

AMIGOS EN EL CAMPO MIENTRAS EL HUMANO ESTÁ

Por: Marina Omacini

La necesidad de producir alimentos nos llevó a modificar gran parte del paisaje. Creamos nuevos ecosistemas, llamados agroecosistemas, donde los vegetales o los animales que queremos consumir se relacionan con numerosos seres vivos. Éstos pueden convertirse en sus “mejores amigos” o en sus peores enemigos. Aquí presentamos distintos tipos de relaciones en las que todos —hongos, bacterias, animales y plantas— pueden estar involucrados, y ejemplos para analizar cómo se obtienen alimentos y otros beneficios de la naturaleza, incluso en cultivos o pasturas. ¿Cuáles beneficios? Por ejemplo, el control de malezas y enfermedades o el aumento de los nutrientes disponibles para las plantas con las especies allí presentes.

A las relaciones entre especies se las conoce como [interacciones biológicas](#). Para comprenderlas debemos tener en cuenta, por un lado, a especies visibles e invisibles —los microorganismos— que viven en la parte aérea o en la subterránea del ecosistema (**Figura 1**). Por otro lado, considerar que las condiciones ambientales afectan la forma en que cada especie impacta en la densidad o en la reproducción de la otra (**Figura 2**). Pero, ¿cómo estudiar el resultado de una interacción y los efectos del ambiente físico o químico? ¿En qué período de tiempo? Los efectos de las [simbiosis entre plantas y microorganismos](#) sobre un herbívoro, ¿se deben estudiar en un área de centímetros o de kilómetros cuadrados? ¿En las primeras horas de la interacción o durante varias generaciones? ¿Hay que considerar los efectos de los restos vegetales que quedan en el suelo luego de que las plantas asociadas a ese microorganismo mueren? La elección dependerá de nuestras preguntas, del tipo de “huellas” que la simbiosis deja a su alrededor y de cuánto se pueden mover o dispersar los organismos involucrados. Es muy diferente si se quiere conocer el impacto de un microorganismo simbiote sobre la preferencia de un insecto o de un mamífero por la planta con el microorganismo o por una planta vecina sin el microorganismo o por la que puede colonizar ese sitio (ver ejemplos en la **Figura 3**).

Un desafío para la agricultura es aumentar la producción de alimentos de calidad y reducir, al mismo tiempo, los impactos negativos de la aplicación de herbicidas, insecticidas y fertilizantes sobre el

EN POCAS PALABRAS

- Estudiamos y manejamos las interacciones entre especies según cómo las miramos.
- En cada interacción, el impacto de un integrante sobre otro depende del ambiente físico-químico-biológico.
- Los efectos negativos de las actuales prácticas agropecuarias se podrían revertir con conocimiento de cómo y cuándo algunas especies se favorecen y otras se perjudican.
- Los mutualismos con microorganismos están presentes en todos los organismos y ecosistemas del planeta, aunque algunas están desapareciendo de los agroecosistemas.
- Potenciar las simbiosis mutualistas entre plantas y microorganismos permitiría reducir el uso de agroquímicos.

ambiente y la salud humana. Usar excesivamente estos agroquímicos tiene consecuencias dramáticas sobre los organismos para los cuales no fueron desarrollados, sobre el agua y los suelos. La “intensificación ecológica” es una estrategia que se ha propuesto para disminuir estos efectos. En ella, el uso de conocimientos ecológicos permite reemplazar algunas de las prácticas actuales e introducir otras. Estas prácticas incluyen manejar conscientemente la diversidad de especies nativas o espontáneas en el paisaje y en los alambrados de los campos, la rotación de los cultivos o la agricultura orgánica. Para recomendar estrategias de manejo, debemos analizar y resumir información compleja (a veces, contradictoria) y poner más énfasis tanto en investigaciones como en colaboraciones entre productores y científicos. Mientras tanto, podemos hacer el ejercicio de mirar y reconocer todo lo que pasa en el campo al producir alimentos (**Caja 1**).

Interacciones biológicas

Las relaciones entre distintas especies se pueden definir según cuánto y cómo impacta la interacción sobre cada integrante. Este impacto es el resultado de los efectos benéficos y perjudiciales que la presencia de una especie puede tener sobre otra (**Figura 2**). La interacción entre una especie de maleza y un cultivo es de competencia sólo cuando ambas especies se perjudican. En cambio, es un comensalismo cuando una se beneficia (crece más o produce más descendientes) y la otra no se ve afectada. El parasitismo, la depredación o la herbivoría son interacciones en las cuales la especie que consume se beneficia y la consumida se perjudica. En cambio, los mutualismos son aquellas en las que todos los integrantes de la relación se benefician. Cada especie podría estar explotando a la otra (por ejemplo, un hongo sacándole a la planta los azúcares que no puede producir); sin embargo, por interactuar ganan más que lo que pierden. Por eso, también se los llama interacciones positivas. Un ejemplo es el de las plantas que producen flores y los animales polinizadores que las visitan y, sin saber, dispersan su polen. Es interesante remarcar que la mayoría de los cultivos que hoy nos alimentan no dependen de ellos: los poliniza el viento (maíz), se autopolinizan (maíz, arroz, soja) o se reproducen vegetativamente (mandioca, banana, azúcar). De todas formas, existen otros que producen más si hay más polinizadores si bien no los necesitan (girasol, café).

Las interacciones de a pares se modifican cuando otras especies e interacciones están presentes. Por ejemplo, un aumento en un enemigo natural de una plaga puede elevar el rendimiento del cultivo en forma de cascada. Este efecto “de arriba hacia abajo” en la cadena trófica es fundamental para el control biológico. Paralelamente, hay efectos “de abajo hacia arriba”. Por ejemplo, usar una variedad del cultivo más atractiva y comestible para el ser humano porque tiene menos cantidad de pelos o de compuestos amargos puede afectar directamente a nuestro enemigo, el herbívoro, que también reconoce la calidad de ese alimento. A su vez, este cambio podría impactar sobre el comportamiento de un enemigo natural de ese herbívoro, que usa señales de la planta para encontrar a su presa o para colocar sus huevos cerca de donde ésta come (**Figura 3**).

La ecología puede predecir cambios en la importancia relativa de las fuerzas en ambas direcciones dentro de la cadena trófica frente a diferentes actividades humanas. La aplicación de fertilizantes para

reponer o aumentar la cantidad de nutrientes para las plantas impacta claramente sobre los herbívoros, que las encuentran más nutritivas, y sobre sus enemigos. También es esperable que aplicar un insecticida o reducir el número de refugios para los enemigos naturales de las plantas y de los herbívoros afecten los controles de arriba hacia abajo. Los refugios pueden ser fragmentos de vegetación nativa o bordes de un lote sembrado. A esta altura, quizás estén pensando que esto se puede complicar mucho más. Por ejemplo, también deberíamos considerar que se emplean otros productos químicos, como los fungicidas para combatir los hongos. Buenísimo. ¿Pensaron, por ejemplo, que en los agroecosistemas hay algunos hongos perjudiciales para los cultivos y otros benéficos para las plantas o para las hormigas? Sí, es así. Con esa mirada en mente debemos elaborar estrategias productivas que, a corto y a largo plazo, consideren a todos los componentes de estos ecosistemas.

La idea de que los ecosistemas más diversos son más productivos y estables es lógica si se tiene en cuenta que varias especies podrían cumplir una misma función. Esta superposición hace que el sistema sea menos vulnerable cuando se pierde una especie. Por eso, los pastizales naturales, que tienen muchas especies, enfrentan mejor a las plagas, a las enfermedades o a eventos climáticos si se los compara con las pasturas de una o pocas especies. Estos riesgos también los corren los productores que usan un único cultivo en grandes extensiones y durante muchos años. Por lo tanto, mantener o aumentar la heterogeneidad de la vegetación en el espacio y en el tiempo es una forma de reducir los riesgos.

Es normal que nos surjan nuevas y numerosas preguntas al considerar cómo responden los ecosistemas a la biodiversidad. Aquí sólo incluimos algunas que la ecología aún busca responder: ¿cuántas especies son necesarias? ¿Aumenta la estabilidad del agroecosistema a medida que crece el número de especies o hay un punto a partir del cual ya no hay efecto? ¿Qué es más importante: el número de especies o de qué especies se trata? ¿Existen otros factores más relevantes para el funcionamiento de los ecosistemas, como el tipo de interacciones, el origen de las especies (autóctonas o introducidas) o su tolerancia al estrés?

Simbiosis entre plantas y microorganismos

La mayoría de las especies vegetales y animales forma asociaciones persistentes e íntimas con microorganismos no patógenos. A estas relaciones se las denomina “simbiosis mutualistas” cuando todos los integrantes se benefician. En 1873, el zoólogo Pierre van Beneden introdujo el término mutualismo para definir el beneficio mutuo entre especies. Seis años después, el botánico Anton de Bary definió simbiosis como interacciones estrechas, benéficas (o no) para ambos integrantes. Hoy, algunos usan ambos términos como sinónimos. Además de confundir, ello también impide reconocer que sólo algunos mutualismos son simbióticos y que no todas las simbiosis se mantienen mutualísticas para todos y para siempre (**Figura 2**).

A través de la simbiosis, la mayoría de las especies (incluyendo los animales y vegetales que nos sirven de alimento) adquirieron nuevas capacidades. De hecho, casi todos los mamíferos y los insectos

conviven con microorganismos amigables que les permiten digerir los alimentos. Según cómo impactan en las características del hospedante, los simbioses mutualistas se pueden clasificar en protectores (por ejemplo, les brindan defensas contra sus enemigos) o en proveedores (por ejemplo, les facilitan el acceso a diferentes nutrientes). Entre los protectores están los hongos “endófitos”. Se los llama así porque viven toda su vida dentro de la planta que los aloja (**Figura 1**). Entre los simbioses proveedores están los rizobios —bacterias del suelo específicas de las plantas leguminosas— que son capaces de obtener nitrógeno de la atmósfera, algo que las plantas por sí solas no pueden hacer. Otros proveedores son los hongos que se asocian con las raíces de la mayoría de las plantas y forman las “micorrizas”. Esta simbiosis le brinda a la planta una mayor capacidad de absorber fósforo, entre otros beneficios, aunque puede dejar de ser mutualistas ante cambios en las condiciones ambientales (por ejemplo, cuando el suelo no es pobre en ese nutriente) e, incluso, dejar de existir cuando uno de los miembros no necesita al otro.

Los mutualismos en la agricultura presentan una paradoja: fueron prácticamente eliminados por el ser humano a través de miles de años de trabajar la tierra y de tratar de controlar el conjunto las especies allí presentes. En este sentido, la dispersión de semillas por animales es un ejemplo claro de un mutualismo indeseable. Este patrón se extiende también a las simbiosis mutualistas. Los fertilizantes reducen los beneficios que brindan las micorrizas y las simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno. Incluso, pueden convertir estas relaciones en parasíticas porque la planta al tener nutrientes disponibles no depende de sus simbioses. De esa manera, la agricultura moderna simplifica los agroecosistemas y reemplaza con diversas prácticas las funciones biológicas que estos microorganismos proveían originalmente. Al mismo tiempo, las empresas agropecuarias desarrollan productos y tecnologías que incluyen estos microorganismos benéficos para venderlos como biofertilizantes o inoculantes para semillas.

Quedan aún muchos interrogantes. Si bien las interacciones benéficas están en todos los ecosistemas, ¿por qué históricamente consideramos tan poco su papel en ecología o en el manejo de ecosistemas? ¿Qué nos llevó a mirar sólo las interacciones negativas? ¿La cultura? ¿La política? ¿El machismo? ¿Las escenas que vemos o vivimos de interacciones violentas? ¿Nos enseñan a ser autónomos en lugar de solidarios y de buscar complementarnos para funcionar mejor? La ecología es una ciencia que no busca responder estos interrogantes. Sin embargo, va cambiando junto con los cambios en la sociedad que los jóvenes impulsan. Los cambios de mirada son notables. Día a día se publican más datos que muestran que la salud de los ecosistemas y de los organismos, incluido el hombre, depende en gran medida de los microorganismos que naturalmente están y que denominamos el “microbioma”. Ojalá que pronto podamos usar este conocimiento ecológico para entender mejor los ecosistemas que nos rodean y para decidir qué actividades realizar en ellos (ver **Caja 1**).

Agradezco a blopas y a las "chicas superpoderosas" por su confianza, apoyo y comentarios, y dedico este premio a mis maestros.

Figuras y caja

Figura 1. (a) El **microbioma** de las plantas es la suma total de la diversidad de microorganismos que habitan en distintas partes de la planta hospedante y del ecosistema. La zona alrededor y dentro de las raíces (la rizósfera) y el interior de los tejidos constituyen los principales compartimentos. (b) En el interior de los tejidos aéreos de una planta se encuentran los **hongos endófitos**. En la foto, tomada al microscopio, se ven los tejidos de una semilla con ese tipo de simbionte. También se observan las células del hongo (hifas), teñidas, entre las células del hospedante (magnificación x100). Estos hongos sólo pasan de una generación a otra a través de las semillas. Se los conoce desde finales del siglo XIX, cuando se descubrió que las vacas morían o abortaban al consumir algunas plantas que lo tenían en su interior. Luego, se descubrió que la presencia del endófito en esas plantas producía compuestos tóxicos para el ganado y para insectos herbívoros. (c) Raíces de un pasto colonizado por **hongos formadores de micorrizas**. En la foto se ven teñidas las células alargadas del hongo (hifas) y unas estructuras por las cuales se produce el intercambio de productos entre el hospedante y el hongo (los arbuscúlos) (magnificación x200). Estos hongos crecen a partir de fragmentos de hifas o de esporas presentes en el suelo y penetran en las raíces de la mayoría de las especies vegetales. Forman redes complejas que transportan nutrientes y diversos compuestos químicos entre plantas de distintas especies, incluyendo aquellas que poseen otros simbiontes como los hongos endófitos o los rizobios. Fotos: Mirta Rabadan).

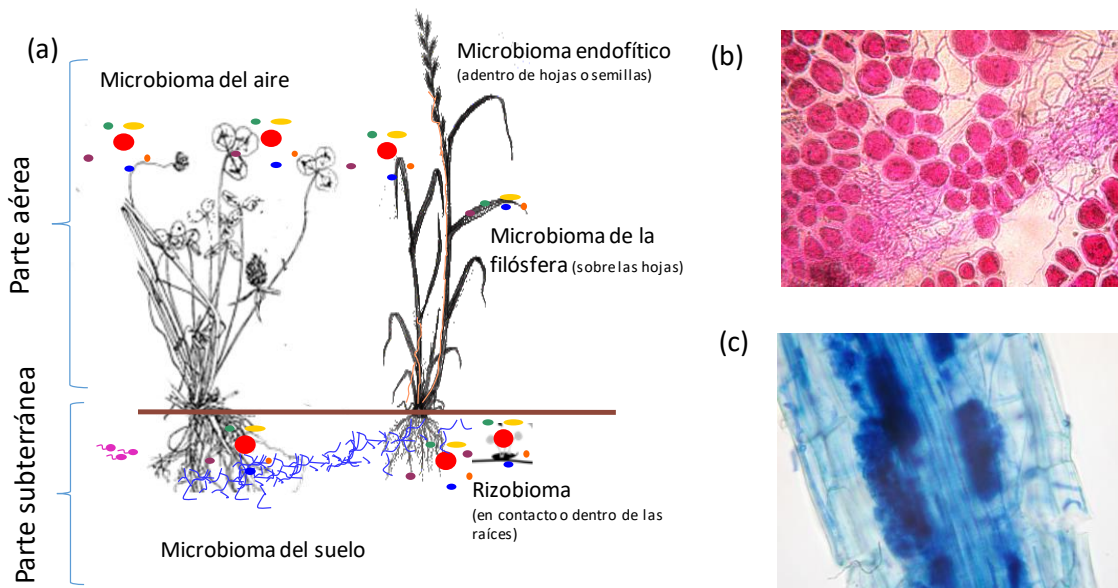


Figura 2. (a) Representación de los tipos de interacción que pueden darse entre dos organismos de especies distintas. El círculo azul ilustra el universo de posibles interacciones biológicas. Las relaciones adquieren distintos nombres según el efecto neto de cada participante sobre el otro (positivo, negativo o neutro). La magnitud de los efectos puede cambiar, y eso se representa según la longitud de las flechas marcadas en los radios, dado que en un mutualismo los beneficios para ambas especies pueden ser muy grandes o pequeños. La relación entre dos especies también puede cambiar de parasitismo a comensalismo, e incluso a mutualismo (es decir que cambia su posición y pasa de la flecha [radio] rojo, al amarillo o verde). Este cambio puede ser predecible y visible en el corto plazo (denominado tiempo ecológico) o en el largo plazo (llamado tiempo evolutivo). Además, los beneficios y los costos de cada interacción también dependen del ambiente biótico y abiótico. Esto se debe a que una simbiosis puede ser parasítica o mutualística según la presencia de otras especies o la disponibilidad de nutrientes. La figura es una modificación de otra realizada previamente por la profesora Judith Bronstein, una ecóloga norteamericana especializada en mutualismos.

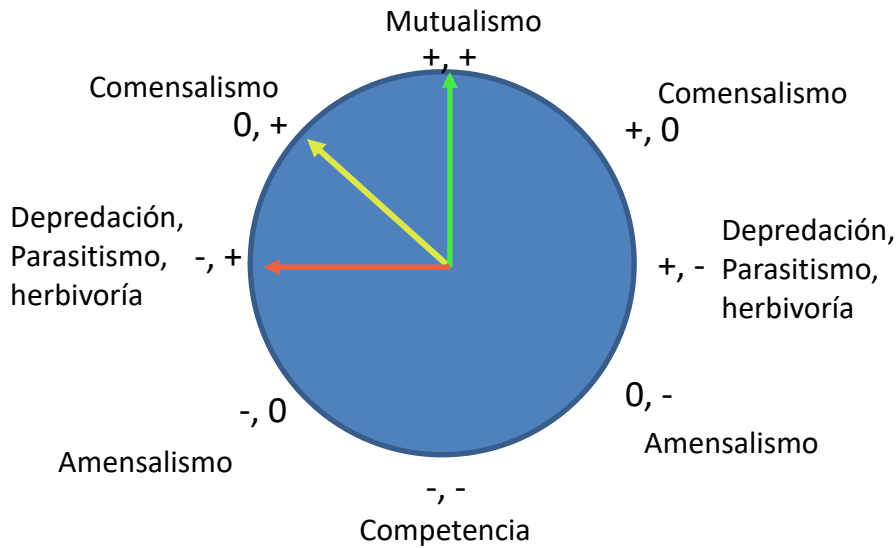


Figura 3. (a) Experimento en comunidades construidas artificialmente en cajones de madera ubicados en un jardín experimental. En este caso, los cajones se sembraron con plantas de un pasto con o sin hongos endófitos. Este experimento permitió detectar los efectos de esta simbiosis sobre la estructura de una red trófica de insectos que incluía 4 niveles: plantas, pulgones (insectos herbívoros), avispas enemigas de esos herbívoros y otras avispas enemigas de esos enemigos. En particular, se observó que la presencia del endófito disminuyó la cantidad de pulgones en las plantas sembradas en los cajones, es decir que esta relación constituye un mutualismo protector. Además, este simbionte disminuyó la cantidad de pulgones parasitados por planta. (b) Avispa parasitando un pulgón adulto que emerge de una momia. Cuando el pulgón es parasitado por una avispa se convierte en lo que se denomina “momia”. La larva de la avispa se desarrolla en el interior y puede ser, a su vez, parasitada por otra avispa. Para saber si eso ocurrió, los investigadores guardaron las momias recolectadas de las hojas de plantas con y sin endófitos y determinaron la especie de avispa que salió de esa momia. (c) Momia sobre una hoja. (d) Cajón de otro experimento en que se observan plantas emergiendo a través de paquetes de hojas muertas de plantas con y sin endófitos. El endófito cambia las características de ese material (denominado broza) y reduce el establecimiento de plantas y el daño de esas plantas por hormigas cortadoras.

(a)



(b)



(c)



(d)



CAJA 1. ACTIVIDADES PARA LA ESCUELA

- Las metas para los docentes son guiar a los alumnos en la lectura del texto, en la búsqueda de información, en el uso de conceptos biológicos y ecológicos novedosos, en la conexión entre la ecología y las actividades humanas, y motivarlos a aprender de forma colaborativa. En el aula se encontrarán con estudiantes muy diversos en su conocimiento del manejo actual de distintos sistemas de producción agropecuaria y en su motivación por el tema. Por ejemplo, puede haber alumnos que nunca vieron un cultivo de maíz, si bien comen choclos o pochoclo, y otros que trabajan todos los días en el campo ayudando a su familia a producir alimentos.
- Las metas de aprendizaje para los alumnos de nivel primario son reconocer, en donde ellos viven, la diversidad de ecosistemas presentes y de relaciones posibles entre los seres vivos que los componen. Para ello, identificarán los diferentes ambientes donde se producen los alimentos vegetales y animales que consumen, y adquirirán experiencia para describirlos a través del uso y el análisis de conceptos ecológicos.
- Dada la complejidad del tema, se propone tratar el texto como un rompecabezas para que los estudiantes trabajen ciertas partes en grupo, dentro y fuera del aula, y que luego compartan entre todos lo analizado, investigado y aprendido.

Lineamientos para las tareas dentro y fuera del aula

Luego de leer el texto...

- Organizar a los estudiantes en grupos. A cada grupo darle una figura del texto (con su leyenda) para que la analicen y la expliquen, posteriormente, al resto de la clase para que consoliden lo aprendido.
- Realizar entre todos, en clase, un diagrama de cajas y flechas para representar las interacciones biológicas mencionadas en la **Figura 3**. Poner a cada componente del ecosistema en una caja y vincularlo con flechas a otros componentes. Señalar con un signo positivo, negativo o neutro sobre cada flecha el efecto que una caja tiene sobre la otra según los resultados los experimentos allí mencionados. Nombrar cada una de las interacciones entre pares incluidas.
- Hacer una lista de los alimentos de origen vegetal o animal que se producen en la región que habitan.

Luego, cada grupo podrá...

- Elegir un agroecosistema en el que se produzca uno o más alimentos de la lista y recopilar información sobre las prácticas agropecuarias que allí se realizaron durante los últimos dos años (por ejemplo, cuándo se cosecha el alimento, qué se cosecha, cómo, qué se hace antes y después, qué productos se aplican, cuándo, cómo y para qué, qué hay alrededor de ese agroecosistema).
- Hacer un diagrama de las interacciones entre pares de especies o grupos de especies con características y funciones similares (malezas, plantas forrajeras, plagas, ganado, distintos grupos de microorganismos que ven o no ven a simple vista) presentes en ese agroecosistema. Luego, marcar las interacciones que supuestamente modifican las prácticas que allí se llevan a cabo.
- Realizar un póster con el diagrama y compartir lo aprendido con el resto de la clase.