

Megadiversidad biológica de México, como factor que limita la morbilidad.

Hinojosa-Juárez Araceli Consuelo.

Coordinación de Regulación Sanitaria y CEVECE.



Introducción

Desde sus orígenes hasta nuestros días la humanidad ha disfrutado de muchos de los bienes que la biodiversidad nos ha proporcionado. Las plantas y los animales han servido de alimento, nos han proporcionado fibras y pieles, captación y la purificación del agua, el mantenimiento de la calidad del aire, la fertilidad del suelo, la regulación del clima local así como la madera y medicamentos.

La biodiversidad constituye la riqueza viva de nuestro planeta ya que tiene también implicaciones económicas que está llamando la atención de los políticos, y en nuestro país representa un recurso muy importante para el bienestar social y económico. Por el contrario la deforestación, el establecimiento de asentamientos humanos, la construcción

de caminos, sistemas de control de agua y el clima son condiciones que han influido, de manera individual o combinada, en incremento de morbimortalidad de enfermedades emergentes.

En México existe una gran laguna de conocimientos con relación a la prevalencia de infecciones zoonóticas presentes en la fauna silvestre y no están consideradas en los programas gubernamentales de monitoreo aun cuando cerca del 70% de las enfermedades humanas son ocasionadas por patógenos que provienen de la fauna silvestre.

México es un país privilegiado, se encuentra entre los tres primeros países con mayor biodiversidad en el mundo, ocupa el 1.4% de la superficie terrestre y en esa pequeña superficie alberga aproximadamente el 12% de las especies del planeta, numerosas especies endémicas, hábitats únicos, relevantes para la productividad de los ecosistemas; sin embargo, el conocimiento de la estructura, fragilidad y funcionamiento de dichos sistemas es aún muy limitado.

Debemos considerara que la pérdida de diversidad no sólo tiene efectos sobre la estructura y el funcionamiento y economía del ecosistema, sino que además, lo que es más importante para nosotros aumenta los riesgos de enfermedades ya que mientras más homogéneo es un sistema, mayor es su vulnerabilidad a las plagas, enfermedades, fluctuaciones del clima.

Biodiversidad en México

Por su extensión territorial México ocupa el decimocuarto lugar en el mundo. México, es diez veces menor que la Comunidad de Estados Independientes Asiáticos y cinco veces menor que Estados Unidos o Canadá.¹

Nuestro planeta tiene aproximadamente 510,072,000 Km, de estos, 268,102,000 Km pertenecen a los océanos el resto se distribuye principalmente en los siguientes países:

Lugar	País	Extensión territorial en Km2	Lugar	País	Extensión territorial en Km2
1	Rusia	17,098,242	11	Republica Democrática de El Congo	2,344,858
2	Canadá	9,984,640	12	Groenlandia	2,166,086
3	Estados Unidos	9,826,675	13	Arabia Saudita	2,149,690
4	China	9,596,961	14	México	1,964,375
5	Brasil	9,514,877	15	Indonesia	1,904,569
6	Australia	7,741,220	16	Sudán	1,861,484
7	India	3,287,263	17	Libia	1,759,540
8	Argentina	2,780,400	18	Irán	1,648,195
9	Kazakhstan	2,724,900	19	Mongolia	1,564,116
10	Algeria	2,381,741	20	Perú	1,285,216

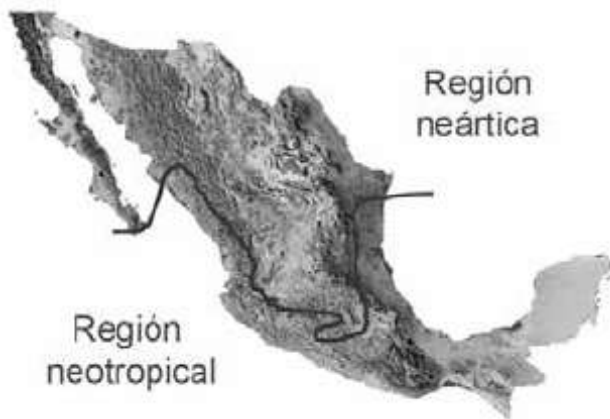
Fuente: The World Factbook, CIA.

Únicamente dos países en el mundo, Indonesia y Brasil tienen descritas más especies de mamíferos que México; y contamos con el segundo lugar en reptiles en el mundo. Somos junto con China, India, Perú y Colombia, uno de los 5 países con mayor variedad de ecosistema; prácticamente todos los tipos de vegetación terrestre se encuentran en nuestro territorio y algunos como los humedales de Cuatro Ciénegas en Coahuila, sólo se encuentran en México. México es uno de los



países con mayor extensión de costas y es el único país que posee un mar exclusivo el Golfo de California, aunado a esto contamos con el sistema Arrecifal más grande del mundo.²

Nos preguntaremos desde el punto de vista científico ¿Por qué México es un país tan rico desde el punto de vista biológico? La riqueza biológica de nuestro país responde en parte a un fenómeno biogeográfico, ya conocido por Darwin, Humbolt o Wallace. El continente Americano se divide en dos reinos principales o dominios biogeográficos: Neártico y Neotropical, México se encuentra dividido por estas dos regiones biogeográficas que le proporcionan su compleja topografía y la variedad de climas que favorecen las condiciones para una gran diversidad de ecosistemas y especies con amplia variabilidad genética.³



Imágenes NOAA-AVHRR. Instituto de Geografía, UNAM. Compuesto de enero de 2000 sobre un modelo digital de terreno, Percepción Remota, CONABIO.

En el mundo existen más de 170 países, pero sólo 11 de ellos son considerados como megadiversos. México es uno de estos países que en conjunto, albergan entre el 60 y el 70% de la biodiversidad total del planeta.⁴

México ocupa el segundo lugar en riqueza de reptiles en el mundo (con 804 especies) y el tercero en mamíferos (con 535 especies); A nivel internacional, México está entre los cinco países con mayor número de especies de plantas vasculares.⁵

La riqueza de especies de un país también se complementa con el componente endémico, es decir, aquellas especies que sólo se encuentran en su territorio. En este aspecto, México se distingue también por su alto número de especies y géneros endémicos. Se calcula que entre 40 y 60% de las especies de plantas vasculares que se conocen en el país son endémicas.⁶

De las 669 especies de cactáceas que existen en el país, 518 son endémicas (es decir, cerca de 77%); de las 535 especies de mamíferos, 169 son endémicas (32%); y de las 1,107 especies de aves, 125 son endémicas (11%). Si el endemismo se analiza por el tipo de vegetación, se encuentra que en los matorrales xerófilos y los bosques de coníferas, cerca del 60 y 70% de sus especies, respectivamente, son endémicas, mientras que tan sólo 5% de las especies del bosque tropical perennifolio tienen este carácter.⁷

Las interacciones de la diversidad biológica con las actividades humanas preponderantes como la agricultura, urbanización, turismo, ganadería y minería conllevan la modificación o pérdida de los sistemas biológicos naturales, de los cuales obtenemos directamente alimentos que consumimos o los principios activos de muchos medicamentos, el Tamiflu, fármaco antiviral utilizado para combatir la gripe, se diseñó en un laboratorio, pero no puede fabricarse sin el ácido siquímico que se extrae del anís estrellado (*Illicium verum*). A pesar de nuestra fe en la ciencia, las plantas, los animales, los hongos y los microbios siguen siendo un recurso medicinal irremplazable. De los 1,100 nuevos fármacos aprobados por la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU., entre 1981 y 2006, dos terceras partes proceden de la naturaleza.^{8,9}

Sin embargo, sólo hasta hace unos cuantos años se ha empezado a hacer conciencia de que la biodiversidad es tan sólo una fracción del tipo de bienes del universo de beneficios que obtenemos de la naturaleza. Los llamados "servicios ecosistémicos", o simplemente, "servicios ambientales". Los servicios ambientales se refieren básicamente a un amplio espectro de condiciones y procesos por los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los integran ayudan a sostener y satisfacer las necesidades de la sociedad humana. Entre los servicios ambientales se encuentra la purificación del aire y del agua, la mitigación de las sequías e inundaciones, la generación y conservación de los suelos, la descomposición de los desechos, el reciclaje y movimiento de nutrientes, el control de las plagas agrícolas, la protección de las costas ante la erosión del oleaje, la estabilización parcial del clima y el amortiguamiento de los climas extremos y sus impactos.^{10,11,12}

En un contexto de crisis ecológica, después de haber fracasado en muchas políticas de conservación de la naturaleza, y de no haber logrado el objetivo de frenar la tasa de pérdida de biodiversidad, en el año 2010 se plantearon nuevamente estrategias para incidir en la falta de voluntad política y activar las respuestas de los gobernantes.¹³

La idea partió del supuesto de que los políticos y gobernantes principalmente les interesan cuestiones económicas o fundamentalmente valoran aquello que produce más riqueza o tiene un precio más alto. Se pensó en la valoración económica de la biodiversidad, como un instrumento novedoso que contrarrestaría el mayor peso de otros sectores económicos y que haría que los problemas ambientales ocupasen puestos prioritarios en las agendas políticas. El objetivo de la valoración económica de los ecosistemas es intentar frenar la pérdida de biodiversidad, visibilizando el significado económico de la naturaleza y los beneficios económicos a largo plazo de la conservación.¹⁴

El origen de este tipo de estudios es relativamente reciente, el primer trabajo de este tipo que se presenta fue el de Robert Costanza et al. en 1997, titulado "El valor de los servicios de los ecosistemas mundiales y el capital natural", donde se estima que el valor de la biosfera (la mayoría de la cual está fuera del mercado) está en un rango de 16-54 trillones de dólares al año, con una media de 33 trillones de dólares/año (tomando esto como una estimación mínima). El valor del PIB (Producto Interior Bruto) es de 18 trillones



de dólares/año, es decir, el valor de la biodiversidad supera con creces al PIB mundial.¹⁵

En 2006 se publicó el Informe Stern, sobre la economía del cambio climático (*Stern Review on the Economics of Climate Change*); en este informe se evalúa el impacto que, sobre la economía mundial, tienen el cambio climático y el calentamiento global, afirmando que se necesitaría una inversión equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos del cambio climático y que de no hacerse dicha inversión, el mundo se expondría a una recesión que podría alcanzar el 20% del PIB global.¹⁶

La repercusión de estos estudios traspasó el ámbito puramente científico y se plasmó en el Programa Internacional de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Un informe encargado por Naciones Unidas, que muestra los estrechos vínculos que existen entre los sistemas naturales y el bienestar humano, introduciendo como eje esencial del debate los aspectos sociales de los ecosistemas y la biodiversidad a través de los servicios que generan a la sociedad.¹⁷

Perdida de biodiversidad y enfermedades.

La diversidad biofísica de microorganismos, flora y fauna ofrece amplios conocimientos que entrañan beneficios importantes para la biología, las ciencias de la salud y la farmacología. Una mayor comprensión de la biodiversidad de la Tierra propicia descubrimientos médicos y farmacológicos de relieve. La pérdida de biodiversidad puede limitar el descubrimiento de posibles tratamientos de muchas enfermedades y problemas de salud.¹⁸

Los cambios en la biodiversidad afectan el funcionamiento de los ecosistemas y pueden ocasionar alteraciones importantes de los bienes y servicios que estos proporcionan. La pérdida de biodiversidad también significa pérdida, aun antes de descubrirlas, de muchas sustancias naturales y genes como los que ya han brindado enormes beneficios sanitarios a la humanidad. Las actividades humanas están trastornando tanto la estructura como las funciones de los ecosistemas y alterando la biodiversidad autóctona. Algunas de estas alteraciones reducen la abundancia de ciertos organismos, propician la multiplicación de otros, modifican la interacción entre ellos y alteran las interacciones entre los organismos y sus entornos físico y químico. La manera en que se presentan las enfermedades infecciosas se ve influida por estas perturbaciones.¹⁹

La pérdida de diversidad no sólo tiene efectos sobre la estructura, la economía y fluctuaciones del clima, sino que además aumenta los riesgos de que se presenten daños a la salud ya que mientras menos diversidad presente un sistema, mayor es su vulnerabilidad a las plagas, y consecuentes enfermedades.²⁰

En el país, al igual que en el resto del mundo, la biodiversidad enfrenta cambios en los ecosistemas que las actividades humanas han producido para satisfacer las crecientes demandas de una población que ha crecido desproporcionadamente, crecimiento que propició cambio de uso del suelo, construcción de infraestructura carretera, introducción de especies invasoras, incendios

forestales, sobreexplotación de los recursos naturales, aprovechamiento ilegal, emisiones a la atmósfera y el consecuente cambio climático. Todo ello ha traído consigo, además de la pérdida y deterioro de los diversos servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas, ritmos de extinción de especies muy importantes, mayores en algunos casos, a los observados en el registro fósil.²¹

Felicia Keesing, bióloga del Bard College en Annandale, Nueva York, y sus colegas descubrieron que “Existe un patrón entre la pérdida de biodiversidad y el aumento de la transmisión de la enfermedades”, estudio publicado en *Nature*. En donde especulan que las especies que mejor amortiguan la transmisión de enfermedades, porque tienen bajas tasas de reproducción o una fuerte inmunidad, tienden a morir antes cuando disminuye la diversidad, mientras que las especies con altas tasas de reproducción o menor inmunidad y que por lo tanto es más probable que porten enfermedades, sobreviven durante más tiempo.^{22,23,24,25}

“El mensaje claro es que degradamos los ecosistemas a nuestro propio riesgo”.

Barragán y col., encontraron que la prevalencia del hantavirus en la especie de roedores, *Peromyscus maniculatus*, el llamado ratón ciervo, aumentó del 2 al 14% cuando la diversidad de especies de mamíferos se redujo en esa zona, el hantavirus es un problema latente de salud pública en México, en 1993 se registró la primera epidemia de hantavirus en el Sudoeste de los Estados Unidos. Los casos humanos presentaron el Síndrome Pulmonar por Hantavirus (HPS), con una tasa de mortalidad de 50%, enfermedad transmitida por excretas en aerosol de ratones silvestres que incursionaron en los domicilios, a la fecha no existe tratamiento. Se sospecha que el virus es prevalente ya que sus reservorios roedores se encuentran en el Norte de México, por lo que el riesgo es potencial para la presencia de casos humanos en México es muy alto.^{26,27}

La enfermedad por virus del Oeste del Nilo (VON) es una realidad en México el virus ARN perteneciente a la familia *Flaviviridae* del género *Flavivirus* que causa infección en aves, equinos y humanos. La infección por VON es transmitida por el mosquito *Culex* sp. El virus mantiene un ciclo de transmisión mosquito-ave-mosquito. Los seres humanos son huéspedes accidentales. Téllez., encontró fuertes vínculos entre una baja diversidad de aves y una mayor incidencia de VON en Estados Unidos. Las comunidades con baja diversidad de aves estaban dominadas por especies susceptibles al virus, lo que indujo altas tasas de infección en mosquitos y personas. Por el contrario, las comunidades que acogían una mayor variedad de aves poseían muchas especies que no eran anfitrionas del virus. Mediante el programa de vigilancia epidemiológica en nuestro país, se han reportado 90 muestras positivas en 1,223 casos estudiados en aves hasta el 15 de Septiembre del 2005.²⁸

La enfermedad de Lyme, que puede transmitirse a los humanos mediante las garrapatas que portan ciertos animales, su incidencia es mayor en ecosistemas en los que se ha reducido la biodiversidad. Los investigadores aseguran que en lugares en los que hay comunidades intactas de zarigüeyas, la tasa de transmisión de esa enfermedad a humanos se reduce, debido a que las garrapatas no son



capaces de sobrevivir en esos animales. Si la presencia de esos mamíferos merma, aumenta la posibilidad de contagio. Gordillo- Pérez en la ciudad de México y en el noreste de la República Mexicana revelando prevalencia de 6.3 a 3.4% respectivamente en 2003.^{29,30,31}

La conservación de la biodiversidad, reduciendo el contacto con los seres humanos, puede limitar la propagación de agentes patógenos.³²

En todo caso, la posible asociación entre la pérdida de especies y el aumento de las infecciones es un motivo más para "incrementar con urgencia los esfuerzos locales, regionales y globales para preservar los ecosistemas y la biodiversidad que contienen".³³

Will Turner, ecologista y director de prioridades de Conservación Internacional, con sede en Arlington, Virginia, en la Reunión de Tokio de 2012, consideró que la degradación indiscriminada de los ecosistemas aumentará el riesgo de transmisión de enfermedades transmisibles por vectores en las poblaciones rurales y urbanas la biodiversidad puede ayudar a detener la propagación de enfermedades infecciosas".³⁴

Hay un largo camino por recorrer antes de que los investigadores puedan entender los mecanismos del trabajo, pero "el mensaje claro es que degradamos los ecosistemas a nuestro propio riesgo".

Las modificaciones ambientales que resultan de las actividades humanas y en menor grado de los fenómenos naturales han influido de manera individual o colectiva, en un incremento de la morbilidad y mortalidad de varias parasitosis emergentes. En México existe una gran laguna de conocimientos con relación a la prevalencia de infecciones zoonóticas en el ámbito silvestre. Las infecciones presentes en los animales silvestres no están consideradas en los programas gubernamentales de monitoreo, aun cuando cerca de 70% de las enfermedades humanas son ocasionadas por patógenos provenientes de la fauna silvestre.³⁵

Nuestra salud depende de muchos factores como el entorno, la genética, el estilo de vida o los avances científicos entre otros. Uno de los más importantes, y menos conocidos, es la biodiversidad. "La biodiversidad es algo más que la protección de especies, más que las cuestiones éticas, más que las cuestiones económicas. Se trata ante todo de una cuestión de salud pública". La biodiversidad sostiene la vida en nuestro planeta. La naturaleza no funciona mediante la lógica, sino por azar a lo largo millones de años. De esta manera, proporciona compuestos activos con propiedades que quizás nunca se descubrirían en un laboratorio.

Nuestro país ocupa uno de los primeros lugares mundiales en biodiversidad; la cual pudiera funcionar como esa barrera invisible, de la que he escuchado hablar a nuestros epidemiólogos, para impedir que ante la falta de recursos económicos asignados a investigación, sea nuestra biodiversidad la responsable de salvaguardar nuestra salud.

Referencias bibliográficas

1. En: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2147rank.html>

2. Conabrio. (2000). Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 103p.
3. Mittermeier, R.A. y C. Mittermeier. (1992). La importancia de la diversidad biológica de México. En: J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.), México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 63-73.
4. Mittermeier et al. (1997). Megadiversidad: Los Países Biológicamente más Ricos del Mundo. México: Cementos Mexicanos. Conabio. La diversidad biológica de México: Estudio de país. México. 1998. En: www.biodiversidad.gob.mx/pdf/libros/divBiolMexEstPais98.pdf
5. Conabrio. (2006). Capital Natural y Bienestar Social. México. En: www.biodiversidad.gob.mx/pais/capital-natl.html
6. Conabrio. (2006). Capital Natural y Bienestar Social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 71p.
7. Rzedowski, J. (1998). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: Ramamoothy, T.P.R. Bye, A. Lot y J. Fa. Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución. UNAM. México.
8. Tamiflu, el árbol del anís estrellado y la gripe porcina : CAMBIO ... cambio-climatiko. blogsport.com/.../tamiflu-el-arbol-del-anis-estrellado...
9. La industria farmacéutica en México - revista de comercio exterior ... revistas. bancomext.gob.mx/rce/magazines/89/4/Industr-farma.pdf
10. Daily, G. C., Alexander, S., Ehrlich, P.R., Goulder, L., Lubchenko, J., Matson, P.A., Mooney, H.A., Postel, S., Schneider, S.H., Tilman, D. and Woodwell, G.M. (1997) 'Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems', *Issues in Ecology* 2: 1-13.
11. Costanza, R., and Folke, C. (1997) 'Valuing ecosystem services with efficiency, fairness, and sustainability goals' (in Daily, Gretchen (eds) (1997) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, 49-65. Island Press, Washington, D.C.
12. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neil, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P., van den Belt, J., (1997). The value of the worlds ecosystem services and natural capital. *Ecol. Econom.* 25 (1), 3-15.
13. Gómez-Bagghetun, E., Groot, R., Lomas, P. & Montes, C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics* 69: 1209-1218.
14. Gómez-Bagghetun, E. and Pérez, M. Economic valuation and the commodification of ecosystem services. *Progress in Physical Geography*, 1-16.
15. Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., and van den Belt, M. (1997) 'The value of the world's ecosystem services and natural capital', *Nature*, 387: 253-260.
16. Stern, N. (2006). *Stern Review on the Economics of Climate Change*. Disponible en www.sternreview.org.uk.
17. Montes, C, Sala, O- (2007). Ecosistemas. La evaluación de los ecosistemas del milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. Disponible en www.revistaecosistemas.net
18. OMS | Diversidad biológica. En: www.who.int/globalchange/ecosystems/biodiversity/es/
19. La importancia del estudio de enfermedades en la conservación de fauna silvestre GS Azpiri, FG Maldonado, GC González - Vet. Méx, 2000 - medigraphic.com
20. Biodiversidad. En: www.eurosur.org/medio_ambiente/bif91.htm
21. Biodiversidad. En: www.eurosur.org/medio_ambiente/bif91.htm
22. Keesing, F.; Brunner, J., Duerr, S.; Killilea, M.; LoGiudice, K. et al. (2009). Hosts as ecological traps for the vector of Lyme disease. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, Vol.276, 3911-3919.
23. Keesing, F.; Belden, L.K.; Daszak, P.; Dobson, A.; Harvell, C.D. et al. (2010). Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature*, Vol.468, 647-652.
24. Keesing, F.; Holt, R.D. & Ostfeld, R.S. (2006). Effects of species diversity on disease risk. *Ecology Letters*, Vol.9, 485-498.
25. Keesing, F. (2010). Bióloga del Bard College en Annandale, Nueva York, y sus colegas revisaron Keesing, F. et al. *Nature* 468, 647-652.
26. Barragán, G., Loaiza, B., Haydé, M., Flores, S., de la Garza O, F., Alcocer, G., ... & Fernández, S. (2002). Hantavirus: un problema latente de salud pública en México. *Ciencia UANL*, 5(2).
27. Barragán, G., (2002). Hantavirus: un problema latente de salud pública en México. *Ciencia UANL*, 2002, vol. 5, no 2.
28. Téllez I., Calderón O., Franco_Paredes C., Riob C. (2006). El virus del Oeste del Nilo: una realidad en México. *Gaceta Médica México* Vol. 142 No. 6. En: <http://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2006/gm066i.pdf>
29. Gordillo-Pérez G, Torres J, Solórzano-Santos F, Garduno-Bautista V, Tapia-Conyer R, Muñoz F. (2003). Estudio seroepidemiológico de borreliosis de Lyme en la Ciudad de México y el noreste de la República Mexicana. *Salud Pública Mex* ;45:351-355.
30. Harvell D., Mitchell, Ch., Ward J., Altizer S., Dobson A., Ostfeld R., (2002). Climate Warming and Disease Risks for Terrestrial and Marine Biota. www.sciencemag.org SCIENCE VOL 296.
31. Keesing, F., Belden L., Daszak P., Dobson A., Harvell D., Holt R., Hudson P., Jolles A., Jones K., Mitchell Ch., Myers S., Bogich T., Ostfeld R. (2010) Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature* 468, 647-652.
32. Natasha Gilbert: *Nature.com* 22 septiembre 2011. En: <http://www.nature.com/news/2011/110922/full/news.2011.553.html>
33. <http://www.elmundo.es/elmundosalud/2010/12/01/biociencia/1291226790.html>
34. Turner, W. R., R. A. Mittermeier, J. Marton-Lefèvre, S. N. Stuart, J. Smart, J. M. Langley, F. W. Larsen, and E. R. Selig. (2012). Biodiversity: Conserving the foundation of sustainable development. In *Environment and Development Challenges: The Imperative to Act*. Asahi Glass Foundation Blue Planet Prize, Tokyo.
35. Control and prevention of emerging zoonoses - Faculty - University ... faculty. vetmed.ucdavis.edu/.../controlemergingz...