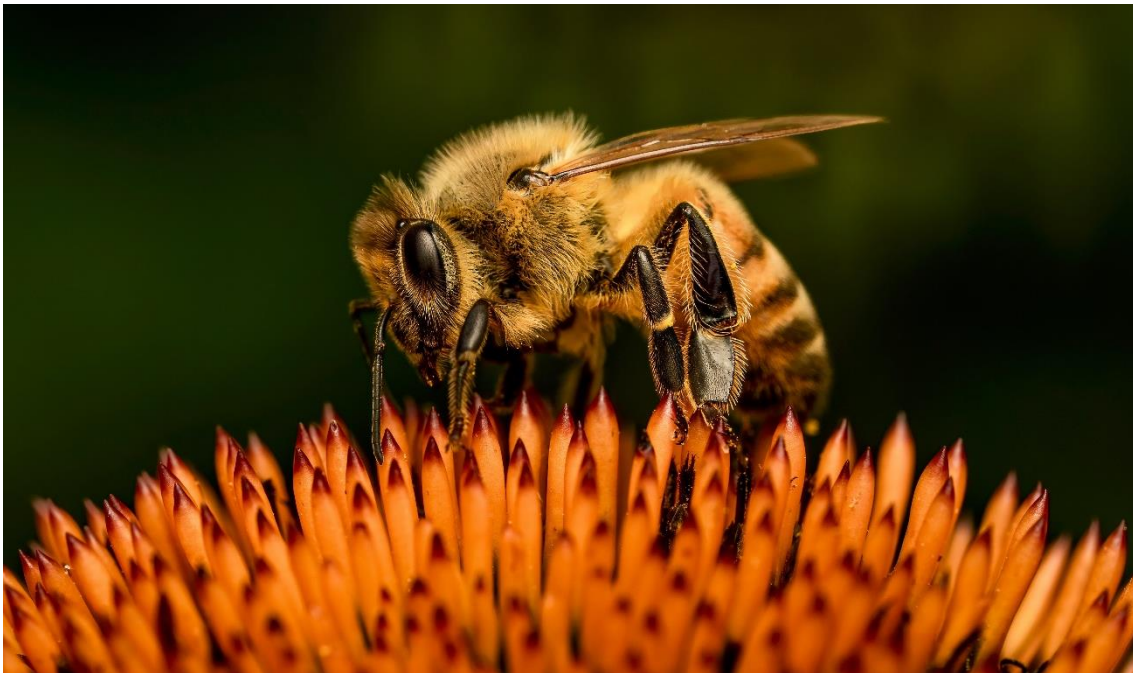




Sevilla, martes 25 de julio de 2023

## Las interacciones indirectas entre especies también influyen en su adaptación al medio natural

- Un equipo internacional con participación del CSIC analiza por primera vez la importancia de las relaciones indirectas de una red natural para la conservación de las especies
- La pérdida de biodiversidad y de interacciones, tanto directas como indirectas, tienen consecuencias ecológicas y también evolutivas



Abeja sobre una flor./ Pexels.

Un equipo científico internacional con participación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ha revelado en un estudio que las interacciones indirectas que ocurren entre especies en una red mutualista entre especies modulan, al igual que las directas, la adaptación de las especies al medio natural. Hasta ahora se sabía que podían influir en la dinámica ecológica y en la evolución de las características de las especies, pero no existían evidencias sobre sus consecuencias inmediatas en la

eficacia biológica de estas especies, es decir, en su capacidad para dejar más descendencia, en redes que incluyen una alta diversidad de especies. El hallazgo, publicado en la revista [Nature](#), es importante, por ejemplo, para entender por qué una población crece o disminuye y también cómo la selección natural actúa sobre los individuos dentro de una población.

“Las especies, en general, no interaccionan unas con otras de forma individual, sino que lo hacen en el seno de una red de interacciones mucho más complejas y que incluyen una multitud de especies”, comenta **Pedro Jordano**, investigador del CSIC en la Estación Biológica de Doñana (EBD). Una de las interacciones más relevantes en el funcionamiento de los ecosistemas son las interacciones mutualistas, aquellas en las que ambos participantes se benefician mutuamente de la interacción, como pueden ser los casos de la polinización de las plantas por animales, generalmente insectos, o la dispersión de semillas por parte de animales que consumen los frutos.

En las últimas décadas se ha utilizado esta visión holística para profundizar en el conocimiento de cómo funcionan los ecosistemas. Bajo este enfoque, hoy se sabe que en un determinado ecosistema se combinan tanto efectos directos, mediados por las especies que interaccionan, como indirectos, entre especies que no interaccionan. Sin embargo, hasta ahora se desconocía su importancia relativa en la eficacia biológica de los individuos, lo que se conoce técnicamente como fitness. “Así, por ejemplo, la introducción de especies invasoras podría además afectar la magnitud de estos efectos y, en última instancia, a la capacidad de reproducción de las especies y su conservación”, añade el investigador.

El estudio ha contado con participación de personal investigadores de la Estación Biológica de Doñana la Universidad de Sevilla y el Instituto de Productos Naturales y Agrobiología (IPNA - CSIC), además de la Universidad de São Paulo y la Universidad de Estadual de Campinas de Brasil, así como la Universidad de Santa Cruz de California y la Universidad de Zúrich de Suiza.

## Las interacciones indirectas también afectan a la eficacia biológica

En este nuevo estudio se han aplicado técnicas analíticas novedosas en un total de 186 redes mutualistas y se ha detectado que tanto las interacciones directas como indirectas, afectan a la eficacia biológica de las especies que constituyen la red de interacciones. “En este sentido, además, se demuestra que a medida que aumenta el número de interacciones directas, se incrementa el fitness de las especies interactuantes, pero sorprendentemente hay un límite a partir del cual se estabiliza. Esto viene marcado por la magnitud de las interacciones indirectas”, apunta **Alfredo Valido**, investigador del CSIC en el IPNA.

En cierta medida, las interacciones indirectas, estarían “frenando” la adaptación de las especies a sus agentes mutualistas. “Este resultado, muy novedoso, señala la importancia de las interacciones indirectas en el funcionamiento de los ecosistemas y, además, se hace muy evidente cuando analizamos el impacto de la introducción de especies invasoras en las redes mutualistas, como es el caso de las abejas domésticas”, señala Jordano.

La eficacia biológica media de una determinada especie, esencial en su evolución, no sólo depende de con quién interactúa, sino que también depende de otras especies que no interactúan directamente con ella, creando un conflicto de presiones selectivas. El equipo científico también pudo identificar qué posiciones en estas redes de interacción son favorecidas y cuáles sufren más influencias negativas. Según los resultados obtenidos, las especies que se encuentran en la periferia de la red, aquellas que tienen pocas interacciones, se verían perjudicadas por los efectos indirectos, que se propagan a través de la red. Las especies que están en el centro, con muchas interacciones directas, en general, se beneficiarían.

## El caso de la abeja doméstica

Uno de los ejemplos estudiados fue el impacto que genera la presencia de abejas domésticas, propiciada por la actividad agrícola, sobre la diversidad de polinizadores nativos y sobre sus interacciones mutualistas con las plantas. La abeja doméstica o melífera (*Apis mellifera*, Apidae) es una especie nativa de Eurasia y África, pero ha sido introducida en prácticamente todo el planeta para la obtención de miel y la polinización de ciertos cultivos. Es considerado un polinizador súper-generalista, esto es, visita muchas especies de plantas. Compite con el resto de polinizadores nativos por los recursos florales (néctar y polen) y los acaba desplazando, produciendo una homogenización de las redes mutualistas. Además, es conocido que las abejas domésticas incrementan la transferencia de polen dentro de la propia planta individual, lo cual afecta en última instancia a la producción de frutos y semillas. “En el estudio nos planteamos hasta qué punto esta actividad antrópica pudiera estar reorganizando las interacciones directas e indirectas en las redes mutualistas y alterando el fitness de las especies participantes”, señala Valido.

Para ello, los investigadores analizaron, en primer lugar, mediante el uso de simulaciones analíticas, la ausencia de abejas domésticas en un total de 73 redes mutualistas repartidas por todo el planeta y caracterizadas por la presencia masiva de abejas melíferas. La idea era comparar la magnitud de las interacciones directas e indirectas tanto en su presencia como en su ausencia. “Los resultados obtenidos son sorprendentes”, señala Pedro Jordano. “Dado que las abejas melíferas se integran bastante bien en las redes mutualistas, incrementan las interacciones directas en la red —en teoría, hay una especie de más en la comunidad—, pero disminuyen de forma significativa el fitness de las especies que interactúan de forma indirecta con ellas.”

Esto significa que, con la introducción de las abejas melíferas, se incrementa la magnitud de los efectos indirectos en las redes mutualistas, y como ya hemos visto previamente, se reduce reduciría el fitness promedio de las especies. “Este resultado es aún más impactante si tenemos en cuenta que cuando las abejas melíferas invaden un área natural, la red mutualista resultante se caracteriza por presentar un menor número de especies de polinizadores nativos, ya que son desplazados, y también de interacciones, debido a que las especies aún presentes reducen sus interacciones con las plantas”, señala Alfredo Valido.

Para conocer en detalle las implicaciones de este último aspecto, el equipo ha utilizado datos de un estudio experimental de campo realizado en el Parque Nacional del Teide (Tenerife) donde, en cada primavera, se introducen hasta 2700 colmenas. Estos datos experimentales se han usado en los modelos analíticos que han comparado la magnitud del cambio en las interacciones directas e indirectas y sus implicaciones en la eficacia biológica en un escenario más real, en ausencia y presencia de abejas domésticas (antes y después de la instalación de las colmenas). “Los resultados obtenidos fueron aún más sólidos y concluyentes”, indica el investigador del IPNA. “El 68% de las especies nativas ve reducido su fitness en presencia de las abejas domésticas. Este efecto quedó muy patente, ya que las abejas melíferas no sólo incrementan las interacciones indirectas, sino que en realidad también disminuyen las interacciones directas”.

Los resultados de este trabajo muestran nuevas líneas de análisis del proceso de coevolución entre especies en ecosistemas de alta diversidad, y evidencian la importancia de las interacciones indirectas. También alertan sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas naturales a la pérdida de especies e interacciones por la introducción de especies invasoras, con repercusiones inmediatas medibles sobre la eficacia biológica, el fitness de las especies al reorganizar tanto las interacciones directas como indirectas.

Leandro G. Cosmo, Ana Paula A. Assis, Marcus A. Aguiar, Mathias M. Pires, Alfredo Valido, Pedro Jordano, John N. Thompson, Jordi Bascompte & Paulo R. Guimaraes Jr. (2023). **Indirect effects shape species fitness in coevolved mutualistic networks**. *Nature*. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06319-7>

CSIC Andalucía Comunicación/CSIC Comunicación

[comunicacion@csic.es](mailto:comunicacion@csic.es)