

Encinos, promiscuidad y avispas: una historia fascinante

LETICIA VALENCIA CUEVAS

La Dra. Valencia Cuevas es Profesora-Investigadora en Escuela de Estudios Superiores del Jicarero de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Es miembro de la Academia de Ciencias de Morelos. Su investigación se centra en el estudio de las comunidades de insectos asociados a encinos.

¿Quiénes son los encinos y por qué son importantes?

Recuerdo las caminatas matutinas a través del bosque con mi papá y mi hermana hacia la casa de mis abuelos, cuando éramos pequeños, rodeados por árboles inmensos y frondosos: encinos. La paz y la tranquilidad que me transmitían esos momentos mezclados con el crujir de las hojas al caminar fueron el comienzo de mi historia de amor con estos magníficos árboles que son parte de las maravillas de nuestro país y que podemos encontrar en el estado de Morelos. De camino a la Ciudad de México, ya sea por la carretera libre o por la autopista, seguramente te has percatado de la presencia de varias zonas boscosas y quizá en alguna ocasión te hayas preguntado: ¿a qué especies vegetales pertenecen los árboles que habitan en esos bosques? Uno de los grupos más importantes en esas zonas boscosas es conocido comúnmente como encinos, y los biólogos los llaman *Quercus*. Dentro de este grupo vegetal hay especies de árboles y arbustos que se reconocen por sus semillas, también conocidas como bellotas. Quizá esta información no te diga mucho, pero seguramente recuerdas el tesoro que incansablemente buscaba conseguir Scrat, la ardilla con dientes de sable de la película animada "La Era de Hielo". Ese tesoro es una bellota de encino (Fig. 1A). Y es verdad que los encinos son un verdadero tesoro, pues desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas templados del hemisferio norte.



FIGURA 1. A) Bellotas del encino *Quercus rugosa*, B) árbol de encino

Estos árboles son auténticos pilares de los bosques (Fig. 1B). Participan en la formación del suelo, ayudan a captar agua y a recargar los mantos acuíferos y también son hogar de una rica diversidad de especies, al establecer interacciones con hongos, plantas epífitas, aves, mamíferos y una gran cantidad de insectos. Además, tienen un importante valor económico: su madera es de gran calidad y se utiliza para diversos fines (incluyendo su uso como combustible en comunidades rurales), mientras que su corteza, hojas y frutos son aprovechados como recursos medicinales y alimenticios. Recientemente se ha propuesto que algunas especies de encinos tienen atributos de especie fundadora, ya que en los bosques en donde habitan crean las condiciones y recursos necesarios para el establecimiento, sobrevivencia y reproducción de otras especies. Es decir, se ha documentado que diferentes especies de plantas, animales, hongos y líquenes dependen de las plantas de encino de manera di-

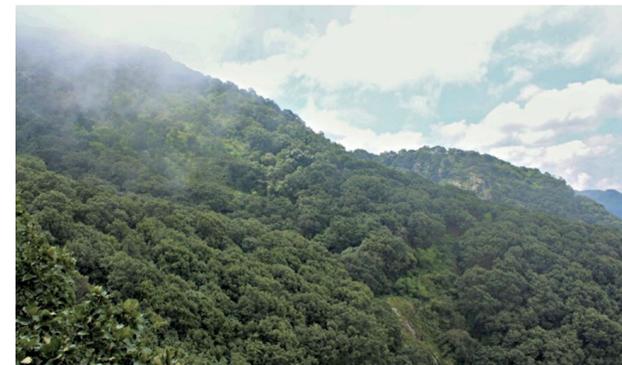


FIGURA 2. BOSQUE de encino en el Estado de Morelos

recta o indirecta. Por si fuera poco, participan en procesos ecosistémicos tan importantes como el ciclo de los nutrientes, debido a su aporte importante de materia orgánica al suelo a través de la hojarasca que producen (restos vegetales) y las

interacciones que establecen con los organismos del suelo que se encargan de su degradación.

Los encinos se encuentran en bosques templados, algunos matorrales y pastizales de América, Europa y Asia. A nivel mundial, existen 531 especies de encinos y México es hogar de 161 de ellas, de las cuales 109 son endémicas, es decir, que no se encuentran en ningún otro lugar del mundo. Las regiones montañosas del centro y del este de México son sitios importantes por la diversidad de especies que albergan. Lo que los expertos dicen es que la variación en las condiciones ambientales de estas zonas montañosas de México como resultado de la topografía, el clima, la variabilidad del suelo, entre otros factores, explican la diversidad de especies que se encuentran en nuestro país (1) (Fig. 2). De tal forma que los encinos se desarrollan en diferentes tipos de climas, ambientes, suelos y altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 3000 m.

En el territorio mexicano existen algunas especies de encinos que son candidatas para ser especies fundadoras debido a sus características genéticas, químicas, morfológicas, fisiológicas y arquitectónicas pueden definir la estructura de un bosque, generar una variedad de microclimas y hábitats para diferentes especies, así como definir procesos ecosistémicos. Por ejemplo, se ha sugerido que especies de encinos mexicanos como *Quercus crassipes* y *Q. castanea* pueden estar actuando como especies fundadoras en los bosques en donde habitan (2). Ambas especies albergan a muchas especies de insectos, aves, ardillas, plantas epífitas, entre otras, además de aportar una cantidad muy importante de restos vegetales que son degradados por los microorganismos del suelo, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes, condición de suma importancia para el mantenimiento del ecosistema.

Hibridación en encinos

Además, de su importancia ecológica y económica, hay algo más que hace a los encinos particularmente fascinantes: su capacidad para hibridar. La hibridación

es un fenómeno frecuente en plantas y es considerada una fuerza evolutiva importante debido a que puede dar origen a nuevas especies e incrementar la diversidad genética de las especies involucradas. La hibridación ocurre cuando especies diferentes en términos morfológicos, fisiológicos y ecológicos se cruzan y producen descendencia. En los encinos, esto es posible porque tienen barreras reproductivas débiles, es decir, es relativamente fácil el intercambio de genes entre especies. Como resultado, se generan plantas híbridas que presentan una mezcla única de características de las especies que les dieron origen (progenitoras). Detectar encinos híbridos no siempre es fácil, a menudo, estas plantas muestran características intermedias entre sus padres, pero también pueden presentar rasgos completamente nuevos o incluso muy similares a uno de los progenitores, dificultando su reconocimiento. Para identificar y estudiar a estos híbridos, los científicos combinan distintas herramientas, como el análisis de sus características morfológicas, los tipos de compuestos químicos que producen en sus hojas y las características de su ADN. Esta combinación de herramientas ha dado buenos resultados, permitiendo una mayor confiabilidad para el reconocimiento de las plantas híbridas.

La hibridación es un proceso que puede tener diversas consecuencias. Por ejemplo, se ha propuesto que, a largo plazo, las poblaciones híbridas pueden llegar a formar especies diferentes e independientes a las que les dieron origen, con características ecológicas propias. De hecho, se hipotetiza que la alta frecuencia de hibridación de los encinos, combinada con la variabilidad de condiciones ambientales en las zonas montañosas de nuestro país, es responsable del alto número de especies que habitan en México. Otra consecuencia es la transferencia de genes de una especie a otra, la cual puede promover un incremento en la diversidad genética de las especies involucradas. Este incremento en la diversidad genética puede favorecer de manera directa la capacidad de adaptación de las plantas de encino ante los cambios ambientales, debido a que una mayor variación genética está relacionada a mayor variación en el tamaño, forma y composición química de sus hojas, en la arquitectura de la planta e incluso en su susceptibilidad a la depredación por insectos herbívoros o al cambio climático. Sin embargo, la importancia de la hibridación va más allá. Recordemos que varias especies de encinos mexicanos han sido propuestas como especies fundadoras. Bajo este escenario, se ha evidenciado que la diversidad genética de las poblaciones de encinos, que surge como resultado de eventos de hibridación, puede tener consecuencias en diferentes especies que dependen de estas plantas, un ejemplo de ello, son las avispas inductoras de agallas.

Agallas y sus avispas inductoras: pequeños mundos dentro de un árbol



FIGURA 3. AVISPA inductora de agalla en encinos

Las avispas inductoras de agallas de la familia Cynipidae son un grupo de insectos que tienen una relación muy estrecha con los encinos. La familia contiene aproximadamente 1400 especies, las cuales se encuentran distribuidas principalmente en las zonas templadas del hemisferio norte. Esta familia está representada por avispas inductoras de agallas en diversas especies de plantas. Sin embargo, la tribu Cynipini destaca por su estrecha relación con los encinos, ya que el 70% de sus especies inducen la formación de agallas en este grupo de plantas hospederas. Para México se han descrito alrededor de 180 especies de cinípidos, las cuales están estrechamente relacionados a 30 especies de encinos. Los cinípidos son avispas de tamaño muy pequeño que miden de 1 a 7 mm, son de colores mates y sombríos, y presentan un abdomen comprimido lateralmente (Fig. 3). Estos organismos causan deformaciones en las ramas u hojas de sus encinos hospederos, ya que se alimentan del tejido mesófilo formando las agallas (Fig. 4).



FIGURA 4. AGALLAS en tejido foliar de un encino

casos compiten por espacio y nutrientes. Los parasitoides son insectos que durante su fase de larva se desarrollan y se alimentan dentro de la larva del insecto inductor, siendo los principales responsables de la mortalidad de éstos. La fauna secundaria se caracteriza por establecerse en la etapa de madurez de la agalla. Este grupo se compone de escarabajos, hormigas, arañas y hasta pseudoescorpiones, que utilizan a la agalla para obtener alimento o refugio. En general, se sabe que la hibridación de los encinos y su diversidad genética afecta a las comunidades de avispas que inducen agallas y a los insectos que se asocian a ellas. Se ha documentado una influencia positiva en la diversidad y abundancia de estos insectos.

Hibridación en *Quercus castanea* y consecuencias para las avispas agalleras

El encino *Q. castanea* es una especie que se encuentra presente en más de 15 estados de la República Mexicana, por lo que puede ser considerada de amplia distribución geográfica en nuestro país. Se encuentra entre los 1180 a 2600 m s.n.m. y se distribuye a través de las cadenas montañosas más importantes de México. Al mismo tiempo, esta especie es un elemento dominante de los bosques donde habita y constituye el hábitat de diferentes especies de plantas epífitas, artrópodos, pequeños mamíferos y aves. Estas características sugieren que *Q. castanea* puede ser considerada como especie fundadora. En el centro de México, los expertos en encinos reconocieron la presencia de individuos de *Q. castanea* con hojas atípicas, es decir, hojas con características intermedias o nuevas en algunas localidades en donde esta especie vive con otras especies de encinos rojos. Una de las explicaciones propuestas fue que *Q. castanea* podría estar presentando eventos de hibridación con encinos rojos. Para probar la hipótesis, se estudió la distribución de *Q. castanea* y sus especies acompañantes. En el estudio mencionado se lograron identificar varios sitios en donde *Q. castanea* habita con otras especies de encinos rojos en el centro de México, con las que podría estar intercambiando genes. Además, se identificó

un sitio de referencia en donde *Q. castanea* no habita con otras especies de encinos con las que pueda hibridar. Con el uso de herramientas genéticas, el estudio reveló que las poblaciones en donde se habían observado plantas con morfología atípica, *Q. castanea*

estudio reveló que la diversidad genética de *Q. castanea* tiene un efecto beneficioso sobre sus avispas inductoras de agalla y que este efecto se extiende a otros organismos, como sus depredadores (Fig. 5).

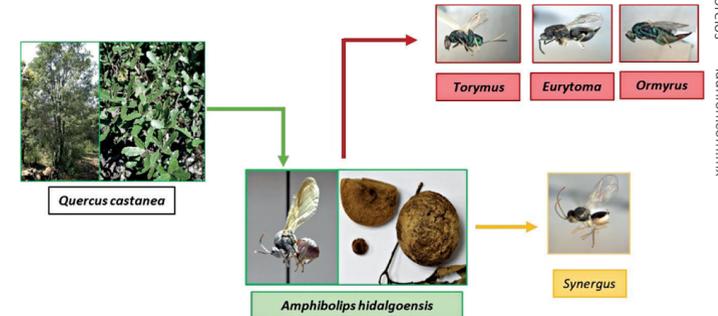


FIGURA 5. INSECTOS asociados a la agalla producida por *Amphibolips hidalgoensis* en *Q. castanea*. Inductor: *Amphibolips hidalgoensis* y agalla (recuadro verde); Inquilino, *Synergus* (recuadro amarillo); parasitoides (depredadores): *Torymus*, *Eurytoma* y *Ormyrus* (recuadro rojo). Modificado de Valencia-Cuevas et al. 2020 (2).

estaba hibridando con otras especies de encinos rojos y que estos individuos eran híbridos que contenían en su genoma genes de otras especies. Las especies de las cuales *Q. castanea* había recibido genes eran: *Q. laurina*, *Q. crassipes* y *Q. crassifolia*, especies que también son comunes en los bosques del centro de México. Además, se pudo evidenciar que, como resultado de estos eventos de hibridación, los niveles de diversidad genética de las poblaciones de *Q. castanea* eran significativamente mayores en comparación a la población en donde está especie no recibía genes de otras especies.

Con esta información, se propuso la siguiente pregunta: si la hibridación de *Q. castanea* con otras especies de encinos rojos favorece su diversidad genética, ¿cuál es la influencia de la diversidad genética de esta especie sobre su comunidad de insectos inductores de agallas y organismos asociados? Para responder a esta pregunta, los investigadores coleccionaron las agallas de las ramas y hojas (dosel) de los individuos que habían sido evaluados genéticamente y se logró determinar que la diversidad genética de *Q. castanea* tiene un efecto positivo sobre la riqueza de especies y abundancia de avispas agalleras, ya que las poblaciones de encino con mayor diversidad genética fueron las que presentaron mayor riqueza de especies y abundancia de cinípidos. Además, se pudo determinar que este efecto positivo se extiende a otros grupos de organismos, específicamente, favorece la riqueza de especies y abundancia de los depredadores de las avispas agalleras (parasitoides). En la investigación se explica que una mayor diversidad genética en las plantas hospederas favorece una variedad más amplia de recursos y condiciones que explotan los insectos, favoreciendo su diversidad y abundancia (4). Esta última idea ha sido probada en otra investigación en donde se documentó que las poblaciones híbridadas de *Q. castanea* exhiben una mayor variabilidad en morfología foliar, en la producción de sustancias químicas de defensa e incluso en su calidad nutricional. Finalmente, una mayor diversidad y abundancia en los insectos inductores de agallas también favorece una mayor riqueza y abundancia de sus depredadores. En conclusión, el

¿Por qué es importante estudiar encinos, hibridación y avispas agalleras?

Entender la importancia de la hibridación como un mecanismo natural que genera diversidad genética en encinos y los efectos positivos de dicha variabilidad para los encinos, comunidades de avispas inductoras de agallas y otros insectos asociados, nos ayuda a comprender mejor cómo funciona y se mantiene la biodiversidad en los bosques de encinos mexicanos. Este conocimiento es crucial para proponer estrategias de manejo y conservación en estos ecosistemas, especialmente en un contexto donde los cambios ambientales y la actividad humana amenazan tanto a los encinos, a sus procesos evolutivos como la hibridación y las interacciones con las especies que dependen de ellos. Estos estudios sugieren que diferentes especies de encinos con atributos de especies fundadoras pueden ser fuertes candidatas para ser utilizadas como bioindicadores de la salud de los bosques en donde habitan.

Conclusiones

La hibridación ha tenido un papel vital como mecanismo que ha contribuido a la riqueza de especies de encinos en México y, en consecuencia, que nuestro país sea reconocido como un centro de diversidad del grupo. Más recientemente se ha evidenciado que la diversidad genética que se genera a través de los eventos de hibridación es fundamental para la adaptación de los encinos al cambio ambiental y no solo eso, también se han documentado efectos ecológicos positivos para las comunidades de avispas inductoras de agallas e insectos asociados, principalmente en encinos con características de especies fundadoras. Mantener bosques de encinos en donde los eventos de hibridación sigan ocurriendo es fundamental para mantener la biodiversidad en estas zonas.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos.



ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org
 ¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos?
 CONTACTANOS: coord.comite.editorial.acmor@gmail.com

Referencias

- Valencia, A.S. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. B. Soc. Bot. Mex. 75, 33–53. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57707503>
- Valencia-Cuevas, L., Castillo-Mendoza, E., Serrano-Muñoz, M., y Tovar-Sánchez, E. (2020). Mexican oaks as foundation species: The case of *Quercus crassipes* and *Q. castanea*. Nova Science

Publisher: New York, NY, USA, 211-241. https://www.researchgate.net/publication/344959720_Mexican_oaks_as_foundation_species_the_case_of_Quercus_crassipes_and_Q_castanea

3. Stone, G.N., y Schönrogge, K. (2003). The adaptive significance of insect gall morphology. Trends Ecol.

Evol.18, 512–522. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169534703002477>

4. Valencia-Cuevas, L. (2014). Diversidad y estructura genética de *Quercus castanea* (Fagaceae) en el Eje Volcánico Transmexicano y su efecto sobre la comunidad de insectos endófagos del dosel. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma

de México. Ciudad de México. https://repositorio.unam.mx/contenidos/diversidad-y-estructura-genetica-de-quercus-castanea-fagaceae-en-el-eje-volcanico-transmexicano-y-su-efecto-sobre-la-c-88891?c=BLOP&d=false&q=*:*&i=3&v=1&t=search_0&as=0