

NIVEL

MEDIO SUPERIOR



• Lectura científica •

2017

Secretaría de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico de Michoacán.

Segunda Edición: Octubre de 2017

D.R. Secretaría de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico de Michoacán (SICDET).

Calzada Juárez No. 1446, Villa Universidad. C.P. 58060, Morelia, Michoacán, México.

<http://sicdet.michoacan.gob.mx/>

RESERVA DE DERECHOS AL USO EXCLUSIVO

Autores:

Alfredo Reyes Tena
Sylvia Patricia Fernández Pavía
Gerardo Rodríguez Alvarado
Amelia Cristina Montoya
Joel Omar González Cantero
Roberto Oropeza Tena
Antonio Pola Villaseñor
Carolina Berenice Rodríguez Garza
Ma. Antonia Herrera Vargas
E. Mayra Toledo Cuevas
Carlos A. Martínez Palacios
C. Cristian Martínez Chávez
Guillermo A. Corona Herrera

Coordinación Editorial

Dr. José Luis Montañez Espinosa

Secretario de Innovación, Ciencia y Desarrollo
Tecnológico.

Gaspar Efraín Guzmán Sánchez

Director de Vinculación.

América Paola de Jesús Zuluaga

Jefa del Departamento de Vinculación.

Nancy Karen Ramírez Sánchez

Líder de Proyecto.

Francisco Valenzuela Martínez

Edición y Corrección de Estilo.

Edel Sinuhe Chávez Villa

Diseño Gráfico.

Colaboración Editorial

Jaqueline Garfias Tinoco

Omar Jaimes Brito

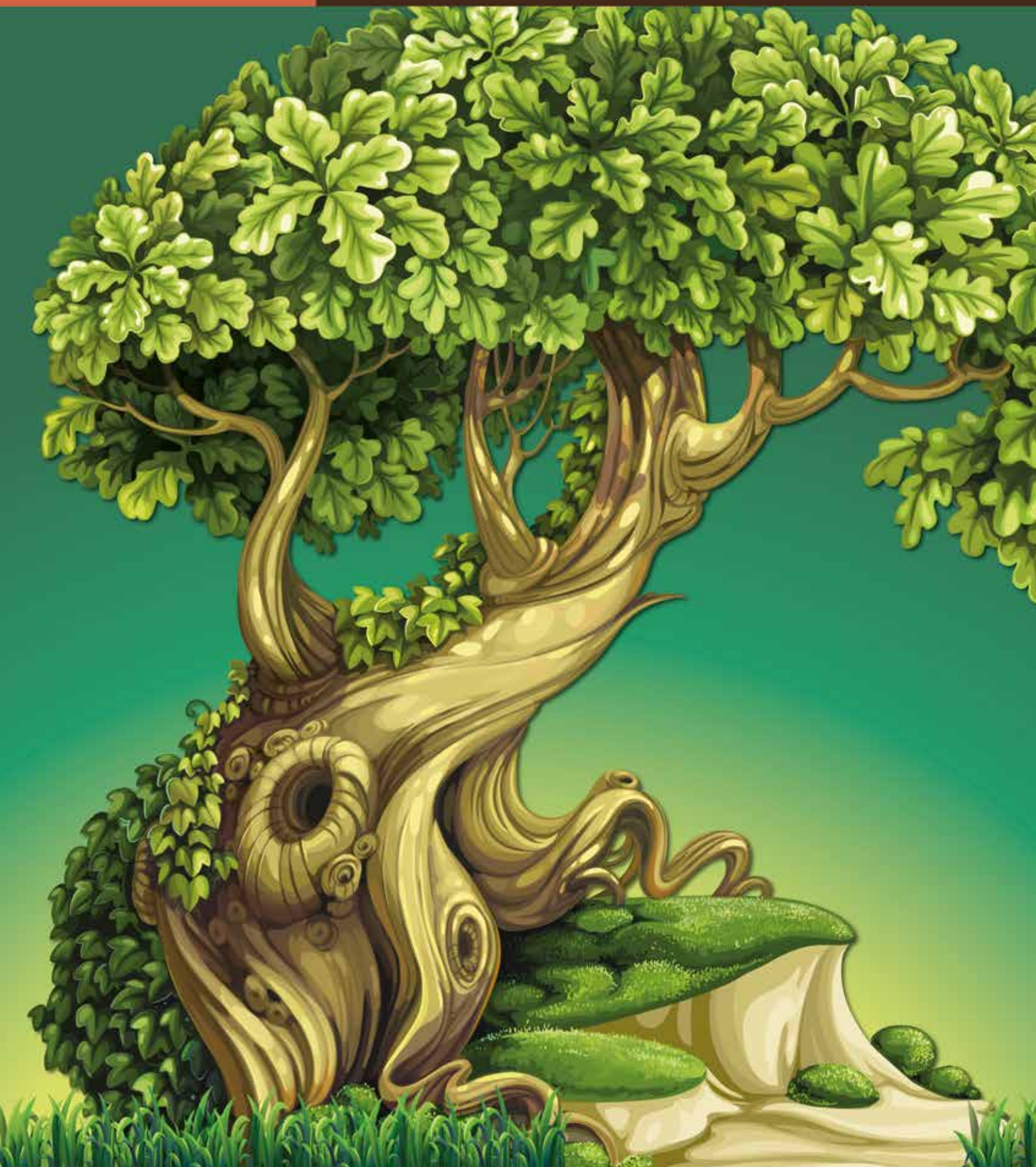
Abraham Joel Alvarez García

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan
la postura del editor de la publicación.

**Morelia, Michoacán
Edición 2017**

PROHIBIDA SU VENTA

UNIDAD 2





BIOLOGÍA

pág. 22 ¿QUÉ SON LOS PSEUDOHONGOS?
Alfredo Reyes Tena, Sylvia Patricia Fernández Pavía,
Gerardo Rodríguez Alvarado

pág. 28 INTERACCIONES ENTRE PLANTAS Y
LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO
Amelia Cristina Montoya, Sylvia Patricia Fernández Pavía,
Gerardo Rodríguez Alvarado



MTRA. AMELIA CRISTINA MONTOYA MARTÍNEZ
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y ESTUDIANTE
DE DOCTORADO EN LA UMSNH
EMAIL: CRISTINA_MONTOYA14@HOTMAIL.COM

DRA. SYLVIA PATRICIA FERNÁNDEZ
DOCTORA EN AGRONOMÍA Y PROFESORA INVESTIGADORA
EN EL LABORATORIO DE PATOLOGÍA VEGETAL DEL IIAF-UMSNH
EMAIL: SPAVIA@UMICH.MX

DR. GERARDO RODRÍGUEZ
DOCTOR EN FITOPATOLOGÍA Y PROFESOR INVESTIGADOR EN
EL LABORATORIO DE PATOLOGÍA VEGETAL DEL IIAF-UMSNH
EMAIL: GRA.LABPV@GMAIL.COM



Interacciones entre las plantas y los microorganismos del suelo



Las plantas son organismos que han interesado al hombre desde el principio del tiempo. Éstas proporcionan los alimentos que consumimos y las fibras que utilizamos en la ropa, la madera para construir y mantener calientes las casas, pero sobre todo, proveen el oxígeno que se requiere para la vida. Sin las plantas, los humanos y los animales simplemente no podrían existir.

Como todos los seres vivos, las plantas crean relaciones con otros organismos en su medio ambiente. Se puede decir que la relación que establecen con los microorganismos del suelo es de las más importantes, ya que éstos pueden ayudar en su crecimiento y desarrollo o, al contrario, ser dañinos y enfermar a las plantas.

Para entender estas relaciones e interacciones debemos empezar por conocer el ambiente en el que se llevan a cabo, o sea, el suelo. En la antigüedad se pensaba que el suelo solo le servía a la planta como un soporte para mantenerla en pie y proteger las raíces. Hoy sabemos que el suelo es de suma importancia en la



nutrición de las plantas y que además es un ecosistema donde tienen lugar las interacciones necesarias para su desarrollo. Este ecosistema es conocido como rizósfera, explicado también como el espacio que existe entre las raíces de las plantas y el suelo.

En él habita una gran población de microorganismos. La rizósfera provee un espacio óptimo, donde los microorganismos forman relaciones con las raíces de las plantas, las cuales pueden ser o no benéficas para ambos.

En el suelo habitan diversos tipos de microorganismos como bacterias y hongos que pueden ofrecer grandes beneficios. Estos microorganismos contribuyen en la fertilización del suelo, ya que participan en la degradación de la materia orgánica y en los ciclos de elementos como el carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo y hierro, que son vitales para el desarrollo de las plantas. Además, muchos de estos microorganismos viven alrededor de las raíces de las plantas, influyen en su crecimiento y tienen gran importancia para los cultivos agrícolas.

También existen microorganismos que perjudican a las plantas; son los llamados patógenos vegetales o fitopatógenos y se definen como aquellos microorganismos que, para completar su ciclo de vida, crecen dentro de la planta y al hacerlo la dañan. Los patógenos afectan la división celular, el desarrollo, la absorción del agua y nutrientes del suelo y su transporte al resto de la planta, la reproducción, la fotosíntesis y el almacenamiento de reservas.

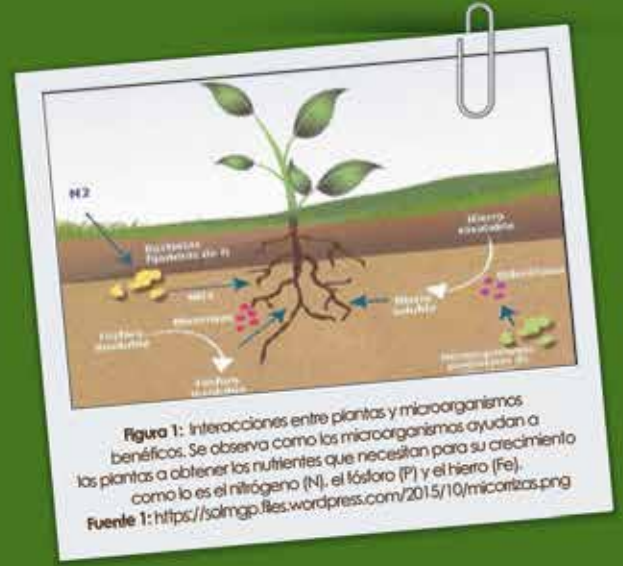


Figura 1: Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. Se observa como los microorganismos ayudan a las plantas a obtener los nutrientes que necesitan para su crecimiento como lo es el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el hierro (Fe).
Fuente 1: <https://solmgo.files.wordpress.com/2015/10/micorizas.png>

Microorganismos benéficos y promotores del crecimiento vegetal

Los microorganismos benéficos o promotores del crecimiento establecen diversas relaciones con las plantas y el suelo, por lo tanto, tienen diferentes mecanismos. Dentro del amplio grupo de microorganismos benéficos, tanto para cultivos agrícolas como forestales, se destacan:

- Los que disuelven, fijan en el suelo o incrementan la absorción de nutrientes, aumentando la fertilidad del suelo y estimulando el crecimiento vegetal.
- Los que protegen a la planta o evitan el ataque de patógenos e insectos.
- Los que producen sustancias que ayudan al crecimiento y desarrollo vegetal.



Dilución de nutrientes en el suelo y mejora de su absorción

Los principales microorganismos que llevan a cabo la dilución de nutrientes del suelo y el incremento de su absorción en la planta son los hongos micorrízicos. Estos forman una asociación simbiótica mutualista con la raíz de la planta, llamada micorriza. Dicha asociación simbiótica mejora la toma de nutrientes, sobre todo, la absorción de fosfatos.

Las micorrizas tienen tres partes principales: la raíz de la planta, las estructuras de hongos dentro de las células de la raíz y el hongo en el suelo, fuera de la raíz. En esta interacción, la raíz le da al hongo los azúcares producidos por la planta. El hongo fuera de la raíz forma una red entre las partículas del suelo, alcanzando lugares que la raíz por sí sola no puede, extendiendo el área de exploración de nutrientes y mejorando la absorción de agua. Dentro de las células de la raíz colonizadas por el hongo, se llevan a cabo los intercambios entre ambos organismos. Gracias a esta interacción, las plantas tienen ventajas sobre otras que no tienen micorrizas. Además, al estar mejor nutridas, las plantas corren menor riesgo a las enfermedades y a estreses abióticos.

Un nutriente que es indispensable para las plantas es el hierro, pero en algunos suelos es muy difícil de obtener. Existen algunas bacterias que producen sustancias llamadas sideróforos que atrapan el hierro del suelo. Una vez atrapado el hierro en los sideróforos, se absorbe a través de las células vegetales, de manera que no lo haría por sí solo. En el interior de la célula, el metal se separa del sideróforo y se aprovecha por la planta. Algunos ejemplos de bacterias que producen sideróforos son especies de los géneros *Lactobacillus*, *Burkholderia*, *Pseudomonas*, entre otros.



Fijación del nitrógeno

El nitrógeno es fundamental para la vida de las plantas. Sin embargo, a pesar de encontrarse en gran cantidad en forma libre en la atmósfera, las plantas no pueden absorberlo del aire, solo del suelo. Ciertas bacterias tienen la capacidad de llevar a cabo una reacción química por la cual el nitrógeno del aire es transformado varias veces hasta convertirlo en nitratos. Las plantas sólo pueden absorber el nitrógeno del suelo en forma de nitratos y lo utilizan para formar las proteínas.

Es aquí donde las plantas forman asociaciones simbióticas con los microorganismos fijadores de nitrógeno. La relación más conocida es la que existe entre leguminosas (frijol, garbanzo, chícharo) y diversas bacterias del género *Rhizobium*. Se reconoce fácilmente esta asociación, ya que en las raíces de las leguminosas se pueden observar nódulos que parecen pequeños abultamientos. Estos nódulos son el hogar de las bacterias y es donde se realiza la reacción química a través de la cual el nitrógeno del aire es convertido en sustancias asimilables por la planta. Por su parte, el azúcar fabricado por la planta durante la fotosíntesis es llevado a la raíz, donde las bacterias la usan como fuente de energía.

Control biológico

Se le llama control biológico al control de un patógeno por un enemigo natural (antagonista), o bien, el enemigo

natural disminuye las poblaciones del organismo patógeno y a su vez no daña a la planta. Se basa en el uso de organismos que compitan por los nutrientes o por el espacio en la planta con los patógenos, microorganismos que producen sustancias que resultan tóxicas, que son parásitos del patógeno vegetal o por la inducción de resistencia en la planta.

El control biológico tiene muchas ventajas como es el poco o nulo efecto nocivo colateral, provee un control a largo plazo, elimina sustancialmente el uso de agroquímicos y no provoca intoxicaciones, entre otros beneficios. Sin embargo, también presenta algunas desventajas, siendo de las más importantes el tiempo de acción; los antagonistas naturales se incrementan lentamente en comparación con las plagas que atacan a las plantas y su efecto no es inmediato, como con los productos químicos.

Un ejemplo de microorganismos utilizados para el control biológico son los hongos del género *Trichoderma*, que se encuentran presentes en forma natural, en casi todos los suelos y hábitats del planeta. *Trichoderma* actúa parasitando hongos patógenos, absorbiendo los nutrientes del interior del hongo huésped.

También existen algunos microorganismos que producen antibióticos cuando han colonizado la rizósfera, la superficie de las semillas o las heridas de las plantas. Los antibióticos producidos pueden inhibir el crecimiento de diversos patógenos de las plantas que habitan en el medio edáfico. Las bacterias productoras de antibióticos en el suelo son la fuente de muchos de los antibióticos utilizados para combatir infecciones en los seres humanos y las plantas.

Producción de fitohormonas

Existen microorganismos que producen sustancias que tienen actividad hormonal similar a las que produce la propia planta (fitohormonas). Las fitohormonas ayudan al desarrollo de las plantas regulando la división y crecimiento de las células vegetales, la maduración de los frutos, la producción de brotes y pelos radicales, entre otras. La producción de fitohormonas por diversos microorganismos es uno de los factores responsables de la promoción del crecimiento vegetal.

Un ejemplo de dicho fenómeno está dado por muchas especies de la bacteria *Azospirillum*. Estas bacterias producen fitohormonas, que estimulan el desarrollo de las raíces, lo que provoca incrementos en los rendimientos agrícolas.

Microorganismos patógenos

Los microorganismos patógenos que se encuentran en el suelo pueden ocasionar diferentes tipos de enfermedades. Entre los síntomas más comunes se encuentran la pudrición de semillas, el ahogamiento de plántulas, pudrición de raíces, tizones y marchitamientos, además provocan enfermedades en hojas, tallos y frutos.



Al igual que los microorganismos benéficos, los patógenos también establecen diferentes interacciones con la planta. Una vez que el patógeno ingresa en la planta, se puede clasificar en función de las estrategias empleadas al utilizar a la planta como alimento:

- Necrótrofos. Matan a las células de su huésped y descomponen el tejido para utilizarlo en su crecimiento (ej. hongos de los géneros *Alternaria*, *Bortrytis*, etc.).
- Biótrofos. Infechan a la planta sin causar muerte, ya que necesitan mantenerla viva para cumplir su ciclo de vida (ej. hongos del género *Oidium*, virus, protozoarios, etc).
- Hemibiótrofos. Mantienen a las células vivas en las primeras etapas de la infección, pero las matan una vez que la enfermedad avanza (ej. bacterias del género *Pseudomonas*, hongos del género *Colletotrichum*, etc).

Se pueden reconocer dos tipos de interacciones entre las plantas y los patógenos, en función de las respuestas de la planta al ataque del microorganismo patógeno:

- Interacciones compatibles: aquellas donde un patógeno logra infectar y enfermar a una planta. Pueden ocurrir si las condiciones ambientales son favorables, si las defensas de la planta son inadecuadas, si la planta falla en detectar al patógeno, e incluso si las respuestas de defensa activadas son inefectivas.
- Interacciones incompatibles: aquellas donde no hay enfermedad porque se da un fenómeno de resistencia de la planta, la cual puede ocurrir porque no es el hospedante

adecuado del patógeno, pues la planta logra mantener aislada la infección del patógeno o porque las condiciones ambientales provocan la muerte del patógeno antes de poder causar la enfermedad.

Algunas enfermedades severas causadas por patógenos del suelo han sido tan devastadoras, que llegaron a acabar con cultivos de gran importancia e incluso a causar hambrunas en algunas regiones del mundo.

Una de las enfermedades de mayor importancia en el cultivo de Chile es la marchitez de la raíz, causada por el patógeno *Phytophthora capsici*. Este patógeno se encuentra en el suelo y se mueve con las aguas de riego y las lluvias.

La enfermedad de Panamá o fusariosis del banano es causada por un hongo patógeno llamado *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. Se transmite a través del suelo y el agua. Por lo general, entra a través de las raíces y viaja al tallo y hojas de la planta. A medida que el hongo avanza por el tallo, las hojas se vuelven amarillas y empiezan a marchitarse. Después de que el hongo termina su ciclo, la planta finalmente muere por deshidratación. Esta enfermedad casi acabó con la variedad de plátano "Gros Michel" en los años cincuenta y desde entonces ha afectado los cultivos de plátano en todo el mundo y hasta la fecha su erradicación es imposible.

Como éstos, existen muchos ejemplos de cómo los patógenos del suelo ocasionan grandes pérdidas tanto económicas como alimentarias, demostrando la gran importancia que existe en el estudio de estas interacciones entre las plantas y los microorganismos patógenos.

CONCLUSIÓN

Las interacciones entre los microorganismos del suelo y las plantas son de gran importancia para su desarrollo, y por lo tanto, para el mejor aprovechamiento de los cultivos tanto agrícolas como forestales. Ambos tipos de interacciones, benéficas y perjudiciales, son de gran interés para su estudio y entenderlas mejor implica el desarrollo de tecnologías nuevas y un mejor manejo de cultivos.

GLOSARIO

Asociación simbiótica mutualista. Asociación íntima de organismos de especies diferentes para beneficiarse mutuamente en su desarrollo.

Bioinsecticida. Producto utilizado en el control de plagas en la agricultura cuyo origen proviene de algún organismo vivo.

Ecosistema. Sistema biológico constituido por una comunidad de seres vivos y el medio natural en que viven.

Enfermedad. Cuando una o varias funciones del organismo son alteradas por los patógenos o por condiciones del ambiente como granizo, heladas, sequías, toxicidad por sustancias químicas.

Estrés abiótico. Estrés o enfermedad causada por condiciones ambientales no favorables.

Estrés biótico. Estrés o enfermedad causada por organismos vivos.

Fitohormona. Sustancia producida por las células vegetales capaces de regular el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Hongo entomopatígeno. Hongos que crecen dentro y sobre insectos que son plagas de los cultivos.

Microorganismo. Organismo microscópico que no se puede ver a simple vista.

Nutriente. Sustancia que asegura la conservación y crecimiento de un organismo.

Promotores de crecimiento vegetal. Grupo de diferentes microorganismos que pueden incrementar el crecimiento y la productividad vegetal.

Patógeno. Microorganismos que crecen dentro de la planta y la perjudica, causando enfermedad.

PREGUNTAS DE REFLEXIÓN:

1. ¿Cuál es la importancia de entender las interacciones entre las plantas y los microorganismos del suelo?
2. ¿Cómo se podrían aprovechar las relaciones naturales de las plantas con los microorganismos benéficos?
3. ¿Será necesario que exista una gran diversidad de microorganismos en el suelo para que las plantas estén saludables?
4. ¿Cómo afectan estas interacciones a la agricultura?

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Assaf Torres, A., Reyes Vidal, Y., López y López, E., & De la Torre, M. (2002). *Guerra entre insectos y microorganismos: una estrategia natural para el control de plagas*. Avance y Perspectiva. Vol. 21, pp. 291-295.

Agrios, G. N. (1998). *Fitopatología*. Tercera edición. México: Limusa.

Russell, E., y Wild, A. (1992). Interacciones entre las raíces de las plantas y los microorganismos del suelo. En E. Russell, & A. Wild. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell* (pp. 555-594). Madrid: Mundi-Prensa Libros.

Internet:

Programa Educativo: ¿Por qué Biotecnología?

<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=24>

<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=87>

EcuRed: Conocimiento para todos

https://www.ecured.cu/Microorganismos_del_Suelo
https://www.ecured.cu/Agentes_patógenos