

# RELACIONES DAÑINAS, neutras o positivas:

el caso de los microorganismos,  
los insectos y las plantas

Adán **Martínez Medina**  
Ricardo **Ramírez Romero**

Millones de diminutas criaturas nos rodean en todo momento. No nos percatamos, pero desde su pequeñez muchas de ellas nos perciben habitables, cual mansión. Al entablar contacto con ellas es que nos damos cuenta de su existencia, ya que nos provocan malestares, nos enferman. Desde tuberculosis hasta amibiasis, la relación con muchos microorganismos posee generalmente tintes de hospital. Y es que no vivimos en un medio libre de microorganismos. ¿Has considerado la posibilidad de que muchos microbios se encuentren en una asociación no dañina con infinidad de seres vivos?, ¿que algunos protozoarios habiten los cuerpos de insectos proporcionándoles facilidades para adquirir su alimento sin causar una enfermedad? O bien, ¿que una ancestral bacteria dentro de cada una de las células de tu cuerpo genere la energía que usas al correr, hablar y pensar? Estas extrañas relaciones entre organismos tan diferentes en forma y tamaño, que podrían parecer ficticias, son bastante comunes a nuestro alrededor.

Los microorganismos como las algas, los hongos, protozoos y bacterias, tan pequeños en tamaño, son, sin embargo, seres voluminosos en número, y forman asociaciones con todo tipo de vegetales y animales, de cualquier tamaño, color y nivel taxonómico: pueden dañarlos mortalmente o entablar una amistosa relación. De manera general, estas interacciones que se dan entre organismos, sean positivas, neutras o negativas, se conocen como simbiosis.

## RELACIONES DAÑINAS, NEUTRAS

### O POSITIVAS: SIMBIOSIS

Cuando dos especies en un ecosistema tienen actividades o requerimientos coincidentes, en la mayoría de los casos, interactúan. En dicha interacción es posible que una o ambas especies se beneficien, dañen o no se afecten. Pensemos en un factor básico para la vida, como la obtención de nutrientes. Los seres vivos los necesitan para crecer, multiplicarse o reproducirse, y usan múltiples estrategias para obtenerlos. Por ejemplo, pueden formar alianzas y llegar a asociarse de manera tan estrecha y permanente que forman un solo sistema biológico, tan integrado, que sus componentes originales ya no puedan existir separados. Veamos más detalles. El botánico alemán Albert Frank, en 1877, propuso el término *symbiotismus* para describir aquellos casos en que dos especies diferentes viven una con la otra de manera más o menos dependiente, término que sería la base para la palabra *symbiose* o simbiosis, acuñada por su compatriota Anton DeBary dos años después, y que se define literal y brevemente, como “la vida en conjunción de dos organismos disimilares, en íntima asociación, y por lo general con efectos benéficos para al menos uno de ellos”. Actualmente, aunque el término simbiosis sigue siendo puesto a debate, se define de manera similar a la expuesta por DeBary: “una relación estrecha y persistente entre organismos de distintas especies, cuyo vínculo es significativo para el bienestar de al menos uno de los asociados”, denominados simbiotes. Dependiendo del tipo de relación entre los organismos o simbiotes, la simbiosis puede tomar diferentes nombres.

El parasitismo es aquella interacción en que uno solo de los simbiotes se beneficia a expensas del otro, siendo las bacterias y hongos patógenos un buen ejemplo de esto. En el comensalismo, un simbiote se beneficia mientras el otro permanece inalterado, es decir no vive a expensas del otro, justo como harían un par de comensales al compartir un vasto banquete. Por último, el mutualismo se refiere a la simbiosis en la que ambos individuos resultan beneficiados (Tabla 1).

SIMBIOTES/SIMBIOSIS	ESPECIE A	ESPECIE B
Parasitismo	+	-
Comensalismo	+	0
Mutualismo	+	+

**Tabla 1.** Tipos de interacciones entre dos especies, según el gradiente de beneficio para simbiotes. “+” indica un beneficio, “-” un daño y “0” ni daño, ni beneficio.

Tanto Frank como DeBary, en su definición, intentaban explicar sus observaciones sobre los líquenes, organismos que surgen de la simbiosis entre un hongo y un alga. Por un lado, las algas producen su propio alimento (carbohidratos) al igual que las plantas, por fotosíntesis, y habitan en lugares con mucha humedad; sin embargo, su presencia es escasa lejos de una fuente de agua continua. Los hongos por su parte, habitan muchos lugares distintos en los que generalmente se nutren a partir de materia en descomposición de la cual obtienen compuestos nitrogenados, pero pocos carbohidratos. Pues bien, al conjuntar sus características particulares ocurre que el hongo obtiene del alga los carbohidratos que le ayudan a crecer, y el alga consigue un refugio ante la desecación, por lo que la simbiosis con el hongo le permite estar en ecosistemas donde por sí sola no podría desarrollarse. De esta forma, dos organismos se conjuntan y forman un organismo totalmente diferente, que no es ni un hongo ni un alga, sino un líquen, una simbiosis con un grado de integración muy alto, que podría denominarse como simbiogénesis.

El botánico Konstantine Merezhkovskii definió el concepto de simbiogénesis como el origen de organismos por la combinación o asociación entre varios seres vivos que entran en simbiosis; es decir, individuos



de distinta especie que forman un solo sistema biológico tan integrado que sus componentes originales no pueden existir separados, como ocurre con muchos líquenes. Por tanto, la simbiogénesis podría ser entendida como el resultado de un proceso evolutivo, y la simbiosis como un elemento esencial de este proceso.

Así, lo que empezó como una relación de conveniencia entre un hongo y un alga, desemboca en el origen de una nueva morfología, un metabolismo novedoso y un nuevo organismo. Y es que los líquenes, dado que sintetizan en gran medida su propio alimento, pueden colonizar tempranamente muchos ecosistemas que son pobres en nutrientes, siendo los formadores del sustrato sobre el cual organismos vegetales pueden crecer.

#### RELACIONES POSITIVAS: EL DOCTOR JEKYLL

Los animales no están exentos de convivir con microorganismos. Incluso son notorias las enfermedades que muchos hongos y bacterias ocasionan. Sin embargo, estas asociaciones presentan diferentes grados de integración, tal como ocurre con las algas y hongos, las asociaciones simbióticas y la simbiogénesis. En el caso de los insectos, algunos microbios están aún más interrelacionados, habitando el interior de las células de su anfitrión, lo cual se denomina endosimbiosis.

Esta relación consiste en una simbiosis común y corriente, con la única particularidad de que uno de los simbiosites habita en los tejidos o células del otro. Se calcula que cerca del 10% de los insectos posee bacterias dentro de sus células que les permiten optimizar diversas funciones, como la alimentación. Estos animales se alimentan de una gran variedad de sustancias. Muchos insectos son fitófagos (*i.e.*, se alimentan de plantas) y cuentan con simbiosites dentro de las células en sus tractos digestivos. Por ejemplo, las termitas de la especie *Reticulitermes speratus* poseen, en sus células intestinales, protozoarios que procesan la celulosa de la madera con que se alimentan las termitas. De otra manera, la madera se convertiría en un refrigerio difícil o imposible de digerir para las termitas. Por su parte, los protozoos obtienen comida directa a su mesa, al mismo tiempo que brindan distintos compuestos nutritivos a las termitas. Una relación muy conveniente. Sin embargo, no es necesario exponerse al termitero y a un montón de enojadas termitas soldado para observar esta simbiosis más de cerca. Existen insectos potencialmente menos riesgosos, los cuales se alimentan de la savia de las plantas y proveen un ejemplo más de estas relaciones. Analicemos el caso de los pulgones.

Estos pequeños invertebrados de seis patas extraen la savia de las plantas mediante un aparato bucal similar a una aguja para jeringa, que les permite ingerir su alimento directamente de los tejidos conductores de la planta. Esta dieta es rica en azúcares, pero pobre en proteínas y compuestos nitrogenados necesarios para la reproducción y crecimiento del insecto.

El pulgón del chícharo, *Acyrtosiphon pisum*, tiene como único alimento la savia de leguminosas (i.e., chícharos y frijoles), y las proteínas y compuestos nitrogenados que no encuentra en su dieta no los puede sintetizar. Afortunadamente para el insecto, sus bacterias endosimbióticas (de nombre y apellido, *Buchnera aphidicola*) sí lo hacen, y solamente requieren de un albergue intracelular. Se estima que el pulgón y estas bacterias han evolucionado conjuntamente desde hace unos 150 millones de años.

En esta larga simbiosis interna o endosimbiosis mutualista, las bacterias ya no pueden vivir de manera natural fuera del insecto y los pulgones pueden llegar a morir o tener problemas en su tasa de reproducción si se eliminan sus bacterias simbiotes. Las plantas de chícharo, cuyas semillas comemos en nuestras ensaladas, pueden ser fuertemente asediadas por los pulgones y producirles enfermedades. Gracias a los endosimbiontes, los pulgones solo tienen que preocuparse por consumir suficiente savia para crecer y multiplicarse. Sin sus endosimbiontes, quizá estos pulgones no llegarían a ser un problema importante para nuestros cultivos de chícharos, frijoles y demás leguminosas. Si el propósito de los seres vivos es perseverar y perpetuarse, este lazo tan favorecedor entre bacterias y pulgones coadyuva en este cometido para ambos organismos. Más no todos los organismos que habitan el cuerpo de los insectos son tan cordiales.

#### RELACIONES DAÑINAS: EL TERRIBLE SEÑOR HYDE

Quien haya visto la película *Alien*: el octavo pasajero estará familiarizado con esos terribles extraterrestres que crecen dentro de las personas y que al emerger abruptamente aniquilan a su hospedero. Esta forma de desarrollo es muy parecida a la de los parasitoides,

insectos que se desarrollan dentro de otro artrópodo. Un ejemplo de estos raros insectos son las avispas parasitoides que en sus etapas tempranas de desarrollo requieren de un organismo u hospedero del cual alimentarse. Por lo anterior, las avispas progenitoras colocan sus huevecillos dentro de un hospedero, por ejemplo nuestro pulgón del chícharo, o bien una larva de mariposa.

El pulgón o la larva sirven como incubadoras y bocado del retoño de la avispa hasta que este está listo para salir del hospedero como nueva avispa y repetir el ciclo. Este estilo de vida con tintes dramáticos constituye un tipo especial de parasitismo donde al tiempo que comen, parasitan y matan: el parasitodisismo. Como para muchos otros organismos, adquirir un alimento completo es un problema al que los parasitoides se enfrentan constantemente. Por su parte, los hospederos atacados cuentan con un sistema inmune que puede bloquear el crecimiento de las larvas, aniquilando al incómodo endosimbionte.

Pero esto no siempre ocurre, ya que algunas avispas parasitoides de las familias Braconidae e Ichneumonidae poseen armas eficientes en contra de estas defensas. Por ejemplo, la existencia de ciertos virus (polydnavirus), los cuales se replican dentro del cuerpo



© Miguel Sánchez, de la serie *Qué chula es Puebla*.

de la avispa parasitoide y al momento en que la avispa inyecta u oviposita sus huevecillos en el hospedero, los virus también son introducidos. Los virus, aunque no son considerados organismos vivos por varios autores, sino meros agentes infecciosos, quedan así integrados en un mosaico simbiótico. En el caso de su introducción al hospedero por la avispa, ocurre que diezman el sistema inmune del hospedero, facilitando las cosas para la larva parasitoide en desarrollo. Estas avispas juegan un rol muy importante en la naturaleza, ya que actúan como controladores de la población de los insectos de los que se alimentan. Por ello, son usados como agentes de control de plagas en muchos cultivos comerciales. Insecticidas vivos que, en conjunto con sus compañeros virales, forman una excelente sociedad con un fin letal, al menos para nuestro pulgón del chícharo o la larva de mariposa parasitada.

#### VIVIENDO CON MICROBIOS

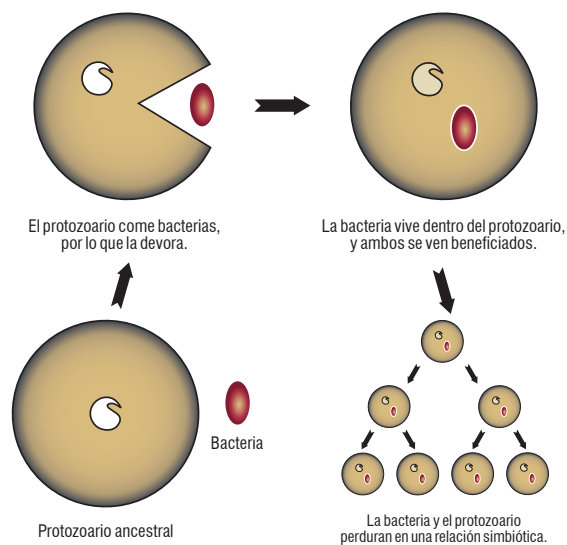
Pero, ¿son los líquenes, las bacterias en los pulgones o los virus de las avispas parasitoides los ejemplos de organismos con el mayor grado de integración? Creemos que no, y es que al parecer existen simbiogénesis ancestrales tan estrechamente conformadas que solo

se observan rastros de las características de ambos organismos, y de no ser por esos vestigios quizás pasarían desapercibidas. Toda cadena trófica comienza con un organismo capaz de producir su propia energía, como las algas o plantas. Estas últimas mantienen simbiosis mutualistas con microorganismos que habitan cerca de sus raíces. Mas en lo recóndito de las células vegetales, la actividad fotosintética de estas plantas podría ser el resultado de una asociación íntima endosimbiótica. Se ha propuesto que las bacterias, y específicamente las cianobacterias, fueron los primeros organismos en realizar la fotosíntesis oxigénica, en la cual se produce energía química a partir de la luz liberando el oxígeno que respiramos.

La bióloga evolutiva Lynn Margulis, en su trabajo *Symbiosis in cell evolution*, argumenta que es probable que surgieran asociaciones entre dos organismos procariontes, bacterias y ciertos protozoos (microorganismos unicelulares similares a una ameba) ancestros de las células vegetales, hace ya algunos miles de millones de años. El planteamiento puede ser resumido de manera sencilla: ya que los protozoos se alimentan de bacterias, una cianobacteria no digerida podría haber encontrado refugio dentro del confortable protozoo, incorporándose en su cuerpo unicelular donde seguiría realizando su actividad fotosintética otorgando los compuestos sintetizados al protozoo, y originando el cloroplasto (Figura 1), de manera similar a la relación descrita previamente entre el alga y el hongo (*i.e.*, líquen), o las bacterias endosimbióticas de los pulgones. Margulis además postula que otros componentes celulares vegetales y animales, como las mitocondrias, son de igual manera resultado de la incorporación de microorganismos en las células, en la cual organismos procariontes muy diferentes se conjuntan para formar otro organismo un tanto diferente, un organismo eucariota. Las mitocondrias tienen la función de proveer la mayor parte de la energía que las células y los organismos necesitan para vivir. Sea para correr, hablar o simplemente para permanecer sentados, las células de nuestro cuerpo utilizan energía proveniente de estos organelos. Tanto los cloroplastos como las mitocondrias poseen una estructura similar a la bacteriana,



e información genética que se replica independientemente al ADN de las células donde se encuentran estos organelos. Estas asociaciones con origen simbiótico (endosimbiótico, para ser precisos) producirían hoy en día el oxígeno atmosférico, el metabolismo energético celular por las mitocondrias y explicarían, por tanto, el origen de la célula eucariota. Gracias a los cloroplastos, el oxígeno que muchos seres vivos respiramos está disponible en la atmósfera. Las plantas pueden así fijar el carbono del aire convirtiéndolo en troncos gigantes, hojas comestibles y frutos jugosos. Esos árboles que brindan sombra durante el caluroso verano podrían ser producto de la refinada simbiosis ocurrida hace millones de años entre dos células ajenas. Bajo esta perspectiva, podemos considerar que aunque no tengamos mucho en común con un ser unicelular, los organismos actuales podríamos ser un consorcio simbiótico, donde una serie de pactos biológicos o asociaciones intracelulares se mantienen.



**Figura 1.** Esquema del proceso de endosimbiosis y el origen de nuevas formas de vida (simbiogénesis). Puede resumirse como la inclusión de una célula fotosintética autótrofa (en negro) dentro de un organismo procariota heterótrofo (en gris). Mientras que el núcleo (en blanco) posee la información genética para llevar a cabo el procesamiento de los nutrientes del procariota, la célula fotosintética proveería de nutrientes que el procariota no podría conseguir de otra manera. La célula fotosintética obtiene así un medio estable y protección.

#### AHÍ ESTÁ EL DETALLE: MICRO ASOCIAR Y PERDURAR

La historia de la evolución y la biodiversidad es en gran medida la historia de las interacciones entre especies.

Aunque al aludir la frase “la supervivencia del más apto”, vienen a la mente imágenes de encarnizada competencia por los recursos, la vida como la conocemos pudo no haberse formado tras innumerables combates. Los armoniosos ejemplos de interacciones simbióticas acarrearán nuevos enfoques en los que las simbiosis, de un tipo u otro, pueden moldear la adaptación al ambiente y las novedades evolutivas necesarias para producir prole vigorosa y abundante que pueda entrar, ahora sí, a la arena de la selección natural y dar una idea diferente del “más apto”.

Quizás la mejor simbiosis, o endosimbiosis, o la mejor simbiogénesis fruto de esta asociación sea un primer paso para enfrentar la selección natural y perdurar en el proceso evolutivo. Desde los líquenes que colonizan nuevos lugares o los pulgones que comen la savia de los vegetales que consumimos, y sus bacterias endosimbiontes las cuales les permiten proliferar, hasta la célula eucariota, la simbiogénesis aparece como un mecanismo muy importante en el cambio evolutivo, aportando novedad y diversidad que genera nuevos organismos.

La evolución es generalmente enseñada como una serie de mutaciones y recombinaciones genéticas que en combinación con la selección natural conllevan a la prevalencia o extinción de los organismos. Sin embargo, los parásitos, comensales o mutualistas microscópicos desempeñan un rol importante en el proceso evolutivo y en el cambio paulatino de los ecosistemas. Y es que vista desde esta perspectiva, la Tierra es probablemente una gran red de simbiosis.

#### B I B L I O G R A F Í A

De Duve C. *La vida en evolución: moléculas, mente y significado*. Editorial Crítica, España (2004).

Margulis L. *Una revolución de la evolución: escritos seleccionados*. Universitat de Valencia, España (2003).

Sapp J. *Evolution by association: a history of symbiosis*. Oxford University Press, Nueva York (1994).

**Adán Martínez Medina**  
**Ricardo Ramírez Romero**  
**Departamento de Producción Agrícola**  
**Centro Universitario de Ciencias Biológicas y**  
**Agropecuarias, Universidad de Guadalajara**  
**mma49322@alumnos.cucba.udg.mx**  
**rramirez@cucba.udg.mx**