



# La conectividad del paisaje como estrategia para atenuar el riesgo de zoonosis por la deforestación y defaunación

Edgar G. Leija<sup>1,\*</sup> , Manuel E. Mendoza<sup>1</sup>

(1) Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, C.P. 58190 Morelia, Michoacán, México.

\*Autor de correspondencia: Edgar G. Leija [[eleija@ciga.unam.mx](mailto:eleija@ciga.unam.mx)]

> Recibido el 03 de mayo de 2021- Aceptado el 21 de septiembre de 2021

**Como citar:** Leija, E.G., Mendoza, M.E. La conectividad del paisaje como estrategia para atenuar el riesgo de zoonosis por la deforestación y defaunación. *Ecosistemas* 30(3): 2235. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2235>

## La conectividad del paisaje como estrategia para atenuar el riesgo de zoonosis por la deforestación y defaunación

**Resumen:** Actualmente, el ser humano ha rebasado la capacidad de resistencia de los ecosistemas ante disturbios ecológicos a nivel mundial. Los impactos antropogénicos sobre el planeta durante siglos han ocasionado la transformación de bosques y selvas a un ritmo acelerado y sin precedentes a diferentes escalas, principalmente por los cambios en el uso del suelo, particularmente la deforestación. El crecimiento exponencial de la población y la enorme desigualdad social que prevalece, así como el desperdicio exorbitante de alimentos representan desafíos importantes para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible en el mundo, debido al incremento en el uso de los recursos para satisfacer las necesidades humanas. Además, aumentan el riesgo de desencadenar enfermedades zoonóticas emergentes transmitidas por animales silvestres en regiones tropicales, las cuales representan una amenaza para la salud pública. Ante este tipo de eventos, la conectividad del paisaje juega un papel clave en la conservación de la biodiversidad y en el mantenimiento de las funciones ecológicas, a través del desarrollo de herramientas para el análisis y planificación territorial. Lo que permitiría la restauración de los ecosistemas, la creación de corredores ecológicos principalmente para la protección de la fauna silvestre de mayor tamaño, así como disminuir el riesgo potencial de zoonosis y el desarrollo de estudios multidisciplinarios.

**Palabras clave:** ecología del paisaje; enfermedades zoonóticas; degradación del terreno; restauración del terreno

## Landscape connectivity as a strategy to mitigate the risk of zoonoses from deforestation and defaunation

**Abstract:** Currently, human being activities have impaired ecosystem's resistance capacity to ecological disturbances at global scale. Human impact during the last century has caused an unprecedented rate of transformation of temperate and tropical forest at different scales, mainly due to deforestation. Humanity's exponential population growth rate and dramatic social inequity represent important challenges for achieving sustainability goals, given increased and uneven use of resources. In addition, land use change increases the population's risk to be affected by zoonotic emergent disease in tropical and temperate regions, which represents a public held issue. Therefore, landscape connectivity plays a key role not only in biodiversity conservation and maintenance of ecological functions, making the development of tools for land analysis and land use planning. This would allow the restoration of ecosystems, the creation of ecological corridors mainly for the protection of larger wildlife, as well as reducing the potential risk of zoonoses and the development of multidisciplinary studies.

**Keywords:** land degradation; landscape ecology; landscape restoration; zoonotic disease

## Introducción

La relación del ser humano con la naturaleza, ha generado en los últimos tres siglos una historia compleja de como *Homo sapiens* ha modificado sus paisajes a escala global. El celebrado Premio Nobel en Química; Paul Crutzen ha sugerido la opción de una nueva era geológica llamada "Antropoceno", la cual se refiere al ritmo acelerado e intensificación del aprovechamiento de los recursos naturales, generando impactos sociales, económicos y ambientales irreversibles y sin precedentes (Crutzen 2002; 2009). Esta nueva era ha sido identificada como una transición que reviste particularidades que reconocen al ser humano como principal motor de cambio y alteración de los sistemas terrestres y acuáticos de la Tierra (Crutzen 2009; Viola et al. 2013).

Esta nueva extinción masiva pone en manifiesto el hecho de que la biodiversidad actual está en peligro. Siendo la deforestación el impulsor dominante a nivel mundial que ha causado la pérdida de la cubierta arbórea en más de 368Mha durante el periodo de 2001 a 2019, de acuerdo con los datos de Global Forest Watch (GFW <https://blog.globalforestwatch.org/data-and-research/global-tree-cover-loss-data-2019/>). Este impacto representa un grave problema para la composición, estructura de la vegetación y en la riqueza de los ecosistemas, debido a la ruptura de cadenas biológicas que mantienen la estabilidad entre ellos (Dirzo et al. 2014). También genera un declive en la abundancia local de las especies de vertebrados, proviniendo la contracción del rango geográfico de su distribución, ocasionando la extinción de las poblaciones (Dirzo et al. 2014).

Actualmente la población humana a nivel mundial padece una crisis sanitaria y ambiental, derivada a la pandemia generada por el virus SARS-CoV-2, patógeno que lamentablemente ha provocado enfermedades y muertes por la COVID-19 a millones de personas en el mundo. La proliferación de enfermedades infecciosas emergentes se ha relacionado a los cambios y procesos de transformación de los impactos sociales (Lin et al. 2018), económicos (Harte 2007) y en la naturaleza del planeta (Daily y Ehrlich 1996; Dirzo et al. 2014; Young et al. 2016). El aumento exponencial de la población y las presiones humanas sobre los ecosistemas, han mermado la capacidad de resistencia, resiliencia y la salud de los recursos naturales (Harte 2007; Leija et al. 2020; Bradshaw et al. 2021), y ha acelerado la disminución de sus superficies originales, comprometiendo su permanencia a corto y mediano plazo (Mendoza et al. 2011; Venter et al. 2016; Leija y Pavón 2017). El impacto en la huella humana ha sido documentado principalmente por las implicaciones que se asocian a la pérdida de biodiversidad (Correa et al. 2017). Además de documentarse un aumento del 9% en la huella humana durante el periodo de 1993-2009, cuyo crecimiento de la población fue de 23% y la economía mundial de 153% (Sanderson et al. 2002; Venter et al. 2016).

La fragmentación de los bosques y selvas tiene un efecto directo en la extinción de las poblaciones (Dirzo et al. 2014). Este impacto ha promovido su declive, observándose entre 1900 y 2015 con la mayor extinción de especies de vertebrados con 177, particularmente para los grandes mamíferos, tal como lo documenta la Unión Internacional de para Conservación de la Naturaleza (IUCN) por sus siglas en inglés. Ceballos y colaboradores (2017), reafirman este fenómeno al corroborar la pérdida entre el 30 y 40% en la distribución geográfica de las especies de vertebrados, derivada a la nueva era del Antropoceno (Crutzen 2002; Biermann 2014; Viola et al. 2013).

## Defaunación y zoonosis

La defaunación es un problema inminente debido a la pérdida de animales de mayor talla. Peres (2000) postuló que la relación del tamaño corporal de mamíferos en la amazonia brasileña está ligada a la disminución en densidad y biomasa mayores a 5 kg. Caso contrario con las especies menores a 1 kg, donde aumentan significativamente por el impacto humano. Esto se asocia principalmente que el fenómeno de la defaunación no es aleatorio y existe un impacto directo en especies medianas y grandes que favorecen a las especies pequeñas (Peres 2000; Ceballos et al. 2017). Se ha evidenciado en diferentes regiones tropicales del planeta, que los sitios con mayor perturbación han incrementado considerablemente la abundancia de roedores (Dirzo et al. 2014). Por ejemplo, Jareño y colaboradores (2015) documentaron para una región de España, el aumento de la expansión del campañol, roedor que asocia en áreas de cultivo derivado por el cambio en el uso del suelo y por el aumento en cultivos de regadío y alfalfa. Los roedores tienen el potencial de responder demográficamente a los cambios climáticos y usos de la tierra, generando condiciones favorables para su desarrollo y establecimiento (Singleton et al. 2010).

La defaunación, está relacionado directamente con la deforestación, principalmente por los cambios en la estructura, composición, la biodiversidad de los ecosistemas y los servicios ambientales que ofrecen (Dirzo y García 1992; Jones et al. 2013; Dirzo et al. 2014; Martínez-Ramos et al. 2016; Correa-Ayram et al. 2017). Por ello, la salud humana está cada vez más amenazada a consecuencia de la estrecha relación de los servicios que ofrecen la fauna y vegetación a los grupos humanos. Una gran parte de los ecosistemas naturales del planeta ha experimentado crecientes impactos humanos a través de la fragmentación, generando una crisis mundial para la biodiversidad. El riesgo de enfermedades zoonóticas por la defaunación selectiva y en los cambios en el comportamiento humano son impulsores de algunos eventos recientes de enfermedades como la Covid-19 y representan un problema para la salud pública a nivel mundial (Woolhouse y Gowtage-Sequeria 2005; Dirzo et al. 2014; Martínez-Ramos et al. 2016).

La interacción de los humanos y animales domesticados con la fauna silvestre, representa un riesgo potencial de transmisión de enfermedades zoonóticas (Jones et al. 2013; Yinon et al. 2018). Por ejemplo, a través de micropartículas de secreciones o excreciones de roedores infectados que se encuentran suspendidas en el aire. Este tipo de vectores se han documentado e identificando que el 58% de patógenos humanos han sido por la interacción con la fauna silvestre y un 13% más estaban emergiendo (Woolhouse y Gowtage-Sequeria 2005). El origen de estas enfermedades es mayor en puntos calientes o hotspots del planeta, principalmente en países en desarrollo y con altas tasas de deforestación (Jones et al. 2008, 2013; FAO 2015).

## Conectividad del paisaje

La conectividad del paisaje juega un papel importante al promover la reforestación y refaunación de los ecosistemas. Asimismo, posibilita la variabilidad genética entre distintas poblaciones, e incrementar la capacidad de recuperación ante cualquier tipo de perturbación potenciando la supervivencia de las poblaciones (Saura et al. 2011). Estos estudios se han centrado principalmente en los trópicos y en especies de tamaños medianos o grandes a través de la conectividad estructural y funcional (Correa-Ayram et al. 2016; 2019; Leija y Mendoza 2021). La conectividad del paisaje contribuye a la planificación de la restauración y del uso del suelo al construir propuestas para la implementación de corredores que aseguren la permanencia y funcionalidad de los ecosistemas (Correa-Ayram et al. 2017; Castillo et al. 2020; Leija y Mendoza 2021).

Existen mecanismos de cooperación internacional enfocados a estudios de conectividad del paisaje, en los cuales, han permitido integrar proyectos multi e interdisciplinarios que permiten detener la deforestación, la fragmentación y la pérdida de la diversidad biológica. Los esfuerzos han contribuido al bienestar humano, erradicar la pobreza y a mejorar la salud de los bosques (Chang et al. 2001; Armesto et al. 2007; CBD 2010; Castillo et al. 2019). Por ejemplo, el programa de Aichi 2010, que tiene por objetivo conectar el 17% de la superficie de la Tierra entre áreas protegidas, el cual logró un aumento en la conectividad de sus áreas protegidas (Saura et al. 2017, 2019).

Consideramos que estos proyectos internacionales han promovido la conservación de la biodiversidad, así como el papel fundamental de la conectividad del paisaje en la disminución del riesgo de infección por enfermedades zoonóticas. El incremento de la conectividad del paisaje ha promovido la restauración de los ecosistemas ante una creciente población mundial, al tiempo que se protege la salud humana, la interacción de las especies y protege el ambiente. Sin embargo, los estudios enfocados a la conectividad del paisaje aun presentan grandes desafíos y oportunidades que solamente se pueden lograr y fortalecer a través de nuevos enfoques metodológicos y multidisciplinarios que, complementen la teoría y su aplicación *sensu stricto*, dentro de un entorno cultural, político y biológico de las diferentes regiones del mundo. La conectividad del paisaje proporciona una nueva forma de evaluar y atenuar el impacto humano, además de ser una herramienta estratégica y adaptativa para los constantes procesos de transformación e impactos de las actividades antropogénicas.

## Agradecimientos

Los autores de este manuscrito agradecen la valiosa aportación en los comentarios y sugerencias del Dr. Rodolfo Dirzo, quien ha contribuido sustancialmente en mejorar este documento. Su trabajo y experiencia ha sido una fuente de interés en revisar este tema, particularmente vincularlo con estudios de conectividad del paisaje. Asimismo, agradecemos a los revisores anónimos, que enriquecieron el presente documento. El primer autor agradece el apoyo financiero y de investigación del Programa de Becas Posdoctorales DGAPA-UNAM.

## Contribución de los autores

Edgar G. Leija: diseño del estudio, análisis de información, escritura del documento; Manuel E. Mendoza: revisión y corrección del manuscrito.

## Referencias

- Armesto, J.J., Bautista, S., Del Val, E., Ferguson, B., García, X., Gaxiola, A., et al. 2007. Towards an ecological restoration network: reversing land degradation in Latin America. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 1-4. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[w1:TAERNR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[w1:TAERNR]2.0.CO;2)
- Biermann, F. 2014. *Earth system governance: World politics in the Anthropocene*. MIT Press. Cambridge, MA. Estados Unidos.
- Bradshaw, C.J.A., Ehrlich, P.R., Beattie, A., Ceballos, G., Crist, E., Diamond, J., et al. 2021. Underestimating the Challenges of Avoiding a Ghastly Future. *Frontiers in Conservation Science* 1:615419. <https://doi.org/10.3389/fcsc.2020.615419>
- Crutzen, P. 2002. Geology of mankind. *Nature* 415, 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>
- Chang, E., Echeverría, J., Miller y Tunstall, D. 2001. *Acciones catalíticas para implementar el Corredor Biológico Mesoamericano*. World Resources Institute, Washington DC, Estados Unidos.
- Crutzen, P. 2009. *Can We Survive the "Anthropocene" Period?* Project Syndicate. Disponible en: <https://www.project-syndicate.org/commentary/can-we-survive-the-anthropocene-period?barrier=accessreg>
- Convention on Biological Diversity [CBD] 2010. *Decision UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its Tenth Meeting*. Disponible en: <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=12268>
- Correa-Ayram, C., Mendoza, M.E., Etter, A., Pérez-Salicrup, D.R. 2016. Habitat connectivity in biodiversity conservation: a review of recent studies and applications. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 40(1), 7-37. <https://doi.org/10.1177/0309133315598713>
- Correa-Ayram, C., Mendoza, M.E., Etter, A., Pérez-Salicrup, D.R. 2017. Anthropogenic impact on habitat connectivity: a multidimensional human footprint index evaluated in a highly biodiversity landscape of Mexico. *Ecological Indicators* 72: 895-909 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.007>
- Correa-Ayram, C., Mendoza, M.E., Etter, A., Pérez-Salicrup, D.R. 2019. Effect of the landscape matrix condition for prioritizing Multi-Species Connectivity Conservation in a Highly Biodiverse Landscape of Central Mexico. *Regional Environmental Change* 19 (1): 149-163. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1393-8>
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Dirzo, R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(30) E6089-E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>
- Castillo, L.S., Correa-Ayram, C., Serrano, F., Chalán, L., Sánchez, F., More, A., et al. 2019. Cobertura de áreas protegidas y conectividad ecorregional en los países andinos tropicales. En: Valverde, J.B., Almeida, A., Chassot, O., Rognitz T.M., Arellano, S. (eds.). *Informe de memorias técnicas del III Congreso de Áreas Protegidas de Latinoamérica y el Caribe, Lima, Perú - 14 al 17 de octubre 2019*, pp. 235-236. CMAP, UICN, Sernanp y Minam Perú, Redparques y FAO LAC. San José, Costa Rica.
- Castillo, L.S., Correa-Ayram, C., Matallana, T.C.L., Corzo, G., et al. 2020. Connectivity of Protected Areas: Effect of Human Pressure and Subnational Contributions in the Ecoregions of Tropical Andean Countries. *Land* 9(8), 239. <https://doi.org/10.3390/land9080239>
- Daily, G.C., Ehrlich, P.R. 1996. Impacts of development and global change on the epidemiological. *Environment and Development Economics* 1, 311-346. <https://doi.org/10.1017/S1355770X00000656>
- Dirzo, R., García, M.C. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in Southeast Mexico. *Conservation Biology* 6: 84-90.
- Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J.B., Collen, B. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345(1695): 401-406. <https://doi.org/10.1126/science.1251817>
- Harte, J. 2007. Human population as a dynamic factor in environmental degradation. *Popular and Environment* 28, 223-236. <https://doi.org/10.1007/s11111-007-0048-3>
- FAO 2015. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015 ¿Cómo están cambiando los bosques del mundo?* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
- Jones, B.A., Grace, D., Kock, R., Alonso, S., Rushton, J., Said, M.Y., et al. 2013. Zoonosis emergence and agroecological change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (21) 8399-8404. <https://doi.org/10.1073/pnas.1208059110>
- Jones, K.E., Patel, N., Levy, M., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J.L., et al. 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 451(7181):990-993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- Jareño, D., Viñuela, J., Luque-Larena, J.J., Arroyo, L., Arroyo, B., Mougeot, F. 2015. Factors associated with the colonization of agricultural areas by common voles *Microtus arvalis* in NW Spain. *Biological Invasions* 17(8): 2315-2327. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0877-4>
- Leija, E.G., Mendoza, M.E. 2021. Estudios de conectividad del paisaje en América Latina: retos de investigación. *Revista Madera y Bosques* 27(1): e2712032.
- Leija, E.G., Pavón, N.P. 2017. The northernmost tropical rain forest of the Americas: endangered by agriculture expansion. *Tropical Ecology* 3: 641-652.
- Leija Loredó, E.G., Valenzuela Ceballos, S.I., Valencia Castro, M., Jiménez González, G., Castañeda Gaytán, G., Reyes Hernández, H., et al. 2020. Análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas. *Ecosistemas* 29 (1), 1826. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1826>
- Lin, D., Hanscom, L., Murthy, A., Galli, A., Evans, M., Neill, E., et al. 2018. Ecological footprint accounting for countries: updates and results of the National Footprint Accounts, 2012-2018. *Resources* 7:58. <https://doi.org/10.3390/resources7030058>
- Martínez-Ramos, M., Ortiz-Rodríguez, I., Piñero, D., Dirzo, R., Sarukhán, J. 2016. Humans disrupt ecological processes within tropical rainforest reserves. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 113:5323-5328.
- Mendoza, M.E., López, G.E., Geneletti, D., Pérez-Salicrup, D.R., Salinas, V. 2011. Analysing land cover and land use change processes at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). *Applied Geography* 31:237-250. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.05.010>
- Peres, C.A. 2000. Effects of Subsistence Hunting on Vertebrate Community Structure in Amazonian Forests. *Conservation Biology* 14(1):240-253. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98485.x>
- Sanderson, E.W., Jaiteh, M., Levy, M.A., Redford, K.H., Wannebo, A.V., Woolmer, G. 2002. The Human Footprint and the Last of the Wild: The human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. *BioScience* 52(10): 891-904. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0891:THFATL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0891:THFATL]2.0.CO;2)
- Singleton, G.R., Belmain, S.R., Brown, P.R., Hardy, B. 2010. *Rodent outbreaks: ecology and impacts*. International Rice Research Institute. Los Baños, Filipinas. pp 289.
- Saura, S., Vogt, P., Velázquez, J., Hernando, A., Tejera, R. 2011. Key structural forest connectors can be identified by combining landscape spatial pattern and network analyses. *Forest Ecology and Management* 262(2): 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.017>
- Saura, S., Bastin, L., Battistella, L., Mandrici, A., Dubois, G. 2017. Protected areas in the world's ecoregions: how well connected are they? *Ecological Indicators* 76, 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.047>
- Saura, S., Bertzky, B., Bastin, L., Battistella, L., Mandrici, A., Dubois, G. 2019. Global trends in protected area connectivity from 2010 to 2018. *Biological Conservation* 238, 108183. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.028>
- Venter, O., Sanderson, E., Magrach, A., Allan, J.R., Beher, J., Jones, K.R., et al. 2016. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature communications* 7, 12558. <https://doi.org/10.1038/ncomms12558>
- Viola, E., Franchini, M., Ribeiro, T. 2013. *Sistema internacional de hegemonia conservadora: governança global e democracia na era da crise climática*. Annablume, São Paulo, Brasil.
- Woolhouse, M.E.J., Gouwtage-Sequeria, S. 2005. Host range and emerging and reemerging pathogens. *Emerging Infectious Diseases* 11(12):1842-1847. <https://doi.org/10.3201/eid1112.050997>
- Yinon, M.B., Phillips, R., Milo, R. 2018. The biomass distribution on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 15 (25) 6506-6511; <https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115>
- Young, H.S., Dirzo, R., Helgen, K.M., McCauley, D.J., Nunn, C.L., Snyder, P., et al. 2016. Large wildlife removal drives immune defense increases in rodents. *Functional Ecology* 30(5):799-807. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12542>