

El microbioma vegetal

Señorita: No podemos vivir sin plantas ¿Pero puede la planta vivir sin microbios?



Frida Trognitz y Ángela Sessitsch

El microbioma vegetal

Sinopsis

Las plantas son esenciales para todos los seres humanos, animales e insectos. No sólo sirven como fuente de alimento, sino que también se utilizan para fabricar medicamentos, cosméticos, biocombustibles y ropa. Las plantas desempeñan un papel muy importante en la regulación de las condiciones climáticas de la Tierra, eliminando el dióxido de carbono de la atmósfera y convirtiéndolo durante la **fotosíntesis** en oxígeno y material celular. Las plantas reducen la erosión del suelo a través de sus extensos sistemas de raíces. Estos proporcionan a la planta nutrientes del suelo, pero también proporcionan nutrientes a muchos organismos del suelo. Los organismos del suelo a su vez son responsables del **ciclo de nutrientes** y aportan nutrientes a la planta. Una gran proporción de los organismos del suelo son microorganismos como bacterias, hongos, **protistas** y virus. Estos microorganismos no sólo se encuentran en el suelo carente de vegetación, sino también en las hojas, flores, tallos, raíces, frutos y semillas de las plantas y sus alrededores. La entidad de comunidades microbianas que colonizan el entorno de las plantas se denomina microbioma vegetal, y diferentes comunidades colonizan diferentes tejidos y compartimentos vegetales. Los microorganismos vegetales pueden tener efectos positivos en la salud y la productividad de las plantas (véase el recuadro 2), que son importantes para la producción agrícola y pueden contribuir a la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas. **Desarrollo sostenible** Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La microbiología y el contexto social

La microbiología: La interacción de la planta con los microorganismos varía desde **mutualismo**, **neutralismo**, **competencia** **antagonismo** Cuestiones de sostenibilidad: Los microorganismos vegetales están estrechamente asociados a las plantas y son un componente clave de cualquier **producción agrícola sostenible**, reduciendo o eliminando la necesidad de aplicar **fertilizantes** o **pesticidas** un crecimiento mejor y más sostenible de las plantas también contribuye a reducir la contaminación del aire y el calentamiento global. Los microorganismos también pueden contribuir a la producción de biocombustibles a partir de plantas.



El microbioma vegetal: la microbiología

1. **Dónde se pueden encontrar los microbios.** Las plantas dependen de sus socios microbianos para sobrevivir y defenderse de enfermedades y otros factores de estrés como la sequía o las altas temperaturas. Todas las plantas están colonizadas interna y externamente por comunidades microbianas que comprenden diferentes bacterias, arqueas, hongos, virus y protistas (amebas, flagelados y similares). En particular, la rizosfera, es decir, el suelo que rodea el sistema radicular, que está influenciado por sustancias secretadas por la raíz, es decir, exudados de la raíz, está fuertemente colonizado por microorganismos. Además, muchos microorganismos diferentes colonizan las superficies de las plantas, por ejemplo, las hojas o las raíces. Además, los microorganismos pueden ingresar a las plantas y colonizarlas internamente en diferentes tejidos y órganos.

La importancia del microbioma para la planta se puede estimar comparando el número de genes presentes en la planta y los genomas microbianos (la totalidad de todos los genes en los cromosomas). El número de genes por genoma de planta varía entre 25.000 genes, en el caso del organismo modelo *Arabidopsis thaliana*, y 100.000 genes para el genoma del trigo. Un genoma bacteriano contiene entre 3.000 y 8.000 genes. Sin embargo, se encuentran miles de microorganismos diferentes dentro y alrededor de la planta, por lo que el número de genes microbianos supera con creces el número de genes vegetales, lo que señala la importancia del microbioma para la salud y la productividad de las plantas. El número de microorganismos varía en los diferentes compartimentos de la planta. El mayor número de microorganismos se encuentra adherido a la rizosfera. En un gramo de suelo rizosfera se encuentran alrededor de 10^8 – 10^{12} células bacterianas, mientras que el número de microbios en las hojas se estima entre 10^6 y 10^7 células/cm². Las flores, frutos y semillas también están colonizados por microorganismos bien adaptados al entorno específico.

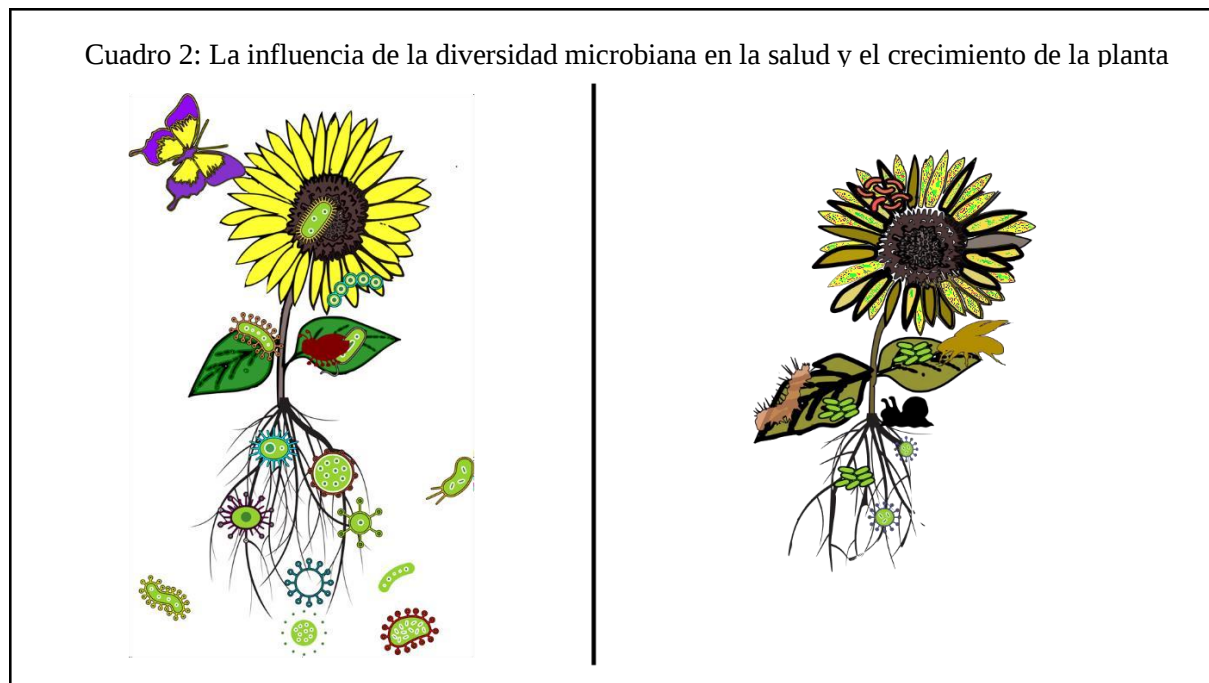
2. **¿De dónde vienen los microbios?** La planta recluta la mayoría de los microbios del suelo circundante. Las raíces de la planta secretan entre el 20 y el 40 % del carbono (C) producido por sus fotosíntesis en el ambiente del suelo. Estos exudados de las raíces contienen compuestos como azúcares, aminoácidos y ácidos orgánicos, que son utilizados por los microbios como nutrientes. Por lo tanto, la rizosfera es un punto caliente de diversidad y actividad microbiana. Sin embargo, algunos microbios pueden ingresar a los tejidos de la planta y colonizar el interior de las raíces. Desde allí, algunos pueden trasladarse a otras partes de la planta, como tallos, hojas o semillas. Alternativamente, los microorganismos en la planta también pueden provenir del aire. Estos pueden colonizar la superficie de las hojas o ingresar a la planta a través de los estomas o flores. Una pequeña parte de la microbiota de la planta puede transmitirse verticalmente de una generación a la siguiente a través de las semillas.

3. **¿Cuál es el papel de los microorganismos para la planta?** Así como el microbioma humano es importante para la salud humana, el microbioma vegetal es esencial para el crecimiento, la salud y la resistencia al estrés de la planta. Los microorganismos vegetales pueden actuar como patógenos, microorganismos beneficiosos o no tener consecuencias obvias para su huésped. Los patógenos son bien conocidos y pueden ser devastadores, aunque solo representan una pequeña proporción de toda la comunidad microbiana. Una función clave de los microorganismos beneficiosos es que muchos microbios apoyan la nutrición de las plantas movilizandob nutrientes del suelo circundante o proporcionando nutrientes a través de, por ejemplo, la fijación de nitrógeno (la conversión del gas nitrógeno atmosférico, N₂, al amoníaco, que la planta puede utilizarse como fuente de nitrógeno para la producción de proteínas vegetales y otros nutrientes que contienen nitrógeno. Este último proceso es bien conocido en las legumbres, donde habitar nódulos, las protuberancias blancas que podemos ver en las raíces de las plantas de

Un marco de educación en microbiología centrado

trébol y guisante/frijol, que las bacterias inducen a la planta a producir. Para la movilización de nutrientes, particularmente de fósforo (P), hongos micorrízicos arbusculares (AMF) son bien conocidos. AMF forma una simbiosis con Muchas plantas movilizan el P de fosfatos poco disponibles biológicamente. Además, las bacterias solubilizadoras de fosfato movilizan el P o también elementos como el Fe.

Los microbiomas vegetales desempeñan un papel importante en la protección de las plantas contra patógenos y enfermedades. Algunos microorganismos pueden atacar directamente a los patógenos de las plantas, produciendo **secundario metabolitos**, algunos de los cuales actúan como antibióticos contra algunos hongos patógenos. Otros microorganismos pueden competir con los patógenos al ocupar el mismo nicho. Algunos microorganismos producen metabolitos (secundarios) para estimular los mecanismos de defensa de las plantas. Aparte de estos efectos beneficiosos, se sabe que muchos microorganismos promueven el crecimiento de las plantas o mejoran la resistencia al estrés (por ejemplo, a la sequía) al modular los niveles de hormonas en los tejidos de las plantas o degradar los compuestos de estrés producidos por la planta.



Cuadro 2: Importancia de la diversidad microbiana para la salud de las plantas. La planta de la izquierda está asociada a una amplia gama de microorganismos que la ayudan a crecer y mantenerse sana. La planta de la derecha, sin embargo, se caracteriza por una menor diversidad microbiana, parece poco sana y su crecimiento se ve afectado.

4. **¿Qué factores influyen en la composición microbiana?** El establecimiento de microorganismos alrededor y dentro de la planta no es aleatorio, sino que está controlado por la planta y el entorno circundante. El tipo de suelo, el compartimento de la planta, el huésped **genotipo/especie**. El sistema inmunológico de la planta, la etapa de desarrollo de la planta, las condiciones climáticas y otros factores influyen en la composición microbiana. Las plantas dirigen principalmente las comunidades microbianas a través de los exudados de las raíces y los metabolitos que producen, que a su vez están influenciados por la condición fisiológica de la planta. La fisiología de una planta depende en gran medida de las condiciones de estrés, por ejemplo, causadas por la presencia de un patógeno o la sequía, y una planta estresada reclutará comunidades microbianas diferentes a las reclutadas por una planta no estresada.

5. **Cómo influyen los humanos en la composición del microbioma vegetal.** En las

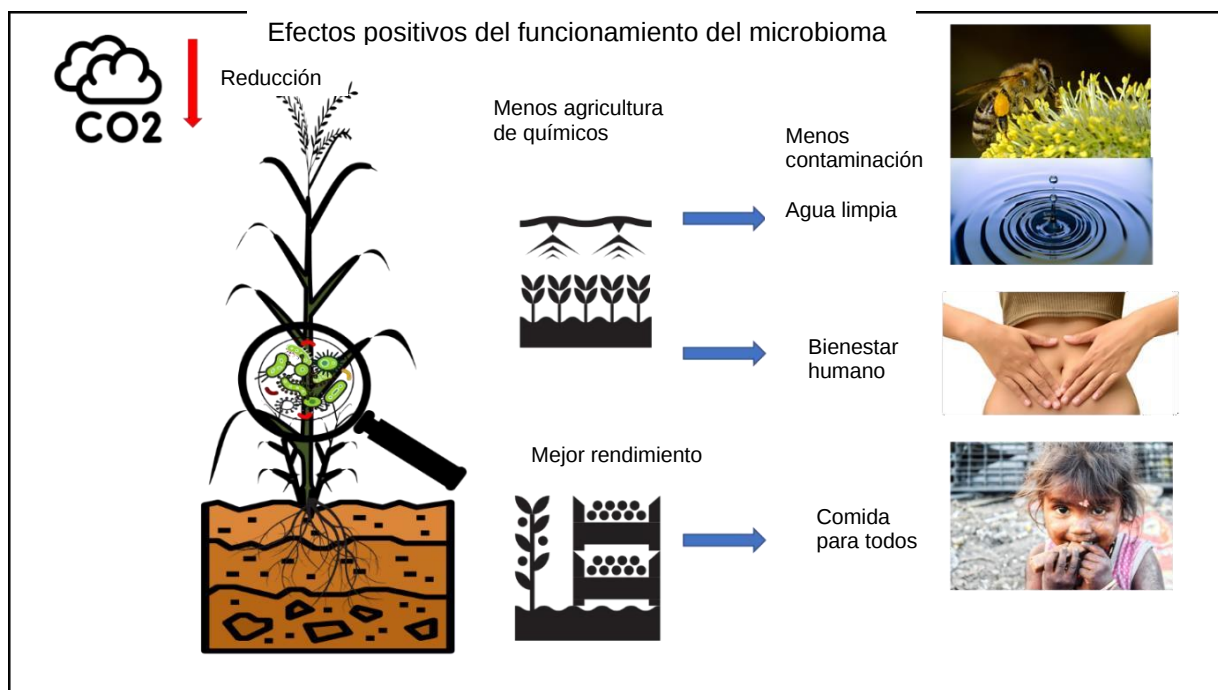
Un marco de educación en microbiología centrado

últimas décadas, los seres humanos han intentado intensificar la agricultura para obtener altos rendimientos de los cultivos. Los agricultores han aplicado grandes cantidades de fertilizantes inorgánicos o pesticidas para obtener condiciones óptimas de crecimiento para sus cultivos. Sin embargo, la mayoría de las prácticas agrícolas no consideran el impacto positivo de los microorganismos en el crecimiento de las plantas. Los fertilizantes inorgánicos y, especialmente, los pesticidas tienen un efecto negativo en las comunidades microbianas, reduciendo o alterando su diversidad y, por lo tanto, destruyendo potencialmente funciones microbianas importantes. Además, los herbicidas pueden afectar la composición del microbioma. Se dirigen a vías específicas en la planta para matarlas, pero también los microbios comparten algunas de estas vías. Para una producción de alimentos sostenible y respetuosa con el medio ambiente será importante mantener las interacciones beneficiosas entre microorganismos y plantas. Este aspecto debe tenerse en cuenta **programas de crianza** Seleccionar nuevas variedades que crezcan bien en suelos con un uso reducido de fertilizantes y pesticidas y aprovechar las interacciones beneficiosas. Además, es necesario adoptar prácticas agrícolas que protejan la diversidad y las funciones microbianas.

6. ***¿Cómo influye el microbioma vegetal en la salud humana?*** El microbioma vegetal también influye en el microbioma humano. Al comer verduras y frutas crudas, los microorganismos asociados a las plantas ingresan al cuerpo humano a través del tracto digestivo. Estos microorganismos pueden tener efectos positivos en la salud humana, pero, ocasionalmente, también pueden incluir patógenos humanos que causan brotes de enfermedades infecciosas. Los metabolitos secundarios derivados de las plantas son particularmente valiosos para la salud humana y estos metabolitos no solo son producidos por la propia planta, sino también por microorganismos. También se sabe que los microorganismos aumentan la producción de estos compuestos. Además, los microorganismos pueden ser proveedores de vitaminas esenciales como la vitamina B12. Especialmente saludables son las plantas fermentadas, por ejemplo, el chucrut o el kimchi, porque proporcionan una gran cantidad de diversas cepas microbianas que promueven la salud (por ejemplo, bacterias del ácido láctico) que actúan como probióticos en el tracto gastrointestinal humano.

7. ***El microbioma vegetal y el funcionamiento del ecosistema.*** La pérdida de biodiversidad tiene un efecto negativo el impacto en el funcionamiento del ecosistema. Una mayor biodiversidad se asocia con una mayor resiliencia a las condiciones de estrés. Los microorganismos asociados a las plantas también proporcionan a las plantas una herramienta para una adaptación más rápida a las condiciones de estrés **biótico y abiótico**, además, los microorganismos asociados a las plantas desempeñan un papel en el ciclo de nutrientes, lo cual es importante para la planta y todo el ecosistema, y también es importante para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Un marco de educación en microbiología centrado



Cuadro 3: Efectos positivos del funcionamiento del microbioma.

Pertinencia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los Grandes Desafíos

Considerando el importante papel que desempeñan los microorganismos para la salud y el funcionamiento del suelo, el microbioma vegetal y los microbios del suelo asociados se relacionan con una serie de ODS, como se describe a continuación:

- **Objetivo 1: Fin de la pobreza.** Los microorganismos beneficiosos para las plantas pueden mejorar la productividad agrícola y la estabilidad del rendimiento alimentario y, de ese modo, aumentar los ingresos de los agricultores, los pequeños productores, los colonos, etc.
- **Objetivo 2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.** El uso de microorganismos beneficiosos para mantener un microbioma saludable en la producción de alimentos puede aumentar el rendimiento y la estabilidad de este, especialmente en zonas donde prevalecen condiciones de cultivo difíciles. Los sistemas de producción de cultivos sostenibles basados en microbios contribuirán a lograr alimentos para todos.
- **Objetivo 3: Buena salud y bienestar.** Al sustituir los productos químicos por soluciones microbianas, los productos alimenticios serán más saludables y sostenibles.
- **Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento.** Al reducir la necesidad de pesticidas químicos mediante el uso específico de microbios beneficiosos, se puede reducir el uso de fertilizantes y pesticidas, Reducción de la contaminación ambiental. Además, la reducción del uso de productos químicos dará como resultado suelos y aguas menos contaminados.
- **Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante.** La producción de energía a partir de plantas es la fuente más sostenible. El cultivo de plantas en un entorno sano con el microbioma adecuado favorece la producción de materias primas vegetales para la producción de energía renovable.
- **Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico.** Se necesitan urgentemente empleos mejores, más seguros y variados en las zonas rurales donde viven y trabajan la mayoría de los pobres del mundo. La agricultura es la principal fuente de empleo, especialmente en los países de ingresos bajos y medios. El uso y el conocimiento de los efectos beneficiosos del microbioma vegetal ofrecen la posibilidad de desarrollar la agricultura en condiciones menos

Un marco de educación en microbiología centrado

favorables y con menos insumos, lo que promoverá la creación de empleo en las zonas rurales.

- **Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura.** Existe un mercado emergente para productos microbianos, como productos fitosanitarios microbianos, que se utilizan en la producción de cultivos. Además, se esperan más innovaciones basadas en el microbioma vegetal, lo que fortalecerá esta rama de la industria.

- **Objetivo 13: Acción por el clima.** Las plantas juegan un papel clave en la regulación de nuestro clima al reducir el CO₂ y producir oxígeno. Los microorganismos que apoyan el crecimiento y la salud de las plantas contribuyen a esto. Proceso clave. Además, la producción de fertilizantes y pesticidas implica una gran demanda de energía, mientras que las alternativas microbianas tienen una menor demanda de recursos y un menor impacto en nuestro clima, y por lo tanto son mucho más sostenibles.

- **Objetivo 14: La vida en el agua.** Reducir la introducción de productos químicos en el suelo y en el sistema vegetal conducirá a una menor contaminación del agua.

- **Objetivo 15: Vida en la tierra.** Los ecosistemas saludables protegen el planeta y preservan los cimientos de la vida. Las plantas son un hábitat importante para muchos microorganismos, que contribuyen a la biodiversidad y a importantes funciones ecosistémicas.

Posibles implicaciones para las decisiones

1. Individual

a. ¿Qué productos compro en el supermercado? La consideración de las actividades de los microorganismos asociados a las plantas y el hecho de si se han aprovechado los efectos beneficiosos en el contexto del método de producción utilizado pueden llevar a comprar productos elaborados mediante prácticas agrícolas sostenibles u orgánicas que hagan el mejor uso de las actividades microbianas.

b. ¿Qué uso para tratar las enfermedades de mis plantas de jardín? Existen diferentes alternativas disponibles en el centro de jardinería.

2. Políticas nacionales

a. ¿Nuestras regulaciones promueven prácticas agrícolas sostenibles y permiten al agricultor aplicar fácilmente soluciones microbianas para la protección de las plantas o la fertilización?

Participación de los alumnos

1. **Discusiones en clase sobre cómo se producen diferentes productos alimenticios.**, de la granja al ser humano intestino, y cuáles son las implicaciones para el ecosistema y la salud humana

2. Concienciación de los alumnos sobre las partes interesadas

- a. Analice las diferentes actividades microbianas en relación con la gestión agrícola.
- b. Discuta sobre los microorganismos causantes de enfermedades de las plantas y los microorganismos beneficiosos o importantes.

3. Ejercicios para el aula

a. Para ver la importancia de los microbios para el crecimiento y la salud de las plantas, deje que crezcan en tierra esterilizada y no esterilizada y compare su crecimiento. Para esterilizar la tierra, coloque la tierra en un horno durante 30 minutos a 150 °C. Para ver las diferencias en el número de bacterias, prepare placas de cultivo con diluciones de cada tierra y cuente las bacterias.

Un marco de educación en microbiología centrado

- b. Tome muestras de plantas leguminosas (por ejemplo, soja) de un campo y observe más de cerca los nódulos que contiene N activo₂-fijación de bacterias
- c. Prepare su propio chucrut o producto alimenticio fermentado y benefíciese de los microorganismos que promueven la salud.
- d. Mezclar el agua con la harina de centeno y dejar reposar durante un día en un lugar cálido. Observar las burbujas de aire en la mezcla.

La base de evidencia, lecturas adicionales y ayudas didácticas

<https://medium.com/hhmi-science-media/visualizing-the-plant-microbiome-d5642db66b9d>

<https://www.kavlifoundation.org/about-microbiome>

Antwis, R., Harrison, X. y Cox, M. (Eds.). (2020). Microbiomas de suelos, plantas y animales: un enfoque integrado (Ecological Reviews). Cambridge: Cambridge University Press.

doi:10.1017/9781108654418 David Montgomery y Anne Biklé La mitad oculta de la naturaleza: las raíces microbianas de la vida y la salud. ISBN-13: 978-0393244403

Jeff Lowenfels y Wayne Lewis trabajan en equipo con microbios: guía para jardineros orgánicos sobre la red alimentaria del suelo

Compant, S., Samad, A., Faist, H. y Sessitsch, A. (2019). Una revisión sobre el microbioma vegetal: ecología, funciones y tendencias emergentes en la aplicación microbiana. Journal of Advanced Research, número especial sobre el microbioma vegetal 19: 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.03.004>

Hirt, H. (2020). Suelos saludables para plantas saludables y seres humanos saludables. EMBO reports 21: e51069. <https://doi.org/10.15252/embr.202051069>

Saleem, M., Hu, J. y Jousset, A. (2019). Más que la suma de sus partes: la biodiversidad del microbioma como impulsor del crecimiento de las plantas y la salud del suelo. Revista anual de ecología, evolución y sistemática 50: 145–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062605>

Wang, NR y Haney, CH (2020). Aprovechamiento del potencial genético del microbioma vegetal. The Biochemist. 42: 20-25. <https://doi.org/10.1042/BIO20200042>

Glosario

Fotosíntesis: Es un proceso utilizado por las plantas y otros organismos para convertir la energía luminosa en energía química que luego puede utilizarse para alimentar las actividades de los organismos.

Genoma: es toda la información genética de un organismo

Ciclo de nutrientes: En el ciclo de los nutrientes se describe el uso de los nutrientes en el medio ambiente, su movimiento y los procesos de reciclaje. Los nutrientes importantes incluyen carbono, oxígeno, hidrógeno, fósforo y nitrógeno, que deben reciclarse para la existencia de los organismos.

Protista: Es cualquier organismo eucariota que no sea un animal, una planta o un hongo.

Eucariotas: Son organismos con núcleo en la célula.

Procariotas: Son organismos celulares que carecen de núcleo

Mutualismo: Diferentes organismos viven en una interacción positiva

juntos Neutralismo: Dos especies viven juntas, pero no se afectan entre sí

Competencia: Interacción de dos especies u organismos en la que la aptitud de una especie se reduce debido a la presencia de la otra especie.

Antagonismo: Dos especies u organismos no pueden vivir juntos, la presencia de un organismo impide la presencia del otro

Fertilizante: Es una sustancia química o natural que se añade al suelo o a las plantas para suministrarles nutrientes.

Un marco de educación en microbiología centrado

Pesticidas: Sustancias químicas que se aplican para proteger a la planta de enfermedades y plagas
Archaea: Son un dominio específico de Prokaryota, que poseen genes y vías metabólicas, que son más similares a Eukaryota

Exudados de la raíz: Son compuestos liberados por las raíces de las plantas que contienen azúcares, aminoácidos y otros compuestos que aportan nutrientes a los microorganismos del suelo.

Estomas: Es un poro rodeado de células especializadas que se encuentra en la epidermis de las hojas, tallos de las plantas para controlar el intercambio de gases.

Rizobios fijadores de N₂: Bacterias simbióticas especializadas, capaces de fijar el nitrógeno del aire y convertirlo en amoníaco.

Hongos micorrízicos arbusculares: Son hongos simbioses que penetran en las células corticales de las raíces de las plantas y muestran varias actividades beneficiosas para las plantas.

Secundario metabolitos: Son metabolitos especializados producidos por organismos que no están directamente involucrado en el crecimiento, desarrollo o reproducción.

Genotipo: Es un organismo que contiene un conjunto específico de genes, que pueden transmitirse a la siguiente generación.

Especies: Es una clasificación taxonómica de organismos.

Programa de crianza: Un programa de cría es la cría planificada de un grupo de animales o plantas, Generalmente involucra al menos a varios individuos y se extiende a lo largo de varias generaciones
Rizosfera: Es la región estrecha del suelo o sustrato que está directamente influenciada por las secreciones de las raíces.

Endófitos: Microorganismos que viven dentro de una planta durante al menos una parte de su ciclo de vida sin causar enfermedades aparentes.

Objetivos de Desarrollo Sostenible: fueron adoptados por todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas en 2015 como un llamado universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar a todas las personas la paz y la prosperidad para 2030.

Estrés biótico: Estrés que se produce como resultado del daño causado a una planta por otros organismos vivos, como bacterias, hongos, parásitos o insectos.

Estrés abiótico: Estrés que se produce como resultado del daño causado a una planta por elementos ambientales no vivos. Factores como el agua o la temperatura.

Fuentes de gráficos e imágenes

Iconos creados por ia

<http://en:www.flaticon.com/authors/freepik> título="Freepik">Freepik desde <a

<https://www.flaticon.com/> título="Flaticon">www.flaticon.com

Iconos hechos por <a href="https://www.flaticon.com/authors/bqlqn"

título="bqlqn">bqlqn de <a href="https://www.flaticon.com/"

título="Flaticon">www.flaticon.com

Imagen de <a href="https://pixabay.com/de/users/Alicia_Harper-16897639/?utm_source=link-

attribution&utm_medium=referral&utm_campaign=image&utm_content=530 8379">Alicia

Harper desde <a href="https://pixabay.com/es/?utm_source=link-

attribution&utm_medium=referral&utm_campaign=image&utm_content=530

8379">Pixabay