

CAPÍTULO 7: LA BIODIVERSIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático y la biodiversidad están interconectados y son interdependientes, no sólo por los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad, sino también porque los cambios en el funcionamiento de la biodiversidad y el ecosistema afectan el cambio climático. Ya se han hecho evidentes los efectos de este último, tanto en la extinción de especies, como en alteraciones en las relaciones interespecíficas, especialmente las mutualísticas y las competitivas. Algunas especies tienden a florecer y reproducirse más tempranamente que lo normalmente esperado, mientras que las especies migratorias han modificado sus patrones de movilización hacia otras latitudes, cuando todavía no encuentran en éstas las condiciones requeridas para su alimentación o reproducción (IPCC, 2022).

García *et al.* (2018) demuestran que el calentamiento y la pérdida de biodiversidad interactúan sinérgicamente, afectando el funcionamiento de las comunidades microbianas. A medida que las temperaturas se apartaban de las condiciones ambientales normales, se requerían más especies para mantener el funcionamiento del ecosistema. Lo que sugiere que la complementariedad interespecífica aumentó bajo estrés térmico y las comunidades de alta diversidad que parecían funcionalmente redundantes a la temperatura ambiente, se volvieron funcionalmente más únicas a medida que cambiaban las temperaturas. Por lo tanto, la biodiversidad puede ser aún más importante de lo que se anticipó anteriormente al considerar los impactos de las múltiples facetas del cambio ambiental.

El IPCC (2022) afirma que el cambio climático en marcha, inducido en gran medida por las acciones y decisiones humanas, y cuyos efectos a corto plazo no son totalmente predecibles, debe combatirse manteniendo los ecosistemas capaces de absorber el exceso de CO₂ atmosférico, uno de los impulsores del aumento de las temperaturas globales, como lo son las selvas amazónicas, los bosques boreales y los océanos. En este sentido, Rockström *et al.* (2021) coinciden en destacar la necesidad de “cuidar”, esto es, administrar con sensatez y recelo bajo principios comprobados científicamente, tales ecosistemas. Dichos autores señalan que es hora de un cambio transformativo, similar al que reclama el IPBES (2019), en las políticas y programas de desarrollo, que guarden recelosamente sus objetivos y metas en función de la preservación de los pocos ecosistemas que aún cumplen prístinamente con su función de sumideros de carbono excedente de la atmósfera.

Algunas especies invaden otros ecosistemas, cuando en su hábitat natural ocurren cambios en el régimen de aguas, la temperatura y la concentración de CO₂, o por efecto de desastres climáticos como huracanes o inundaciones, incluso por causas humanas, voluntarias o involuntarias (Lovejoy, 2010). En los nuevos hábitats, las especies invasoras encuentran oportunidades para adaptarse y sobrevivir, afectando la dinámica de poblaciones y ocupando nichos de las especies nativas, incluso alterando las cadenas tróficas originales.

En conjunto, la complejidad de la interacción de estos dos factores globales –cambio climático y especies invasoras– se está incrementando dramáticamente, al igual que la evidencia sobre cómo el cambio climático está agravando los efectos de por sí devastadores de las especies invasoras. Los impactos del cambio climático, como el incremento de las temperaturas y los cambios en las concentraciones de CO₂, es probable que aumenten las oportunidades de las especies invasoras debido a su capacidad de adaptación a las perturbaciones y a una gama más amplia de condiciones biogeográficas y controles ambientales. Los impactos de las especies invasoras pueden ser más graves en tanto que aumentan en número y en alcance, al competir por los recursos disminuidos como el agua y los alimentos. Las temperaturas del aire y el agua más cálidas también pueden facilitar el movimiento de las especies a lo largo de las vías de propagación que antes eran inaccesibles, tanto naturales como provocados por el hombre (Burgiel y Muir, 2010).

Phil *et al.* (2021) hacen una síntesis de diez campos dentro de la ciencia del clima en los cuales ha habido avances significativos en los últimos cuatro años, a través de un proceso de elicitación de expertos con amplio alcance disciplinario. Los hallazgos incluyen:

- 1) una mejor comprensión de sensibilidad climática de equilibrio;
- 2) el derretimiento abrupto como acelerador de la liberación de carbono del permafrost;
- 3) cambios a nivel mundial y sumideros de carbono terrestres regionales;
- 4) impactos del cambio climático en crisis del agua, incluidas las perspectivas de equidad;
- 5) efectos adversos del cambio climático sobre la salud mental;
- 6) efectos inmediatos de la pandemia de covid-19 sobre el clima y los requisitos para paquetes de recuperación para cumplir con el acuerdo de París;
- 7) cambios sugeridos a largo plazo en la gobernanza y un contrato social para abordar el cambio climático, aprendiendo de la pandemia actual;

- 8) relación costo-beneficio positiva actualizada y nuevas perspectivas sobre el potencial de crecimiento verde a corto y largo plazo;
- 9) la electrificación urbana como estrategia para avanzar hacia sistemas energéticos bajos en carbono y
- 10) litigios basados en derechos como un método cada vez más importante para abordar el cambio climático, con aclaraciones recientes sobre la legitimación activa y la representación de las generaciones futuras.

En relación con los ecosistemas acuáticos, Worm *et al.* (2006) señalan que las relaciones positivas entre la diversidad de los océanos y las funciones y servicios del ecosistema se han establecido científicamente, así como la pérdida y recuperación de esta, en función de políticas y mecanismos adecuados. Las consecuencias sociales de una erosión continua de la diversidad de los océanos parecen estar acelerándose a escala global; tendencia muy preocupante, más aún cuando las proyecciones sugieren que los taxones actualmente explotados mediante la pesca desaparecerían a mediados del siglo XXI. Sugieren además que la eliminación de las poblaciones de especies adaptadas localmente no sólo deteriora la capacidad de los ecosistemas marinos a alimentar a una población humana creciente, sino también altera su estabilidad y su potencial de recuperación en un entorno rápidamente cambiante del mar. Mediante la restauración de la biodiversidad marina a través de gestión de la pesca sostenible, el control de la contaminación, el mantenimiento de hábitats esenciales y la creación de reservas marinas, es posible invertir en la productividad y la fiabilidad de los bienes y servicios que los océanos proporcionan a la humanidad.

Un ejemplo dramático lo constituye en pez león (*Pterois volitans*), originario del océano Índico y el mar Rojo, cuando varios ejemplares escaparon de un acuario en Florida a finales de los años 80. Con el tiempo, esta especie se aclimató a la zona del norte caribeño y su población se ha multiplicado, invadiendo los arrecifes coralinos y los manglares, especialmente en las Bahamas, donde se ha convertido en el principal predador de muchas especies de peces herbívoros y carnívoros, crustáceos, invertebrados y otras especies coralinas (Barbour *et al.*, 2010). Más recientemente, se ha hecho evidente el daño que está causando la pitón amarilla en los Everglades del estado de Florida en USA, traída y comercializada como mascota que luego fue liberada accidentalmente durante un huracán en 2004 e invadió el ecosistema de los Everglades en el sur de Florida.

El establecimiento de áreas protegidas, el pago por la restauración y preservación y la valoración monetaria de los servicios ecosistémicos, entre otras medidas, buscan minimizar la pérdida de biodiversidad y fortalecer la resiliencia de los ecosistemas y sus servicios para las comunidades humanas que hacen vida en ellos.

En el contexto del cambio climático y la biodiversidad, la vulnerabilidad es el grado en que se ve amenazada una especie o población con el deterioro, la reducción de aptitud o adaptabilidad, pérdida genética o la extinción, debido al cambio climático (Dawson *et al.*, 2011). La vulnerabilidad tiene tres componentes: la exposición (que está positivamente relacionado con la vulnerabilidad), sensibilidad (relación positiva), y la capacidad de adaptación (de forma negativa relacionados). La exposición se refiere a la magnitud de los cambios climáticos que experimenta una especie o localidad. La exposición depende de la velocidad y la magnitud del cambio climático (temperatura, precipitación, nivel del mar, frecuencia de inundaciones, y otros riesgos) en los hábitats y regiones ocupadas por la especie.

La sensibilidad es el grado en que la supervivencia, la persistencia, la aptitud, el rendimiento o la regeneración de una especie o población dependen del clima imperante, sobre todo las probabilidades de experimentar un cambio en las variables del clima en el futuro cercano. Las especies más sensibles son propensas a mostrar una mayor reducción de la supervivencia o la fecundidad con cambios menores de las variables climáticas. La sensibilidad depende de una variedad de factores, incluyendo la ecofisiología, la historia de vida y preferencias de microhábitat.

La capacidad de adaptación se refiere a la capacidad de una especie o población constituyente para hacer frente al cambio del clima por la persistencia *in situ*, desplazándose a microhábitats locales más adecuados, o emigrando a regiones más apropiadas. La capacidad de adaptación depende de una variedad de factores intrínsecos, como la plasticidad fenotípica la diversidad genética, las tasas de evolución, los rasgos de historia de vida, y la dispersión y capacidad de colonización.

Finalmente, dada la relevancia y estatus científico de las instituciones que lo generan, deben resaltarse algunas las principales conclusiones del estudio conjunto IPCC/IPBES (Pörtner *et al.*, 2021) sobre biodiversidad y cambio climático, las cuales se sintetizan a continuación:

- *El aumento del consumo de energía, la sobreexplotación de los recursos naturales y la transformación sin precedentes de los paisajes terrestres, de agua dulce y marinos, en los últimos 150 años, han ido aparejados con los avances tecnológicos y han respaldado mejores niveles de vida para muchas sociedades y regiones. Sin embargo, también han provocado cambios en el clima y una disminución acelerada de la diversidad biológica en todo el mundo, ambos afectando negativamente muchos aspectos de la buena calidad de vida. El reforzamiento mutuo del cambio climático y la pérdida de biodiversidad significa que la resolución satisfactoria de cualquiera de los problemas requiere la consideración del otro.*
- *Las políticas previas, hasta ahora, han abordado en gran medida los problemas del cambio climático y la pérdida de biodiversidad de forma independiente. Las políticas que abordan simultáneamente las sinergias entre la mitigación de la pérdida de biodiversidad y el cambio climático, al mismo tiempo que consideran sus impactos sociales, ofrecen la oportunidad de maximizar los cobeneficios y ayudar a cumplir las aspiraciones de desarrollo para todos.*
- *A medida que avanza el cambio climático, la distribución, el funcionamiento y las interacciones de los organismos y, por lo tanto, de los ecosistemas, se alteran cada vez más. La capacidad de adaptación de la mayoría de los ecosistemas y sistemas socioecológicos se verá superada por el cambio climático antropogénico constante, y se requerirá una capacidad de adaptación significativa para hacer frente al cambio climático residual, incluso con una reducción ambiciosa de las emisiones.*
- *En un mundo cada vez más afectado por el cambio climático, el mantenimiento de la biodiversidad depende de esfuerzos de conservación mejorados y bien enfocados, coordinados y respaldados por fuertes esfuerzos de adaptación e innovación. Los enfoques de conservación de la biodiversidad, como las áreas protegidas, han sido esenciales para los éxitos hasta la fecha, pero, en conjunto, han sido insuficientes para detener la pérdida de biodiversidad a escala mundial.*
- *Un nuevo paradigma de conservación abordaría los objetivos simultáneos de un clima habitable, una biodiversidad autosuficiente y una buena calidad de vida para todos. Los nuevos enfoques incluirían tanto la innovación como la adaptación y ampliación de los enfoques existentes. Las acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar*

los ecosistemas naturales y modificados que abordan los desafíos sociales, como la mitigación y adaptación climáticas, a menudo se denominan soluciones basadas en la naturaleza (SBN).

- *Las SBN pueden desempeñar un papel importante en la mitigación del cambio climático, pero se debate su alcance y solo pueden ser efectivas con reducciones ambiciosas en todas las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por el hombre. Las SBN pueden ser más efectivas cuando se planifican para la longevidad y no se enfocan únicamente en el secuestro rápido de carbono.*
- *El área de tierra y océano intacta y efectivamente protegida que se requiere para cumplir con los tres objetivos de un clima habitable, una biodiversidad autosuficiente y una buena calidad de vida aún no está bien establecida. Aunque la implementación de SBN también crea beneficios colaterales para la adaptación al cambio climático, para la naturaleza y sus contribuciones a las personas. Evitar y revertir la pérdida y degradación de ecosistemas terrestres y oceánicos ricos en carbono y especies es de suma importancia para las acciones combinadas de protección de la biodiversidad y mitigación del cambio climático con grandes cobeneficios de adaptación.*
- *Las prácticas agrícolas y forestales sostenibles pueden mejorar la capacidad de adaptación, aumentar la biodiversidad, aumentar el almacenamiento de carbono en las tierras agrícolas y los suelos y la vegetación de los bosques, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Tanto en los sistemas terrestres como marinos, existen opciones para combinar medidas basadas en la naturaleza y basadas en la tecnología para la mitigación y adaptación al cambio climático, al mismo tiempo que se contribuye a la biodiversidad.*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amat-García, G., E. Amat-García y E. Ariza-Marín. (2011). Insectos invasores en los tiempos del cambio climático. *Investigación y ciencia (ACAC, Col.)*. XVIII (4):44-53
- Appeltans, W., P. Bouchet, G.A. Boxshall, K. Fauchald, D.P. Gordon, B.W. Hoeksema, G.C.B. Poore, R.W.M. van Soest, S. Stöhr, T.C. Walter & M.J. Costello (Eds). (2011). *World Register of Marine Species*. <http://www.marinespecies.org>
- Arico, S. and C. Salpin. (2005). *Bioprospecting of Genetic Resources in the Deep Seabed: Scientific, Legal and Policy Aspects*. Yokohama, Japan. United Nations University, Institute of Advanced Studies. 76p.
- Baillie, J.E.M. & Butcher, E. R. (2012). *Priceless or Worthless? The world's most threatened species*. Zoological Society of London, United Kingdom
- Barbour, A. B., M. L. Montgomery, A. A. Adamson, E. Díaz-Ferguson & B. R. Silliman. (2010). Mangrove use by the invasive lionfish *Pterois volitans*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 401. pp:291-294.
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O., Swartz, B., Quental, T. B., ... & Ferrer, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471(7336), 51-57.
- Barrett, S. C. H. (2011). Why Reproductive Systems Matter for the Invasion Biology of Plants. IN: *Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton*. Edited by D. M. Richardson. West Sussex, England, Wiley-Blackwell Pub. pp:195-210.
- Bengtsson, J., J. Ahnström and A.-C. Weibull. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42, 261–269.
- Bennet, A. and D. Saunders. (2010). Habitat fragmentation and landscape change. IN: Sodhi N. S. and Paul R. Ehrlich. *Conservation Biology for All*. New York, Oxford University Press. pp:88–106.
- Bernery, C., Bellard, C., Courchamp, F., Brosse, S., Gozlan, R. E., Jarić, I., ... & Leroy, B. (2022). Freshwater fish invasions: A comprehensive review. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 53, 427-456.
- Boero F. and Erik Bonsdorff. (2007). A conceptual framework for marine biodiversity and ecosystem functioning. *Marine Ecology*, Vol. 28 (Suppl. 1):134–145

- Burgiel, S.W. and A.A. Muir. 2010. Invasive Species, Climate Change and Ecosystem- Based Adaptation: Addressing Multiple Drivers of Global Change. Global Invasive Species Programme (GISP), Washington, DC, US, and Nairobi, Kenya. 54p.
- Cardinale, B. J., D. S. Srivastava, J. Emmett Duffy, Justin P. Wright, A. L. Downing, M. Sankaran and C. Jouseau. (2006). Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature*, Vol. 443: 989–992
- Chao, S. (2012). FOREST PEOPLES: Numbers across the world. London, Forest Peoples Programme. 24p.
- Chapman, A. (2009). Numbers of Living Species in Australia and the world (2nd Ed). Canberra, Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. Commonwealth of Australia. 78p.
- Chomitz, K. M. (2007). At loggerheads? agricultural expansion, poverty reduction, and environment in the tropical forests. Washington DC, World Bank. 284p.
- Coleman, D.C., Callaham Jr. M.A & D.A. Crossley Jr. (2018) Fundamentals of Soil Ecology. London, Elsevier/Academis Press. 368p.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). 2008. Invasiones biológicas. Compilado por: M. Vilà, F. Valladares, A. Traveset, L. Santamaría, P. Castro. Madrid, CSIC, 215p. (COLECCIÓN DIVULGACIÓN)
- Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). (1992). Texto: Art. 2. Términos utilizados. <https://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02>
- Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). (2001). *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica* Montreal, Canadá, Secretariado de la CDB. 282p. <https://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo-ch-01-en.pdf>
- Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). (2009). Especies exóticas invasivas. Una amenaza a la diversidad biológica. Montreal, CBD. 51p.
- Costello M.J., Coll M., Danovaro R., Halpin P., Ojaveer H., et al. (2010) A Census of Marine Biodiversity Knowledge, Resources, and Future Challenges. *PLoS ONE* 5(8)e. <http://hubs.plos.org/web/biodiversity/article/10.1371/journal.pone.0012110>
doi:10.1371/journal.pone.0012110.
- Cowie, R. H., Bouchet, P., & Fontaine, B. (2022). The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation?. *Biological Reviews*, 97(2), 640-663.

- Cox, N., Young, B.E., Bowles, P. *et al.* (2022). A global reptile assessment highlights shared conservation needs of tetrapods. *Nature* 605, 285–290. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04664-7>
- Cumbre de la Tierra (1992). Cumbre de la Tierra: qué es, acuerdos y objetivos. <https://www.ecologiaverde.com/cumbre-de-la-tierra-que-es-acuerdos-y-objetivos-2291.html>
- Dawson, T. P.; Stephen T. Jackson, J. I. House; I. C. Prentice y G. M. Mace. 2011. Beyond Predictions: Biodiversity Conservation in a Changing Climate. *Science*, 332:53-58
- De Vries, D., Heritage, S., Borths, M.R. *et al.* Widespread loss of mammalian lineage and dietary diversity in the early Oligocene of Afro-Arabia. *Commun Biol* 4, 1172 (2021). <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02707-9>
- Diamond, Jared (2006): Colapso. Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen. Barcelona, Debate. 747p.
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *science*, 345(6195), 401-406.
- Duffy, J. E., B. J. Cardinale, K. E. France, P. B. McIntyre, Elisa Thébault and Michel Loreau. (2007). The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity. *Ecology Letters*, 10: 522–538
- Ehrenfeld, J. G. (2010). Ecosystem consequences of biological invasions. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 41, 59-80.
- Encyclopedia of life (EOL). (2020). <http://www.eol.org>
- Ewel, J., A. Madriz y Tosi Jr., J. (1976). Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Caracas, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 270p.
- FAO – Organización de las naciones Unidas para la para la Alimentación y la Agricultura. (2012a). El estado de los bosques del mundo. Roma, FAO. 63p. <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s00.htm>
- FAO. (2009). Strategic Framework 2010-2019. Rome, FAO Conference, 18–23 November, 2009. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/017/k5864e01.pdf>
- FAO. (2010). The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome. <https://www.fao.org/3/i1500e/i1500e.pdf>

- FAO. (2012b). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. (2012). Roma, FAO. 231p.
<http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s00.htm>
- FAO. (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 pp. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
- FAO. (2022). El estado de los bosques del mundo 2022. Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles. Roma, FAO. Disponible en línea: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb9360es>
- Fitter, A., T. Elmqvist, R. Haines-Young, M. Potschin, A. Rinaldo, H Setä Lä, S. Stoll-Kleemann, M. Zobel and J. Murlis. (2010). An Assessment of Ecosystem Services and Biodiversity in Europe. IN: *Issues in Environmental Science and Technology*. Vol. 30. Ecosystem Services. Edited by R.E. Hester and R.M. Harrison, London, Royal Society of Chemistry. 192p.
- Fundación Tara-Oceans (2015). Exploring the Ocean to understand, sharing to change. <https://fondationtaraocean.org/en/home/>
- García, F. C., Bestion, E., Warfield, R., & Yvon-Durocher, G. (2018). Changes in temperature alter the relationship between biodiversity and ecosystem functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(43), 10989-10994.
- Gaston, K. J. (2010). Biodiversity. IN: Sodhi N. S. and Paul R. Ehrlich. (2010). *Conservation Biology for All*. New York, Oxford University Press. pp:27-42
- Hillebrand, H. and B. Matthiessen. (2009). Biodiversity in a complex world: consolidation and progress in functional biodiversity research. *Ecology Letters* 12:1405–1419
- Hokche, O. (2020) Flora vascular. EN: Libro Rojo de la flora venezolana. 2ª edición. Huérfano, A., I. Fedón & J. Mostacero (eds.). p: 410. Caracas, Instituto Experimental Jardín Botánico, Universidad Central de Venezuela.
- Hokche, O.; P. E. Berry y O. Huber (Eds). 2008. Nuevo catálogo de la flora vascular de Venezuela. Fundación Instituto Botánico de Venezuela "Dr. Tobías Lasser". Caracas, Venezuela.
- Hole, D.G., A.J. Perkins, J.D. Wilson, I.H. Alexander, P.V. Grice and A.D. Evans. (2005). Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122 113–130.
- Hooper et al. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1):3–35. Island Press.

- Hughes, A. R., B. D. Inouye, M.T.J. Johnson, N. Underwood and M. Vellend. (2008). Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters*, 11: 609–623
- Hutchinson, David K.; Coxall, Helen K.; Lunt, Daniel J.; Steinthorsdottir, Margret; De Boer, Agatha M. ...& Zhang, Zhongshi (2021). "La transición del Eoceno al Oligoceno: una revisión de datos proxy marinos y terrestres, modelos y comparaciones de modelos y datos". *Clima del Pasado*. 17(1):269–315
- Ibisch, P.L. & A. Vega E. T.M. Herrmann (eds.) 2010. Interdependence of biodiversity and development under global change. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal (second corrected edition). Technical Series No. 54,
- Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos - IPGRI. 2004. Diversity for well-being, making the most of agricultural biodiversity. Maccaresse, Roma, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. <http://www.bioversityinternational.org/>.
- IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages.
- IPBES (2019), Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Brondizio, E. S., Settele, J., Diaz, S., Ngo, H. T. (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1144 p. Disponible en: <https://www.ipbes.net/global-assessment>
- IPCC – Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2007) Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y A. Reisinger. Ginebra, Suiza.
- IPCC (2022) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press
- Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, D. E., Coscieme, L., Golden, A. S., ... & Purvis, A. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science advances*, 8(45), eabm9982.

- Laurance, W. (2010). Habitat destruction: death by a thousand cuts. IN: Sodhi N. S. and Paul R. Ehrlich. Conservation Biology for All. New York, Oxford University Press. pp:73-86.
- Letourneau, D. K. and S. G. Bothwell. (2008). Comparison of organic and conventional farms: challenging ecologists to make biodiversity functional. *Front Ecol Environ*; 6(8): 430–438
- Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.
- Lobo, M., & Medina, C. I. (2009). Recursos genéticos de pasifloráceas en Colombia. IN: Miranda, D., G. Fischer, C. Carranza, S. Magnitskiy, F. Casierra-Posada, W. Piedrahíta y L.E. Flórez (eds.). 2009. Cultivo, Poscosecha y Comercialización de las Pasifloráceas en Colombia: Maracuyá, Granadilla, Gulupa y Curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá. pp:7-18.
- Lovejoy, T. E. (2010). Climate change. IN: Sodhi N. S. and Paul R. Ehrlich. (2010). Conservation Biology for All. New York, Oxford University Press. pp:153-162.
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas y M. De Poorter. (2004). 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Ginebra, Comisión de Supervivencia de Especies (CSE)/UICN, 12pp.
- Mack, R. N., D. Simberloff, y W. M. Lonsdale, (2000). Invasiones Biológicas: Causas, Epidemiología, Consecuencias globales y Control. Washington, Sociedad Norteamericana de Ecología. 15p. (Tópicos en Ecología N° 5).
- McNeely, J.A. and Moina, S.A. 2009. Conservation for a New Era. IUCN, Gland, Switzerland.
- Millennium Ecosystem Assessment - MEA (2005). Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. <http://www.maweb.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN), 2000. Primer Informe de País para la Convención sobre Diversidad Biológica. Caracas, MARN.
- Mittelbach, G. G. Community Ecology. (2012). New York, Sinauer Associates Inc.
- Moreno, L. A., Rueda, C. y Andrade, G. I. (Eds.). 2018. Biodiversidad 2017. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 84p.

- Naeem, S. (2002). Ecosystem consequences of biodiversity loss: the evolution of a paradigm. *Ecology*, 83(6):1537–1552.
- Norberg, J. (2004). Biodiversity and ecosystem functioning: A complex adaptive systems approach. *Limnol. Oceanogr.*, 49(4, part 2):1269–1277
- ONU (2021) Segunda Evaluación Mundial de los Océanos, Vol. II. New York, Organización de las Naciones Unidas.
- Pauna, V. H., Picone, F., Le Guyader, G., Buonocore, E., & Franzese, P. P. (2018). The scientific research on ecosystem services: A bibliometric analysis. *Ecological Questions*, 29(3), 53-62.
- Polidoro, B. A., S. R. Livingstone, K. E. Carpenter, B. Hutchinson, R.B. Mast, N. Pilcher, Y. Sadovy de Mitcheson and S. Valenti. (2008). Status of the world's marine species. IN: J. C. Vié, C., Hilton-Taylor and S.N. Stuart (eds.). The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, Gland. Switzerland.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA. (2007). Perspectivas del medio ambiente mundial – GEO4: Medio Ambiente para el Desarrollo. Nairobi, PNUMA. 540p.
- Ripple, W. J., & Beschta, R. L. (2012). Trophic cascades in Yellowstone: the first 15 years after wolf reintroduction. *Biological Conservation*, 145(1), 205-213.
- Rockström, J., Beringer, T., Hole, D., Griscom, B., Mascia, M. B., Folke, C., & Creutzig, F. (2021). We need biosphere stewardship that protects carbon sinks and builds resilience. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(38), e2115218118.
- Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez (Editores). (2008). Libro Rojo de la Fauna Venezolana, tercera edición. Caracas, Venezuela. Provita y Shell Venezuela, S.A.
- Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez. (2010). Libro Rojo de la Fauna Venezolana: actualización periódica de la situación de las especies amenazadas del país. IN: A. Machado-Allison (editor). Simposio Investigación y Manejo de Fauna Silvestre en Venezuela en homenaje al Dr. Juhani Ojasti. Caracas, Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales y Embajada de Finlandia en la República Bolivariana de Venezuela. pp:121-132
- Scherer-Lorenzen, M. (2005) Biodiversity and ecosystem functioning: basic principles. IN: *Biodiversity: Structure and Function*, [Eds. W. Barthlott, K. E. Linsenmair, and S. Porembski]. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Oxford,UK, Eolss Publishers.

- Schüttler, E. y C.S. Karez, (eds). (2009). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biósfera de América Latina y el Caribe*. Montevideo. UNESCO-Of. Reg. ALyC., 305p.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD). (2010) *Global Biodiversity Outlook 3 – Summary for Policy Makers*. Montréal.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD). (2020) *Global Biodiversity Outlook 5 – Summary for Policy Makers*. Montréal.
- Sekercioglu, C. H. (2010). Ecosystem functions and services. IN: Sodhi N. S. and Paul R. Ehrlich (Editors). *Conservation Biology for All*. New York, Oxford University Press. pp:45-67.
- Sherpa, S., & Després, L. (2021). The evolutionary dynamics of biological invasions: A multi-approach perspective. *Evolutionary Applications*, 14(6), 1463-1484.
- Simberloff, D. (2010). Invasive species. IN: Sodhi N. S. and Paul R. Ehrlich (Editors). *Conservation Biology for All*. New York, Oxford University Press. pp:131-152.
- Stork, H. and Astrin, J.J. (2014) Trends in Biodiversity Research—A Bibliometric Assessment. *Open Journal of Ecology*, 4, 354-370.
- TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2010). *Biodiversity, ecosystems and ecosystem services*. (Chap. 2) - *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations*. Nairobi (Ken). UNEP. 96p.
- Thébault, E. and M. Loreau. (2006). The relationship between biodiversity and ecosystem functioning in food webs. *Ecol. Res. (Special suppl.)* 21:17–25
- Tobin, P. C. (2018). Managing invasive species. *F1000Research*, 7. <https://f1000research.com/articles/7-1686/v1>
- Turbé, A., A. De Toni, P. Benito, P. Lavelle, N. Ruiz, W. H. Van der Putten, E. Labouze and S. Mudgal. (2010) *Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers*. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission. (DG Environment). 250p.
- UNEP – United Nations Environment Programme. (2007). *Global Environmental Outlook: environment for development (GEO-4)*. 539p.
- UNEP – United Nations Environment Programme. (2010b). *Advancing the biodiversity Agenda: A UN system-wide contribution*.

- UNEP – United Nations Environment Programme. (2012). Global Environmental Outlook: environment for development (GEO-5). 525p.
- Vié, J.C., C. Hilton-Taylor and S.N. Stuart (eds.). (2009). Wildlife in a Changing World – An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species. Gland, Switzerland, IUCN. 180p
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., ... & Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314(5800):787-790.
- WWF (2022) Living Planet Report 2022 – Building a naturepositive society. Almond, R.E.A., Grooten, M., Juffe Bignoli, D. & Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland.
- WWF. 2016. Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era. WWF International, Gland, Switzerland