

Biodiversidad: patrones, niveles y problemática

Dr. Jaime Manuel Calderón Patrón
Instituto Tecnológico de Huejutla

Resumen

La biodiversidad es uno de los bienes más preciados de nuestro planeta, su acervo es tan grande que su conocimiento aún está muy lejos de completarse y desafortunadamente su conservación está siendo amenazada por múltiples causas. En este artículo proporcionamos algunas cifras de la diversidad biológica global y hablamos brevemente de algunos patrones y procesos que causan la diversidad alfa y beta, con la finalidad de que lectores de diversos ámbitos se interesen y se motiven para generar información científica, técnica y/o social que enriquezca su conocimiento actual y conduzca al diseño de estrategias de uso y manejo para su conservación.

Palabras clave

Amenazas, diversidad biológica, conservación, patrones-procesos.

Abstract

Biodiversity is one of the most precious assets on our planet, its collection is so great that its knowledge is still far from complete and, unfortunately, its conservation is being threatened by multiple causes. In this article we provide some numbers on global biological diversity and briefly talk about some patterns and processes that cause alpha and beta diversity, with the aim that readers from various fields are interested and motivated to generate scientific, technical and/or social information that enriches their current knowledge and leads to the design of use and management strategies for their conservation.

Keywords

Biological diversity, conservation, patterns-processes, threats.

La biodiversidad: niveles y atributos

El término biodiversidad es comúnmente en el medio relacionado con los recursos naturales y la ecología. Sin embargo, debido a su importancia planetaria, es cada vez más utilizado en ámbitos diferentes como la política, la economía, el desarrollo social y urbano entre otras. El concepto fue acuñado por Walter G. Rosen en 1985 durante la primera reunión para planear el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos. Posteriormente, la memoria de este evento fue editada en 1988 bajo el título Biodiversidad por Edward O. Wilson (1929 -2021), quién fuera un destacado entomólogo de la Universidad de Harvard y prolífico escritor sobre el tema de conservación, lo que contribuyó a su difusión para su utilización general (Nuñez *et al.*, 2003).

Existen muchas definiciones sobre la diversidad biológica, una de las más aceptadas menciona que es la variedad de la vida, es decir, las especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, abarcando varios niveles de organización, desde su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y hasta los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas (Conabio 2021). En cada uno de los niveles (genético, poblaciones-especies, comunidades ecosistemas y paisajes), podemos reconocer tres atributos: composición, estructura y función (Noss, 1990). La composición es la identidad y variedad de los elementos que están presentes (especies) y cuántas hay. La estructura es la organización física del sistema, que incluye la abundancia relativa o biomasa de las especies, la abundancia relativa de los ecosistemas,

grado de conectividad, etc.) y la función son los procesos ecológicos y evolutivos que llevan a cabo los organismos, incluye a la depredación, competencia, parasitismo, dispersión, polinización, simbiosis, ciclo de nutrientes, perturbaciones naturales, etc. (Noss, 1990).

Actualmente en todo el planeta (medio terrestre y marino) se conocen aproximadamente un total de 1, 438, 769 especies de seres vivos, de los cuales 1, 124, 516 son animales, 44, 368 son hongos, 224, 244 son plantas, 16, 236 son protozoarios, 17, 892 son Chromistas (algas pardas y formas similares), 11, 010 son bacterias y 503 son arqueobacterias (Mora *et al.*, 2011). Estos números todavía están muy lejos de la cifra real de especies existentes, ya que el conocimiento de algunos grupos de organismos como las algas, hongos, bacterias, virus, invertebrados, entre otros, se encuentra rezagado en comparación con otros grupos bien conocidos como los vertebrados y las plantas (Mora *et al.*, 2011).

Existen zonas que poseen una riqueza biológica extraordinaria, estas zonas han sido denominadas como hot spots o puntos calientes de biodiversidad por (Myers, 1988 citado por Mittermeier *et al.*, 2011). Actualmente se reconocen más de 34 puntos calientes que en conjunto poseen aproximadamente el 50% de las plantas vasculares y el 42% de los vertebrados terrestres (anfibios, mamíferos, aves y reptiles) del planeta en el 2,3% de la superficie terrestre (3,4 millones de km²) cuando su extensión original era de 23,5 millones de km², o 15,7% (Mittermeier *et al.*, 2011). México se encuentra en un lugar privilegiado, con una gran diversidad de fauna y flora y forma parte de los países conocidos como megadiversos, ya que, junto con Colombia, Brasil,

Madagascar, Zaire, China, Indonesia, India, Filipinas y Australia, poseen alrededor de 70% de todas las especies terrestres del planeta. Se calcula que la biodiversidad de México es tan elevada que mantiene alrededor del 10% de todos los organismos de la Tierra, ocupando el primer lugar en riqueza de reptiles (804 especies), el segundo o tercero en especies de mamíferos terrestres (488 especies), el cuarto sitio tanto en anfibios (361 especies) como en plantas vasculares (25 000 especies) y el decimoprimer lugar en aves (1 096 especies) (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008).

Desafortunadamente, existen muchas limitaciones para contabilizar la biodiversidad mundial, por lo tanto, han tratado de cuantificar esta riqueza biológica mediante estimaciones indirectas realizadas a partir del número de especies conocidas en la actualidad, las tasas de descripción de nuevos taxones, entre otras. Los resultados de estos esfuerzos han proporcionado cifras que oscilan entre los 3 y los 100 millones de especies, por ejemplo Mora *et al.*, (2011) estiman un total de 10, 960, 000 (8.7 millones de especies en la superficie terrestre y 2. 2 millones en el océano), lo que significa que se conoce únicamente al 15.97% de las especies del planeta y se calcula que para completar este inventario se requiere un período de 1, 200 años, y de 303, 000 taxónomos que realicen estas descripciones, resultando en un costo aproximado de 363 billones de dólares (Mora *et al.*, 2011).

Los patrones de la diversidad biológica

Una de las características más notables de la biodiversidad es que no se distribuye de manera homogénea alrededor del planeta.

por ejemplo las selvas tropicales y los arrecifes de coral suelen poseer una cantidad elevada de especies e individuos, mientras que en los desiertos y las regiones polares ocurre lo contrario. Estas diferencias han llevado a los ecólogos y biogeógrafos a estudiar la diversidad biológica a escalas continentales y planetarias para tratar de encontrar las causas de estas diferencias (Gaston, 2000). Algunas de estas irregularidades en la distribución espacial de la biodiversidad se repiten contantemente en diferentes grupos de organismos, continentes y eras geológicas (Rosenzweig, 1995). Sin embargo, se han encontrado algunas regularidades en la distribución espacial de la diversidad, éstas son llamadas patrones, y ocurren constantemente en diferentes taxones, continentes y eras geológicas (Rosenzweig, 1995). Algunos de los patrones espaciales de diversidad que han sido registrados para la mayor parte de los grupos biológicos son: 1) la relación especies-área; 2) los gradientes latitudinales; 3) las relaciones especies-diversidad de hábitat; 4) el gradiente altitudinal de biodiversidad; y 5) la relación biodiversidad-productividad. Los cuales abordaré de una manera más detallada y con algunos ejemplos para México.

1) La relación especies-área: de acuerdo con este patrón existe una relación positiva entre el número de especies de una región y su área. Es decir, que a mayor área mayor número de especies, por ejemplo, se ha comprobado que una isla grande posee más especies que una isla pequeña (Figura 1A). Este patrón se ha comprobado para diferentes grupos de plantas, invertebrados y vertebrados (Rosenzweig, 1995).

2) Gradientes latitudinales: se ha observado que la mayor riqueza de especies se encuentra en la zona intertropical

(latitudes por debajo de los 30 grados), y conforme nos alejamos del Ecuador, ya sea hacia el norte o el sur hacia los polos, la riqueza disminuye gradualmente, aunque hay algunos taxones donde no se cumple este patrón (Rosenzweig, 1995; Figura 1B).

3) Las relaciones especies-diversidad de hábitat (heterogeneidad ambiental), las cuales son una respuesta a la heterogeneidad del paisaje, en donde a mayor diversidad de hábitats, mayor riqueza de especies (Rosenzweig, 1995; Figura 1C).

4) Gradiente altitudinal de biodiversidad, se ha registrado que la biodiversidad es más elevada al nivel del mar y disminuye conforme la altitud aumenta, aunque se han encontrado algunas excepciones para taxones en particular (Rosenzweig, 1995; Figura 1D).

5) La relación biodiversidad-productividad, que indica que a mayor productividad del ecosistema (la tasa a la cual la energía fluye en un ecosistema) mayor diversidad biológica, es decir, que la biodiversidad aumenta conforme aumenta la productividad del área de estudio. Un ejemplo se presenta con los coleópteros del género *Epicauta* (Meloidae) donde su riqueza aumenta conforme se incrementa la evapotranspiración potencial, un estimador de la productividad (Gaston, 2000).

En nuestro país se ha demostrado que grandes patrones de riqueza de especies observados a escala mundial se mantienen (Koleff *et al.*, 2008). Por ejemplo, hay un mayor número de especies por unidad de área hacia el sur, en el trópico húmedo, y también se ha observado que en una cadena montañosa existe un mayor número de especies al pie de ésta que en su cima

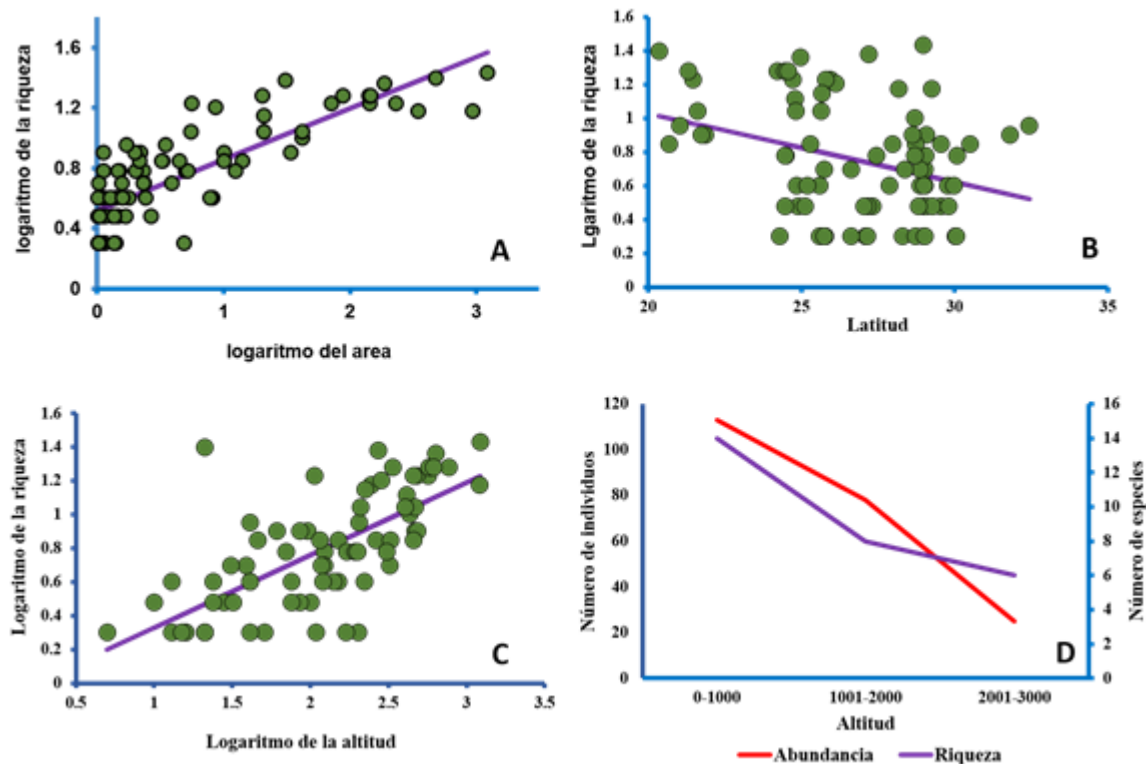


Figura 1A. Relación especies área. Se observa como la riqueza de la herpetofauna de las islas de México se incrementa conforme aumenta el área de las mismas (Tomado de Calderón-Patrón, 2007).

Figura 1B. Gradiente latitudinal de diversidad. En este ejemplo se muestra que conforme aumenta la latitud disminuye la riqueza de los reptiles de las islas de México (Tomado de Calderón-Patrón, 2007).

Figura 1C. Relación especies y diversidad de hábitats. En este caso la diversidad de los reptiles de las islas de México se incrementa conforme se incrementa la altura de las islas. La altura de los árboles ha sido utilizada es un indicador de la heterogeneidad ambiental y en este caso es la medida en metros de la base a la punta más alta de la isla y a mayor altura aumenta la diversidad de hábitats para los reptiles (Tomado de Calderón-Patrón, 2007).

Figura 1D. Gradiente altitudinal de diversidad. En este ejemplo se muestra que en el caso de los murciélagos de la Sierra Norte del estado de Oaxaca tanto el número de especies como el de individuos disminuyen conforme aumenta la altitud (Modificado de Calderón-Patrón, 2003).

(Koleff *et al.*, 2008).

Actualmente, aún existe controversia respecto a si en realidad existen o no leyes o patrones en ecología, ya que aparentemente se cumplen únicamente bajo ciertas circunstancias o factores, debido a que un mismo patrón puede surgir a partir de diferentes mecanismos o una misma causa puede producir patrones distintos. Sin embargo, en nuestro país estos patrones de riqueza de especies observados a escala mundial también se mantienen (Koleff *et al.*, 2008). Por ejemplo, hay un mayor número de especies por unidad de área hacia el sur, en el trópico húmedo, y también se ha observado que en una cadena montañosa existe un mayor número de especies en su base y partes bajas que en su cima (Koleff *et al.*, 2008).

Los niveles jerárquicos de la biodiversidad

Uno de los primeros investigadores en comprender que el estudio de la biodiversidad representa una elevada complejidad fue Robert Whittaker, quien para medir la diversidad vegetal en un gradiente altitudinal de la cordillera de las Great Smoky Mountains, en el sureste de Estados Unidos, consideró necesario establecer un ordenamiento jerárquico de esta diversidad, siendo el pionero en incorporar al marco teórico de la ecología y la biodiversidad las escalas espaciales. Whittaker (1960) postuló que, para conocer el número total de especies de estas montañas, era necesario conocer la riqueza de varios tipos de vegetación distribuidos a lo largo de la cordillera, ya que había encontrado que la riqueza de especies se incrementaba desde la costa hacia el interior del continente. Este cambio en la composición de especies, de acuerdo con Whittaker (1960), era producto de dos

factores: de la diversidad de sitios individuales y de la diferenciación relativa de los patrones de diversidad de la vegetación a lo largo de una mezcla de gradientes topográficos de humedad. Por tal motivo, Whittaker (1960) propuso tres conceptos de diversidad (diversidad alfa, beta y gamma) que tienen que ver con la escala espacial de trabajo y/o con la heterogeneidad ambiental del sitio: diversidad alfa (α) como la diversidad de especies de un sitio, localidad o tipo de vegetación; diversidad beta (β) o la magnitud de cambio en la composición de las comunidades, o el grado de diferenciación entre comunidades, con relación a un gradiente ambiental complejo o a patrones ambientales, y la diversidad gamma (γ) o la diversidad de especies presente en un paisaje, gradiente o mosaico de varios hábitats (Figura 2).

La diversidad beta

Diversos factores han sido mencionados como los responsables de crear un recambio en la composición de especies o diversidad β . Por un lado, están factores ambientales y su heterogeneidad y, por otra parte, se mencionan factores que están directamente relacionados con las especies que componen a las comunidades, tales como las capacidades de dispersión y niveles de tolerancia a los diversos factores ambientales presentes (limitación de nicho) y factores históricos (Calderón-Patrón *et al.*, 2012).

La escala o la ventana observacional a la cual observamos la diversidad también tiene un efecto sobre la diversidad beta. Se ha demostrado que las áreas extensas, estudiadas con baja resolución (en un grano grueso), tienden a presentar tasas más bajas de recambio de especies que las mismas áreas estudiadas con alta resolución. Esto

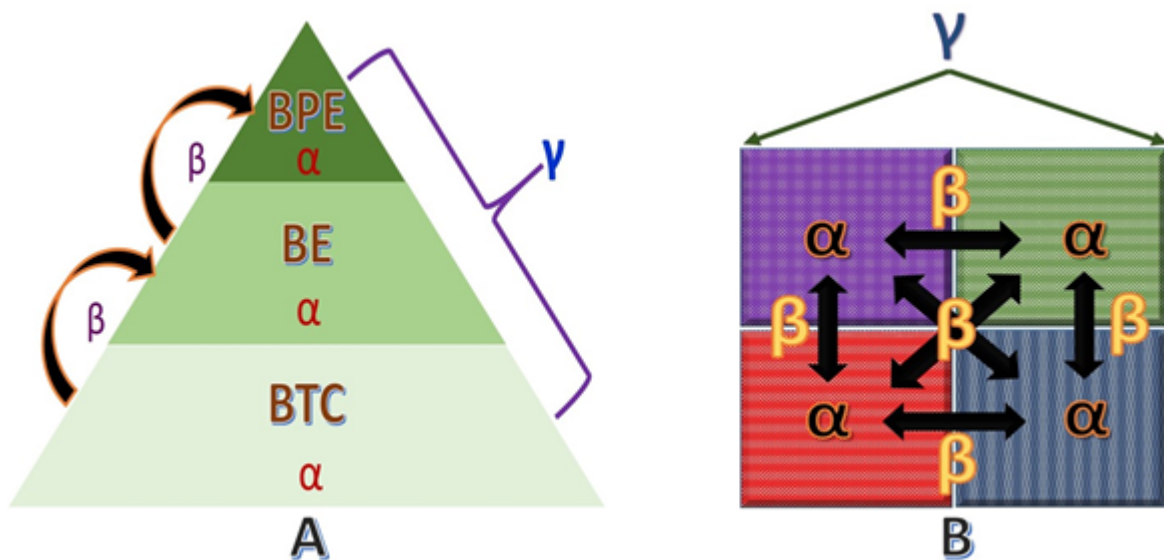


Figura 2. Se ejemplifican los tres conceptos de diversidad propuestos por Whittaker (1960): A) a través de un gradiente altitudinal que presenta tres tipos de vegetación (BPE: bosque de pino-encino, BE: bosque de encino y BTC: bosque tropical caducifolio) y B) en un paisaje (o mosaico) compuesto por cuatro unidades ambientales diferentes. La diversidad alfa es la que se registra en cada tipo de vegetación (α), mientras que la diversidad beta (β) es el cambio en la composición de especies entre diferentes tipos de vegetación o unidades ambientales y la diversidad gamma (γ) es la diversidad total en este caso de los cuatro tipos de vegetación en conjunto o de todos los mosaicos del paisaje.

puede presentarse porque el número de especies compartidas se incrementa conforme se disminuye la resolución, porque las áreas grandes tienen más especies, o porque se reduce el grado de agregación de la distribución de las especies (Koleff *et al.*, 2008).

En un análisis realizado a nivel nacional sobre la diversidad beta de los vertebrados terrestres, los anfibios y los reptiles presentan el mayor cambio en la composición de especies, seguido de los mamíferos, y las aves presentaron una magnitud menor (Koleff *et al.*, 2008), estos resultados están relacionados con el tamaño promedio del área de distribución, ya que a mayor promedio del tamaño del área de distribución, se presenta una menor diversidad beta (Koleff *et al.*, 2008; Figura 3) y en este

caso las aves tienen en promedio áreas de distribución mayores que las registradas en anfibios y reptiles.

Problemática de la biodiversidad

Las especies y los ecosistemas en los que habitamos nos abastecen de diversos bienes como agua, madera, materiales de construcción, energía, medicinas y recursos genéticos. Además, nos proporcionan toda una serie de servicios tales como la regulación del clima, el procesamiento de contaminantes, la depuración de las aguas, la actuación como sumideros de carbono, la prevención contra la erosión, la polinización, etc. (Cardinale *et al.*, 2012).

Desafortunadamente, el crecimiento

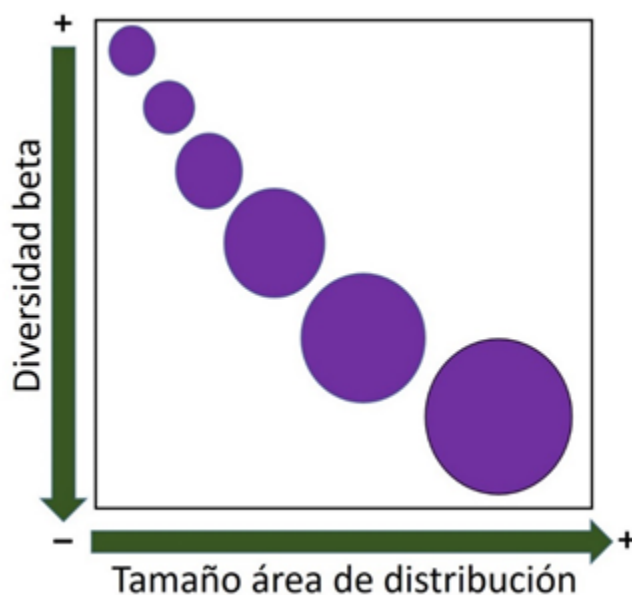


Figura 3. Se muestra uno de los patrones ecológicos registrados para la diversidad beta, conforme aumenta el promedio del tamaño del área de distribución de los organismos de un hábitat o comunidad disminuye la diversidad beta.

exponencial de la población humana está causando una crisis ambiental global, provocando la pérdida de la diversidad biológica. Esto a su vez, reduce la eficiencia a la cual las comunidades ecológicas capturan recursos biológicamente esenciales, la producción de biomasa, la descomposición y reciclado de nutrientes, además al reducir el número de especies, se disminuye la diversidad funcional del ecosistema y su estabilidad funcional (Cardinale *et al.*, 2012).

Esta situación es tan grave que actualmente se presenta un fenómeno considerado como la sexta gran extinción, debido a que en los últimos años se ha presentado una tasa de extinción entre 1, 000 y 10, 000 veces más elevada que las ocurridas en eras pasadas, calculándose una pérdida anual de entre 0.01 y 0.1% (entre 180 y 1800 especies) de todas las especies del planeta. En contraparte, la tasa de especiación actual (proceso de formación de nuevas especies) es aproximadamente mil veces menor que la tasa de extinción (Ceballos *et al.*, 2010).

Conclusiones

El concepto de biodiversidad es complejo ya que involucra a las especies, sus hábitats y las diferentes escalas y atributos que la conforman, por lo que para estudiarla se le han asignado niveles jerárquicos. De estos, la diversidad beta, es el concepto menos entendido, sin embargo, puede ser el más importante cuando se trabaja en un gradiente o paisaje. Los procesos y patrones que conforman la diversidad biológica son producto de interacciones entre los seres vivos y su medio que se han desarrollado durante millones de años, las cuales se interrumpen o desaparecen por el efecto de fenómenos o procesos degradantes como

el cambio de uso de suelo, originado principalmente por el crecimiento exponencial de la población humana, conduciéndonos a una crisis ambiental global y a una sexta gran extinción. Como agentes causantes de esta tragedia, es nuestra responsabilidad proponer estrategias y ejecutar acciones que contribuyan a su resolución.

Referencias

Calderón-Patrón, J. M. *Ecología de comunidades de marciélagos en la Sierra Norte de Oaxaca. Tesis de Licenciatura*. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca, México, 2003.

Calderón-Patrón, J. M. *Biogeografía de islas: el caso de la herpetofauna Mexicana. Tesis de Maestría no publicada*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, 2007.

Calderón-Patrón, J. M., Moreno, C. y Zuria, I. La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, pp. 879-891, 2012

Cardinale, B. J., Duffy J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, CH., Venaild, P., Narwani, A., Mace, G. M., Tilman, D., Warlde, D. A., Kinsing, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S. y Naeem, S. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486, pp. 59-67, 2012.

Ceballos, G., García, A. y Ehrlich, P. R. The sixth extinction crisis, loss of animal populations and species. *Journal of Cosmology*, 8, pp. 1821-1831, 2010.

Conabio. https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html

- Gaston, K. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405, pp. 220-227, 2000. <https://doi.org/10.1038/35012228>
- Koleff, P., Soberón, J., Arita, H. T., Dávila, P., Flores-Villela, O., Golubov, J., Halffter, G., Lira-Noriega, A., Moreno, C. E., Moreno, E., Murguía, M., Munguía, M., Navarro-Sigüenza, A. G., Téllez, O., Ochoa-Ochoa, L., Peterson, A. T. y Rodríguez, P. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. En: J. Soberón., G. Halffter. y J. Llorente-Bousquets (Eds). *Capital natural de México, vol I: Conocimiento actual de la Biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. México. 2008, pp. 323–364.
- Llorente-Bousquets, J. y Ocegueda, S. Estado del conocimiento de la biota. In J. Soberón., G. Halffter. & J. Llorente-Bousquets (Eds). *Capital natural de México, vol I: Conocimiento actual de la Biodiversidad*. Ciudad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2008, pp. 283-322.
- Mittermeier, R.A., Turner, W. R., Larsen, F. W., Brooks, T. M. y Gascon, C. 2011. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: Zachos F.E., and J.C. Habel (eds). *Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas*. Springer, Heidelberg. 2011, pp. 3-22.
- Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G. B. y Worm, B. How many species are there on earth and in the ocean? *PLoS ONE*, 9 [8], e1001127, 2011 <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>
- Noss, R. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology*. 4[4], pp. 355-364, 1990. <https://www.jstor.org/stable/2385928>
- Nuñez, I., González-Gaudiano, E. y Barahona, A. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia*, 28[7], pp. 387-393, 2003.
- Rosenzweig, M. L. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press. United Kingdom. 1995. 436 p.
- Whittaker, R. H. 1960. *Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California*. *Ecological Monographs*, 30, 279-338, 1960.