

Agroquímicos, microbios y el medio ambiente

Señor: ¿Qué es eso que están rociando en nuestro campo deportivo?



Gary Bending, Katie Endersby and Andris Grigorjevs

Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad de Warwick, Coventry CV4 7AL, Reino Unido

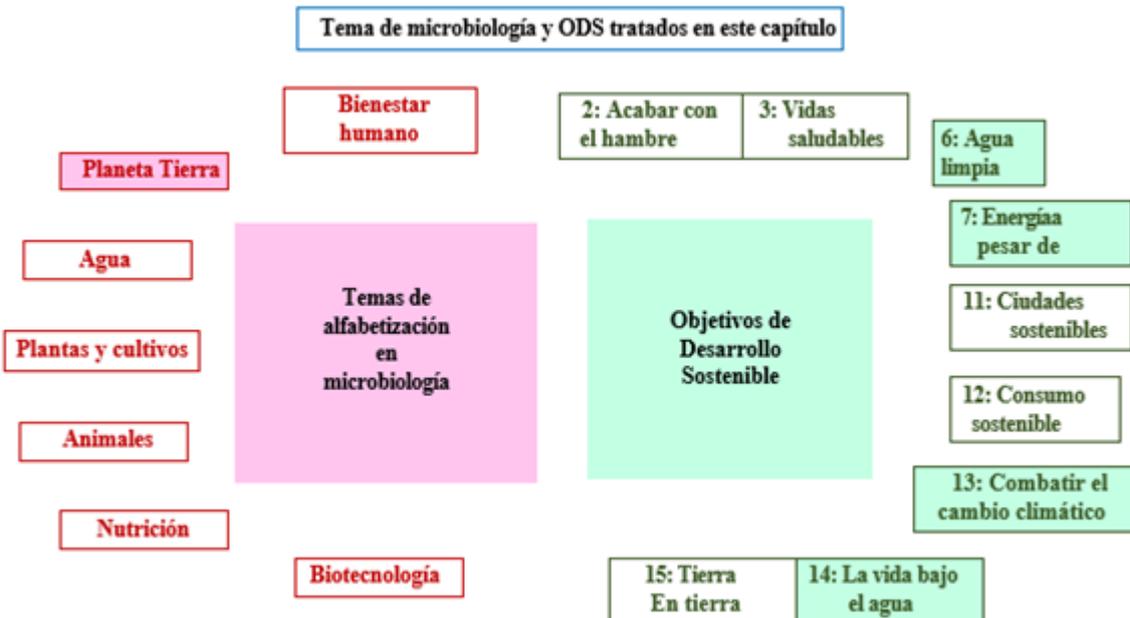
Agroquímicos

Sinopsis

Los seres humanos hemos alterado enormemente la superficie del planeta. Hemos convertido más de un tercio de la superficie terrestre libre de hielo en tierras de cultivo para cultivar alimentos, y el 1 % del planeta está construido sobre ella. En nuestros entornos urbanos hemos convertido lugares silvestres en campos deportivos, parques y jardines. Todas estas áreas son gestionadas cuidadosamente por los seres humanos para garantizar que las plantas específicas que queremos puedan crecer con preferencia a otras, y que estas plantas sean saludables. Para ello, utilizamos una variedad de productos agroquímicos, incluidos fertilizantes y pesticidas. El uso de estos productos químicos tiene un alto costo ambiental. La producción, el transporte y el uso de estos productos químicos dan como resultado emisiones de gases de efecto invernadero. Una vez aplicados al suelo, los fertilizantes pueden ser convertidos por los microbios del suelo en potentes gases de efecto invernadero. Los microbios del suelo pueden desarrollar capacidades para degradar pesticidas, evitando su acumulación a gran escala y la contaminación del medio ambiente. Sin embargo, tanto los pesticidas como los fertilizantes pueden migrar desde el suelo y contaminar ríos, lagos, océanos y nuestra agua potable. En el futuro, los microbios pueden usarse como enfoques sostenibles y respetuosos con el medio ambiente para controlar la salud de las plantas. El uso de agroquímicos afecta muchos objetivos de desarrollo sostenible.

La microbiología y el contexto social

La microbiología: formación microbiana de gases de efecto invernadero; adaptación microbiana; biodegradación microbiana de productos químicos; eutrofización y floraciones de cianobacterias; agentes de biocontrol microbiano; biofertilizantes microbianos; Sostenibilidad: suministro de alimentos; agua limpia; contaminación ambiental; calentamiento global; conservación del mar.



Agroquímicos: La Microbiología

1. *Las plantas manejadas en campos deportivos, jardines y como cultivos se les dan Agroquímicos para mantenerlos saludables.* Cuando cultivamos plantas en el suelo, su tasa de crecimiento está limitada por la cantidad de nutrientes, en particular nitrógeno y fósforo, que están disponibles para que la planta los absorba del suelo. Por esta razón, los agricultores rocían fertilizantes en el suelo para maximizar el rendimiento de sus cultivos y las ganancias de la granja, y los jardineros aplican fertilizantes para aumentar la densidad, la fuerza y el aspecto del césped. Para hacer fertilizantes nitrogenados sintéticos, N_2 El gas de la atmósfera se fija en amoníaco, un El proceso industrial que utiliza entre el 1 y el 2 % del suministro de energía mundial, representa una importante contribución a la formación de gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, sin el uso de fertilizantes nitrogenados, sólo seríamos capaces de producir alimentos suficientes para la mitad de la población mundial. Los fertilizantes de fósforo se fabrican a partir de rocas de fosforita, un recurso finito que puede agotarse en el próximo siglo. El crecimiento de las plantas también puede verse reducido por las malas hierbas, las plagas de insectos y las enfermedades causadas por patógenos microbianos. Los agricultores y los jardineros aplican pesticidas a sus plantas para reducir las pérdidas de rendimiento y el aspecto visual de los productos que se producen por estas presiones.

2. *Los agroquímicos aplicados al suelo contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero.* Las plantas pueden absorber directamente las formas minerales de los nutrientes, incluidos los iones de amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}), que se encuentran en los fertilizantes sintéticos. Sin embargo, el nitrógeno y el fósforo contenidos en la materia orgánica del suelo y en los fertilizantes orgánicos, como la urea, el estiércol y los purines, están en forma orgánica. Los microbios del suelo descomponen la materia orgánica de estos materiales en formas minerales que pueden ser absorbidas por las plantas, un proceso llamado mineralización. Durante la mineralización del nitrógeno, el nitrógeno orgánico, como las proteínas, se convierte primero en NH_4^+ , que luego las arqueas y las bacterias transforman en NO_3^- . Durante este proceso, el óxido nitroso gaseoso (N_2O) se libera como subproducto. Además, N_2O se produce por desnitrificación, que ocurre cuando los microbios del suelo utilizan NO como aceptor terminal de electrones en condiciones de baja disponibilidad de oxígeno, como cuando el suelo está anegado. N_2O es un potente GEI que tiene un efecto sobre el calentamiento global. El potencial de emisión de gases de efecto invernadero es 298 veces mayor que el del dióxido de carbono. Además, se emiten GEI cuando se queman combustibles fósiles en vehículos utilizados para el transporte y la aplicación de agroquímicos en los sistemas de cultivo.

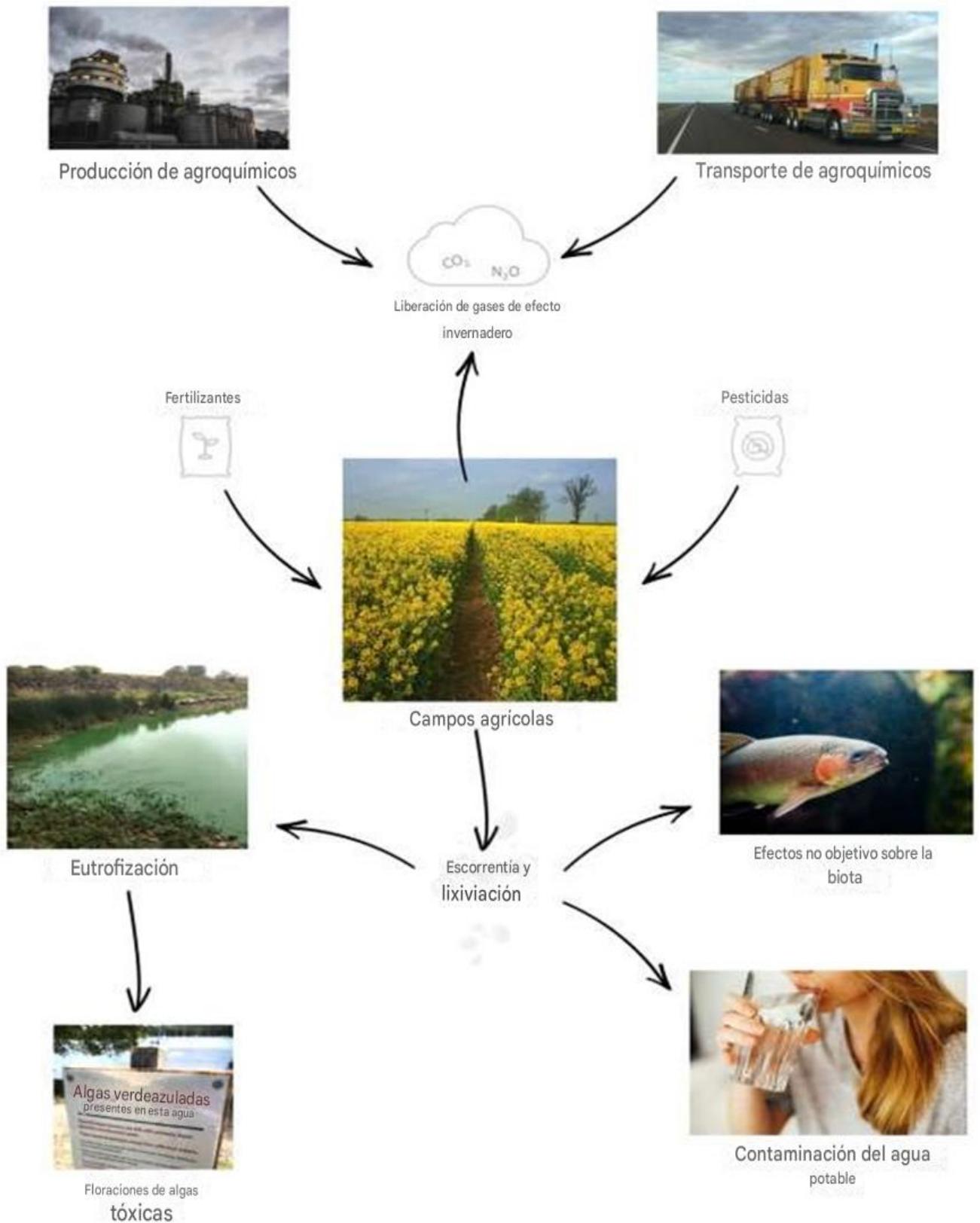
Un marco de educación en microbiología centrado en los niños

3. ***La persistencia de los pesticidas puede dañar los ecosistemas.*** Los primeros pesticidas sintéticos se desarrollaron a principios del siglo XX. Uno de los primeros pesticidas más utilizados fue el insecticida diclorodifeniltricloroetano (DDT), que se utilizaba como insecticida agrícola y también para contener la propagación de enfermedades transmitidas por insectos, como la malaria y el tifus. Durante la década de 1950 se descubrió que los pesticidas como el DDT persisten en el medio ambiente y pueden bioacumularse en las cadenas alimentarias, y que las aves depredadoras, en particular, acumulan DDT de las presas que comen. Se descubrió que el DDT causaba el adelgazamiento de las cáscaras de los huevos, lo que provocaba la eclosión prematura de los polluelos y la disminución de la población en varias especies, incluidas el águila calva y el halcón peregrino. Rachel Carson planteó preocupaciones sobre estos efectos en su libro 'Primavera silenciosa', lo que dio lugar al nacimiento del movimiento ambientalista y a la creación de regulaciones para reducir la persistencia y toxicidad ambiental de los pesticidas.

4. ***Las comunidades microbianas se adaptan para degradar los pesticidas.*** La mayoría de los pesticidas modernos son susceptibles a la biodegradación por acción de bacterias y hongos del suelo, que utilizan la sustancia química como fuente de carbono y energía. Por lo tanto, la degradación microbiana determina la persistencia y el destino de los pesticidas y su potencial para dañar los ecosistemas. La susceptibilidad de los distintos pesticidas a la biodegradación varía debido a las diferencias en su estructura química y sus tasas de biodegradación,

También se ven afectados por la materia orgánica y el contenido de arcilla del suelo, a los que se pueden adherir los plaguicidas, lo que afecta a su biodisponibilidad para los organismos degradadores. Las tasas de biodegradación también se ven influenciadas por la temperatura, el contenido de agua y la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, que pueden afectar el crecimiento de los organismos degradadores.

Un marco de educación en microbiología centrado en los niños



Impactos ambientales derivados del uso de agroquímicos

Un marco de educación en microbiología centrado en los niños

Los microbios pueden desarrollar rápidamente capacidades metabólicas para degradar sustancias químicas nuevas, como los pesticidas. Esto es resultado de tasas de reproducción rápidas, que pueden dar lugar a la selección de mutaciones en enzimas y vías metabólicas que favorecen la biodegradación, y también de la transferencia horizontal de genes, en la que las bacterias absorben ADN de su entorno, lo que puede dar lugar a la propagación y selección de vías de biodegradación dentro de las poblaciones microbianas. Estos procesos de "adaptación" significan que cuando se libera una nueva sustancia química en el medio ambiente, aunque inicialmente puede ser persistente, pueden surgir nuevas vías de biodegradación y las tasas de biodegradación química en el medio ambiente pueden aumentar con el tiempo. Si bien esto es generalmente beneficioso, algunos pesticidas dependen de la persistencia a corto plazo en el suelo para ejercer control sobre su plaga objetivo, y el desarrollo de esa degradación microbiana "mejorada" puede dar lugar a la pérdida de la eficacia del pesticida.

5. *El uso de agroquímicos puede contaminar el agua potable.* El NO_3^- y muchos pesticidas son altamente solubles en agua, de modo que cuando el agua de lluvia se filtra en el suelo, se mueven verticalmente por el perfil del suelo, un proceso denominado lixiviación. Esto puede transportar NO_3^- y pesticidas a las aguas subterráneas y los acuíferos. Además, cuando la lluvia cae sobre los campos puede transportar tierra y materiales solubles horizontalmente, transfiriéndolos a cuerpos de agua dulce superficiales como arroyos, ríos y lagos, un proceso conocido como escorrentía. Las poblaciones microbianas en los acuíferos son muy bajas, de modo que una vez que un pesticida llega a un acuífero, la biodegradación es lenta y el pesticida puede ser muy persistente. Como resultado, los contaminantes de pesticidas aún pueden detectarse en los acuíferos mucho después de que se haya prohibido su uso. A veces, la biodegradación microbiana de los pesticidas puede dar lugar a la formación de metabolitos que tienen propiedades diferentes a las del compuesto original. Por ejemplo, el herbicida diclobenil es degradado por los microbios del suelo a 2,6 diclorobenzamida (BAM), que es degradado lentamente por los microbios del suelo y también es muy móvil, por lo que es susceptible de lixiviación a través del suelo. Esto ha dado lugar a que el BAM sea un contaminante muy común en las aguas subterráneas. Dado que utilizamos acuíferos y agua de ríos y lagos para beber, los contaminantes suponen un riesgo para la salud humana. Antes de que pueda utilizarse para el consumo humano, el agua se trata para eliminar los contaminantes, lo que supone un alto coste financiero y consume energía, lo que contribuye aún más a las emisiones de GEI. Los acuíferos que están muy contaminados con pesticidas se pueden limpiar mediante biorremediación. Esto implica la adición de microbios que degradan pesticidas o el bombeo de oxígeno o nutrientes al acuífero para eliminar las limitaciones a la actividad microbiana y

Un marco de educación en microbiología centrado en los niños

estimular los procesos de biodegradación microbiana.

6. *Los fertilizantes provocan eutrofización resultante del crecimiento de cianobacterias en los cuerpos de agua.* En los hábitats acuáticos, el crecimiento de los organismos que utilizan la luz solar como fuente de energía (fotótrofos) está limitado por la disponibilidad de nitrógeno y fósforo cuando la luz es abundante. Cuando PO_4^{3-} y el NO_3^- llegan a cuerpos de agua dulce y marina por lixiviación o esorrentía, pueden producirse "floraciones" rápidas en las poblaciones de algas que viven en el agua, en particular dinoflagelados y cianobacterias. Las cianobacterias son bacterias fotosintéticas y pueden liberar diversas toxinas en el agua (por ejemplo, microcistina). Estas representan un riesgo de envenenamiento para los seres humanos que utilizan el agua para actividades de ocio y para los animales que nadan en el agua o la beben. Las floraciones de algas también agotan el carbono inorgánico que los moluscos necesitan para la formación de conchas y limitan la penetración de la luz, lo que afecta el crecimiento de las plantas acuáticas. Las altas tasas de fotosíntesis de las algas pueden provocar un pH elevado durante el día, lo que perjudica la salud de los peces e invertebrados que utilizan señales químicas para sobrevivir, como detectar presas y depredadores. Cuando las floraciones mueren, son descompuestas por microbios aeróbicos, un proceso que agota el oxígeno en el agua, lo que da lugar al desarrollo de zonas anóxicas, que causan la muerte de animales acuáticos. Si bien algunas regiones oceánicas experimentan ciclos naturales de anoxia, la cantidad de esas zonas muertas en los océanos del mundo está aumentando rápidamente.

En la década de 1960, la cantidad de desechos de la zona muerta del Golfo de México aumentó de 10 a más de 400 en la actualidad, debido a la eutrofización. La zona muerta del Golfo de México apareció por primera vez en la década de 1970 y ahora se produce anualmente entre mayo y septiembre, cubriendo entre 5000 y 22 000 km^2 .

Agroquímicos: definiciones y usos.

Fertilizantes	Pesticidas
Los fertilizantes son fuentes concentradas de nutrientes vegetales que se utilizan para corregir deficiencias y mejorar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos agrícolas y la apariencia de jardines, parques y campos deportivos.	Los pesticidas se definen como cualquier material utilizado para matar plagas. Pueden utilizarse en parques, zonas de juegos, campos de juego, campos de golf, jardines y en infraestructuras de transporte como las líneas ferroviarias. Los plaguicidas utilizados en la agricultura suelen denominarse productos fitosanitarios, ya que impiden que las plagas provoquen daños económicos a los
Las deficiencias de nutrientes provocan síntomas como hojas amarillentas o enrojadas y crecimiento, floración y	

Un marco de educación en microbiología centrado en los niños

<p>fructificación deficientes.</p> <p>Los fertilizantes sintéticos son productos inorgánicos fabricados mediante procesos industriales. Pueden presentarse en forma de pellets, gránulos, polvos o líquidos.</p> <p>Los materiales orgánicos también se utilizan como fertilizantes. Pueden ser sintéticos, como la urea, o derivados de animales y plantas, como el estiércol, el compost y las algas marinas. Los nutrientes de estos materiales se encuentran en formas orgánicas, que deben ser mineralizadas por los microbios del suelo a formas minerales inorgánicas antes de que puedan ser utilizados por las plantas.</p> <p>Los inhibidores de la nitrificación son compuestos que retardan los procesos de nitrificación microbiana, permitiendo mayor sincronía de la disponibilidad de NO₃ con la demanda del cultivo, reduciendo así el potencial de lixiviación y desnitrificación.</p> <p>Los residuos sólidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales son a veces se utilizan como fertilizantes, aunque estos materiales pueden contener productos químicos de uso diario, como antibióticos y metales pesados, que pueden contaminar el suelo y afectan la biota del suelo.</p>	<p>cultivos.</p> <p>Un cultivo típico de trigo del Reino Unido se rocía con pesticidas seis veces, utilizando 16 sustancias diferentes para controlar insectos, nematodos, hongos, moluscos y malezas.</p> <p>Se pueden encontrar residuos de pesticidas en alimentos y bebidas. Si bien es muy poco frecuente que se encuentren en concentraciones lo suficientemente altas como para causar daños, muchos pesticidas tienen el potencial de actuar como disruptores endocrinos y existe preocupación por la posibilidad de que la exposición prolongada a pesticidas afecte la salud humana.</p> <p>Como resultado de las preocupaciones sobre los efectos de los plaguicidas en la salud humana y el medio ambiente, muchos plaguicidas han sido prohibidos o su uso restringido. Esto puede resultar en pérdidas perjudiciales para los agricultores. Los biopesticidas, en los que el control de plagas se logra mediante microbios, feromonas, insectos y extractos de plantas, están comenzando a reemplazar a los productos químicos sintéticos que tradicionalmente se han utilizado como plaguicidas.</p>
---	---

7. Los microbios son una alternativa sostenible a los agroquímicos sintéticos. El medio ambiente, las consecuencias de nuestra dependencia del uso de agroquímicos para cultivar alimentos han llevado a la búsqueda de opciones más sostenibles. Actualmente, existe una amplia gama de productos comerciales que utilizan microbios como agentes de control biológico (BCA) de plagas de insectos y patógenos microbianos. Estos se basan en el uso de antagonistas naturales que pueden inhibir su objetivo a través del parasitismo o la producción de metabolitos inhibidores. Uno de los primeros agentes de control biológico comerciales, desarrollado en la década de 1950, apareció la bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis*, que produce una proteína tóxica para los insectos, larvas. Esta bacteria es un agente de control eficaz de diversas plagas de los cultivos, como polillas y escarabajos. Se han descubierto muchos otros agentes de biocontrol microbiano de insectos, nematodos y patógenos microbianos y la cantidad de BCA en el mercado aumenta cada año. También se están desarrollando opciones para reemplazar los fertilizantes con "biofertilizantes" microbianos que mejoran la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Esto incluye hongos micorrízicos simbióticos que habitan en las raíces y movilizan y asimilan nutrientes del suelo, que luego se intercambian con su planta asociada a cambio de azúcares y lípidos. Las plantas de cultivo también se han transformado con éxito con genes microbianos específicos para conferir resistencia a plagas y patógenos y mejorar la absorción de nutrientes. De particular interés actual son las bacterias que habitan en nódulos dentro de las raíces de plantas leguminosas

Un marco de educación en microbiología centrado en los niños

como los guisantes y los frijoles. Estas bacterias son portadoras de genes nitrogenasa (nif) que fijan N₂ de la atmósfera en amoníaco, que se transfiere a la planta a cambio de azúcares. Por tanto, los cultivos leguminosos no necesitan fertilizantes nitrogenados. Existe interés en transformar los cereales con genes bacterianos nif, para que los cultivos de cereales puedan fijar su propio nitrógeno, lo que provocaría una enorme reducción de la demanda mundial de fertilizantes.

Relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los Grandes Desafíos

Los aspectos microbianos del uso de agroquímicos se relacionan con una variedad de ODS (aspectos microbianos en cursiva), incluidos

- **Objetivo 2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible** (*acabar con el hambre y la malnutrición, aumentar la productividad agrícola*). Uso de los fertilizantes y pesticidas son importantes para proporcionarnos alimentos. Sin embargo, la fabricación, el transporte y el uso de estos productos contribuyen al calentamiento global. La sostenibilidad se puede mejorar ideando métodos para producir alimentos que utilicen enfoques biológicos para la nutrición de los cultivos y el control de plagas y enfermedades.

- **Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos** (*garantizar agua potable, mejorar la calidad del agua, reducir la contaminación, proteger los ecosistemas relacionados con el agua*). El uso de fertilizantes y pesticidas provoca la contaminación del agua potable, y los fertilizantes promueven la proliferación de algas que pueden ser tóxicas para los seres humanos y la vida silvestre y provocar eutrofización.

- **Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles** (*lograr prácticas de producción y uso/consumo sostenible, reducir la producción de residuos/liberación de contaminantes al medio ambiente, lograr ciclos de vida de cero residuos, informar a las personas sobre prácticas de desarrollo sostenible*). El actual uso de fertilizantes y pesticidas para cultivar alimentos y gestionar los espacios urbanos produce pérdidas para el medio ambiente. En particular, el fósforo es un recurso no renovable y las fuentes pueden agotarse en el próximo siglo. Es necesario desarrollar métodos para ciclos de nutrientes de circuito cerrado, en los que los nutrientes se retengan y reciclen en el suelo, evitando pérdidas, y métodos biológicos para la nutrición de las plantas que reduzcan la necesidad de utilizar fertilizantes.

- **Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos** (*reducir emisiones de gases de efecto invernadero, mitigar las consecuencias del calentamiento global, desarrollar sistemas de alerta temprana sobre las consecuencias del calentamiento global, mejorar la educación sobre la producción de gases de efecto invernadero y el calentamiento global*). La aplicación de fertilizantes al suelo está asociada con la producción microbiana de óxido nitroso, un importante gas climático.

- **Objetivo 14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible** (*reducir la contaminación de los sistemas*

Un marco de educación en microbiología centrado en los niños

marinos por productos químicos tóxicos/nutrientes agrícolas/residuos como plásticos, desarrollar medidas de mitigación de la acidificación, mejorar el uso sostenible de los océanos y sus recursos). El uso de fertilizantes provoca eutrofización y el desarrollo de plantas muertas en los océanos.

Posibles implicaciones para las decisiones

1. Individual

- a. Pesar los factores microbianos y no microbianos para considerar cómo las acciones personales pueden marcar una diferencia.
- b. Elección personal del uso de agroquímicos en el huerto o como agricultor.
- c. Aceptación de rendimientos reducidos en los cultivos, hortalizas con imperfecciones, menos estéticas.
- d. Selección de productos alimenticios, compra de alimentos producidos en sistemas con menos uso intensivo de agroquímicos, por ejemplo, orgánicos.

2. Políticas comunitarias

- a. Gestión de espacios verdes urbanos; selección de insumos para parques y campos deportivos y la aceptabilidad de un menor atractivo visual cuando se reducen los insumos.
- b. Eutrofización de lagos y ríos locales; pérdida de valor recreativo, impactos en la salud durante actividades recreativas acuáticas, toxicidad para mascotas y vida silvestre.
- c. Contaminación y cierre de lagos locales y pozos de agua potable.

3. Políticas nacionales relacionadas al uso de agroquímicos

- a. Objetivos de calidad ambiental manteniendo la seguridad alimentaria.
- b. Normas de calidad del agua potable.
- c. Producción de gases de efecto invernadero y calentamiento global.
- d. Eutrofización e impactos en la pesca y el turismo.

Participación de los alumnos

1. Discusión en clase sobre usar agroquímicos.

2. Concienciación de los alumnos y las partes interesadas.

- a. El uso de agroquímicos tiene consecuencias positivas y negativas para los ODS. ¿Cuáles de estas son las más importantes para usted personalmente y como grupo?
- b. ¿Está bien contaminar el medio ambiente si con ello se acaba la desnutrición mundial?
- c. Consecuencias de las opciones alimentarias: ¿Qué cambios se podrían realizar para reducir el impacto ambiental?
- d. ¿Cómo podrías utilizar esta información para tomar decisiones más sostenibles en casa? es decir, jardines, huertos, parcelas?
- e. ¿Consumirías cultivos genéticamente modificados que contuvieran genes microbianos si eso permitiera cultivarlos con una huella ambiental mucho menor que la de los cultivos no modificados genéticamente?
- f. ¿Cómo cree usted que se compararían la eficacia y confiabilidad de los enfoques

Un marco de educación en microbiología centrado en los niños

basados en el control biológico para proporcionar fertilizantes a las plantas y reducir las plagas con el uso de productos químicos sintéticos?

La Base de evidencia, lecturas complementarias y material didáctico

Royal Horticultural Society: Fertilizantes y cómo se

utilizan <https://www.rhs.org.uk/advice/profile?pid=304>

Evaluación europea del

nitrógeno <https://www.youtube.com/watch?v=uuwN6qxM7BU>

Ritchie, H. y Roser, M. (2013) Uso del suelo. Publicado en línea en OurWorldInData.org.

<https://ourworldindata.org/land-use>

Syakila, A. y Kroeze, C. (2011). El balance global de óxido nitroso revisado. Medición y gestión de gases de efecto invernadero 1, 17-26.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3763/ghgmm.2010.0007>

Chislock, MF, Doster, E., Zitomer, RA y Wilson, AE, 2013. Eutrofización: causas, consecuencias y controles en ecosistemas acuáticos. Nature Education Knowledge 4,10.

<https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/eutrophication-causes-consecuencias-y-controles-en-el-agua-102364466/>

Bláha, L., Babica, P. y Maršálek, B. (2009). Toxinas producidas en floraciones acuáticas de cianobacterias: toxicidad y riesgos. Toxicología interdisciplinaria 2, 36–41.

<https://doi.org/10.2478/v10102-009-0006-2> Entrada

de la Enciclopedia National Geographic sobre las zonas muertas

<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/dead-zone/>

Carson, Rachel. (1962). Primavera silenciosa. Houghton Mifflin Company, Estados Unidos. Libro de bolsillo de la editorial.

Baptiste A. Poursat, J. van Spanning, RJM, de Voogt, P. & Parsons, JR (2019). Trascendenciade adaptación microbiana para la evaluación de la persistencia ambiental de sustancias químicas, Critical Reviews in Environmental Science and Technology 49, 2220-2255.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2019.1607687>

Köhl, J., Kolnaar, R. y Ravensberg, WJ (2019) Modo de acción de los agentes de control biológico microbiano contra enfermedades de las plantas: relevancia más allá de la eficacia. Frontiers in Plant Science, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00845/full>

Glosario

Microbios aeróbicos: Requieren la presencia de oxígeno libre para crecer.

Anóxico: agotado en oxígeno

Acuífero: Cuerpo subterráneo de roca porosa o sedimento que está saturado de agua subterránea. Se pueden perforar pozos en los acuíferos para recolectar agua para beber y para riego. Biodisponibilidad: la cantidad de una sustancia química que se encuentra en una forma que puede ser absorbida por un organismo o que puede generar una respuesta de este.

Biodegradación: La descomposición de una sustancia química orgánica por microorganismos.

Floración: Un aumento rápido de la población de algas en un cuerpo de agua. Esto puede dar como resultado agua de color verde, amarillo o rojo.

Diclobenil: Herbicida organoclorado utilizado contra las malas hierbas perennes en cultivos y otros

Un marco de educación en microbiología centrado en los niños

usos. Prohibido por la UE desde 2009, pero actualmente aprobado para su uso en EE. UU. y Australia. Dinoflagelado: alga eucariota unicelular que habita en sistemas marinos y de agua dulce.

Disruptor endocrino: sustancias químicas que interfieren con el sistema mensajero hormonal en el interior de animales que regulan funciones corporales como el crecimiento y la reproducción. Esto puede provocar cánceres, defectos de nacimiento y trastornos del crecimiento.

Modificación genética: cambiar la composición genética de un organismo añadiendo genes de un organismo diferente, como por ejemplo mediante la transferencia de un gen microbiano a una planta

Gases de efecto invernadero: Gases en la atmósfera que impiden que el calor que trae la luz solar escape de nuevo al espacio, lo que produce el calentamiento global.

Agua subterránea: agua que existe debajo de la superficie del suelo.

Feromona: Sustancias químicas secretadas por los animales que afectan el comportamiento de otros individuos de la misma especie. En los sistemas de cultivo, se pueden utilizar para atraer plagas hacia trampas o para evitar el apareamiento.

Aceptor terminal de electrones: El último compuesto que recibe un electrón en una cadena de transferencia de electrones. En la respiración aeróbica, el oxígeno se utiliza como aceptor terminal de electrones, mientras que en condiciones anaeróbicas (bajo nivel de oxígeno), el oxígeno se reemplaza por otros materiales, incluidos NO_3^- , Fe_3^+ y SO_4^- .