

# Pilares del ecosistema: jenga de mamíferos neotropicales



HUMBERTO BAHENA

*La diversidad funcional es un enfoque de investigación que determina las relaciones entre diversidad, estructura y funcionamiento de las especies al interior de los ecosistemas, evaluando en ellas las contribuciones que resultan clave para el entorno. La contribución funcional de los organismos podría ser inversamente proporcional a su diversidad numérica, como lo demostró un estudio sobre mamíferos en el Neotrópico.*

## Diversidad funcional

El papel de los seres vivos en la estructura y funcionamiento del ecosistema puede ser visto desde la perspectiva de un juego clásico de *jenga*. Al inicio de la partida, los bloques están perfectamente ensamblados y forman una torre sólida, equiparable a un ecosistema donde todas las especies desempeñan un papel semejante, y la pérdida de un bloque tal vez no representaría grandes cambios. Al avanzar el juego, cada movimiento modifica la estructura de la torre y los bloques que resisten sin caer son cruciales.

Esta imagen es común en la naturaleza. En cada ecosistema se juega una partida manejada por diferentes participantes, entre ellos: temperatura, luz, humedad y otros factores ambientales, interacciones entre organismos y disturbios causados por actividades humanas. La pérdida de biodiversidad pone en peligro la estructura funcional del ecosistema, ya que si una especie desaparece o si se reduce su población, se pueden modificar las relaciones entre organismos, el flujo de energía y la regulación de las poblaciones de presas.

En algunos casos, si cierto animal se extingue o se ve forzado a dejar su hábitat, sus funciones ecológicas pueden reemplazarse; por ejemplo, al reducirse el número de jaguares en la región Centro de Panamá, sus presas seguían siendo cazadas por pumas y ocelotes. En otras ocasiones, el papel de una especie es único y su pérdida provoca situaciones complejas; como muestra, cuando se extinguieron los lobos en Norteamérica, los ciervos se quedaron prácticamente sin depredadores, su número aumentó demasiado y provocaron un drástico efec-

to en las plantas por el ramoneo excesivo (cortes en las puntas de las ramas). La incorporación de especies también provoca alteraciones, como ocurre con el pez diablo, proveniente del Amazonas; fue introducido en aguas mexicanas y ha puesto en riesgo a poblaciones de peces nativos.

Lo anterior se encuentra ligado a la denominada "diversidad funcional", concepto que sirve para explicitar que no todas las especies pueden desempeñar papeles equivalentes, pues en el funcionamiento de los ecosistemas, su estabilidad e interacciones, intervienen los rasgos funcionales y biológicos de los organismos, de modo que no solo importa su diversidad o abundancia. La diversidad funcional puede orientar a tomadores de decisiones en la selección de sitios para la conservación o recuperación de especies, así como en la identificación de aquellas con funciones clave.

## Ecorregiones en el Neotrópico

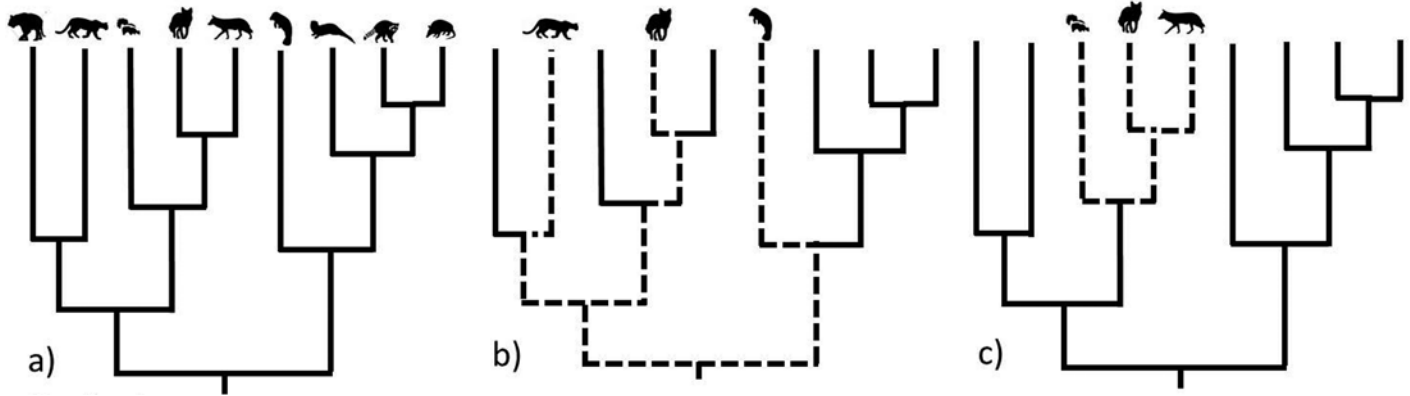
¿Cómo es que la diversidad funcional puede ser utilizada como herramienta de

investigación y aplicación práctica? Sabemos que México es un país megadiverso ubicado entre las regiones neártica (la mayoría de América del Norte, abarcando parte de México) y neotropical (desde el centro de México hasta América del Sur). El Neotrópico se caracteriza por ser el hogar de la mayor diversidad de mamíferos del planeta. México ocupa el tercer lugar a nivel mundial (después de Indonesia y Brasil) con alrededor de 550 especies, y más de la mitad se concentran en estados del sur y el sureste: Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán. Por cuestiones prácticas, agruparemos estas entidades en el concepto "frontera sur", aunque Veracruz y Yucatán no son estados fronterizos.

A pesar de la riqueza biológica de la zona, gran parte del territorio ha sido transformado por actividades humanas (tala, agricultura, ganadería, aumento de la mancha urbana), razón por la que los



Figura 1



ecosistemas se han visto afectados. Para tener mayor claridad sobre la problemática, nuestro equipo realizó un estudio con mamíferos de tallas medianas y grandes (con peso mayor a 1 kilogramo), pues su pérdida podría generar graves efectos sobre otros niveles tróficos u otros seres vivos, incluso plantas. Logramos identificar las ecorregiones y especies funcionalmente importantes. Las ecorregiones, también llamadas biorregiones, son unidades geográficas con una composición de flora, fauna y ecosistemas característicos, que a diferencia de las divisiones políticas (países, estados, municipios) ofrecen una clasificación basada en procesos ecológicos y biológicos.

Recopilamos información correspondiente a los rasgos funcionales de mamíferos terrestres y de aguas continentales: hábitos alimentarios, preferencias de hábitat, patrón de actividad, conducta social, tamaño corporal y longevidad, entre otros, en 18 ecorregiones del Neotrópico mexicano, así como en las nueve ubicadas en la frontera sur (tabla 1). Usamos uno de los índices de diversidad funcional más conocidos: el "FD" de Petchey y Gaston (Petchey, O.L. y Gaston, K.J., 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9: 741–758).

Este esquema genera una representación gráfica en forma de árbol (dendrograma) a partir de los rasgos funcionales de los organismos y permite analizar las contribu-

ciones particulares de cada una, es decir, aquellos rasgos con los que desempeña un papel único en el ecosistema. Por ejemplo, en la figura 1 se muestran dos comunidades con el mismo número de especies (b y c), pero estas presentan diferentes rasgos funcionales. La comunidad "b" incluye animales de tres niveles tróficos: carnívoros (puma), omnívoros (coyote) y herbívoros (manatí), con lo que es funcionalmente más diversa que la comunidad "c", ya que en ella los tres pertenecen al mismo nivel trófico: omnívoros (zorrillo, coyote y zorra).

### Contribución funcional de los mamíferos

Analizamos 46 especies de mamíferos representados en 15 familias: Didelphidae (tlacuaches), Dasypodidae (armadillos), Myrmecophagidae (osos hormigueros), Atelidae (monos), Leporidae (conejos y liebres), Felidae (jaguar, ocelote y otros), Canidae (por ejemplo, coyotes y zorros), Mustelidae (nutrias, tejones y otros), Procyonidae (mapaches y coatíes), Tapiridae (tapires), Tayassuidae (pecarís), Cervidae (ciervos o venados), Dasyproctidae

Tabla 1. Ecorregiones usadas para analizar la diversidad funcional de los mamíferos medianos y grandes que habitan el Neotrópico mexicano y la frontera sur del país.

Ecorregiones		Número de especies	
Neotrópico mexicano	Frontera sur	Bosques húmedos de Petén-Veracruz	36
		Bosques secos de la Depresión de Chiapas	31
		Bosques húmedos de Yucatán	29
		Bosque húmedo de la Sierra Madre de Chiapas	27
		Bosques de pino-encino de América Central	23
		Bosques montanos de Chiapas	17
		Manglares mesoamericanos del Golfo-Caribe	14
		Manglares mesoamericanos del Pacífico sur	8
		Bosques secos de América Central	5
		Bosques secos del Pacífico sur	29
		Bosques secos de Yucatán	24
		Bosques secos de Jalisco	20
		Sierra de los Tuxtlas	19
		Bosques secos de Sinaloa	19
		Bosques húmedos de Veracruz	18
		Pantanos de Centla	9
		Bosques montanos de Chimalapas	9
		Bosques secos de Veracruz	6

(agutís), Cuniculidae (pacas) y Trichechidae (manatís).

Los resultados sugieren que la región neotropical de México alberga gran parte de la diversidad funcional del país, especialmente en zonas de la frontera sur, como los bosques húmedos de Petén-Veracruz y de Yucatán, además de los bosques secos de la Depresión de Chiapas (tabla 2).

En la tabla 2 también se muestra el orden de importancia de las especies por ecorregión; esto nos permite identificar que la contribución funcional de las especies se vuelve más importante en tanto la diversidad disminuye. Es decir, en los ecosistemas menos diversos –como en los manglares mesoamericanos del Pacífico o los bosques secos de América Central y de Veracruz–, el papel funcional de los organismos es más crucial. Este patrón confirma la analogía con una partida de *jenga* y la importancia de la posición de cada bloque.

Debido a sus rasgos funcionales únicos, los mamíferos con la contribución fun-

cional más importante en el Neotrópico mexicano impactan tanto en los ecosistemas terrestres (el puma, *Puma concolor*; el tapir mesoamericano, *Tapirella bairdii*, y el mapache, *Procyon lotor*) como acuáticos (el manatí, *Trichechus manatus* y la nutria, *Lontra longicaudis*). En los estados del sur-sureste, estos dos últimos animales son vitales, como también lo son el coyote (*Canis latrans*), el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) y el tigrillo (*Leopardus wiedii*). Cabe resaltar que la mayoría de estas especies se encuentran en alguna categoría de riesgo según la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-2010, SEMARNAT).

En la tabla 3 se describe el posible efecto que cada organismo podría tener en el ecosistema. Por ejemplo, el manatí puede considerarse un controlador de malezas acuáticas, pues su dieta se basa en plantas acuáticas que al no ser consumidas podrían aumentar sus poblaciones, afectando los componentes bióticos y



HUMBERTO BARRERA

**Tabla 2. Especies de mamíferos en las ecorregiones de la frontera sur y su lugar respecto a la diversidad y contribución funcionales.**

Ecorregiones en la frontera sur	Número de especies	Orden de importancia en diversidad funcional	Importancia en la contribución funcional única de las especies
Bosques húmedos de Petén-Veracruz	36	1°	9°
Bosques secos de la Depresión de Chiapas	31	2°	8°
Bosques húmedos de Yucatán	29	3°	7°
Bosque húmedo de la Sierra Madre de Chiapas	27	4°	6°
Bosques de pino-encino de América Central	23	5°	5°
Bosques montanos de Chiapas	17	6°	4°
Manglares mesoamericanos del Golfo-Caribe	14	7°	3°
Manglares mesoamericanos del Pacífico sur	8	8°	1°
Bosques secos de América Central	5	9°	2°

abióticos en humedales costeros; además es una “especie sombrilla”, o sea que al protegerla se resguardan otras más.

### Manejo de la biodiversidad

Los estudios de biodiversidad se habían enfocado en el análisis del patrón de diversidad o en la riqueza de especies a través de gradientes o procesos; hoy en día se abordan perspectivas integradoras que incluyen la diversidad filogenética, genética y funcional de los organismos en las comunidades. Si bien la diversidad funcional empezó a reconocerse desde hace varias décadas, la atención sobre ella es reciente; constituye un aspecto ampliamente estudiado en torno a plantas e invertebrados, aunque poco abordado con vertebrados.

No existe todavía una definición formal del concepto, pero su aplicación es fundamental para evaluar la relación entre la diversidad, la estructura y funcionamiento de las comunidades y ecosistemas. Se ha

Tabla 3. Especies que resaltan por su gran aporte funcional en los ecosistemas y su estatus de conservación en la norma mexicana.

	Especie	Porcentaje de contribución funcional	Categoría de riesgo	Impacto en el ecosistema
Neotrópico mexicano	Manatí del Caribe ( <i>Trichechus manatus</i> )	76%	Peligro de extinción	Controlador de malezas acuáticas, efecto sombrilla sobre otras especies (al protegerla se protegen otras).
	Nutria, perro de agua ( <i>Lontra longicaudis</i> )	76%	Amenazada	Depredador de talla mediana, controlador de poblaciones de peces y crustáceos, indicador de la salud de cuerpos de agua con vegetación riparia.
	Tapir mesoamericano ( <i>Tapirella bairdii</i> )	72%	Peligro de extinción	Dispensor de semillas e indicador de la calidad del hábitat.
	Puma, león de montaña ( <i>Puma concolor</i> )	70%		Depredador de talla grande, controlador de poblaciones de mamíferos medianos y grandes.
	Mapache ( <i>Procyon lotor</i> )	67%		Controlador de las poblaciones de vertebrados pequeños y presa de depredadores grandes.
Frontera sur	Manatí ( <i>Trichechus manatus</i> )	100%	Peligro de extinción	Controlador de malezas acuáticas y del funcionamiento de ríos y zonas costeras.
	Nutria, perro de agua ( <i>Lontra longicaudis</i> )	78%	Amenazada	Depredador de talla mediana, controlador de poblaciones de peces y crustáceos, indicador de cuerpos de agua con vegetación riparia.
	Coyote ( <i>Canis latrans</i> )	73%		Depredador de talla mediana, controlador de poblaciones de presas animales, dispensor de semillas.
	Oso hormiguero ( <i>Tamandua mexicana</i> )	69%	Peligro de extinción	Controlador de plagas (insectos).
	Tigrillo, margay ( <i>Leopardus wiedii</i> )	64%	Peligro de extinción	Depredador de talla mediana, controlador de poblaciones de mamíferos pequeños.

usado para describir en mapas las tendencias geográficas de la biodiversidad, como base para la planeación sistemática de la conservación y para valorar la efectividad de las áreas naturales protegidas. También ha servido para evaluar la respuesta de comunidades de organismos a perturbaciones, como el cambio en el uso del suelo, la deforestación o la introducción de especies invasoras. Desde luego, es útil para evaluar los aportes de cada especie, lo que resulta crucial para mantener los servicios que nos brinda un ecosistema.

Existen varias propuestas para su análisis que arrojan resultados similares; no obstante, conviene elegir la más adecuada según los objetivos (por ejemplo, índices que consideran la abundancia de las especies o para incluir uno o varios rasgos funcionales). Varios autores se han dado a la tarea de recopilar y comparar metodologías para mejorar sus alcances.

No cabe duda de que conocer y valorar la diversidad de papeles funcionales de las especies contribuirá al propio bienestar de las comunidades humanas, pues se faci-



HUMBERTO BAHENA

tará un mejor manejo de la biodiversidad y los servicios que de ella se derivan. ☞

Este trabajo se realizó durante la estancia posdoctoral de Yuriana Gómez-Ortiz en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Yuriana Gómez-Ortiz es académica de la División de Desarrollo Sustentable de la Universidad Intercultural del Estado de México (yurianagomezortiz@gmail.com). Claudia E. Moreno es profesora-investigadora del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (cmoreno@uaeh.edu.mx).