

Sustentabilidad y ecología de las enfermedades infecciosas

Angélica María **Hernández-Ramírez**

“... Nada en la vida es para ser temido, es solo para ser comprendido. Ahora es el momento de entender más, de modo que podamos temer menos...”

Marie Curie

En los últimos meses las naciones del mundo han experimentado cambios significativos asociados a la presencia del virus SARS-CoV-2 (COVID-19) y su diseminación,¹ al tiempo que se han concentrado esfuerzos para contener la transmisión y paliar la propagación masiva del virus en la población humana, las reflexiones en torno al papel de los sistemas ecológicos cobran mayor interés. Por ello, es necesario revisar el conocimiento respecto de la ecología de las enfermedades infecciosas que afectan a los seres humanos para entender su surgimiento (emergencia) y transmisión (vías de contagio).

LA IMPORTANCIA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PARA EL BIENESTAR HUMANO

Los sistemas biológicos (ecosistemas) aportan beneficios a las sociedades humanas² a través de: 1) proveer abastecimiento o provisión de alimentos, materiales y agua; 2) proveer los servicios de regulación del clima, del ciclo de nutrientes, de la fertilidad del suelo, de control de las enfermedades infecciosas, de la polinización y dispersión;

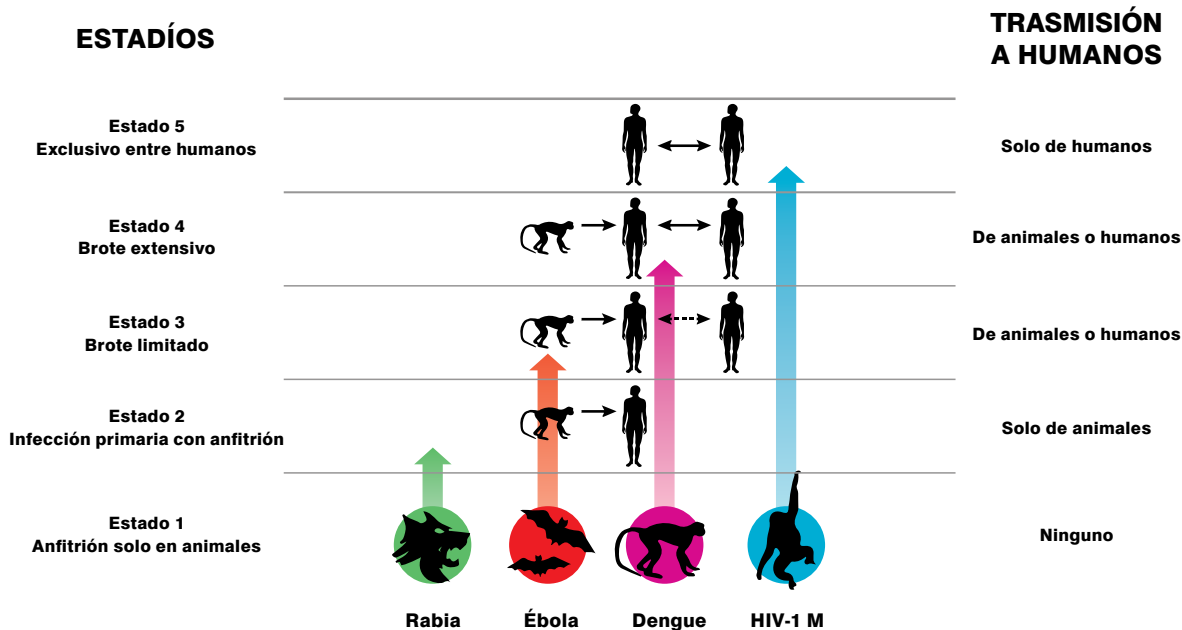


Figura 1. Vías de propagación de las enfermedades infecciosas. Estado 1. Incluye a las infecciones zoonóticas primarias (transmisión directa pero interrumpida, no existe organismo intermediario y/o anfitrión de la enfermedad). Estado 2. Incluye las infecciones zoonóticas en las que participa un organismo intermediario y/o anfitrión de la enfermedad para que llegue al ser humano; después de un primer brote es posible que se transmita entre humanos. Estados 3 y 4. Incluyen a las infecciones zoonóticas con la habilidad de transmitirse a humanos a través de organismos intermediarios y/o anfitriones que pueden ser de diversas especies (por ejemplo, el dengue es transmitido por diversas especies de mosquito), por lo que su transmisión se considera extensiva y entre humanos se presenta la transmisión de tipo comunitaria. Estado 5. Incluye la presencia de nuevos patógenos (o zoonóticos que mutaron) cuya vía de transmisión es exclusivamente entre humanos. Modificado de Wolfe (2011).

y 3) de protección o soporte a través de la biodiversidad, el hábitat, los recursos hídricos y forestales como elementos base para el funcionamiento del sistema.³ En conjunto, los sistemas biológicos proveen las condiciones necesarias para la vida en la Tierra, por lo que su debilitamiento puede afectar el bienestar de los seres humanos. Desde el punto de vista ecológico es posible reconocer las causas primarias que influyen en el surgimiento de las enfermedades infecciosas, las cuales se ubican en la interfase ser humano-animal-ecosistema.

LA ZONOSIS Y SUS VÍAS DE TRASMISIÓN

Las enfermedades infecciosas que afectan a los seres humanos son causadas por la presencia de parásitos, bacterias, hongos y virus. A pesar de existir diversas vías de transmisión, se sabe que cerca del 73 % de las enfermedades de este tipo son de origen zoonótico⁴ (que se desarrollan en los animales).

Específicamente, las enfermedades infecciosas de origen animal pueden transmitirse de forma directa a través del contacto que existe entre los animales anfitriones de la enfermedad (reservorios) y los seres humanos. En otros casos, las enfermedades infecciosas de origen animal se transmiten a través de organismos intermediarios⁵ (Figura 1).

FACTORES QUE REPERCUTEN EN EL SURGIMIENTO DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS

La demanda en la provisión de alimentos, agua y servicios necesarios para satisfacer las necesidades humanas ha propiciado que selvas y bosques se transformen en áreas de producción agrícola y pecuaria a gran escala y a mayor velocidad.⁶ El cambio climático (alteración de los patrones de humedad y temperatura a nivel local, regional y global), así como la captura y comercio de fauna silvestre han sido los factores que se han asociado con la emergencia de las enfermedades infecciosas en humanos.⁷

En lo que respecta al cambio de la cobertura original (selvas, bosques, sabanas), se sabe que la transmisión de rabia por murciélagos hacia los seres humanos ocurre a través de organismos intermediarios como el ganado.⁸ En América del Sur se ha documentado que la disminución de la cubierta forestal asociada a la ganadería extensiva ha incrementado los casos de rabia en humanos.⁹ La fiebre hemorrágica viral transmitida por garrapatas (*Hae-maphysalis spinigera*) surgió a través de la invasión de la agricultura y el ganado en los bosques del suroeste de la India.¹⁰ La expansión en la distribución del flavivirus que causa la encefalitis japonesa, transmitida por el mosquito *Culex tritaeniorhynchus* en el sudeste asiático, se ha asociado con el incremento en la producción de arroz y cría de cerdos en Asia.¹¹ Lo anterior se debe a que el aumento en los campos de arroz irrigados artificialmente incrementa la densidad de mosquitos vectores y la cría de cerdos aumenta los riesgos de propagación del virus a humanos a través de los cerdos en los corrales.¹² La fragmentación en los bosques de América del Norte ha incrementado el riesgo de transmisión de la enfermedad de Lyme a humanos causada por la bacteria *Borrelia burgdorferi*, la cual es transmitida por la picadura de garrapatas que utilizan como intermediario al ratón de patas blancas (*Peromyscus leucopus*).¹³ Se sabe que en bosques conservados y con alta diversidad de vertebrados, la infección en mamíferos pequeños por la bacteria *Borrelia burgdorferi* es baja. No obstante, en ambientes fragmentados en donde el número de ratones anfitriones es alto, es más probable que estos se infecten y transmitan la enfermedad a seres humanos.¹⁴

En lo que respecta al cambio climático, la alteración de los patrones de humedad y temperatura (cambio climático) ha propiciado que la malaria y el dengue se extiendan a nuevas regiones del mundo. Específicamente, ambas enfermedades se transmiten a través de mosquitos vectores que habitan en climas cálidos (*Anopheles* spp. y *Aedes aegypti*; respectivamente).¹⁵ No obstante, el incremento en la temperatura hace que se amplíe el rango de distribución de los mosquitos e invada zonas montañosas de mayor altitud.

Con respecto a los mercados de animales vivos, se piensa que la aparición de VIH se relaciona con la captura, cacería y tráfico de primates en los bosques de África Central, mientras que los brotes de fiebre hemorrágica del Ébola se han asociado con la captura,¹⁶ cacería y comercio de primates en Gabón y la República del Congo.¹⁷

Los primeros casos de Síndrome Respiratorio Agudo (SRAS, o SARS por sus siglas en inglés)¹⁸ y el del tipo asociado con el coronavirus en humanos se han relacionado con la presencia y contacto cercano entre los seres humanos y la vida silvestre que se encuentra cautiva por periodos prolongados en mercados locales.¹⁹

ASENTAMIENTOS HUMANOS Y SU RELACIÓN CON LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS

El incremento en el número de habitantes propicia el avance y cercanía de los asentamientos humanos a zonas de selvas y bosques donde habita la fauna silvestre. Los asentamientos humanos se caracterizan por ir acompañados de aves de corral y otros mamíferos criados en granjas. Estos animales domésticos incrementan el riesgo de transmisión hacia el ser humano de enfermedades infecciosas provenientes de la fauna silvestre,²⁰ ya que actúan como organismos intermediarios de transmisión (Figura 2). Por ejemplo, la presencia del virus Hendra que usa como organismo intermediario de transmisión a los caballos, el Lyssavirus (parecido al virus de la rabia) y el virus Menangle que usan como intermediario de transmisión a cerdos, han llegado de los murciélagos frugívoros (organismos anfitriones de la enfermedad) a los seres humanos a través de los animales domésticos.²¹ El incremento en la probabilidad de contacto entre murciélagos y animales domésticos se debe a la reducción del hábitat de los murciélagos (selvas y bosques), por lo que estos organismos llegan a alimentarse a los árboles frutales ubicados en las zonas periurbanas, donde se encuentran con los animales de granja.²²

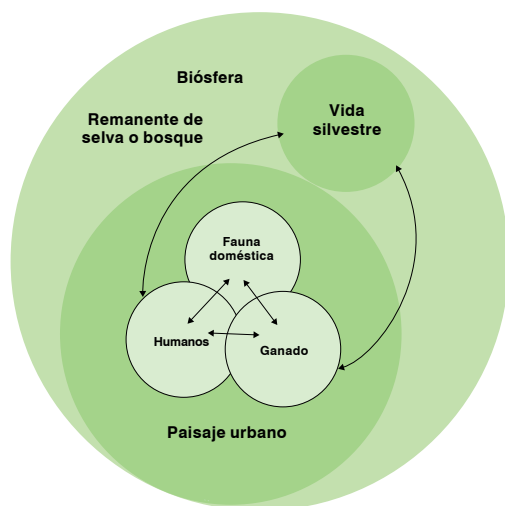


Figura 2. Vía de transmisión de las enfermedades infecciosas que se ubican en la interfase humano-animal-ecosistema. La cercanía del paisaje urbano (asentamientos humanos) y la presencia de fauna doméstica propician áreas de contacto (mayor probabilidad de transmisión de enfermedades zoonóticas) con la fauna silvestre que habita en remanentes de selvas y bosques.

El crecimiento de la población va acompañado de la ampliación de las carreteras y vías de comunicación y transporte, lo que favorece la movilidad de los seres humanos a gran escala y en un tiempo reducido. Esta alta movilidad ha propiciado el rebrote y expansión de enfermedades infecciosas. La fiebre de Chikungunya es transmitida por mosquitos endémicos de África y Asia, vectores del virus.²³ La diseminación de la enfermedad a escala global se propició por el viaje de personas portadoras del padecimiento a diferentes partes del mundo. Una vez llegado el virus a nuevos ambientes, este es propagado por nuevos mosquitos vectores y que suelen ser de amplia distribución; como es el caso de los mosquitos *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* mosquitos, transmisores de la fiebre de Chikungunya en el continente americano.²⁴

A este ejemplo se suma lo ocurrido recientemente con el virus SARS-CoV-2 (causante de la enfermedad COVID-19), el cual se diseminó de la ciudad de Wuhan en China a otros países y continentes como resultado de su alta virulencia ligada al patrón de aglomeración en grandes metrópolis y a la gran movilidad de las personas infectadas por el

virus. Para el caso del virus SARS-CoV-2 no fue necesaria la presencia de un organismo intermedio de transmisión del virus, ya que la transmisión se realizó de persona a persona una vez que los seres humanos fueron infectados.

“La salud sostenida de las poblaciones humanas requiere de la integridad continua de los sistemas naturales de la tierra...” Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.

SUSTENTABILIDAD

La crisis que actualmente vive la humanidad relacionada con la pandemia de COVID-19 se ha caracterizado por ser más rápida y agresiva, alterando las actividades económicas, políticas y sociales a escala global. Las proyecciones apuntan a un desaceleramiento en el patrón actual de desarrollo económico en el mundo.²⁵ En este sentido, desde 1987, en el Informe Brundtland que se presentó ante la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, se alertó que las poblaciones humanas deberían controlar sus tasas de natalidad y la sociedad debería transitar a estilos y formas de vida más saludables y ambientalmente amigables.²⁶

De 1987 a la fecha han surgido reflexiones y propuestas en las que se reconoce la necesidad que tiene la sociedad humana para modificar sus patrones de producción y consumo como estrategia factible y clara para que los pueblos de todo el mundo puedan transitar a formas de vida más sustentables.²⁷ Muchas de estas estrategias de producción provienen de saberes y prácticas de los pueblos indígenas²⁸ e incluyen como ejemplos a citar:

1) Diversificación espacial y temporal de cultivos multiespecíficos: policultivos de rotación en el espacio y en el tiempo y uso de especies adaptadas a condiciones climáticas de lluvia-sequía para ser cultivadas en su respectiva temporalidad.²⁹

2) Cultivos de cobertura: empleo de especies con diferente altura que permite la coexistencia de especies de interés comercial y de especies nativas de cada región (café de sombra).³⁰

3) Cultivos intercalados: mezcla de cultivos que favorezca cosechas diversificadas y que proteja los cultivos a través del uso de especies aromáticas y/o resistentes a plagas y enfermedades³¹ (barrera y control biológico).

4) Empleo de leguminosas en policultivos como especies fijadoras de nitrógeno que al perder hojas durante la estación de secas favorecen el aporte de nutrientes al suelo.³²

El empleo de cultivos multiespecíficos y diversificados favorece una cosecha diversificada, un menor agotamiento del suelo (en términos agronómicos) y menor necesidad de insumos.³³ De manera paralela, se plantea que la ciencia y tecnología canalicen sus esfuerzos en el desarrollo de tecnologías e industrias limpias,³⁴ así como la promoción en el uso de ecotecnologías.³⁵

Desde el punto de vista de los patrones de consumo, se exhorta a las sociedades humanas a utilizar productos frescos que pueden encontrarse

en mercados locales y a que prefieran consumir aquellos productos que garanticen que provienen de buenas prácticas y de mercados justos.³⁶ Esta estrategia de modificación en el patrón de consumo contribuiría a disminuir la huella ecológica y a promover el desarrollo local.

Si bien la noción de sustentabilidad aporta elementos para hacer cambios importantes que permitan detener y eventualmente revertir el daño y deterioro ambiental actual, es necesario que las políticas nacionales e internacionales reincorporen a sus agendas la importancia que tienen las áreas naturales protegidas para su manejo, gestión, fortalecimiento y efectividad.

La conciencia de que la salud humana es un reflejo de las circunstancias ecológicas, del óptimo funcionamiento de los sistemas biológicos y de los servicios ambientales derivados de los ecosistemas naturales ha sido un *ethos* de la investigación ecológica. Las lecciones que se tengan que





© Enrique Soto. Museo Semmelweis de la Historia de la Medicina, Budapest, 2008.

aprender y las acciones que se deban emprender el día de hoy repercutirán en un futuro inmediato ya sea en beneficio o perjuicio de los seres humanos.

REFERENCIAS

- ¹ Wu Z and McGoogan JM (2020). *Characteristics of and important lessons from the Coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China*. Summary of a report of 72314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. JAMA. Published online February 24, 2020. doi:10.1001/jama.2020.2648
- ² Hermann A, Schleifer S and Wrbka T (2011). The Concept of ecosystem services regarding landscape research: a review. *Living Rev. Landscape Research* 5:5-37
- ³ Seppelt R, Dormann CF, Eppink FV, Lautenbach S and Schmidt S (2011). A quantitative review of ecosystem services studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology* 48:630-636.
- ⁴ Woolhouse MEJ and Gowtage-Sequeria S (2005). Host range and emerging and reemerging pathogens. *Emerging Infection Diseases* 11:1842-1847.
- ⁵ Wolf N (2011). *The viral storm: the dawn of new pandemic age*. New York: Penguin.
- ⁶ McMichael AJ (2004). Environmental and social influences on emerging infectious diseases: Past, present and future. *Philosophical Transactions of the Royal Society London Series Biology* 359:1049-1058.
- ⁷ McMichael AJ, Bolin B, Costanza R, Daily GC, Folke C, Lindahl-Kiessling K, Lindgren E and Niklasson B (1999). Globalization and the sustainability of human health. *BioScience* 49:205-2010.
- ⁸ Childs JE, Richt JA and Mackenzie JS (2007). Introduction: Conceptualizing and partitioning the emergence process of zoonotic viruses from wildlife to humans. *Current Topics in Microbiology and Immunology* 315:1-31.
- ⁹ Belotto A, Leanes LF, Schneider MC, Tamayo H and Correa E (2005). Overview of rabies in the Americas. *Virus Research* 111:5-1.
- ¹⁰ Daszak P, Cunningham AA and Hyatt AD (2000). Emerging infectious diseases of wildlife – threats to biodiversity and human health. *Science* 287:443-449.
- ¹¹ Vora N (2008). Impact of anthropogenic environmental alterations on vector-borne diseases. *Medscape Journal of Medicine* 10:238-245.
- ¹² Pfeffer M, Dobler G (2010). Emergence of zoonotic arboviruses by animal trade and migration. *Parasites and Vectors* 3:35-45.
- ¹³ Despommier D, Ellis B and Wilcox B (2006.) The role of ecotones in emerging infectious diseases. *EcoHealth* 3:281-289.
- ¹⁴ Pongsiri MJ, Roman J, Ezenwa VO, Goldberg TL, Koren HS, Newbold SC, Ostfeld RS, Pattanayak SK and Salked DJ (2009). Biodiversity loss affects global disease ecology. *Bioscience* 59:945-954.
- ¹⁵ Epstein PR, Diaz HF, Elias S, Grabherr G, Graham NE, Martens WJM, Mosley-Thomson E and Susskind J (1998). Biological and physical signs of climate change: Focus on mosquito-borne diseases. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78:409-417.
- ¹⁶ Leroy EM, Rouquet P, Formenty P, Souquière S, Kilbourne A, Froment J-M, Bermejo M, Smit S, Karesh W, Swanepoel R, Zaki SR and Rollin PE (2004). Multiple Ebola virus transmission events and rapid decline of central African wildlife. *Science* 303:387-390.
- ¹⁷ Gummow B (2010). Challenges posed by new and re-emerging infectious diseases in livestock production, wildlife and humans. *Livestock Science* 130:41-46.
- ¹⁸ Li W, Shi Z, Yu M, Ren W, Smith C, Epstein JH, Wang H, Cramer G, Hu Z, Zhang H, Shang J, McEachern J, Field H, Daszak P, Eaton BT,

Zhang S and Wang L-F (2005). Bats are natural reservoirs of SARS-like coronaviruses. *Science* 310:676-679.

¹⁹ van den Hurk AF, Ritchie SA and Mackenzie JS (2009). Ecology and geographical expansion of Japanese encephalitis virus. *Annual Review Entomology* 54:17-35.

²⁰ Landolt GA and Olsen CW (2007). Up to new tricks —a review of cross-species transmission of influenza A virus. *Animal Health Research Review* 8:1-21.

²¹ Daszak P, Plowright RK, Epstein JH, Pulliam J, Rahman SA, Field HE, Jamaluddin A, Sharifah SH, Smith CS, Olival KJ, Luby S, Halpin K, Hyatt AD, Cunningham AA and Henipavirus Ecology Research Group (2006). *The Emergence of Nipah and Hendra Virus: Pathogen Dynamics Across a Wildlife-Livestock-Human Continuum* (Oxford Univ Press, Oxford), pp 186-201.

²² Field HE (2009). Bats and emerging zoonoses: Henipaviruses and SARS. *Zoonoses Public Health* 56:278-284.

²³ Johansson MA, Powers AM, Pesik N, Cohen NJ and Staples JE (2014). Now casting the spread of Chikungunya virus in the Americas. *PLoS One* 9:e104915.

²⁴ Ng V, Fazil A, Gachon P, Deuymes G, Radojevic M, Mascarenhas M, Garasia S, Johansson MA and Ogden NH (2017). Assessment of the probability of autochthonous transmission of Chikungunya virus in Canada under recent and projected climate change. *Environmental Health Perspective* 125:067001.

²⁵ CEPAL (2020). *América Latina y el Caribe ante la pandemia de COVID-19: efectos económicos y sociales*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Disponible en: <https://www.cepal.org/es>.

²⁶ World Commission on Environmental and Development (WCED) (1987). Our Common future (Brundtland Report). United Nations.

²⁷ Weinstein MP, Turner E and Ibáñez C (2013). *The global sustainability transition: it is more than changing light*. Sustainability transition:

it is more than changing light bulbs. Winter 2013, volume 9/issue 1.

²⁸ Dewalt B (1994). Using indigenous knowledge to improve agriculture and natural resource management. *Human Organization* 5:11-27.

²⁹ Edwards CA, Grove TL, Harwood RR and Colfer CJP (1993). The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 46:99-121.

³⁰ Ewel J (1999). Natural systems as a model for the design of sustainable systems of land use. *Agroforestry Systems* 45:1-21.

³¹ Jackson W (2002). Natural systems agriculture: a truly radical alternative. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88:111-117.

³² Francis C (1986). *Multiple cropping systems*. New York: MacMillan.

³³ Farley J and Costanza R (2002). Envisioning shared goals for humanity: A detailed, shared vision of sustainable and desirable USA in 2100. *Ecological Economics* 43:245-259.

³⁴ Uphoff N and Altieri M (1999). *Alternatives to conventional modern agriculture for meeting world food needs in the next century*. New York: Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development.

³⁵ Ortiz Moreno JA, García SLM and Cerutti ORM (2015). Ecotecnología y sustentabilidad: una aproximación para el Sur global. *Interdisciplina* 7:193-215.

³⁶ Pretty J and Hine R (2001). *Feeding the world with sustainable agriculture: a summary of new evidence*. Final Report from SAFE-World Research Project. Inglaterra: University of Essex, Colchester.

Angélica María Hernández-Ramírez
Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes
Universidad Veracruzana
angehernandez@uv.mx

