

El matrimonio entre plantas y microbios: del amor al odio

Mario Serrano
Centro de Ciencias Genómicas-UNAM
serrano@ccg.unam.mx

El Dr. Serrano es Ing. Agrónomo por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Su maestría y doctorado fueron realizados en CINVESTAV-Irapuato. Posteriormente, realizó una estancia posdoctoral en Alemania en el Max Planck Institute for Plant Breeding Research, fue jefe de grupo en la Univ. de Friburgo en Suiza. En 2015 se incorporó como investigador del CCG-UNAM.

La interacción era inevitable

Desde la aparición de la vida en la Tierra, la relación entre microorganismos y vegetales ha sido inevitable. Los microorganismos en los que se incluyen a las bacterias, los protozoarios y los hongos, son los seres vivos más ampliamente distribuidos en todo el mundo, ya que están presentes en la atmósfera, en el agua, en los suelos y rocas y rodeando o viviendo dentro de los seres vivos. Por citar un ejemplo de su amplia distribución, existen aproximadamente un millón (1,000,000) de bacterias por cada centímetro cuadrado de nuestra piel; y si hablamos de los microbios que viven dentro de nosotros, se puede mencionar que existen un billón (1,000,000,000,000) de bacterias viviendo en nuestra boca [1].

sólo el 70% de ellas han sido clasificadas. Además de embellecer nuestro planeta con sus flores, aromas y formas, la importancia de las plantas radica en que todas las especies vivas, dependemos directa o indirectamente de ellas, ya que son la base de la cadena alimenticia. Las plantas son capaces de fabricar su propio alimento (¡y del resto de los seres vivos!) a partir de sustancias muy simples y de la energía del Sol. Con el proceso de fotosíntesis, transforman el bióxido de carbono (CO₂) en materia orgánica.

El crecimiento y desarrollo de las plantas ocurre en dos ecosistemas totalmente diferentes. Germinan sus semillas y desarrollan sus raíces en el suelo, mientras que sus tallos y hojas crecen en la atmósfera. Por supuesto, estos dos nichos ecológicos no están libres de la presencia de los microbios. En un centímetro cuadrado de hoja pueden convivir hasta diez millones de bacterias, mientras que un gramo de suelo puede contener cien mil millones de estos microorganismos. La magnitud de estas interacciones las podemos explicar de la siguiente manera: si pudiéramos extender todas las hojas de las plantas, estas tendrían un área de alrededor de 1,017,260,200 km², con la cual podríamos cubrir dos veces al planeta entero. Por lo tanto, en este momento existen aproxi-

las hojas, si no que coexisten con otros microorganismos, tales como levaduras, ácaros, hongos y virus, por lo que las interacciones se complican aún más [2].

Como en todas las relaciones, estas múltiples y complejas coexistencias que ocurren entre las plantas y los microorganismos, tienen una ambivalencia muy interesante. Algunas veces, gracias a ellas, las plantas pueden sobrevivir a ambientes extremos, como por ejemplo suelos pobres en nutrientes y altas o bajas temperaturas. Pero en otras ocasiones, son las culpables de que las plantas se enfermen o sean totalmente destruidas. A continuación hablaremos acerca de la evolución de esta interacción con sus altas y sus bajas.

El inicio de la relación

La historia evolutiva de las plantas comienza con los primeros organismos unicelulares que poblaron la Tierra: las células procariotas. Estos microorganismos se caracterizan por no tener un núcleo definido, por lo que su material genético (ADN) está libre en el citoplasma. Para que estas células procariotas evolucionaran en organismos más complejos denominados eucariotes, los cuales cuentan con un núcleo definido, mitocondrias y cloroplastos, necesitaron nuevamente la interacción con otros

ron apareciendo diferentes bacterias de vida libre, que interactuaron hasta desarrollar

el otro. Esta simbiosis permitió la presencia de mitocondrias y cloroplastos en una misma célula, apareciendo así los primeros organismos fotosintéticos e iniciando con ello, el proceso

CO ₂ Atmosférico	4,500 ppm	4,5
Temperatura	22°C	

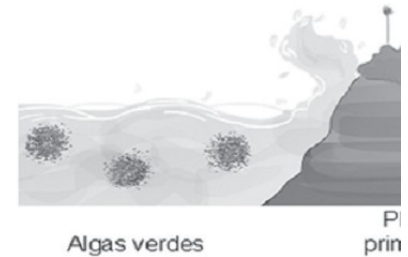


Figura 2. Evolución de las algas verdes en las primeras plantas terrestres. Las algas verdes comenzaron a interactuar con los hongos que habitaban las playas, estableciendo relaciones simbióticas. Esta interacción propició que hace aproximadamente 400 millones de años se desarrollaran las primeras plantas con raíces, lo cual tuvo consecuencias para toda la vida en nuestro planeta. Esto debido a que propició una dramática reducción del gas invernadero CO₂ y la correspondiente disminución de la temperatura media del planeta. Ilustración adaptada de Field et al. [3] por Natalia Serrano.

evolutivo que llevaría a la aparición del Reino vegetal (Figura 1)[3].

Y ocurrió el amor ...

Uno de los mayores beneficios que trajo la interacción entre las plantas y los microbios es la conquista del suelo por parte de los vegetales. Hace aproximadamente 500 millones de años, durante era Paleozoica y en particular en el periodo Cámbrico, en los mares existían los primeros organismos fotosintéticos, las algas verdes (Figura 2). Estas algas verdes comenzaron a interactuar con hongos que se localizaban en las playas primigenias y establecieron relaciones simbióticas con ellos. El hongo proporcionó las condiciones apropiadas para la supervivencia del alga y ésta en retribución, otorgó al hongo alimento en forma de materia orgánica. El mejor ejemplo de esta interacción lo podemos observar en la actualidad: los líquenes son organismos que surgen de la simbiosis entre un hongo llamado micobionte y un alga llamada ficobionte. Este tipo

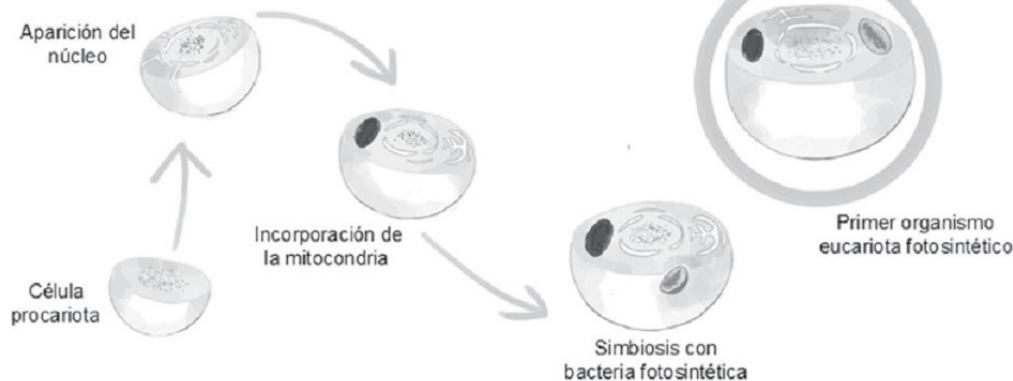


Figura 1. Evolución de las primeras células eucariotas fotosintéticas. La aparición de los primeros microorganismos fotosintéticos se debió posiblemente a la sucesiva incorporación y simbiosis obligada de diferentes bacterias de vida libre. Lo cual permitió la presencia de mitocondrias y cloroplastos en una misma célula. Ilustración realizada por Natalia Serrano.

Por otra parte, las plantas también están ampliamente distribuidas en nuestro planeta, se calcula que existen aproximadamente 298,000 especies vegetales, de las cuales

madamente 1X10²⁶ (uno seguido de 26 ceros) bacterias conviviendo sobre la superficie de las hojas. Cabe resaltar que, estas bacterias no son los únicos residentes en la superficie de

microbios. El proceso de evolución y aparición de las células eucariotas se ha explicado con la teoría endosimbiótica. Ésta explica, que debido a que durante millones de años fue-

una simbiosis obligada, es decir una asociación íntima entre organismos de especies diferentes, en la cual ambas partes se benefician mutuamente y no pueden existir el uno sin

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx



de interacción entre plantas y hongos resultó ser tan exitosa que a la fecha, más del 80% de las plantas terrestres presentan algún tipo de simbiosis con los hongos, a ella se le denomi-

comenzaron a desarrollar las raíces hace aproximadamente 400 millones de años. Lo cual, no solo les permitió colonizar la tierra, sino que tuvo consecuencias globales para toda

te el periodo Cámbrico, antes de la aparición de las plantas, el aire contenía aproximadamente 4,500 partes por millón (ppm) de CO₂, lo cual tuvo como consecuencia que la temperatura de la superficie fuera alta y la vida difícil de prosperar. Con la aparición de las primeras plantas terrestres, durante el periodo Devónico (aproximadamente 350 millones de años), los niveles de CO₂ y la temperatura comenzaron a disminuir, hasta llegar a los niveles actuales de 350 ppm de CO₂ y 12°C de temperatura promedio global (Figura 2). Estos cambios inducidos por la concentración de CO₂ tuvieron como consecuencia una explosión en el número de especies animales y vegetales en toda la Tierra. Lo que demuestra la importancia de las relaciones benéficas íntimas entre las plantas y los microorganismos [3].

anterior, además de causar afectaciones en el medio ambiente, eleva los costos de producción. Por citar un ejemplo, tan solo en Estados Unidos, el costo para controlar enfermedades causadas por los hongos fitopatógenos puede alcanzar los 23.5 billones de dólares anuales. Este costo es extremadamente elevado. Sin embargo, no contar con los alimentos no es una opción, tal como lo ha demostrado la Historia.

Para ejemplificar los daños que pueden causar esta pelea entre las plantas y los microorganismos, baste citar a la *Hambruna Irlandesa de la papa* ocurrida entre 1845-1849. Durante estos años, la alimentación de la mayoría de la población irlandesa dependía de cereales y de la papa. Sin embargo, una desafortunada interacción entre las plantas de papa y el microorganismo patógeno *Phytophthora infestans* ocasionó la aparición de la enfermedad conocida como roya de la papa (Figura 3). Consecuencia de la hambruna causada por la enfermedad de la papa, es que para 1851, la población irlandesa pasó de 8.2 a 6.6 millones de habitantes. Se estima además una cifra de muertes provocadas por este fenómeno entre 2 a 2.5 millones de víctimas en los años posteriores. Cabe resaltar que los efectos de esta hambruna continuaron durante décadas, forzando la migra-

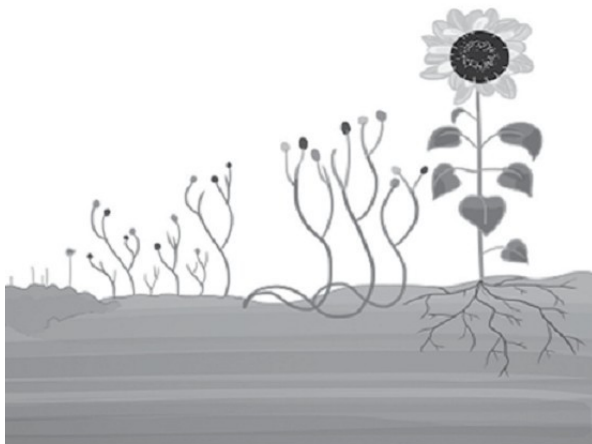
ción de irlandeses a diferentes partes del mundo, cambiando así de forma permanente el panorama demográfico, político y cultural de Irlanda y el mundo.

Resumiendo, hemos mostrado que la interacción entre los microbios y las plantas no sólo era inevitable, sino que gracias a ella las plantas terrestres existen. Además se ha descrito la ambivalencia de estas relaciones íntimas, algunas veces permitiendo el crecimiento y desarrollo de los vegetales, pero en otras destruyéndolos completamente. Sin embargo, de algo podemos estar seguros, que ambas relaciones afectan la vida misma de los seres vivos, incluyendo a nosotros mismos. Por ello, no es descabellado decir que la interacción entre las plantas y los microbios rigen la vida de nuestro planeta.

Referencias.

1. Sender, R., S. Fuchs, and R. Milo, *Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body*. PLOS Biology, 2016. **14**(8): p. e1002533.
2. Vorholt, J.A., *Microbial life in the phyllosphere*. Nature Reviews Microbiology, 2012. **10**(12): p. 828-840.
3. Field, K.J., et al., *Symbiotic options for the conquest of land*. Trends in Ecology & Evolution, 2015. **30**(8): p. 477-486.

500 ppm	3,000 ppm	350 ppm
22°C	17°C	12°C



Antes rigenias Evolución a plantas terrestres Plantas con raíces

na de manera general micorri-za, del griego *mycos* (hongo) y *rhizos* (raíz). Propiciada por la interacción con los hongos, las plantas

la vida en nuestro planeta. El CO₂ es un potente gas de efecto invernadero, cuya función es regular la temperatura de la superficie de la Tierra. Duran-

La felicidad no es para siempre

Como se ha mencionado anteriormente, las interacciones entre las plantas y los microorganismos también tienen su lado oscuro, esto ocurre cuando los microbios pasan a ser patógenos. Los problemas que causa esta ruptura de la relación es una de las mayores preocupaciones en la agricultura ya que, para eliminar al patógeno o controlarlo, los productores utilizan gran cantidad de agroquímicos. Lo



Figura 3. Hambruna Irlandesa de la papa. Tomada de Wikipedia.