

INTERACCIONES ECOSISTÉMICAS: EL PODER OCULTO QUE SOSTIENE LA VIDA EN LA TIERRA

Hernán Celaya-Michel^{1*}, Maryela Celaya Rosas²

¹Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, Km 21 Carr. Bahía de Kino, CP. 83000. Hermosillo, Sonora, México. *hernan.celaya@unison.mx

²University of Arizona, Ecology and Evolutionary Biology, USA. maryelacelaya@arizona.edu

*Correo de autor de correspondencia: hernan.celaya@unison.mx

<https://doi.org/10.32399/CIBIOS-BUAP.fcb.2954-5218.2025.4.12.22>

Resumen

Las interacciones ecosistémicas son fundamentales para mantener la resiliencia y la diversidad en los ecosistemas, ya que regulan las relaciones entre especies y su entorno. Estas interacciones pueden ser entre individuos de la misma especie o entre diferentes especies, y se clasifican según los efectos que provocan: depredación, parasitismo, comensalismo, amensalismo, neutralismo, competencia y mutualismo. Cada tipo de interacción puede beneficiar, perjudicar o no afectar a los organismos involucrados. En este trabajo se menciona un ejemplo destacado del desierto de Sonora, sobre las múltiples interacciones de la planta nativa palo fierro (*Olneya tesota*). Sin embargo, factores como el cambio climático, la pérdida de hábitats y las invasiones biológicas amenazan estas complejas relaciones, y ponen en riesgo la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas. Lo anterior hace más importante el conocer las interacciones bióticas y cuidar los ecosistemas.

Abstract

Ecosystem interactions are essential for maintaining balance and diversity in ecosystems, as they regulate the relationships between species and their environment. These interactions can occur between individuals of the same species or between diffe-

rent species, and are classified according to their effects: predation, parasitism, commensalism, amensalism, neutralism, competition, and mutualism. Each type of interaction can benefit, harm, or not affect the organisms involved. This paper presents a prominent example from the Sonoran Desert, focusing on the multiple interactions of the native ironwood plant (*Olneya tesota*). Factors such as climate change, habitat loss, and biological invasions threaten these complex relationships, putting biodiversity and ecosystem functioning at risk. This makes it even more important to understand biotic interactions and protect ecosystems.

Introducción

Las interacciones ecosistémicas constituyen la base invisible que sostiene el equilibrio dinámico (resiliencia) y la diversidad en los ecosistemas, regulando las complejas relaciones entre las especies y su entorno (De Bello et al., 2021). Estas interacciones, que pueden darse tanto entre individuos de la misma especie como entre diferentes especies, determinan no solo la supervivencia de los organismos, sino también la estabilidad y el funcionamiento de los ecosistemas. Se clasifican en distintos tipos según el efecto que producen en los organismos involucrados: depredación, parasitismo, comensalismo, amensalismo, neutralismo, competencia y mutualismo (Franklin et al., 2016). Cada una de estas formas de interacción puede beneficiar, perjudicar o no afectar a los participantes, y su estudio es esencial para comprender la dinámica ecológica.

El desierto de Sonora, una vasta ecorregión que abarca territorios de México y Estados Unidos, representa un escenario ideal para analizar la riqueza y complejidad de estas relaciones (Celaya-Michel et al., 2020). En este entorno extremo, especies como el palo fierro (*Olneya tesota*) se convierten en nodos clave de interacción, no solo permiten la supervivencia de algunas especies involucradas, sino que también facilitan la existencia de comuni-

dades enteras y la regeneración del ecosistema (Suzán, 1994).

Sin embargo, la integridad de estas interacciones se ve amenazada por factores como el cambio climático, la pérdida de hábitats y la introducción de especies invasoras (Celaya-Michel et al., 2020). Este trabajo explora los principales tipos de interacciones ecosistémicas, ilustrando su importancia a través de ejemplos concretos del desierto sonorense.

Interacciones bióticas de los ecosistemas

Las interacciones ecosistémicas son el motor invisible que mantiene el equilibrio y la diversidad de todos los ecosistemas. Estas relaciones complejas entre especies y su entorno son fundamentales para el funcionamiento y la estabilidad de estos. Pueden ser entre individuos de la misma especie o entre diferentes especies, y se clasifican según los efectos que tienen sobre los organismos involucrados (De Bello et al., 2021).

A pesar de su importancia, el conocimiento actual de las interacciones bióticas en el desierto de Sonora es escaso (Franklin et al., 2016). En este trabajo, hemos complementado la información disponible en la literatura con casos específicos del desierto sonorense, una vasta ecorregión ubicada en el noroeste de México. Este desierto abarca los estados de Sonora, Baja California y Baja California Sur, y se extiende hacia Estados Unidos, cubriendo partes de Arizona y California (Celaya-Michel et al., 2020).

Tabla 1. Tipos de interacciones entre 2 especies (Gliessman, 2002).

	Especie A	Especie B
Depredación	+	-
Parasitismo	+	-
Comensalismo	+	0
Amensalismo	-	0
Neutralismo	0	0
Competencia	-	-
Mutualismo	+	+

(+) *beneficia*, (-) *perjudica* y (0) *sin efecto*.

Tipos de Interacciones Ecosistémicas

Las interacciones entre dos especies pueden resultar en beneficios, perjuicios o no tener efecto alguno, para los individuos de las especies que están interactuando. A su vez, estas interacciones se pueden dividir en “facultativas” u “obligadas”, según su nivel de dependencia con la otra especie. Las interacciones son facultativas si las especies sobreviven sin la otra. Las obligadas o especialistas requieren la presencia mutua para reproducirse o sobrevivir, como ciertos parasitoides que consumen un solo huésped. A continuación, se presentan los principales tipos de interacciones ecosistémicas:

Depredación: Un organismo consume parcial o totalmente a otro. Ejemplos incluyen la depredación estricta, como un coyote alimentándose de un conejo, y la herbivoría, donde un herbívoro consume partes de plantas, como cuando un venado consume un arbusto.

Parasitismo: El parásito vive a expensas del hospedador. Los muérdagos son plantas hemiparásitas que se hospedan en árboles, absorbiendo nutrientes, pero también realizando fotosíntesis. La principal diferencia entre el parasitismo y la depredación radica en el resultado para la víctima y la duración de la interacción. El parásito puede vivir mucho tiempo a expensas de su hospedero, mientras que la presa al ser capturada muere.

Amensalismo: Una especie sufre efectos negativos mientras la otra no se ve afectada. Por ejemplo, el pisoteo de pastos por bisontes al desplazarse en busca de agua.

Neutralismo: Ambas especies interactúan sin afectar significativamente a la otra. Las cebras y jirafas alimentándose de recursos distintos en el mismo hábitat, las primeras de pastos y las últimas ramoneando árboles altos. Aunque teóricamente puro, el neutralismo es raro en la naturaleza por redes complejas de interacciones indirectas; a menudo se confunde con efectos sutiles no medidos. En ecosistemas áridos, podría aproximarse en especies dispersas sin solapamiento de nicho.

Competencia: Ambas especies experimentan efectos negativos al competir por recursos limitados. El árbol mezquite en el desierto sonorense compete por espacios con otras plantas nativas como los zacates, una vez que alcanza un tamaño adulto el árbol al generar sombra limita el establecimiento de zacates bajo su dosel (Celaya-Michel et al., 2020).

Facilitación: La Facilitación es el término general que engloba cualquier interacción positiva donde al menos una especie se beneficia y ninguna es perjudicada (+/+, +/0). El Comensalismo es una forma específica de facilitación, definida estrictamente por la relación +/0. Es decir, el comensalismo es un beneficio unilateral donde la especie anfitriona no se ve afectada (es neutra), mientras que la facilitación puede ser también recíproca (Mutualismo, +/+; De Bello et al., 2021).

Un ejemplo de que ambas especies se benefician, puede ser las plantas y las micorrizas arbusculares, otro ejemplo son las plantas leguminosas y bacterias fijadoras de nitrógeno, que colonizan las raíces (Gliessman, 2002).

Las micorrizas arbusculares representan una de las formas más antiguas y extendidas de mutualismo, también conocido como “simbiosis”. En esta relación, los hongos colonizan las raíces de las plantas, lo que mejora significativamente su capacidad para absorber agua y nutrientes. A cambio, los hongos reciben productos fotosintéticos ricos en energía (Bahram y Netherway, 2022). Más del 70% de las plantas terrestres actuales están asociadas con este tipo de micorrizas. Esta interacción es crucial para la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas terrestres, especialmente frente al cambio climático (Van Devender et al., 2010).

muérdago. Posteriormente, al moverse hacia otros árboles y defecar, estas aves dispersan las semillas, sembrando nuevas plantas parásitas (Celaya-Michel et al., 2020).

El palo fierro puede alcanzar los 800 años de vida, lo que lo convierte en uno de los árboles más longevos del desierto (Suzán, 1994). Son muchos los organismos que pueden beneficiarse indirectamente del árbol de palo fierro, por una determinada interacción, y medir temporalmente este impacto como planta nodriza, puede representar todo un reto, que vale la pena investigar.

Incluso después de completar su ciclo de vida, los troncos, hojas y raíces muertas son igualmente importantes para la fertilización del suelo, involucrando en este proceso la interacción con gusanos, insectos y microorganismos descomponedores, que facilitan la disponibilidad de importantes compuestos químicos para otras plantas.

En ocasiones podemos encontrar cadenas de interacciones como en este ejemplo, donde diferentes organismos interactúan de manera compleja en el ecosistema. Una dificultad para observarlas a simple vista es que en ocasiones estas interacciones son subterráneas o incluso en otros casos microscópicas.



Figura 1. Planta palo fierro (*Olneya tesota*), con la planta parásita muérdago (*Phoradendron* spp.) y un acercamiento a la planta parásita (Imágenes propias H. Celaya, 2018).

La fijación de nitrógeno implica bacterias, como las del género *Rhizobium*, que establecen simbiosis con las plantas en sus raíces. Estas bacterias ayudan a las plantas a obtener nitrógeno del suelo, lo que beneficia su crecimiento. A cambio, las bacterias reciben compuestos derivados de la fotosíntesis de la planta. Esta interacción es fundamental en ecosistemas naturales donde la disponibilidad de nitrógeno en el suelo es escasa (Celaya-Michel et al., 2020). Además, en cultivos agrícolas, muchas plantas leguminosas pueden establecer esta simbiosis con bacterias, lo que les permite acceder al nitrógeno y reduce la necesidad de fertilización a lo largo de su cultivo.

Un ejemplo de Cadena de interacciones

En la naturaleza, las interacciones a menudo se entrelazan. Por ejemplo, en las imágenes se observa un árbol del desierto sonorense conocido como palo fierro (*Olneya tesota*). Este árbol puede establecer una inmensa cantidad de interacciones, algunas ampliamente documentadas para esta especie en particular, otras son comunes en otras especies, y se puede inferir su existencia, pero aún requieren ser documentadas con mayor precisión. Si documentamos estas interacciones cruciales, podemos tomar decisiones informadas sobre la conservación de un ecosistema completo.

En el suelo, se forma simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno y sus raíces, beneficiándose mutuamente ambas especies: el árbol intercambia compuestos provenientes de la fotosíntesis con la bacteria, mientras que ésta provee nitrógeno al árbol. Otras comunidades microbianas también interactúan y habitan la rizosfera, con posibilidad de variar según la profundidad de las raíces (como se ha documentado para mezquite por Jenkins et al., 1988). Las interacciones anteriores no excluyen un posible eslabón adicional, que sería que la planta de palo fierro también tuviera simbiosis con micorrizas arbusculares que le permiten tener una especie de extensión de raíces por la cual puede hacerse de ciertos nutrientes o incluso de agua desde distancias más lejanas.

En las hojas, también es posible encontrar microbiota, incluyendo hongos, la

cual puede tener efectos positivos, como la protección contra enfermedades o mayor tolerancia a estrés abiótico, o negativos, al provocar enfermedades. A su vez, las hojas, en conjunto con las flores y semillas, pueden servir como alimento para diversos grupos de animales.

Las flores en general son un gran recurso de los ecosistemas. La polinización involucra una diversidad de insectos, principalmente abejas nativas, pero también avispas y polillas, por mencionar algunos, los cuales se benefician del néctar, polen y otros recursos vegetales, para consumo, construcción de refugios, y obtención de compuestos químicos de defensa.

El dosel del palo fierro, el cual se compone de hojas, tallos y ramas con espinas, crea unas condiciones micro ambientales que pueden ser la diferencia entre la vida y la muerte para otros organismos (Celaya-Michel et al., 2020). Por ejemplo, puede servir de refugio contra depredadores, o sitio de descanso durante los intensos veranos en el desierto, esto incluye aves y mamíferos. Otros animales como los insectos aprovechan las ramas (tanto vivas como secas) y semillas (Franklin et al., 2016).

Otra interacción con el dosel es la facilitación por nodrizas. El palo fierro se ha reportado como una de las mejores plantas nodrizas del desierto (Carillo-García et al., 1999). Estos comensalismos están relacionados con el microambiente anteriormente mencionado, donde una plántula, por ejemplo, cardones (Suzán y Sosa, 2006), aprovecha no solo el microclima y la protección contra herbívora del árbol, sino también la isla de nutrientes que el mismo recambio de materia vegetal proporciona.

Además de la anterior interacción planta-planta, en la imagen aparece la planta parásita llamada muérdago o toji (*Phoradendron* spp.), que parasita al palo fierro y otras especies de árboles. En esta relación de parasitismo entre el árbol y la planta parásita intervienen también aves, las cuales consumen las semillas del

Importancia Ecológica

Las interacciones biológicas son esenciales para la funcionalidad de los ecosistemas. Estas asociaciones no solo estructuran las redes tróficas, sino que también determinan los flujos de energía y nutrientes. Procesos vitales como la polinización y la dispersión de semillas son clave para asegurar la reproducción vegetal y la regeneración del ecosistema. Sin embargo, los factores de cambio global (como el cambio climático, la pérdida de hábitats y las invasiones biológicas) están alterando estas dinámicas. Esta disrupción genera un riesgo significativo de desequilibrios ecológicos y pérdida acelerada de biodiversidad (Van Devender et al., 2010).

Conclusiones

Las interacciones ecosistémicas son el motor que estructura las redes tróficas y determina la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas, regulando procesos esenciales como la reproducción vegetal y la regeneración del hábitat. Las diversas interacciones bióticas (depredación, mutualismo, parasitismo, entre otras) definen la dinámica comunitaria, donde cada relación impacta de manera específica (positiva, negativa o neutra) en la aptitud de los organismos involucrados.

Sin embargo, el conocimiento sobre la totalidad de estas interacciones en el Desierto Sonorense es limitado. Esta carencia se agrava ante factores globales como el cambio climático, la fragmentación de hábitats y las invasiones biológicas, que modifican irreversiblemente estas frágiles dinámicas. Por ello, es urgente intensificar la investigación y documentación rigurosa de estas interacciones para fundamentar estrategias de conservación y manejo efectivas. Solo así se podrá proteger y restaurar la funcionalidad ecosistémica, asegurando que tanto los ecosistemas naturales como los agroecosistemas mantengan su capacidad de adaptación y sustentabilidad a futuro.

Referencias

- Bahram, M., & Netherway, T. (2022). Fungi as mediators linking organisms and ecosystems. *FEMS microbiology reviews*, 46(2), fuab058. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuab058>
- Carrillo-García, Á., De La Luz, J.-L. L., Bashan, Y., & Bethlenfalvay, G. J. (1999). Nurse Plants, Mycorrhizae, and Plant Establishment in a Disturbed Area of the Sonoran Desert. *Restoration Ecology*, 7(4), 321-335. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1999.72027.x>
- Celaya-Michel H., C. Hinojo-Hinojo, M. Celaya-Rosas, D. Valdez-Zamudio, & E. O. Rueda Puente. (2020). Plantas nativas más comunes de las zonas áridas de Sonora. Universidad de Sonora. Colección de Textos académicos. Hermosillo Sonora. 255 p. <https://doi.org/10.47807/UNISON.41>
- De Bello, F., Carmona, C. P., Dias, A. T., Götzenberger, L., Moretti, M., & Berg, M. P. (2021). Handbook of trait-based ecology: from theory to R tools. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108628426>
- Franklin, K. A., Sommers, P. N., Aslan, C. E., López, B. R., Bronstein, J. L., Bustamante, E., Búrquez, A., Medellín, R. A., & Marazzi, B. (2016). Plant biotic interactions in the Sonoran Desert: current knowledge and future research perspectives. *International Journal of Plant Sciences*, 177(3), 217-234. <https://doi.org/10.1086/684261>
- Gliessman, S. R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. *Catie*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9149>
- Jenkins, M.B., Virginia, R.A., & Jarrell, W.M. (1988). Depth distribution and seasonal populations of mesquite nodulating rhizobia in warm desert ecosystems. *Soil Sci Am J* 52:1644-1650. <https://doi.org/10.2136/sssaj1988.03615995005200060026x>
- Suzán, H. (1994). Ecological effects of exploitation on *Olneya tesota* Gray and associated species in the Sonoran Desert. Diss. Arizona State University, Tucson, AZ. <https://www.proquest.com/openview/d8bc7022c9f21dd5297dfc05b851efc9/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Suzán, A. H., & Sosa, V. J. (2006). Comparative performance of the giant cardon cactus (*Pachycereus pringlei*) seedlings under two leguminous nurse plant species. *Journal of Arid Environments*, 65(3), 351-362. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.08.002>
- Van Devender, T. R., Felger, R. S., Fishbein, M., Molina-Freaner, F. E., Sánchez-Escalante, J. J., & Reina-Guerrero, A. L. (2010). Biodiversidad de las plantas vasculares. En F. E. Molina-Freaner, & T. R. Van Devender (Eds.), *Diversidad biológica del estado de Sonora*. (pp. 229-262). UNAM, México. https://www.ecologia.unam.mx/fmolina/Libro/Capitulo_11_Plantas.pdf