (*Meles meles*) que se relacionó positivamente con su carga parasitaria³⁴. 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 con el fin de eludir los altos índices de parásitos³⁵. 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^{8,29}.

El efecto más obvio de la enfermedad sobre la conducta alimentaria es la reducción voluntaria en el consumo de alimento³⁶. Entre más altas son las dosis de parásitos y más aguda la manifestación clínica, más se afecta la ingestión del alimento³⁷. Algunos animales tienden a alimentarse en lugares donde existen menores cargas parasitarias²⁹, tal es el caso de caribúes en Alaska, que reducen su tiempo de pastoreo a medida que aumenta la presencia de ectoparásitos³⁸.

Las conductas sociales de un individuo enfermo o parasitado pueden alterarse de muchas formas respecto de los animales sanos, e influir también sobre la diversidad biológica. El éxito competitivo de un animal parasitado se reduce y, por lo tanto, representa un individuo que puede ser excluido por los demás miembros de su grupo social, de la misma o de otra especie, volviéndose presa con facilidad. Entre mayor es la intensidad de la infección en un animal, es más fácilmente que éste sea rechazado grupo social³⁹. De tal manera, si un animal altamente parasitado está más expuesto a que sea depredado, las tasas de mortalidad causadas por depredación pueden estar relacionadas con la virulencia y la prevalencia de alguna enfermedad⁴⁰. Además, si un parásito afecta a individuos de varias especies, y a diferentes niveles tróficos, los efectos que tendrá un agente infeccioso en la dinámica de los ecosistemas serán todavía mayores.

La competencia ha sido postulada como una interacción que regula la dinámica de los sistemas biológicos y se presentan en cualquier comunidad o población. Esta interacción tiene como función la exclusión de especies o la coexistencia estable de éstas⁴¹. Se tienen evidencias de que las enfermedades intervienen en la dinámica competitiva de un ecosistema. Los tipos de competencia intraespecífica e interespecífica están regulados por el vigor y la salud de cada individuo. Se sabe que la conducta competitiva de un individuo infectado o enfermo se modifica, ya que se afectan sus desplantes de dominancia, pudiendo a la vez modificar su posición social dentro del grupo^{33,42}. Cambios de este tipo, pueden tener efectos importantes sobre la adecuación individual del huésped, ya que la frecuencia y la intensidad de las interacciones agresivas son mayores, así como el costo energético de esas conductas²¹.

Estos cambios también tienen implicaciones importantes para el desplazamiento de especies de su rango de distribución original; por ejemplo, el parásito *Parelaphostrongylus tenuis*, que ha infectado a artiodáctilos en el norte de los Estados Unidos de América y sur de Canadá, que ha ocasionado el desplazamiento de especies de huéspedes no resistentes (alces y caribúes) por los resistentes (venados), propiciando cambios en el éxito competitivo interespecífico y en la distribución geográfica de las especies⁴³. Este tipo de desplazamientos se puede dar también de especies exóticas o introducidas a especies nativas, esto último tiene gran relevancia para el manejo de fauna silvestre en nuestro país. El éxito de las especies introducidas se puede incrementar por la introducción de enfermedades también exóticas, que pueden sucumbir con poblaciones de animales y vegetales nativas que no tienen inmunidad específica contra los parásitos introducidos. Lo anterior tiene efectos sobre la estructura de las comunidades⁴⁴ e implicaciones muy importantes para la conservación.

La influencia de las enfermedades sobre la diversidad biológica

Las enfermedades están presentes en todos los sistemas biológicos y participan en la regulación de la diversidad biológica, a través de procesos evolutivos como la distribución geográfica de las especies (biogeografía) y la especiación (formación de nuevas especies), y mediante procesos ecológicos, como la competencia

intraespecífica e interespecífica y la depredación^{45, 46}. Un ejemplo de la influencia de una enfermedad sobre la distribución geográfica de las especies es la malaria introducida a las islas de Hawaii. La malaria es una enfermedad causada por un protozooario (*Plasmodium* spp), transmitido por moscos (*Anopheles* spp), que se ha asociado a la extinción de algunas especies de aves en las islas de Hawaii. Las especies sobrevivientes de aves se han hecho resistentes al agente infeccioso y cohabitan en altitudes bajas con el mosquito transmisor. Por el contrario, las especies que no se hicieron resistentes, tuvieron que emigrar a zonas de altitudes mayores debido a su susceptibilidad a la enfermedad^{1, 47}.

Un ejemplo de la forma en que la enfermedad influye en la especiación es la relación coevolutiva entre ácaros y murciélagos de la familia Vespertilionidae. La evidencia indica que la infección crea una especie nueva de huésped y esto su vez genera otra especie de agente infeccioso⁶. Como consecuencia de lo anterior, los ácaros representan indicadores de la taxonomía y filogenia de algunos murciélagos⁴⁸.

En relación con la influencia de enfermedades en el proceso ecológico de competencia, se pueden mencionar aquellos que afectan la diversidad biológica, disminuyéndola⁸. Por ejemplo, un parásito que provoque exclusión competitiva entre especies de huéspedes y desplace a especies menos resistentes, hará que disminuya la diversidad de especies en ese ecosistema. Contrario a este fenómeno, se sabe de casos en que los parásitos pueden aumentar la diversidad biológica. Tal es el caso de comunidades donde se presenta la dominancia de una especie sobre otras dentro de un mismo territorio. Bajo estas condiciones, se favorece el desarrollo de epidemias y epizootias, ocasionando alta mortalidad de esa especie dominante y abriendo nichos ecológicos para otras especies, restableciendo así la diversidad biológica⁴⁹. A este fenómeno Combes³ le llama “efecto estabilizador de los parásitos en los ecosistemas”. Por lo anterior, es importante que en estudios futuros, se conozca la historia natural de los parásitos en los ecosistemas, de manera que se establezcan los criterios adecuados para decidir las mejores formas de manejo de fauna y prevención de enfermedades.

Importancia de las enfermedades en el manejo de fauna silvestre *El riesgo epidemiológico de los programas de conservación*

A partir del deterioro del ambiente se han instrumentado una serie de medidas que intentan mantener, recuperar o aumentar poblaciones silvestres, así como disminuir las poblaciones que son perjudiciales para las especies nativas, dando origen a técnicas de manejo con fines de conservación. Estas técnicas pueden estar relacionadas con el manejo del hábitat, o del manejo directo de las poblaciones a través de programas de introducción, reintroducción y traslocación. Hasta la fecha, sin embargo, han sido pocos los programas de manejo de este tipo que han usado información sobre estudios epidemiológicos en las diferentes especies manejadas.

El éxito de estos programas de manejo depende, por un lado, del conocimiento de la zona a repoblar y de la adecuación del lugar, del conocimiento de los cambios biológicos, fisiológicos y conductuales de las especies a manejar, así como del conocimiento sobre el perfil epidemiológico de las poblaciones que se manejen. Si no fuere así, se corre el riesgo de generar impactos negativos en las poblaciones reintroducidas o traslocadas, y en las especies locales. La prueba está en que muchos de estos programas han sido perjudiciales y de alto riesgo ecológico y epidemiológico⁵⁰.

Existen ya antecedentes de fracasos costosos, debido a la introducción de patógenos a zonas donde se afectan a las poblaciones silvestres locales o de traslocación de especies a zonas donde existe una enfermedad, sin antes haber evaluado el estado epidemiológico de la región a la que se van a liberar esos animales⁵¹. Algunos ejemplos de enfermedades introducidas a través de programas de traslocación son la rabia en mapaches en los Estados Unidos de América, la tuberculosis y brucelosis en bisontes de Canadá, brucelosis en liebres de Italia y Suiza, entre otros⁵¹.

De igual manera, se conocen casos de especies que se ven afectadas por enfermedades ya existentes en las regiones donde son liberadas; tal es el caso del programa de reintroducción del tamarín dorado (*Leontopithecus rosalia*) en los bosques tropicales del Brasil, que fracasó debido a la alta mortalidad provocada, entre otros factores, por la hepatitis viral adquirida en la zona de liberación⁵². Otros programas con resultados similares son el de gansos, en Hawaii, infectados por el

virus de la viruela aviar; el de rinocerontes, en Kenia, infectados por tripanosomiasis; o el de alces, en Canadá, afectados por la nematodosis cerebroespinal⁵².

En las áreas naturales de México se han introducido gran cantidad de especies exóticas de plantas y animales en zonas de alta diversidad biológica, sin haber realizado estudios previos sobre el impacto ecológico y epidemiológico en las comunidades nativas⁵³. En lo futuro es indispensable contemplar dentro de los programas de conservación, información acerca del perfil epidemiológico de las especies que se pretenden manejar.

Generalidades acerca de programas de manejo de enfermedades en fauna silvestre

Uno de los dilemas que enfrenta el manejo de las enfermedades en vida libre es decidir si se protege o no a la fauna, de éstas. Antes de tomar esa decisión se requiere información acerca de la historia natural de la enfermedad y si ha evolucionado junto con la especie afectada. En caso de que sea necesario intervenir se pueden aplicar una serie de medidas en las que el médico veterinario debe participar. Un ejemplo de un programa de manejo exitoso con participación veterinaria es el de la recuperación de la población del hurón de patas negras en el sur de Estados Unidos, la cual había sido afectada por el distemper canino⁵⁴. De manera general, los esfuerzos veterinarios pueden ir dirigidos hacia el manejo directo del agente causal de la enfermedad; por ejemplo, a través de programas de inmunización con previa justificación epidemiológica⁵⁵; hacia el manejo de la población del huésped, modificando la densidad de la población⁵⁶; o bien dirigidas hacia la modificación del ambiente y la influencia de las actividades del hombre en la zona de interés⁵⁷.

Asimismo, los programas de manejo de enfermedades deben contemplar planes de contingencia en casos de epizootias y epidemias de enfermedades emergentes y reemergentes, que pueden propiciar serios problemas de salud pública (hantavirus, ébola, malaria, tuberculosis, etc.). También es necesario diseñar formas para evaluar la efectividad de los programas de manejo de enfermedades que se puedan aplicar. Esto último permitirá realizar seguimientos epidemiológicos a largo plazo y modelos predictivos del comportamiento de una enfermedad particular.

Algunas actividades específicas a través de colaboración interdisciplinaria entre biólogos y médicos veterinarios, que se pueden llevar a cabo para que los programas de conservación y manejo de enfermedades sean exitosos son:

- Realizar inventarios de parásitos y enfermedades en las diferentes especies en las áreas naturales protegidas.
- Evaluar el efecto de las enfermedades en las poblaciones y comunidades silvestres dentro de esas áreas naturales.
- Dar asesoría en las técnicas de reintroducción, traslocación y repoblación de especies nativas.
- Aplicar programas de control o erradicación de especies exóticas y plagas en zonas donde así lo amerite.
- Crear comités de especialistas que identifiquen y controlen brotes de enfermedades en la fauna silvestre nacional, y mantengan constantes seguimientos epidemiológicos.
- Actualizar la normatividad y legislación en materia de salud y manejo de fauna silvestre.

Conclusiones

Las tasas de destrucción del ambiente han ocasionado la fragmentación de prácticamente todos los ecosistemas del mundo. Esta situación favorece la presentación de enfermedades, debido a las altas tasas de contacto entre individuos y al aumento del estrés ambiental. La prevalencia de enfermedades en fauna silvestre ocasiona cambios en la conducta animal, que se reflejarán en el estado de la diversidad biológica de los ecosistemas.

A pesar de la importancia ecológica que tienen las enfermedades, hasta ahora son pocos los programas de conservación que toman en cuenta su papel en el manejo de fauna silvestre. El presente trabajo aborda de manera general los temas necesarios para explicar las causas y efectos de enfermedades en fauna silvestre, con particular énfasis en sus implicaciones para su manejo y conservación.

En lo futuro los programas de conservación y de manejo de enfermedades necesitan contemplar información acerca de la historia natural del agente causal y del huésped, así como de los factores ambientales que pueden propiciar brotes de enfermedades que comprometan la diversidad biológica y que representen riesgos de salud pública.

En general, en México los médicos veterinarios han tenido poca participación en programas de conservación, siendo que nuestro país es conocido por su alta diversidad biológica, razón por la cual es considerado uno de los siete países megadiversos del mundo⁵⁸. La medicina veterinaria debe ser determinante en la conservación, recuperación y uso racional de la fauna silvestre. Es necesario que el médico veterinario amplíe su campo de acción hacia este tipo de programas, con el propósito de que contribuya a conservar esa diversidad biológica, no sólo necesaria para México, sino para todo el mundo

Referencias

1. Van Riper C, Van Riper SG, Goff ML, Laird M. The epizootiology and ecological significance of malaria in Hawaiian land birds. *Ecol Monogr* 1986;56:327-344.
2. Holmes JC. Parasites as threats to biodiversity in shrinking ecosystems. *Biodiv Conserv* 1996;5:975-983.
3. Combes C. Parasites, biodiversity and ecosystem stability. *Biodiv Conserv* 1996;5:953-962.
4. San Martín H. *Salud y enfermedad*. México (DF): La Prensa Médica Mexicana, 1981.
5. Lyles AM, Dobson AP. Infectious disease and intensive management: population dynamics, threatened hosts, and their parasites. *J Zoo Wild Med* 1993;24:313-326.
6. Anderson RM, May RM. Coevolution of hosts and parasites. *Parasitology* 1982;85:411-426.
7. Martens P. How climate change affects human health? *Am Sci* 1999;87:534-541.
8. Minchella DJ, Scott ME. Parasitism, a cryptic determinant of animal community structure. *Trends Ecol Evol* 1991;6:250-254.
9. Anderson RM, May RM. Population biology of infectious diseases. *Nature* 1979;280:361-367;455-461.
10. Price PW. *Evolutionary biology of parasites*. New York: Princeton University Press, 1980.
11. Brooks DR, McLennan DA. *Parascript. Parasites and the language of evolution*. Washington (DC): Smithsonian Institution Press, 1993.
12. Suzán G. *Rabia, toxoplasma y parvovirus en mamíferos silvestres en dos reservas del Distrito Federal (tesis de maestría)*. México (DF): Facultad de Ciencias. UNAM, 1998.
13. Manabe S, Wetherald RT. Reduction in summer soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide. *Science* 1986;232:626-628.
14. Schindler DW, Beaty KG, Fee EJ, Cruikshank DR. Effects of climatic warming on lakes of the central boreal forest. *Science* 1990;250:967-970.
15. Ehrlich PR, Ceballos G. Población y medio ambiente: ¿qué nos espera? *Rev Acad Mex Cienc* 1998;48:19-30.
16. Meffe G K, Carroll CR. *Principles of conservation biology*. Sunderland (Ma): Sinauer Associates, 1994.
17. Arita HT. *Introducción de especies animales exóticas, beneficios y costos*. México (DF): Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1992.
18. Goosem M. Internal fragmentation: the effects of roads, highways, and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates. In: Laurence WF, Bierregaard RO, editors. *Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago (ILL): The University of Chicago Press, 1997:241-255.
19. Murphy FA. Emerging zoonoses. *Emerg Infect Dis* 1998;4:429-435.
20. Thomas CD, Bagnette M, Lewis OT. Butterfly movement and conservation in patchy landscapes. In: *behaviour and conservation*. Gosling LM, Sutherland WJ, editors Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2000;85-104.
21. Wingfield JC, Hunt K, Breuner C, Dunlap K, Fowler GS, Freed L, Lepson J. Environmental stress, field endocrinology, and conservation biology. In: Clemmons JR, Buchholz R, editors. *Behavioral approaches to conservation in the wild*. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 1997:95-131.
22. Maule AG, VanderKooi SP. Stress-induced immune-endocrine interaction. In: Balm PHM, editor. *Stress physiology in animals*. Sheffield, England: Sheffield Academic Press Ltd., 1999:205-245.
23. Pottinger TM. The impact of stress on animal reproductive activities. In: Balm PHM, editor. *Stress physiology in animals*. Sheffield, England. Sheffield Academic Press Ltd, 1999:130-177.
24. Saunders DR, Hobbs J, Margules R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conserv Biol* 1991;5:18-32.
25. Wolff JO, Schauber EM, Edge D. Effects of habitat loss and fragmentation on the behavior and demography of gray-tailed voles. *Conserv Biol* 1997;11:945-956.
26. Lynam AJ. Rapid decline of small mammal diversity in Monson evergreen forest fragments in Thailand. In: Laurence WF, Bierregaard RO, editors. *Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago (Ill): The University of Chicago Press, 1997:222-240.
27. Malcolm R. Biomass and diversity of small mammals in Amazonian forest fragments. In: Laurence WF, Bierregaard RO, editors. *Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago (Ill): The University of Chicago Press, 1997:207-221.
28. Laurence WF. Tropical forest faunas. In: Laurence WF, Bierregaard RO, editors. *Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago (Ill): The University of Chicago Press, 1997:85-90.
29. Hart BL. Behavioral adaptations to pathogens and parasites: five strategies. *Neurosci Biobehav Rev* 1990;14:273-294.

30. Kavaliers M, Colwell DD. Odours of parasitized males induce aversive responses in female mice. *Anim Behav* 1995;50:1161-1169.
31. Scott ME. The impact of infection and disease on animal populations: implications for conservation biology. *Conserv Biol* 1988;2:40-56.
32. Hamilton WD, Zuck M. Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites? *Science* 1982;218:384-387.
33. Zuk M, Kim T, Robinson SI, Torgeir SJ. Parasites influence social rank and morphology, but not mate choice, in female red junglefowl. *Anim Behav* 1998;56:493-499.
34. Butler JM, Roper TJ. Ectoparasites and sett use in European badgers. *Anim Behav* 1996;52:621-629.
35. Rollinson D, Anderson RM. Ecology and genetics of host parasite interactions. London (UK): Academic Press, 1985.
36. Fraser AF, Broom DM. Farm animal behaviour and welfare. 3rd ed. London. (UK): Bailliere Tindall, 1990.
37. Kyriazakis I, Tolkamp BJ, Hutchings MR. Towards a functional explanation for the occurrence of anorexia during parasitic infections. *Anim Behav* 1998;56:265-274.
38. Morschel FM, Klein DR. Effects of weather and parasitic insects on behavior and group dynamics of caribou of the Delta herd, Alaska. *Can J Zool* 1997;75:1659-1670.
39. Porteus IS, Pankhurst SJ. Social structure of the mara (*Dolichotis patagonum*) as a determinant of gastrointestinal parasitism. *Parasitology* 1998;116:269-275.
40. Schall JJ, Putman RW. Lizards infected with malaria: physiological and behavioral consequences. *Science* 1982;217:1057-1059.
41. Connell JH. Some mechanisms producing structure in natural communities: a model and evidence from field experiments. In: Cody ML, Diamond JM, editors. Ecology and evolution of communities. Cambridge (Ma): Harvard University Press, 1975:460-490.
42. Adams DB, Fell LR. The effect of infection with the abomasal nematode, *Haemonchus contortus*, on the avoidance behaviour of sheep in a motivational choice test. *Int J Parasitol* 1997;27:665-673.
43. Anderson RC. The ecological relationships of meningeal worm and native cervids in North America. *J Wildl Dis* 1972;8:304-310.
44. Loope LL, Hamann O, Stone CP. Comparative conservation biology of oceanic archipelagos: Hawaii and the Galapagos. *Bioscience* 1988;38:272-282.
45. Manion PD. Tree disease concepts. 2nd ed. Englewood Cliffs (NJ): Prentice Hall Inc., 1991.
46. Spalding MG, Forrester DJ. Disease monitoring of free-ranging and released wildlife. *J Zoo Wildl Med* 1993;24:271-280.
47. Warner RE. Role of introduced disease in the extinction of the endemic Hawaiian avifauna. *Condor* 1968;70:101-120.
48. Uchikawa K. Mobicidae (*Acarina trombiformes*) associated with minor families of chiroptera (mammalia) and a discussion of phylogeny of chiropteran myobiid genera. *Am Soc Parasitol* 1988;74:159-176.
49. Ayling AM. The role of biological disturbance in temperate subtidal encrusting communities. *Ecology* 1981;62:830-847.
50. Kleiman DG. Reintroduction of captive mammals for conservation. *Bioscience* 1989;39:152-169.
51. Woodford MH, Rossister PB. Disease risks associated with wildlife translocation projects. *Rev Sci Tech Off Int Epizoot* 1993;12:115-135.
52. Cunningham AA. Disease risks of wildlife translocations. *Conserv Biol* 1996;10:349-353.
53. Challenger A. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. México (DF): Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Agrupación Sierra Madre, 1998.
54. Thorne ET, Williams ES. Disease in endangered species: the black ferret as a recent example. *Conserv Biol* 1988;2:66-74.
55. Blancou J, Pastoret PP, Brochier B, Thomas IY, Bogel K. Vaccinating wild animals against rabies. *Rev Sci Tech Off Int Epizoot* 1988;7:156-159.
56. Peterson MJ. Wildlife parasitism, science, and management policy. *J Wild Mgmt* 1991;55:782-789.
57. Wobser GA. Investigation and management of disease in wild animals. New York: Plenum Press, 1994.
58. Mittermeier RA. Primate diversity and the tropical forest: case studies from Brazil and Madagascar and the importance of megadiversity countries. In: Wilson EO, editor. Biodiversity. Washington (DC): National Academy Press, 1988:145-154.

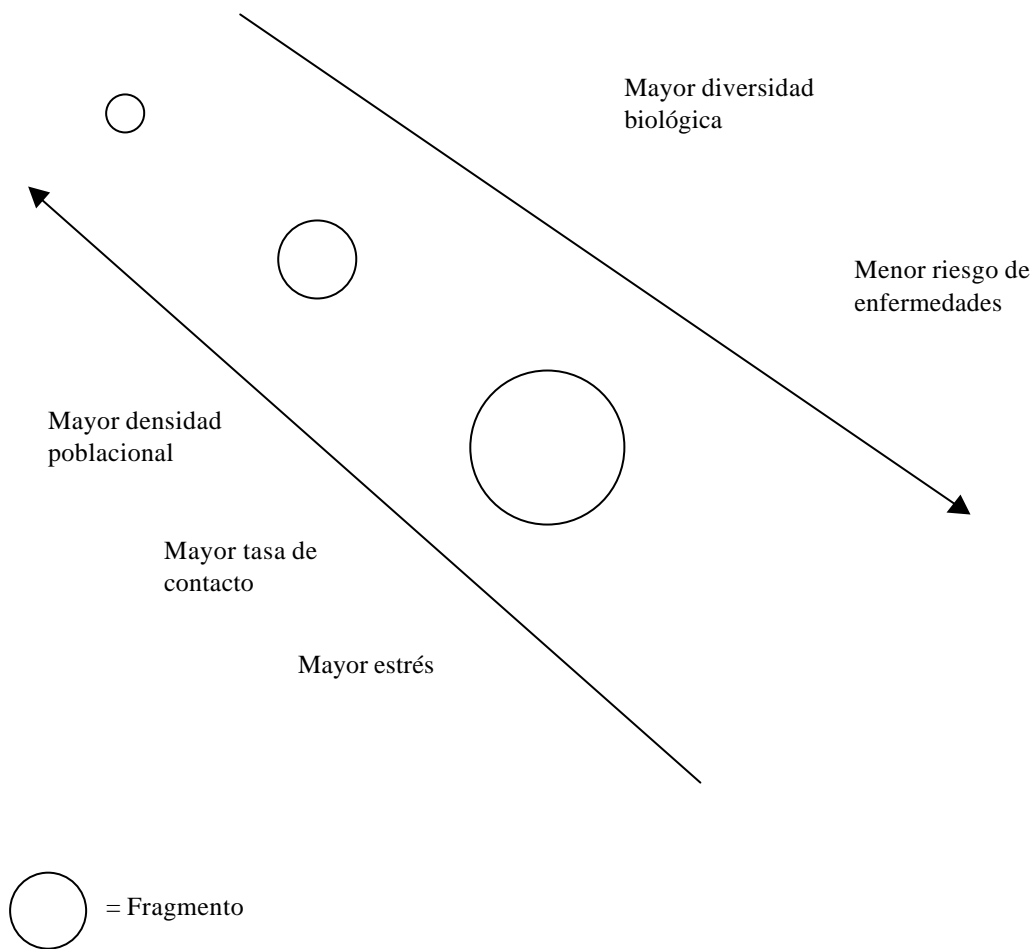


Figura 1. Modelo que explica la hipótesis de que entre más pequeño sea el fragmento de un ecosistema, mayor será la densidad poblacional y la tasa de contacto entre individuos, así como el nivel de estrés ambiental; esto último se relaciona con el brote de enfermedades. De igual forma, entre más grande sea este fragmento, será mayor la diversidad biológica en él y disminuirá los riesgos para el brote de enfermedades.