

# El estudio de la distribución de la biodiversidad en los ecosistemas es un proceso multidisciplinario<sup>φ</sup>

Miguel Ángel Ortiz-Acosta<sup>1</sup>, Antonio Acini Vásquez-Aguilar<sup>2</sup>,  
Claudio Mota-Vargas<sup>2</sup>, Jorge Galindo-González<sup>3</sup>

## Introducción

En los ecosistemas, la distribución de las especies no es aleatoria sino que está limitada por condiciones ambientales para cada especie y por entornos geográficos particulares. Por ejemplo, las guacamayas, los monos, o los enormes árboles que forman parte de una exuberante selva poseen una distribución restringida entre los trópicos de Cáncer y Capricornio. Es decir, son especies propias de regiones tropicales (Beyer y Manica 2021). Al alejarse de los trópicos hacia regiones templadas y frías, se distribuyen los alces, búfalos, osos grises, y vegetación como pinos y abetos. En los polos predominan los hielos perpetuos y bajas temperaturas y se encuentran osos polares en el polo norte y pingüinos en el polo sur. De esta manera, la distribución de plantas y animales se rige por condiciones ambientales que limitan su distribución de acuerdo con sus capacidades y límites de tolerancia biológica y de una historia evolutiva particular (Fig. 1).

A una escala más fina, es posible encontrar plantas y animales que se distribuyen en regiones o ecosistemas muy particulares. Algunos ejemplos pueden encontrarse exclusivamente en los desiertos, como la tortuga mexicana del Bolsón (*Gopherus flavomarginatus*), en las selvas tropicales la paloma endémica de Los Tuxtlas (*Zentrygon carrikeri*), en los pastizales de la parte central del eje Neo Volcánico Transversal el teporingo

<sup>φ</sup> <sup>1</sup>Programa de Doctorado en Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.

<sup>2</sup>Red de Biología Evolutiva, Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.

\*Autor de correspondencia: [jorgegalin@gmail.com](mailto:jorgegalin@gmail.com)

DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5571>



o zacatuche (*Romerolagus diazi*) y el Chichilote o ardilla terrestre endémica del Valle Oriental entre Puebla y Veracruz (*Xerospermophilus perotensis*) (Ceballos y Oliva 2005). También, hay patrones muy particulares de distribución de acuerdo con la altitud. Por ejemplo a nivel del mar, diferentes especies de mangle forman parte del ecosistema característico de zonas costeras denominado manglar, o bien varias especies de pinos, encinos y abetos en las regiones de alta montaña. El objetivo de este artículo es describir los factores principales que dirigen el estudio de la distribución de las especies de plantas y animales en los ecosistemas y las herramientas utilizadas para describir su distribución.

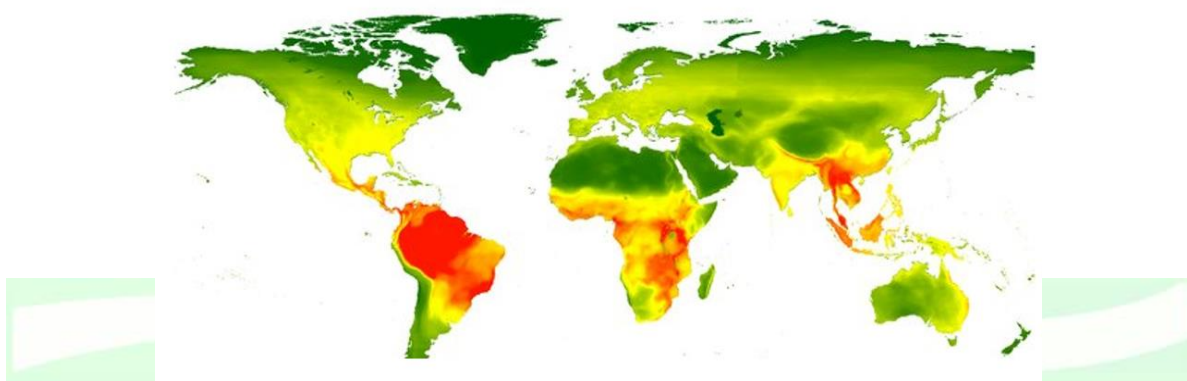


Figura 1. Distribución de especies de acuerdo a la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Los rojos representan una mayor riqueza, mientras que los verdes una baja riqueza de especies. Fuente: modificado de UICN (2023), <https://www.iucnredlist.org/>

ISSN 2007 - 431 X

## Entendiendo la distribución de las especies

Actualmente, las biotas de pocos sitios alrededor del mundo han recibido tanta atención como la de los trópicos. Desde ya hace tiempo, se ha comprobado que los ecosistemas tropicales son mucho más diversos en comparación con los ecosistemas templados o desérticos; por consiguiente, en las últimas décadas se han propuesto múltiples hipótesis para entender este aspecto con el fin de explicar la relación entre la variación de la tasa de especiación en el espacio y el tiempo (Schluter y Pennell 2017). Es decir, en qué lugares se han producido más especies y cuánto tiempo ha sido necesario para que evolucionen.

La especiación es un proceso evolutivo mediante el cual surgen nuevas especies y es la principal fuente de diversidad. Existen zonas con mayor tasa de especiación, que son objeto de estudio para dilucidar explicaciones con respecto a esta variación (Brodie y Mannion 2022). La distribución de las especies no depende solo de la tolerancia ecológica (rango de condiciones ambientales en las que una especie puede sobrevivir y prosperar), los niveles de competencia y las barreras geográficas (montañas, istmos, depresiones, ríos, océanos que impiden la dispersión) (Fig. 2), sino también de factores, o circunstancias históricas, que han influido, relacionadas con el desarrollo histórico del hábitat natural, como es la tectónica de placas, la historia climática del planeta, así como con la "edad" de las especies (Boenigk *et al.*

2015). Además, las adaptaciones locales pueden ser un factor determinante e importante para que las poblaciones encuentren su nicho ecológico en condiciones ambientales cambiantes. Por lo tanto, estos factores no deben ignorarse en las evaluaciones a escalas genéticas o moleculares. En términos generales, la distribución de la biodiversidad durante periodos geológicamente largos está influenciada en gran medida por factores ambientales, y cuando los gradientes climáticos son poco variables, se puede observar el aumento de interacciones inter-específicas complejas que influyen en la diversidad de un determinado ecosistema (Brodie y Mannion 2022).

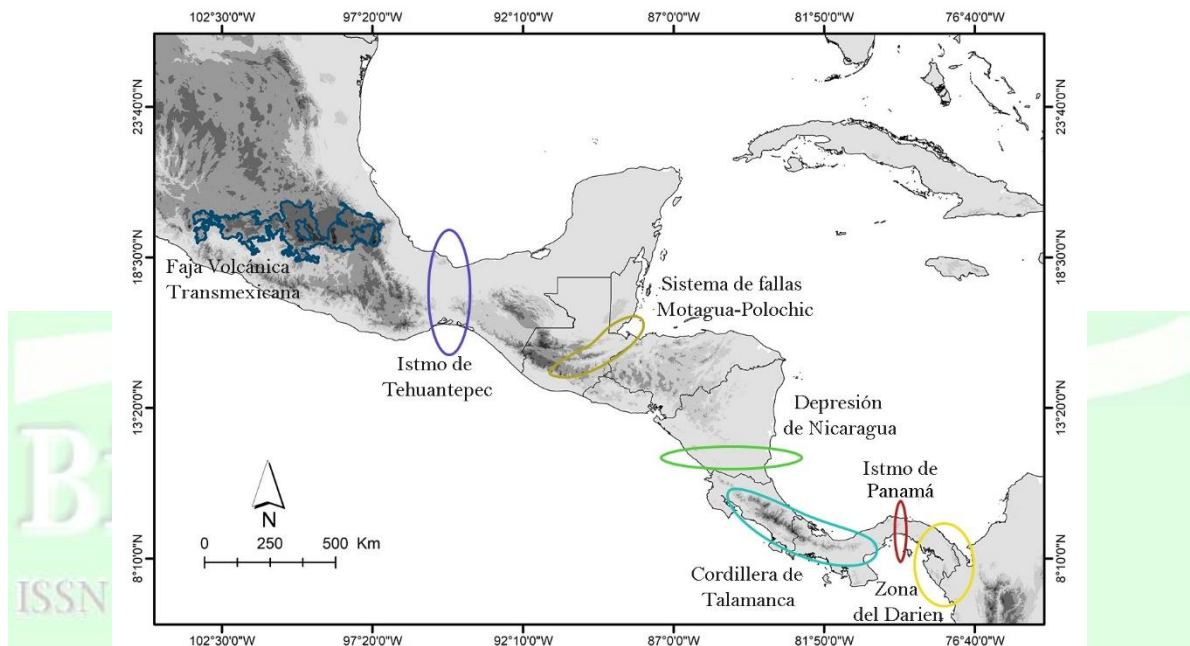


Figura 2. Principales barreras geográficas de Mesoamérica que han influido en la divergencia y distribución de varias especies.

---

*“En las últimas décadas se han propuesto múltiples hipótesis para entender este aspecto con el fin de explicar la relación entre la variación de la tasa de especiación en el espacio y el tiempo”*

---

## Herramientas para el estudio de la distribución de las especies

El avance de los estudios moleculares y la tecnología de la teledetección, a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), han originado el desarrollo de varias disciplinas que permiten analizar la distribución de las especies en diferentes escalas y tiempos, entre las que destacan: la filogeografía, la genética del paisaje y los Modelos de Distribución de Especies (MDE) (Pahad *et al.* 2019). Estas disciplinas se interrelacionan en diversos grados e integran distintas teorías y métodos empleados para responder, cuestiones biogeográficas (patrones actuales e históricos de distribución), abarcando desde una visión molecular hasta una espacial-geográfica.

### Filogeografía

Esta disciplina, introducida en 1987, se define como la distribución de los linajes genéticos de las especies de acuerdo con la geografía (Avise 2000, Fig. 3), que en conjunto con otras disciplinas biogeográficas permiten analizar la distribución geográfica de los linajes y así determinar procesos de especiación, como por ejemplo cambios poblacionales y diversificación de especies (Rissler 2016).

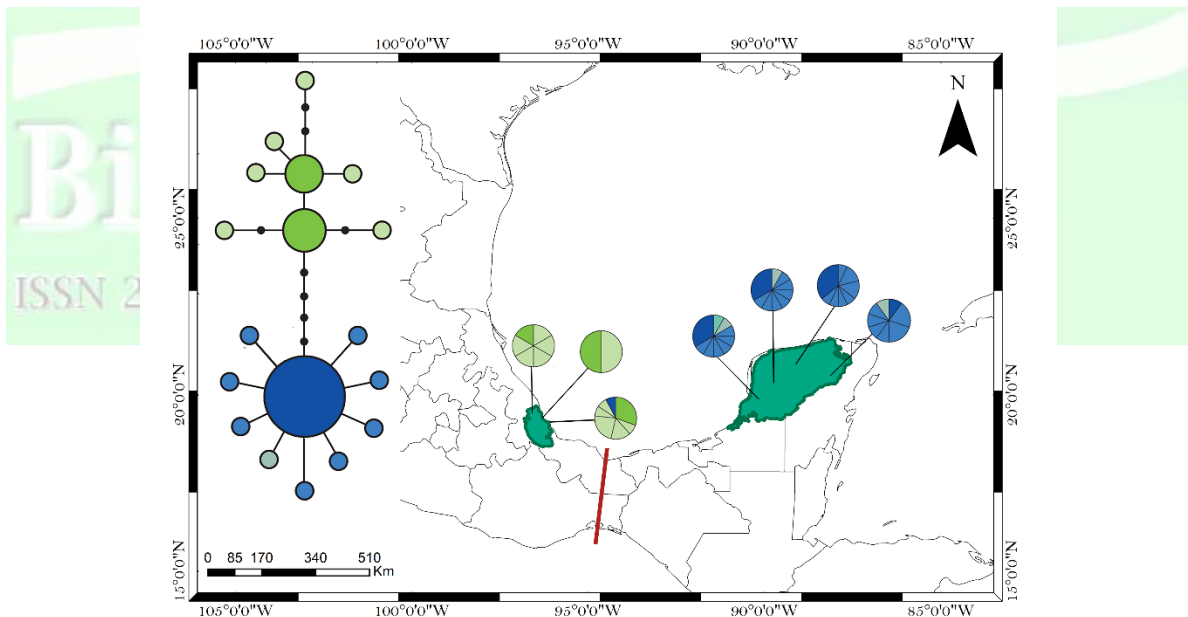


Figura 3. Red y distribución de haplotipos de una especie X. Las poblaciones de la especie no comparten áreas de distribución y presentan haplotipos distintos debido parcialmente a la ausencia de flujo genético y la presencia de una barrera geográfica, en este caso el istmo de Tehuantepec (línea roja).

Desde su origen, el desarrollo empírico de la filogeografía se debe principalmente al análisis de datos mitocondriales a nivel de especie, ya que el ácido desoxirribonucleico mitocondrial (ADNmt) se consideraba un buen marcador molecular debido a su tasa de mutación y su modo de herencia materno no recombinante (Avise 2000). Sin embargo, han surgido otros marcadores moleculares altamente variables que pueden brindar información

más reciente a nivel evolutivo, como los microsatélites y los polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs). Además, las técnicas de secuenciación de nueva generación permiten generar gran cantidad de datos para responder preguntas sobre la historia evolutiva de las especies (Escalante *et al.* 2014).

---

*“El avance de los estudios moleculares y la tecnología de la teledetección a través de los Sistemas de Información Geográfica han originado el desarrollo de varias disciplinas nuevas que permiten analizar la distribución de las especies”*

---

### *Genética del Paisaje*

Si bien la genética molecular se remonta a décadas, la Genética del Paisaje surgió hasta 2003 por Manel *et al.* (2003), y se refiere a una combinación de la genética de poblaciones (estudia la estructura y el flujo genético poblacional) y la ecología del paisaje (cuantifica los patrones del paisaje y mide la conectividad estructural del paisaje entre otros factores). En pocas palabras, la genética del paisaje estudia las interacciones entre las características del paisaje y los procesos evolutivos poblacionales (Storfer *et al.* 2007).

La genética del paisaje se aplica en sucesos contemporáneos y a escalas espaciales más finas que permiten comprender la influencia relativa de la configuración y composición del paisaje en el flujo de genes (conectividad funcional), considerando las propiedades físicas de los paisajes como ríos, montañas, carreteras y áreas urbanas, etc., las cuales representan barreras geográficas para la dispersión de determinadas especies (Holderegger y Wagner 2008, Fig. 4). Además, la genética del paisaje considera otros atributos como los corredores ecológicos, que permiten el desplazamiento de individuos entre fragmentos y paisajes, y evalúa las variables ambientales existentes de los paisajes (temperatura, humedad, altitud, etc.) para identificar la relación entre dichas variables y los procesos evolutivos (Storfer *et al.* 2007).

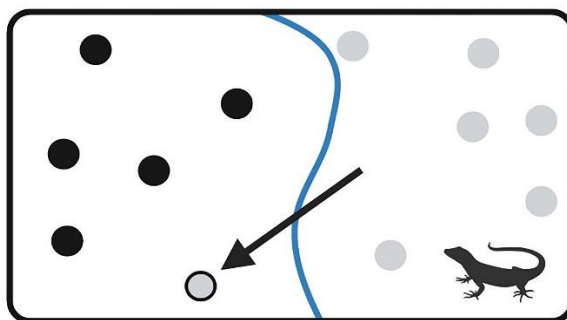


Figura 4. Características de la genética del paisaje. La línea azul es una característica específica del paisaje, como un río. Los círculos representan adultos de una especie y la flecha es las interacciones entre ellos. Fuente: modificado de Holderegger y Wagner (2008) y creado con Biorender.com.

A pesar de que la filogeografía y la genética del paisaje evalúan aspectos diferentes, y son independientes en términos de historia, métodos, escala y aplicación, no abordan cuestiones distintas (Rissler 2016). Por un lado, la filogeografía moderna utiliza datos de diversidad genética (datos moleculares) para identificar las relaciones entre los linajes y su geografía, mientras que la genética del paisaje utiliza estos datos para probar la influencia relativa de la composición y configuración del paisaje sobre la variabilidad genética de las poblaciones.

### *Modelos de Distribución de Especies*

Los Modelos de Distribución de Especies (MDE) iniciaron en el siglo XX, pero gradualmente con herramientas modernas computacionales y satelitales se han convertido en un recurso ampliamente utilizado por científicos para entender y explicar de qué manera el clima, y algunos otros factores ambientales (abióticos), influyen en la distribución pasada, actual y futura de las especies. Con esto se busca identificar los patrones espaciales y temporales de la distribución de los seres vivos sobre el planeta (Soberón y Nakamura 2009).

Los MDE, como herramientas bioinformáticas, se originaron con base en el concepto de Nicho Ecológico que puede ser representado cuantitativamente para cualquier especie en términos de un hipervolumen n-dimensional. Esto se refiere a un espacio multidimensional con las variables bióticas y abióticas requeridas para que una especie dada pueda sobrevivir, prosperar y reproducirse (Soberón y Nakamura 2009), ya que el nicho es específico de cada especie. En pocas palabras, los MDE extrapolan parámetros climáticos, geológicos, y/o de vegetación, asociados a puntos de ocurrencia de las especies para identificar el hábitat idóneo (espacio ambiental) y localizar sitios donde una especie dada no ha sido registrada. Sin embargo, de acuerdo con las condiciones de estos nuevos sitios localizados geográficamente la especie pudiera estar presente (espacio geográfico).

Aunque el número de publicaciones científicas de modelación de la distribución geográfica de especies a nivel mundial con MDE han aumentado exponencialmente por la facilidad de su aplicación y la rapidez de resultados, la necesidad de explicar patrones de distribución a diferentes escalas biológicas (genes a ecosistemas) ha obligado a los científicos a buscar una integración con las metodologías propias de la filogeografía y la genética del paisaje (Razgour 2015, Pahad *et al.* 2019).

---

*“la filogeografía, la genética del paisaje y los  
Modelos de Distribución de Especies se  
interrelacionan e integran teorías y métodos  
diferentes para responder cuestiones biogeográficas  
desde una visión molecular hasta una espacial-  
geográfica”*

---

## Conclusión

En la actualidad, los estudios que combinan disciplinas evolutivas (filogeografía y genética del paisaje) y geográficas (MDE) se benefician de la unificación conceptual multidisciplinaria y mejoran la capacidad para predecir e interpretar la distribución de las especies a diferentes escalas espacio-temporales y a diferentes niveles de organización biológica. De este modo, la integración de estas disciplinas colabora en la explicación de procesos ecológicos y evolutivos pasados e inclusive puede predecir distintos escenarios futuros sobre la biodiversidad relacionada con el efecto de los problemas ambientales críticos actuales, como el cambio climático, el cambio de uso de suelo y la contaminación ambiental.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca de doctorado al primer autor (MAO-A).

## Referencias

- Avice JC. 2000. *Phylogeography: the history and formation of species*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Beyer R y Manica A. 2021. Global and country-level data of the biodiversity footprints of 175 crops and pasture. *Data in Brief* 36: 106982.
- Boenigk J, Wodniok S y Glücksman E. 2015. Distribution of present-day biodiversity. In: *Biodiversity and Earth History*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Brodie JF y Mannion PD. 2022. The hierarchy of factors predicting the latitudinal diversity gradient. *Trends in Ecology & Evolution* 38:15-23.
- Ceballos G y Oliva G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad and Fondo de Cultura Económica, México.
- Escalante AE, Jardon-Barbolla L, Ramírez-Barahona S. y Eguiarte LE. 2014. The study of biodiversity in the era of massive sequencing. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 1249-1264.
- Holderegger R y Wagner HH. 2008. Landscape Genetics. *BioScience* 58: 199-207.
- Manel S, Schwartz MK, Luikart G y Taberlet P. 2003. Landscape genetics: Combining landscape ecology and population genetics. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 189-197.
- Pahad G, Montgelard C y Jansen-van Vuuren B. 2019. Phylogeography and niche modelling: Reciprocal enlightenment. *Mammalia* 8:10-25.
- Razgour, O. 2015. Beyond species distribution modeling: A landscape genetics approach to investigating range shifts under future climate change. *Ecological Informatics* 3: 250-256.
- Rissler LJ. 2016. Union of phylogeography and landscape genetics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113: 8079-8086.
- Schluter D y Pennell MW. 2017. Speciation gradients and the distribution of biodiversity. *Nature* 546: 48-56.
- Soberón J y Nakamura M. 2009. Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. *PNA* 106: 19644-19650.

Storfer, A, Murphy MA, Evans JS, Goldberg CS, Robinson S, Spear SF y Waits LP. 2007. Putting the 'landscape' in landscape genetics. *Heredity* 98(3): 128-142.

Ortiz-Acosta MA, Vásquez-Aguilar AA, Mota-Vargas C, Galindo-González J. 2024. El estudio de la distribución de la biodiversidad en los ecosistemas es un proceso multidisciplinario. *Bioagrociencias* 17 (1): 97-104.  
DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5571>

