



Bichos vemos relaciones no sabemos

diversidad e importancia
de las interacciones bióticas

Las interacciones bióticas son aquellas relaciones que se establecen entre dos o más organismos. Como resultado de éstas, los individuos pueden verse beneficiados, perjudicados o no ser afectados, dependiendo del contexto en el que ocurran. En general, la mayoría de las interacciones que mantienen las especies se originan a partir de su necesidad de obtener los recursos necesarios para sobrevivir (agua, nutrimentos o luz, en el caso de las plantas). Esto es, los organismos de una especie son el alimento de individuos de otra especie. En el caso particular de la interacción conocida como competencia, lo que ocurre es que la presencia simultánea de dos especies limita la cantidad de recursos disponible para los individuos de ambas especies. Resulta fascinante, sin embargo, encontrar las variantes de interacciones bióticas en las que estas relaciones antagónicas han derivado en relaciones positivas que no necesariamente tienen que ver con la alimentación. Por ejemplo, la depredación de frutos ha derivado en sistemas eficientes de dispersión de semillas, y la depredación de óvulos o polen han dado origen a interesantes sistemas de polinización.

Blanco y negro o ¿una gama de grises?

Históricamente, los biólogos han catalogado las interacciones bióticas por el efecto que tiene una especie sobre la otra, y han considerado un número limitado de tipos de in-

teracción (competencia, depredación, mutualismo, comensalismo y amensalismo). Sin embargo, al evaluar estas relaciones con mayor detalle, muchos estudios han detectado que el mundo no es blanco y negro; es decir, las interacciones de dos especies pueden variar en un continuo que va del antagonismo (la interacción negativa entre dos organismos) al mutualismo (cuando los dos organismos se benefician por su interacción), dependiendo del contexto ambiental en el que ocurran, y de los costos y beneficios que la relación representa para cada interactuante (figura 1).

Algunos ejemplos clásicos de cada tipo de interacción pueden servir para ilustrar los tonos de gris en que éstos derivan. La interacción en donde los individuos de dos especies resultan perjudicados por la limitación de recursos es un antagonismo que se conoce tradicionalmente como “competencia interespecífica”. En este tipo de interacción puede haber una especie ganadora (que se queda con el lugar y los recursos de otra) y una perdedora (que se extingue o desaparece localmente). De modo alternativo, las dos especies pueden coexistir, siempre y cuando la competencia entre ellas sea menor que entre los individuos de una misma especie; esto es, hay más querrela por los recursos (alimento, espacio, parejas, etcétera) entre parientes cercanos (individuos de una especie) que entre los lejanos (de diferentes especies). Cuando entramos a una selva, somos

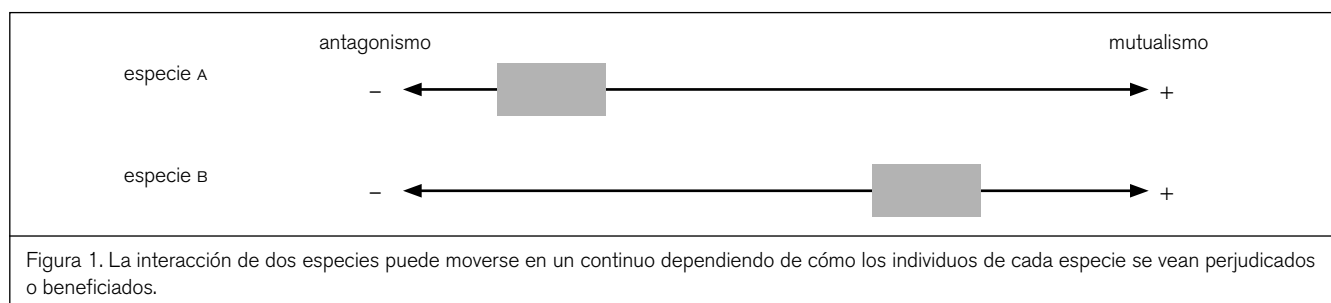
testigos de un ejemplo clásico de competencia por la limitación de luz. Los árboles de una selva no pueden desplazarse para encontrar un mejor lugar donde vivir, así que aquellos que tienen la capacidad de crecer más rápido logran tener acceso a más luz que los que se quedan rezagados a la sombra de éstos. En tal caso podemos considerar que los primeros son competitivamente superiores a los segundos.

Pero no todas las plantas que crecen en un mismo lugar establecen esta interacción antagonica. Existe una variante

de interacción de dos plantas que se conoce como “facilitación”. El investigador Alfonso Valiente, del Instituto de Ecología de la UNAM, ha estudiado esta interacción en los desiertos mexicanos. En esos ambientes, en donde las condiciones ambientales son muy estresantes (poca agua, fuerte insolación y altas temperaturas), hay muchas especies de plantas que solamente pueden germinar debajo de otras que les

proveen la humedad suficiente y las protegen de la insolación. Por ejemplo, la cactácea *Lophocereus schottii* del desierto de Baja California germina únicamente bajo la copa del arbusto *Larrea tridentata*.

Cuando un animal se alimenta de un organismo, estamos hablando de la relación antagonica denominada “depredación”. El efecto más evidente es la muerte de la presa que representa el alimento del depredador. Un tono gris de esta relación antagonica ocurre cuando un animal, hongo



o bacteria consume porciones de otros individuos. Dentro de estas variantes se encuentran las interacciones conocidas como “parasitismo” y “herbivoría”, y las consecuencias para el individuo que es atacado dependen de la intensidad y duración de la interacción. Por ejemplo, cuando un venado le da una mordida a una planta pequeña, generalmente el efecto es mortal, pero cuando come sólo algunas hojas de una planta madura es poco probable que ésta muera, aunque sí podría disminuir su capacidad de reproducirse, produciendo menos flores, frutos y semillas. En contraste con ese panorama “negro” existe un escenario “blanco” de

entre las plantas y animales que, por alimentarse de su néctar o polen, también polinizan sus flores al moverse de flor en flor. La dispersión de semillas la llevan a cabo animales que se alimentan de los frutos y semillas de las plantas. Después de digerir y excretar las semillas, éstas son depositadas en sitios en donde pueden germinar. Dicha interacción también ocurre de manera accidental cuando las semillas se pegan al pelaje o plumaje de mamíferos y aves. En el caso de las dos interacciones mencionadas, las plantas se ven beneficiadas por el transporte de sus gametos o semillas a nuevos sitios, mientras que los animales



esta interacción. Ken Paige y Tom Whitham describieron un caso paradójico relacionado con la herbivoría, en el que la planta *Ipomopsis aggregata* parece beneficiarse cuando es consumida por venados. Cuando los venados remueven el escapo en donde crecen las flores, la planta es capaz de activar los mecanismos necesarios para producir todavía más flores y, como consecuencia, producir más frutos que cuando no es mordida por herbívoros.

Como mencionamos anteriormente, aunque muchas interacciones se establecen como consecuencia de la necesidad de conseguir nutrimentos (por ejemplo, la luz en los árboles o las hojas en los herbívoros), algunas de ellas han derivado en la obtención de otros beneficios, como el transporte de semillas, la protección contra enemigos naturales o el apropiarse de algún tipo de refugio. Bajo tales condiciones, muchas interacciones que en principio eran antagónicas fueron evolucionando a lo que hoy conocemos como “mutualismo”. Dicho tipo de interacción se caracteriza porque los individuos de diferentes especies se ven beneficiados por su presencia mutua. Ejemplos clásicos son la polinización, la dispersión y la simbiosis. La polinización ocurre

obtienen alimentos energéticos, como el néctar o la pulpa de las frutas.

Otro tipo de mutualismo tiene que ver con la protección contra el ataque de los herbívoros, y ocurre cuando las plantas producen ciertas recompensas o refugios. El caso más conocido fue descrito por el ecólogo Daniel Janzen en 1967, quien descubrió que en las selvas tropicales las hormigas *Pseudomyrmex ferruginea* habitan en las espigas de las plantas de *Acacia cornigera*, pariente de los hui-zaches, y las defienden activamente. Las hormigas mutualistas de esta especie de *Acacia* patrullan constantemente las ramas, hojas y tronco del árbol con el fin de remover cualquier otro animal o planta trepadora que encuentren sobre su planta hospedera. Además de refugio, las hormigas de *Acacia cornigera* obtienen comida rica en glucógeno producida por la planta en el extremo de los folíolos, llamados “cuerpos de Belt”. En tal situación, las hormigas son consideradas como “defensas vivientes” de las plantas. Sin embargo, una gama de grises de esta interacción se presenta cuando las plantas son colonizadas por especies de hormigas que no defienden tan eficientemente la planta.

Un extremo “blanco” de las interacciones mutualistas es la simbiosis, pues implica que una de las especies no puede vivir sin la otra y viceversa, por lo que si una desaparece la otra también. Un ejemplo de simbiosis ocurre entre las vacas y las bacterias que habitan en su intestino, ya que esas bacterias sólo viven en el rumen de las vacas; en contraparte, las vacas necesitan a las bacterias para digerir su comida, que de otra manera no podrían digerir. Otro ejemplo de simbiosis extrema es el fascinante caso del origen de las células que tienen núcleo. La famosa bióloga estadounidense Lynn Margulis propuso que las mitocondrias de todas las células de organismos multicelulares se originaron por la estrecha relación que se estableció hace aproximadamente dos mil millones de años entre organismos unicelulares: una bacteria de vida libre que podía respirar oxígeno y un organismo unicelular que poseía núcleo y era capaz de consumir moléculas y desplazarse activamente. Las ventajas que cada uno de los organismos obtuvo de esta interacción originaron que ambos dejaran de ser autónomos, al grado de que la bacteria, después de varios millones de años, no sólo no puede vivir sin su hospedero, sino que se convirtió en un organelo de las células de todos

los organismos multicelulares que existen hoy día: la mitocondria. Estas relaciones “de mutua ayuda” se antojan algo románticas, pues en principio ambas partes viven felices por los siglos de los siglos; pero, en realidad, es frecuente encontrar mutualismos con una gama de efectos en las especies que van desde negativos y neutros, hasta extremadamente positivos. Por ejemplo, la polinización, considerada como un mutualismo clásico, puede ser un antagonismo en situaciones en donde el polinizador, más que favorecer a las plantas, las perjudica. Esto llega a ocurrir, por ejemplo, con la polilla *Greya politella*, que poliniza las flores de la planta *Lithophragma parviflorum* mientras pone sus huevos en las mismas. Al desarrollarse dentro de los ovarios, las larvas de la polilla se alimentan de las semillas, lo que representa un costo para la planta. Sin embargo, si la polilla es el único polinizador, a la planta no le queda más remedio que pagar dicho costo con tal de que al menos una fracción de sus óvulos sea fecundada, esto es, a pesar de consumir cierta fracción de las semillas de la planta, la polilla es considerada como mutualista de la planta pues sin ella no podría lograr reproducirse. Sin embargo, hace unos años los ecólogos estadounidenses John Thompson y Bradley Cunningham estudiaron varias poblaciones de *Lithophragma parviflorum* y describieron cómo en poblaciones en que existen otros polinizadores como abejas y abejorros, que no consumen las semillas, la polilla *Greya politella*, más que un polinizador, actúa como un verdadero depredador de semillas, de manera que a las plantas les va mejor sin la visita de la polilla. De hecho, en estas poblaciones las plantas han desarrollado la capacidad de abortar selectivamente las cápsulas que contienen larvas de la polilla, lo que demuestra que en tal circunstancia se



los organismos multicelulares que existen hoy día: la mitocondria.

Estas relaciones “de mutua ayuda” se antojan algo románticas, pues en principio ambas partes viven felices por los siglos de los siglos; pero, en realidad, es frecuente encontrar mutualismos con una gama de efectos en las especies que van desde negativos y neutros, hasta extremadamente positivos. Por ejemplo, la polinización, considerada como un mutualismo clásico, puede ser un antagonismo en situaciones en donde el polinizador, más que favorecer a las plantas, las perjudica. Esto llega a ocurrir, por ejemplo,

trata en realidad de un depredador más que de un polinizador.

Las interacciones mutualistas también abren la posibilidad de que haya trampas entre los organismos involucrados y que uno de ellos obtenga los beneficios de la interacción sin necesariamente tener que pagar todos los costos. En el caso de las plantas, por ejemplo, tales costos están relacionados con la producción de néctar en las flores o frutos con pulpa dulce. Un caso extremo de esos “mutualismos tramposos” son las orquídeas que atraen a sus polinizadores por medio de un engaño: producen flores que de

lejos parecen las hembras de las abejas que las polinizan. Las abejas macho se acercan a cortejar a “la hembra” e intentan inútilmente copular con las flores. Al final del “cortejo”, las avispa dejan la flor sin llevarse ningún tipo de recompensa porque la planta no produce néctar, pero sí un par de paquetes de polen o polinia que dejarán en la siguiente flor que lleguen a “cortejar”. Por otra parte, hay interacciones que representan el otro lado de la historia. Los biólogos estadounidenses D. Inouye y J. Maloof describieron cómo, sin polinizarlas, algunos abejorros obtienen las recompensas de las flores —el néctar, por ejemplo— haciendo orificios en el tubo de la flor, por lo que nunca entran en contacto con las partes reproductivas de la planta y ésta no obtiene ningún beneficio de la interacción.

Finalmente, hay relaciones que se caracterizan por el hecho de que, mientras para una especie la interacción no tiene ningún tipo de efecto, para la otra sí existe un efecto negativo; es el caso del amensalismo, que puede ser positivo —se trata entonces de un comensalismo. Un ejemplo de amensalismo es cuando las cabras pisotean la vegetación de una pradera, mientras que el comensalismo clásico está conformado por las rémoras que se alimentan de los parásitos en la piel de los tiburones. A pesar de que estas relaciones son aparentemente inocuas para uno de los participantes (en los ejemplos, las cabras y los tiburones), podemos plantear situaciones más “grises” en las que dichas interacciones en realidad sí tienen efectos significativos para ambas especies. En el caso del pisoteo de las cabras, éstas pueden promover que se reduzca la cantidad de plantas que representan su alimento. En el caso de las rémoras, que van pegadas a la piel de los tiburones, ellas pueden acabar irritando la piel de sus hospederos o entorpeciendo su diseño hidrodinámico.

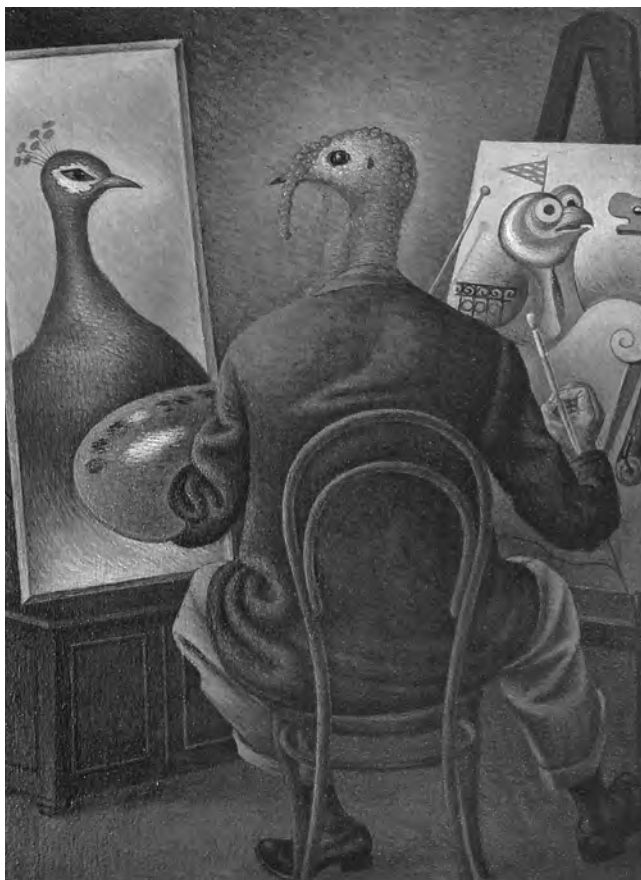
Agentes no tan secretos de la selección natural

Cuando los efectos positivos o negativos de las interacciones bióticas se ven reflejados en la supervivencia, crecimiento y reproducción de los individuos, es probable que estas relaciones afecten el crecimiento de una población y la abundancia o distribución de una especie. Lo que es muy frecuente es que muchas interacciones tengan efectos a escala evolutiva. Un ejemplo de cómo las interacciones pueden promover la evolución, es lo que sucede con muchas variedades de bacterias y parásitos que nos ocasionan enfermedades y que nos afectan cotidianamente. En años recientes se ha detectado que muchos de esos parásitos y bacterias han desarrollado resistencia a los antibióticos. Esto se debe a que aquellos individuos que presentan cualquier tipo de resistencia a tales compuestos sobreviven más y, por

lo tanto, tienen mayores probabilidades de reproducirse rápidamente en comparación con individuos que no son resistentes. En este caso, podemos decir que la evolución de la resistencia ha ocurrido como producto de la selección natural. Ejemplos similares ocurren con las defensas que producen las plantas en contra de los herbívoros que, por mecanismos de selección natural, pueden presentar evolución en las contradefensas, lo que les permite seguir consumiendo dichas plantas.

En vista de que en muchas situaciones tales relaciones son importantes agentes de selección, a los biólogos nos interesa considerar las interacciones bióticas para entender la evolución de las especies. Desde el punto de

vista evolutivo hoy sabemos que las interacciones son fuente de selección natural que promueven la evolución de múltiples soluciones adaptativas y, por lo tanto, una de las causas relevantes que han contribuido a la existencia de la gran diversidad de especies que hay en el planeta hoy día.





Piezas fundamentales de los ecosistemas

Las interacciones bióticas son de tal importancia para el funcionamiento de los ecosistemas, que podríamos pensar en ellas como una serie de complejos engranajes que mantienen el tictac de un reloj. Los ciclos de nutrientes y el agua, el flujo de energía a través de cadenas tróficas, la descomposición de la materia orgánica, y hasta la regulación del clima pueden estar influenciados por las interacciones bióticas.

Por ejemplo, una planta de frijol depende de la interacción indirecta con las bacterias que forman nódulos en sus raíces para poder obtener el nitrógeno que necesita para llevar a cabo la fotosíntesis. A su vez, la materia y la energía asimiladas por las plantas son concentradas en carbohidratos, que posteriormente serán consumidos por los herbívoros, quienes son a su vez alimento de los carnívoros. Es así como la energía que empezó con los rayos de sol que llegan a la superficie de la hoja del frijol continúa su trayectoria a través de la cadena alimentaria, hasta llegar a ser, otra vez, materia orgánica que es consumida por las lombrices e insectos del suelo, para luego ser procesada por los microorganismos que la transforman en minerales y nutrientes disponibles nuevamente para las plantas. Este ciclo energético, definido por la presencia de tantas interacciones, repercute directamente en la productividad de un ecosistema y sus ciclos de agua, nutrientes y carbono.

Al entender que las interacciones tienen importantes implicaciones ecológicas y evolutivas, es fácil imaginar que cuando una especie es eliminada de un ecosistema o se extingue naturalmente, las consecuencias van más allá de su propia existencia. La desaparición de una especie posiblemente implique una afectación negativa sobre las especies con las que tenía interacciones positivas (por ejemplo sus

polinizadores, sus dispersores, etcétera), mientras que las especies con las que tenía interacciones negativas, como sus competidores o sus presas, pueden aumentar sus poblaciones. En algunas ocasiones la desaparición de una especie produce una extinción en masa debido a la cantidad de interacciones que tenía esa especie con las demás en un ecosistema.


A este tipo de especies tan importantes y vinculadas con muchas otras se les conoce como “especies clave”. Por ejemplo, Robert Paine encontró que en los arrecifes de Australia en donde se sobreexplotó las estrellas de mar, aumentó la abundancia de las que eran sus presas: los erizos y varios tipos de almejas. A su vez, el incremento en las poblaciones de los erizos y las almejas, que son herbívoros, desencadenó una presión muy fuerte sobre las algas que éstos consumían, y acabaron por extinguirlas localmente. Al extinguirse las algas, desaparecieron las almejas y los erizos y, al final, todo el ecosistema colapsó. En este caso, las estrellas de mar son la especie clave, y su desaparición significó una grave perturbación en todo el ecosistema.

La otra cara de la moneda es el efecto de la introducción de una especie nueva en un ecosistema. Cuando una especie se establece fuera de su área de distribución natural, ésta interactúa con muchas de las especies nativas, y cuando es competitivamente superior a las demás, también puede ocasionar un colapso o una afectación severa a la diversidad de un ecosistema. Por ejemplo, algunas especies invasoras pueden desplazar a las nativas, como ocurre en los ríos del norte de México, en donde el pino salado (*Tamarix ramossissima*), originario de Asia, desplazó a todas las especies de plantas nativas porque es muy eficiente para encontrar agua del subsuelo y, al crecer rápido, produce una sombra muy fuerte que impide a las demás especies germinar y desarrollarse, modificando completamente el ecosistema original.

Tú y las interacciones bióticas

Las interacciones también afectan directamente la existencia y supervivencia de las sociedades humanas, pues muchas de las relaciones entre especies están vinculadas con servicios que los ecosistemas proveen a los humanos. Algunos servicios ecosistémicos de los que dependemos y que se hallan relacionados con las interacciones bióticas son: la polinización de cultivos, el control biológico de plagas y enfermedades, las simbiosis entre plantas y hongos que permiten el buen desempeño de los cultivos, y la formación de suelo por medio de la descomposición de la materia orgánica. Otras interacciones tienen que ver con muchas de las enfermedades que alteran nuestra calidad de

vida, y son causantes de millones de muertes. Por ejemplo, los mosquitos son hospederos de comensalistas, como la bacteria que ocasiona el cólera y el plasmodio que provoca el paludismo.

De manera similar, las ratas conviven con el virus que transmite la peste en el humano, pero no manifiestan síntomas de la enfermedad. Entender la relación que tienen estos parásitos con otras especies es fundamental, pues frecuentemente los vectores que nos transmiten las enfermedades son otras especies con las cuales los parásitos mantienen relaciones comensalistas. Es por todo ello que el estudio de las interacciones es un campo de vital importancia para comprender el pasado y el devenir del planeta. 



Karina Boege

Instituto de Ecología,

Ek del Val

Centro de Investigaciones en Ecosistemas,
Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benítez-Vieyra, S., M. A. A., y A. A. Cocucci. 2009. "Variable selection patterns on the labellum shape of *Geoblasta pennicillata*, a sexually deceptive orchid", en *Journal of Evolutionary Biology*, vol. 22, pp. 2354-2362.

Dirzo, R. 2009. "Antropogenically driven contemporary evolution: Lessons for biodiversity conservation", en *Evolution*, vol. 63, pp. 3038-3041.

Janzen, D. 1967. "Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America", en *Evolution*, vol. 21, pp. 620-637.

Maloo, J. y D. W. Inouye. 2000. "Are nectar robbers cheaters or mutualists?", en *Ecology*, vol. 81, pp. 2651-2661.

Thompson, J. N. y C. C. Fernandez. 2006. "Temporal dynamics of antagonism and mutualism in a geographically variable plant-insect interaction", en *Ecology* vol. 87, pp. 103-112.

Paige, K. N. y T. G. Whitham. 1987. "Overcompensation in response to mammalian herbivory: the advantage of being eaten", en *The American Naturalist*, núm. 129, pp. 407-416.

Paine, R. T. 1966. "Food web complexity and species diversity", en *American Naturalist*, núm. 100, pp. 65-75.

Thompson, J. N. y B. M. Cunningham. 2002. "Geographic structure and dynamics of coevolutionary selection", en *Nature*, núm. 417, pp. 735-738.

Valiente-Banuet A., F. Vite, A. Zavala-Hurtado. 1991. "Interaction between the Cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*", en *Journal of Vegetation Science*, núm. 2, pp. 11-14.

IMÁGENES

Pp. 4-5: Julio Ruelas, *La domadora*, 1897. P. 6: Luis Martínez, *Niño con cabras*, 1928; P. 7: María Izquierdo, *El domador*, 1932; *El baile del oso*, 1940; Federico Cantú, *Arlequines*, ca. 1934. P. 8: María Izquierdo, *El mantel rojo*, 1940; *Troje*, 1943; anónimo (Escuelas de pintura al aire libre), *Niña con faisán*, ca. 1928. P. 9: Antonio Ruiz "El Corcito", *Autoretrato*, 1955. P. 10: Manuel González Serrano, *La ofrenda*, 1940; Amador Lugo, *Perro con gato*, 1933; Ana Luisa Ramos Prado, *Animales mitológicos*, 1990. P. 11: Juan Calderón, *Personajes de aguas profundas*, 1990.

BUGS WE SEE, RELATIONSHIPS WE DON'T KNOW: DIVERSITY AND IMPORTANCE OF BIOTIC INTERACTIONS

Palabras clave: interacciones bióticas, competencia, depredación, mutualismo, comensalismo, amensalismo.

Key words: Biotic Interactions, Competence, Depredation, Mutualism, Commensalism, Amensalism.

Resumen: En este artículo se habla sobre las interacciones bióticas que se han identificado en la naturaleza. Éstas son claves para entender la biodiversidad que nos rodea, la evolución de las especies, el funcionamiento de los ecosistemas y a fin de cuentas nuestra propia existencia.

Abstract: This article examines the biotic interactions that have been identified in nature. These are keys to understanding the biodiversity that surrounds us, the evolution of species, the functioning of ecosystems, and—in the final analysis—our very existence.

Karina Boege es investigadora del Instituto de Ecología de la UNAM y estudia aspectos de la selección natural de las relaciones entre plantas y animales.

Ek del Val es investigadora del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM. Estudia las interacciones bióticas que surgen en hábitats que han sido dañados o que han sido restaurados.

Recibido el 16 de noviembre de 2010, aceptado el 27 de enero de 2011.