

LA DIVERSIDAD BETA DE MÉXICO: AVANCES E IMPLICACIONES EN LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

PILAR RODRÍGUEZ*

Cada vez es más frecuente escuchar que México, además de ser un país megadiverso, es un país de alta diversidad beta. Sin embargo, aún no queda muy claro para el público en general cuál es el significado del concepto diversidad beta, ni por qué es útil en términos del conocimiento y la conservación de la biodiversidad, particularmente para nuestro país. En virtud de que este concepto sí es de suma utilidad, vale la pena hacer algunas aclaraciones.

Definir diversidad beta

Si se realiza un muestreo de anfibios en un sitio en México, por ejemplo, en la selva de Los Tuxtlas, Veracruz, y se compara la lista de las especies obtenida con una lista de otro punto del país, como por ejemplo, el bosque mesófilo de montaña cercano a Xalapa en el mismo estado, el resultado será que los dos sitios tienen relativamente pocas especies en común. Si se compara esa lista con la de un lugar mucho más distante, como es la selva baja en Chamela, en el estado de Jalisco, se encontrará que hay aun menos especies en común entre ambos sitios. Precisamente, lo que captura la diversidad beta es cuán parecidas o diferentes son las comunidades ecológicas en términos de la composición de especies, por lo que puede haber regiones o países de diversidad beta alta, baja o de valores intermedios. El ejemplo anterior corresponde a

un caso de alta diversidad beta, ya que los diferentes sitios comparten relativamente pocas especies. Por el contrario, si hablamos de sitios que comparten todas o la gran mayoría de las especies, estamos ante un caso de baja diversidad beta.

La diversidad beta puede definirse como “la diferencia en la composición de especies entre sitios” y suele evaluarse con índices de similitud o disimilitud, desde muy sencillos hasta muy sofisticados. Ésta no es la única definición de diversidad beta. Desde que el ecólogo estadounidense Robert Whittaker propuso el término en 1960, se han enunciado muchas definiciones que se refieren a la diferencia en la composición de especies o a otras facetas de la diversidad beta, como puede ser “el recambio de especies en gradientes ambientales” (*turnover*). En esta segunda definición lo que captura la diversidad beta es la forma en que se sustituyen las especies conforme se avanza en un gradiente –por lo general altitudinal– y, en este caso, mientras más pronunciada es la sustitución de especies, mayor es la diversidad beta.

Cualquiera que sea la definición que se utilice, la diversidad beta junto con la diversidad alfa dan como resultado la diversidad total ya sea de una región o de un país. La diversidad alfa es el número de especies de una localidad; es el tipo de diversidad más conocido y más documentado por



su forma relativamente simple de ser evaluada. La diversidad total (también conocida como gamma) puede referirse al número total de especies de una región o de un país, dependiendo del contexto del estudio.

En las dos últimas décadas, la idea de que México es un país de alta diversidad beta ha tenido cierta difusión. Factores como la heterogeneidad ambiental del país, sumada a la conjunción de dos reinos biogeográficos en el territorio nacional, la historia geológica, entre muchos otros, parecen conjuntarse para dar como resultado una alta diversidad beta. Pero ¿cuál es la evidencia que hoy existe en favor de esta hipótesis?

En su clásico ejemplo, los investigadores mexicanos Héctor Arita y Livia León Paniagua¹ llamaron la atención acerca de la relativamente baja diversidad alfa que se presentaba en los mamíferos de nuestro país al comparar el sitio de mayor diversidad de mamíferos (Selva Lacandona: aproximadamente 64 especies de murciélagos y 48 especies no voladoras) contra un sitio equivalente en Costa Rica (La Selva: 65 especies de murciélagos y 51 especies no voladoras). Lo mismo ocurría cuando se comparaba la selva seca de Chamela, Jalisco, con la de Guanacaste, en Costa Rica. Estos datos y otros los llevaron a postular la idea de que, en lo que a mamíferos se refiere, lo que contribuía a que México fuera uno de los países de mayor diversidad a nivel mundial era la diversidad beta. Un estudio que hace eco a este planteamiento, compara patrones de diversidad de mamíferos terrestres y voladores de Norte y Centroamérica, y en el que corroboramos que, al menos para los mamíferos terrestres, la diversidad beta resulta ser mayor



en México que en las regiones de América del Norte.²

La heterogeneidad de la diversidad beta dentro del país

Pero quizá más que ver cuán alta es la diversidad beta de México en comparación con otros países habría que explicar los avances que se tienen respecto del conocimiento de los patrones de diversidad beta de nuestro país y qué implicaciones tienen en términos de la conservación de la diversidad.

Al respecto, existen avances importantes. Es el caso del análisis

realizado para los vertebrados terrestres de México –mamíferos, anfibios, reptiles y aves–, estudio en el que participamos especialistas de los distintos grupos taxonómicos y que aparecerá pronto como un capítulo del volumen *Conocimiento actual de la biodiversidad de la obra Capital natural de México*.³ Un resultado que quiero resaltar, de manera muy sintética, es que la metodología común que se siguió permitió generar información de todo el país para los distintos grupos taxonómicos. Con esta nueva información se hizo evidente la idea

En el bosque mesófilo de montaña se ha documentado que la diferencia en la composición de especies es muy distinta a distancias muy cortas.

Página opuesta: Cerca de 60% de las especies de anfibios tiene su área de distribución dentro de los límites territoriales de México, es decir, son endémicas.

Fotos: © Fulvio Eccardi

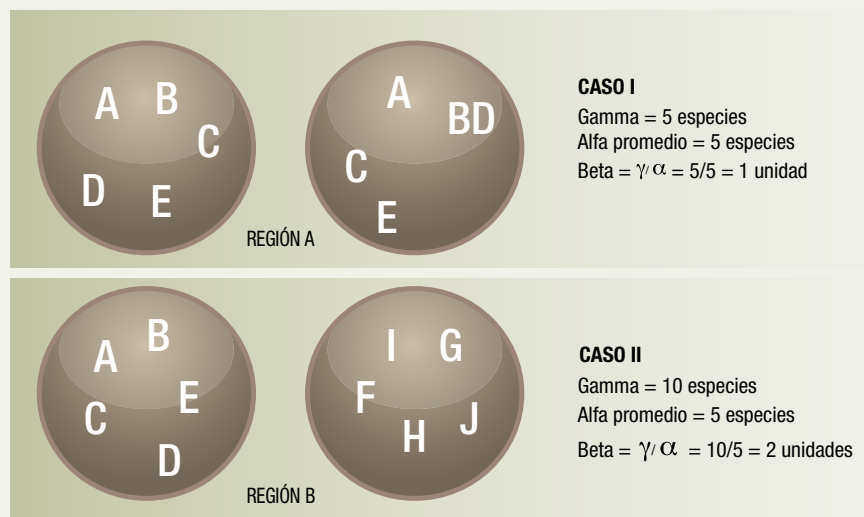


Figura 1. Relación entre la diversidad alfa y la diversidad beta en dos regiones dividida cada una de manera muy simple en dos sitios. En el caso I, los dos sitios tienen las mismas especies, es decir, baja diversidad beta; el número total de especies en la región es de cinco. En el caso II también hay dos sitios, sólo que no se comparte ninguna especie, es decir, es una región de alta diversidad beta; el resultado es que esta región tiene el doble del número de especies que la región A.

PROVINCIAS MASTOFAUNÍSTICAS

1. Baja California
2. California
3. Sonorense
4. Sierra Madre Occidental
5. Chihuahuense
6. Coahuilense
7. Sierra Madre Oriental
8. Tamaulipeca
9. Zacatecana
10. Eje Volcánico-Transversal
11. Sierra Madre del Sur
12. Oaxaquense-Tehuacanense
13. Cabo
14. Sinaloense
15. Nayarita
16. Balsas
17. Guerrerense
18. Chiapaneca
19. Yucateca
20. Golfo

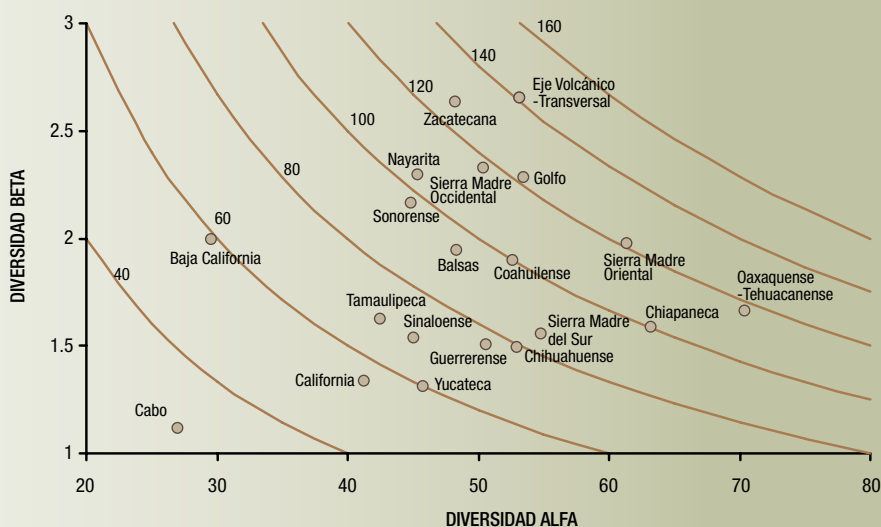


Figura 2. Contribución de la diversidad alfa y la diversidad beta al número total de especies (diversidad gamma) de los mamíferos terrestres en las 20 provincias mastofaunísticas de México. Las curvas unen regiones con igual diversidad gamma y la posición de los puntos indica los valores de diversidad alfa y beta.

El hecho de que los grupos taxonómicos sigan distintos patrones geográficos de diversidad beta tiene una implicación muy importante en la conservación de la biodiversidad, ya que significa que no es posible utilizar el conocimiento acerca de un grupo taxonómico para establecer sitios con miras a conservar otros grupos taxonómicos. Otra implicación general es que la gran heterogeneidad espacial de la diversidad beta orilla al establecimiento de distintas estrategias de conservación, dependiendo de la región.

La diversidad beta a distintas escalas espaciales

Datos de colecta de 20 sitios distribuidos en todo el país revelaron que poco más de 70% de las especies de árboles de la selva baja caducifolia sólo se encuentra en uno de los sitios, además de que la mayoría de los sitios comparte menos de 15% de las especies.⁵ Este ejemplo documenta claramente la alta diversidad beta de esta comunidad a nivel nacional. Pero ¿qué pasa si en lugar de comparar sitios diseminados por toda la República se concentra el estudio en una escala espacial mucho más local, en unidades de análisis que incluyen solamente algunas decenas de hectáreas?

En uno de los primeros estudios que se realizaron al respecto, la investigadora Patricia Balvanera⁶ encontró que la comunidad de árboles de la selva baja de Chamela, Jalisco, variaba notablemente de un sitio a otro, dependiendo de las condiciones locales como el tipo de suelo, orientación, pendiente, entre otros factores. La alta diversidad beta a escalas pequeñas se ha documentado para grupos tan distintos como las comunida-

de que aquellos grupos conformados por especies que tienden a distribuirse en áreas pequeñas del país, como los anfibios, presentan una mayor diversidad beta que los grupos conformados por especies que se distribuyen en áreas más amplias de México, como las aves.

Otro resultado de gran importancia de este estudio es que quedó documentada la gran heterogeneidad espacial en los patrones de diversidad beta de cada uno de estos grupos y entre los distintos grupos. Es decir, si se considera sólo a los anfibios, hay regiones en las que la diversidad beta es mayor que en otras. Por otro lado, si comparamos entre los distintos grupos

taxonómicos, hay regiones como el Eje Neovolcánico Transversal que aparecen recurrentemente con alta diversidad beta para distintos grupos (mamíferos y anfibios). Pero no todos los grupos presentan "picos" de diversidad beta en esta región. Por ejemplo, las aves endémicas del país, con áreas de distribución relativamente pequeñas, tienden a concentrarse en la región oeste, central y sur de las tierras altas de México, y si se observan otros grupos muy distantes filogenéticamente, como los nopales (*Opuntia*) y magueyes (*Agave*), o las mariposas de las familias Papilionidae y Pieridae, los patrones son muy distintos a los encontrados para los vertebrados.⁴

Página opuesta:
Las aves tienen áreas de distribución extensas, por lo que la diversidad beta es menor cuando se la compara con la de otros grupos taxonómicos. Sin embargo, hay regiones donde se ha documentado una alta diversidad beta, en particular en zonas montañosas del este, centro y sur del país.

Foto: © Fulvio Eccardi

des de árboles y anfibios del bosque mesófilo de montaña en las cercanías a Xalapa, Veracruz; las de anfibios y reptiles de la Selva Lacandona; también hay algunos ejemplos para grupos de invertebrados como son los escarabajos de estiércol en Los Tuxtlas, por mencionar sólo algunos.⁴

Si bien aún no existe un análisis que englobe todos estos estudios (meta-análisis), hay esfuerzos en ciernes por integrar este cúmulo de información y comenzar a extraer las enseñanzas en términos de patrones generales, así como conocer los factores o causas asociados a esta gran diversidad y, sobre todo, los efectos que las actividades humanas tienen sobre este tipo de diversidad.

Diversidad beta y conservación de la biodiversidad

Una consecuencia directa de la alta diversidad beta de nuestro país es que es imposible la conservación de una fracción importante de la diversidad en las áreas naturales protegidas. Por el contrario, aun cuando se continuara aumentando el número de áreas naturales bajo protección, una gran parte de la diversidad quedaría fuera de éstas, en una realidad en la que impera la presión cada vez mayor por recursos, tanto por parte de los habitantes de las zonas rurales como de los de zonas urbanas.⁷

En este contexto, las áreas naturales protegidas, si bien son necesarias, son insuficientes para conservar la diversidad de un país megadiverso y de alta diversidad beta y se requieren estrategias de conservación que complementen el esquema de las áreas naturales protegidas. En este sentido, cobran vigencia esquemas que incluyan el establecimiento de co-

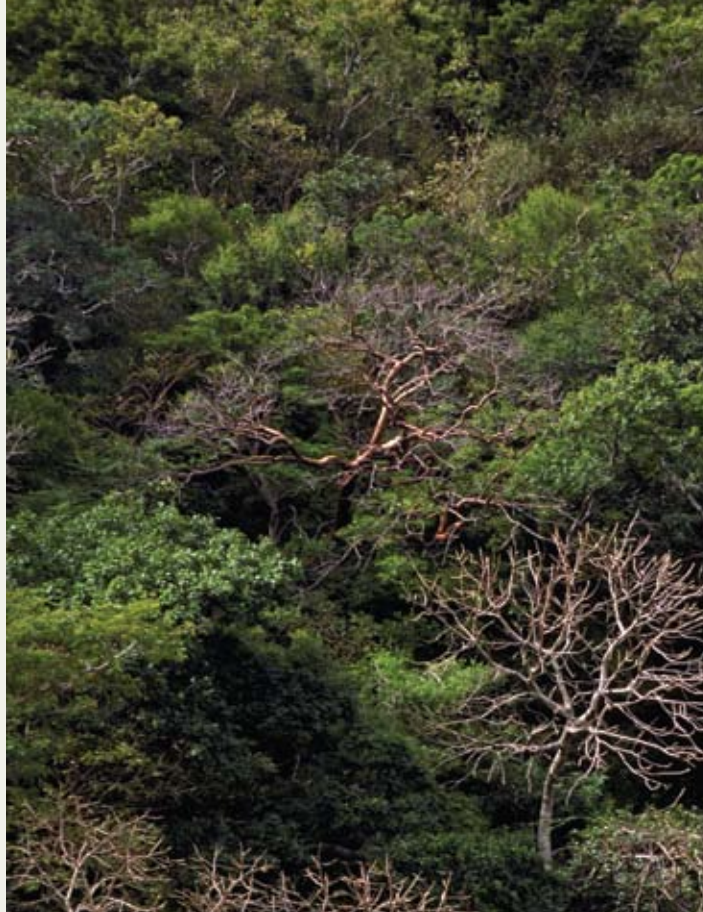
rredores biológicos, la intensificación de prácticas de uso múltiple o diversificado fuera de las áreas naturales protegidas, además de nuevas propuestas, como las reservas archipiélago, desarrolladas como resultado del conocimiento acerca de la diversidad beta, tanto en términos conceptuales como de los patrones de diversidad de nuestro país.

De acuerdo con el planteamiento propuesto por el doctor Gonzalo Halffter del Instituto de Ecología A.C., la creación de este tipo de áreas protegidas de extensión y proyección regional se justifica sólo en regiones donde exista una alta diversidad beta. El archipiélago estaría formado por islas, que en conjunto maximizarían la protección de las especies de la región, ya que el criterio para ubicarlas estaría basado en determinar qué áreas contribuyen más al total de especies, es decir, en la diversidad beta. Estas islas estarían sujetas a regulaciones de conservación y habría espacios intermedios ajenos a estas regulaciones en los que se podrían desarrollar actividades compatibles con la conservación. Otro de los aspectos que incluye esta propuesta es la existencia de corredores entre las islas, concebidos y diseñados considerando la diversidad beta, de tal forma que su orientación y ubicación respondan a maximizar la diversidad regional.⁴ Un aspecto que quisiera resaltar de esta propuesta es que, a diferencia de otro tipo de áreas protegidas, cada una de las islas no sería seleccionada por tener una riqueza excepcionalmente alta, sino que sería el conjunto de áreas el que permitiría abarcar el máximo número de especies a nivel regional.



La diversidad beta de las comunidades de árboles de la selva baja caducifolia es muy alta a nivel nacional, ya que sólo comparten en promedio 30% de las especies de árboles. A escala local, la diversidad beta también es alta.

Foto: © Fulvio Eccardi



A escala local, lo que hoy sabemos respecto de la conservación y diversidad beta es que las prácticas de manejo pueden contribuir a que la diversidad beta disminuya o desaparezca; por ejemplo, esto pasa cuando se convierte una selva en un potrero al introducir ganadería extensiva (que es el caso en gran parte del país). Frente a esta tendencia de homogeneización de la diversidad, se ha documentado que ciertas prácticas, como la ganadería de baja intensidad, mantienen un paisaje diversificado que genera cambios en la composición de especies en los ensamblajes de escarabajos, dando lugar a una mayor diversidad que la que se encuentra en áreas de vegetación homogénea.⁸ También se ha documentado que ciertas prácticas en el cultivo del café de sombra llegan a promover la diversidad beta de árboles y de especies asociadas.⁹ Aunque aún son escasos los ejemplos en los que se documenta que es posible combinar de manera exitosa el uso y manejo de los sistemas naturales y la conservación de especies y más par-

ticularmente con la conservación de la diversidad beta, la idea es esperanzadora.

En conclusión, los avances en el conocimiento de la diversidad beta del país y, junto a esto, los avances conceptuales en términos de nuevas propuestas para la conservación y uso que toman en cuenta a la biodiversidad beta, muestran que se debe seguir por este camino en la búsqueda de opciones para conservar la megadiversidad de este país.

Bibliografía

- ¹ Arita, H.T., y L. León Paniagua. 1993. "Diversidad de mamíferos terrestres", en *Ciencias* 7: 13-22.
- ² Rodríguez, P., y H.T. Arita. 2004. "Beta Diversity and Latitude of North American Mammals: Testing the Hypothesis of Covariation", en *Ecography* 27: 547-556.
- ³ Koleff, P., J. Soberón *et al.* 2008. "Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies", en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 323-364.
- ⁴ Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff y

A. Melic (eds.). 2005. *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. SEA-CONABIO-CONACYT-DIVERSITAS, Zaragoza.

- ⁵ Trejo, I. 2005. "Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México", en G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.), *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. SEA, CONABIO, CONACYT, DIVERSITAS, Zaragoza, pp. 111-122.

- ⁶ Balvanera, P. 1999. "Diversidad beta, heterogeneidad ambiental y relaciones espaciales en una selva baja caducifolia", tesis para obtener el grado de doctor en ecología, UNAM, México.

- ⁷ Sarukhán, J., J. Soberón y J. Larson-Guerra. 1996. "Biological Conservations in a High Beta-diversity Country", en F. di Castri y T. Younés (eds.), *Biodiversity Science and Development: Towards a New Partnership*. CAB International-International Union of Biological Sciences.

- ⁸ Verdú, J.R., C.E. Moreno, G. Sánchez-Rojas, C. Numa, E. Galante y G. Halffter. 2007. "Grazing Promotes Dung Beetle Diversity in the Xeric Landscape of a Mexican Biosphere Reserve", en *Biological Conservation* 140: 308-317.

- ⁹ Bandeira, F.P., C. Mantorell, J.A. Meave y J. Caballero. 2005. "The Role of Rustic Coffee Plantation in the Conservation of Wild Tree Diversity in the Chinantec Region of Mexico", en *Biodiversity and Conservation* 14: 1225-1240

* Dirección General de Bioinformática, CONABIO, prodrig@conabio.gob.mx