

# El funcionamiento oculto de la vida

## Resumen

El funcionamiento de los ecosistemas resulta de las interacciones que entablan los organismos vivos con el medio que los rodea. Esto da lugar a los servicios ambientales que sustentan nuestra existencia. Sin embargo, la degradación ambiental que estamos provocando pone en riesgo estos procesos, lo que amenaza nuestro bienestar.

## Abstract

The functioning of ecosystems results from interactions between living organisms and their environment. This gives rise to the environmental services that support our existence. However, the environmental degradation we are causing puts these processes at risk, and this threatens our well-being.

## Funciones ecosistémicas y servicios ambientales

Los ecosistemas son espacios físicos donde las especies interactúan entre ellas y con los elementos de su **entorno abiótico**, dando lugar a flujos de materia y energía. Por ejemplo, las plantas terrestres absorben agua y minerales del suelo, capturan dióxido de carbono de la atmósfera y cosechan energía solar para sintetizar carbohidratos, proteínas, lípidos y otros compuestos orgánicos que almacenan en forma de biomas. Los animales herbívoros consumen la biomasa de las plantas para generar su propia biomasa y, a su vez, pueden ser consumidos por animales carnívoros. Todas estas interacciones entre organismos generan residuos, incluidos sus propios cuerpos cuando mueren, que son reincorporados a los compartimentos abióticos de los ecosistemas mediante procesos de degradación. De esta manera, la materia y la energía fluyen dentro de los ecosistemas.

Aunque el ejemplo anterior se centra en los flujos de materia y energía que se producen mediante interacciones que involucran la generación o consumo de alimentos, en los ecosistemas ocurren interacciones de muchos otros tipos. Bajo esta perspectiva, podemos concebir los ecosistemas como tejidos, donde los

### Entorno abiótico

Componentes no vivos de un ecosistema, lo cual incluye factores físicos, como la luz y la temperatura; y químicos, como el agua y los nutrientes minerales del suelo.



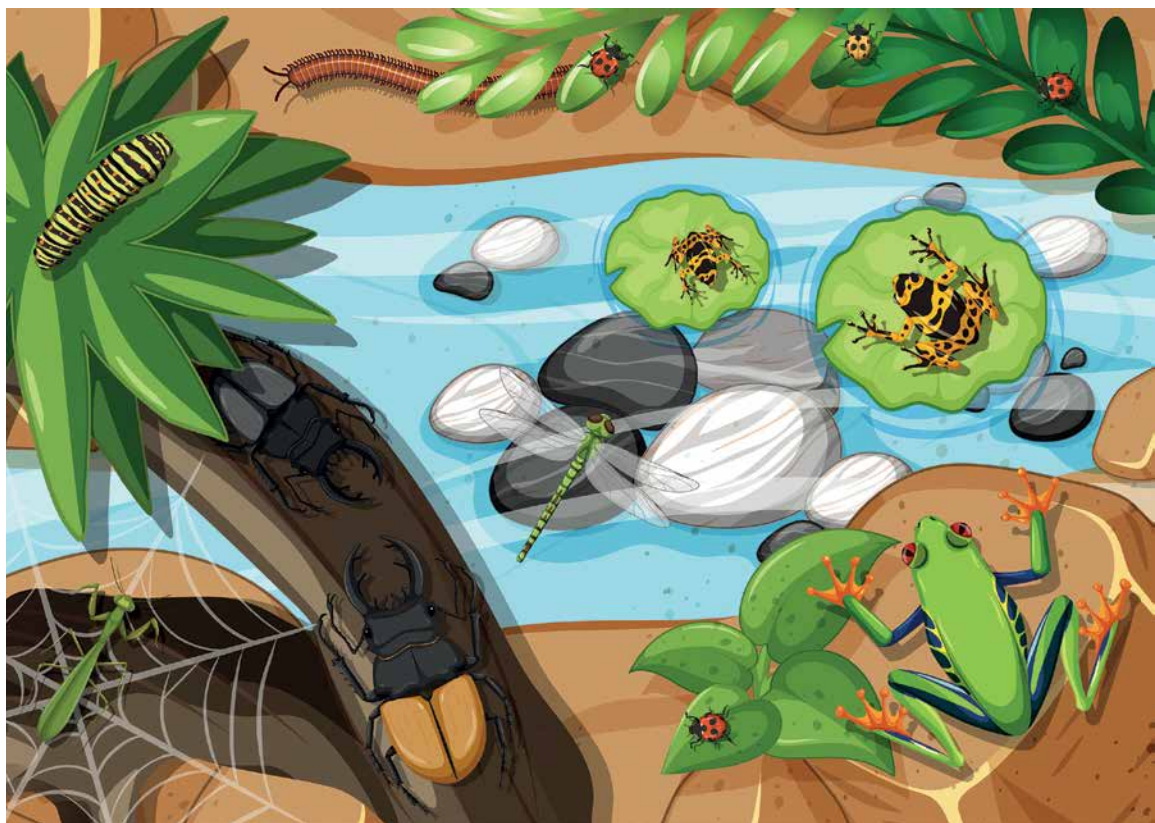
hilos que los componen son los flujos de materia y energía que entrelazan a las especies y a los elementos abióticos. Cada uno de estos hilos se denomina *función ecosistémica* y, en su conjunto, dan lugar al *funcionamiento ecosistémico*. Así, la integridad del tejido ecosistémico se mantiene mientras no se pierdan especies ni se modifiquen sus elementos abióticos.

La existencia de todas las especies depende de esos flujos de materia y energía. Incluso, muchas funciones ecosistémicas tienen valor agregado para la humanidad porque sustentan nuestro bienestar y, por ello, se las denomina *servicios ambientales*. Algunos ejemplos de estos servicios son el agua que consumimos, que es capturada y almacenada en los ecosistemas, la depuración atmosférica de nuestro entorno, que se lleva a cabo en ecosistemas que secuestran dióxido de carbono y liberan oxígeno. Estos servicios ambientales, entre muchos otros, dependen directamente de la integridad del tejido ecosistémico y, si éste se debilita, se reduce nuestro bienestar actual y el de las generaciones futuras.

■ **Funcionamiento ecosistémico y biodiversidad**

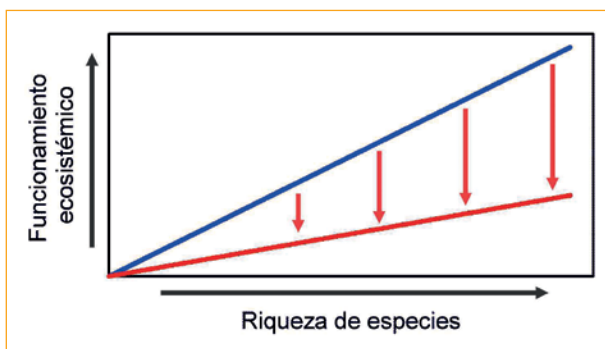
Comúnmente imaginamos que la palabra *biodiversidad* se refiere a todas las especies que residen en un ecosistema natural. En ecología, esto comúnmente se denomina *riqueza de especies*, pero la biodiversidad es mucho más que eso porque también involucra las funciones ecosistémicas que esas especies desarrollan. Esto llevó a proponer que el funcionamiento de los ecosistemas se potencia con su riqueza de especies, ya que una mayor diversidad de organismos implicaría más flujos de materia y energía. En nuestra analogía anterior, más especies originarían tejidos ecosistémicos con más hilos.

Esta propuesta fue sustentada con observaciones y experimentos, demostrándose que la eficiencia en la generación de biomasa, el reciclaje de nutrientes y el uso del agua, entre otras funciones ecosistémicas, se incrementan con la riqueza de especies. Entonces, con una mayor cantidad de especies se optimizan los flujos de materia y energía en los ecosistemas, y esto representa más servicios ambientales y de mejor calidad para los seres humanos. Sin embargo, el creci-



miento acelerado de la población humana durante el último siglo ha aumentado la demanda de alimentos y otras materias primas, así como también de espacio y energía, lo que en última instancia ha causado problemas ambientales globales que ponen en riesgo el funcionamiento de los ecosistemas y nuestro propio bienestar. Si esa situación de degradación ambiental continúa avanzando, surge una pregunta fundamental: ¿qué ocurrirá con las relaciones entre el funcionamiento ecosistémico y la riqueza de especies y, en consecuencia, con los servicios ambientales en el futuro?

Contestar esta pregunta requiere entender cómo las diferentes especies de un ecosistema usan la materia y la energía disponible en su entorno. Para esto, podemos pensar que cada especie emplea una fracción única de la materia y la energía disponibles en el ecosistema, que no es utilizada por las demás especies. Dentro del tejido ecosistémico, esto significaría que cada especie da lugar a hilos que ninguna otra especie puede generar. Como ejemplo, imaginemos un bosque donde algunas plantas con raíces profundas utilizan agua subterránea, mientras que plantas con raíces cortas solamente aprovechan el agua superficial que se acumula en el suelo tras las lluvias. Así, cada grupo de plantas se abastece de agua a una profundidad diferente. Las especies de estos dos grupos son funcionalmente *complementarias* porque ninguna usa el mismo recurso de la misma forma.



**Figura 1.** Si las especies de un ecosistema son funcionalmente complementarias, las relaciones entre su funcionamiento y su riqueza de especies son positivas y lineales. En azul se representa una relación donde las especies operan bajo condiciones ambientales normales. En rojo se muestra la misma relación, pero la contribución de las especies al funcionamiento ecosistémico es menor porque están expuestas a factores ambientales adversos, representados con las flechas rojas verticales.

Así, el funcionamiento ecosistémico aumenta de manera directa y proporcional a la riqueza de especies, como lo describen ambas líneas de la **Figura 1**.

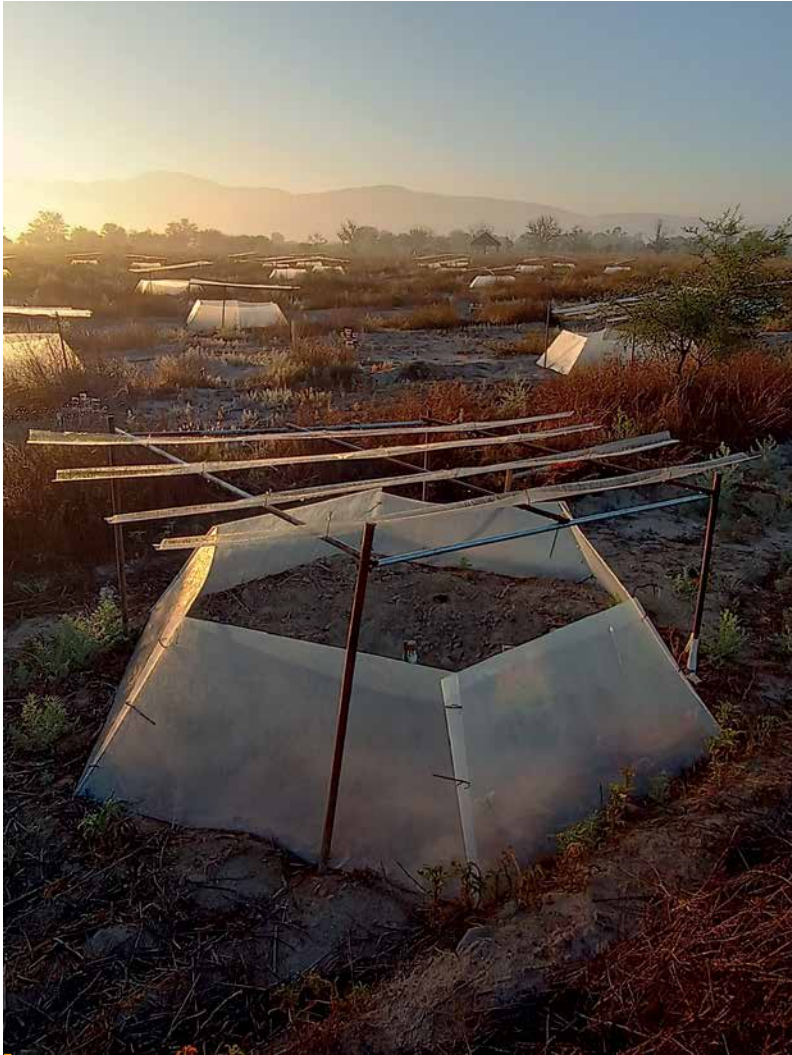
Aunque se han propuesto otros mecanismos para explicar las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y su riqueza de especies, la existencia de especies funcionalmente complementarias permite analizar con facilidad cómo nuestras actividades pueden afectarlas en el futuro. Un primer escenario que se puede considerar es la extinción de especies debido al avance de la degradación ambiental. En este caso, cabría esperar que los ecosistemas pierdan funciones conforme se reduce su número de especies, lo que sería equiparable a retirar progresivamente los hilos que componen el tejido ecosistémico hasta que colapse.

Una mayor degradación ambiental también podría reducir la capacidad de las especies para procesar materia y energía, sin necesariamente causar su extinción. Esto comúnmente ocurre cuando los organismos son expuestos a contaminantes, temperaturas extremas o cualquier otro factor que les resulte adverso. Si esto ocurre, aún habría relaciones positivas entre el funcionamiento y la riqueza de especies de los ecosistemas, pero el aporte de cada especie al funcionamiento sería menor al que realiza cuando no es afectada por esos factores. Esto lo muestra la línea roja de la **Figura 1** y, en términos del tejido ecosistémico, equivaldría a decir que el número de hilos que contiene es el mismo, pero son más delgados y frágiles.

También es posible que la degradación ambiental cause los dos efectos anteriores, llevando a algunas especies a la extinción y reduciendo la capacidad de otras para procesar materia y energía. Éste sería el escenario más dramático, ya que comprometería fuertemente la integridad estructural del tejido ecosistémico y su capacidad para proveernos de servicios ambientales. Bajo estos tres escenarios, a continuación se comenta un caso de estudio desarrollado en México sobre este tema.

### ■ **Funcionamiento ecosistémico y cambio climático**

■ La sección anterior ilustra cómo las actividades humanas pueden eliminar o debilitar los hilos del



**Figura 2.** Fotografía de un experimento de campo realizado con cámaras de techo abierto y refugios de lluvia para simular las condiciones de cambio climático que se esperan en México.

complejo tejido que sustenta el funcionamiento de los ecosistemas y hoy en día enfrentamos una crisis ambiental sin precedentes. Uno de los mayores exponentes de esta crisis es el cambio climático debido al aumento en la emisión de gases de efecto invernadero por parte de nuestras sociedades, lo que está causando aumentos de la temperatura y alteraciones en los regímenes de precipitación en todo el planeta.

Los ecosistemas de México serán fuertemente afectados por este fenómeno. Se espera que la temperatura promedio en el país aumente hasta  $3^{\circ}\text{C}$  y que la precipitación anual disminuya más de un 10%, en comparación con los valores actuales de

esas variables. Estos cambios climáticos pueden incrementar el riesgo de extinción de muchas especies y disminuir el desempeño de otras para procesar materia y energía, lo que en última instancia afectará el funcionamiento de los ecosistemas. Para explorar estos efectos, investigadores del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica han desarrollado experimentos dirigidos a evaluar los efectos del cambio climático sobre las relaciones entre el funcionamiento ecosistémico y la riqueza de las especies.

Estos experimentos se realizaron en ecosistemas semidesérticos de México que son dominados por plantas herbáceas. Para esto, se agruparon aleatoriamente semillas de plantas, con una variación en el número de especies de cada conjunto. Parte de estos conjuntos de semillas se sembraron en campo bajo las condiciones climáticas actuales, mientras que otra parte se sembró bajo condiciones simuladas de cambio climático. Para simular estas condiciones en el campo, se usaron cámaras de techo abierto confeccionadas con acrílico transparente, las cuales permiten incrementar la temperatura. Además, para reducir la precipitación, sobre esas cámaras se instalaron canales que interceptan parte de la lluvia. Estas estructuras se muestran en la **Figura 2** y, una vez que las plantas se desarrollaron tanto dentro como fuera de ellas, los conjuntos de especies se cosecharon. Después, se determinó la biomasa de cada conjunto de especies, que es una variable que integra muchas funciones ecosistémicas. Con esta información, se estimaron las relaciones entre la biomasa vegetal y la riqueza de especies bajo el clima actual y el clima futuro.

Como era de esperar, la producción de biomasa vegetal se incrementó con la riqueza de especies, tanto bajo el clima actual como bajo condiciones simuladas de cambio climático. No obstante, los resultados también mostraron que el aumento en la temperatura y la disminución en la precipitación que se esperan en el futuro pueden eliminar algunas especies vegetales, así como limitar la producción de biomasa en otras. Estas experiencias predicen un panorama desalentador para las relaciones entre el funcionamiento ecosistémico y la riqueza de especies,

lo que indica que el avance del cambio climático volverá más frágil el tejido ecosistémico, rompiendo algunos de sus hilos y debilitando otros. Lo desalentador de estos resultados, sin embargo, no debe generalizarse, ya que solamente reflejan efectos del cambio climático en ecosistemas semidesérticos que contienen plantas herbáceas. Por ello, se requieren más experimentos para establecer fehacientemente que otros ecosistemas responderán de la misma forma. De todas maneras, esto no significa que debamos esperar más tiempo para activar nuestros esfuerzos de mitigación del cambio climático. Por el contrario, estos resultados ponen en evidencia la necesidad de emprender acciones urgentes para detener la degradación ambiental que nuestras actividades causan en los ecosistemas.

#### **Pablo Siller-Clavel**

División de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

[pablo.siller@ipicyt.edu.mx](mailto:pablo.siller@ipicyt.edu.mx)

#### **Ernesto I. Badano**

División de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

[ernesto.badano@ipicyt.edu.mx](mailto:ernesto.badano@ipicyt.edu.mx)



#### **Lecturas recomendadas**

Giller, P. S. y G. O'Donovan (2002), "Biodiversity and ecosystem function: do species matter?", *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 102(3):129-139. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/20500160>, consultado el 28 de mayo de 2026.

Hassan, R., R. Scholes y N. Ash (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*, EUA, Island Press.