



Los microbios del suelo y la agricultura

En el suelo conviven numerosos tipos de organismos microscópicos como bacterias y hongos, que pueden ofrecer grandes beneficios. Estos microorganismos contribuyen en la formación 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, hierro, entre otros. Estas sustancias aportan a la fertilidad del suelo y son utilizados por los seres vivos en su metabolismo. Además, muchos de estos microorganismos viven alrededor de las raíces de las plantas e influyen en su crecimiento, y tienen gran importancia para los cultivos agrícolas como las leguminosas y algunos forestales. El crecimiento de las plantas es estimulado por estos microorganismos del suelo que ayudan a absorber nutrientes y las protegen o evitan el ataque de microorganismos patógenos (ver Cuaderno N° 93).

En la actualidad, biólogos, microbiólogos y ecólogos estudian las comunidades microbianas del suelo en busca de microorganismos beneficiosos que puedan ser utilizados en la agricultura, para proteger los cultivos del ataque de plagas o enfermedades, como fertilizantes “amigos” del medioambiente (biofertilizantes), para la limpieza de ambientes contaminados (biorremediación), en la alimentación y otras industrias (ver Cuadernos N° 36, 53, 57, 84).

La importancia de los minerales y el ciclo de la materia

La materia que forma parte del planeta sufre numerosas transformaciones al ser utilizada por los seres vivos. Algunos minerales son asimilados por los organismos fotosintetizadores (como plantas y cianobacterias) que los incorporan a sus estructuras y órganos y utilizan para cumplir distintas funciones metabólicas. A su vez, cuando un ser vivo se alimenta de otro, incorpora esos elementos químicos a través de la cadena alimentaria, y en algún momento retornan al ambiente, ya sea al agua, suelo o aire como parte del ciclo de la materia. A través de estos ciclos y con el uso de energía, la materia se va transformando.

Cuando las plantas y animales cumplen sus ciclos vitales, o cuando eliminan desechos o desprenden partes de su cuerpo (hojas, por ejemplo), estos componentes son descompuestos por numerosos hongos y bacterias, y vuelven al ambiente en estructuras más simples que pueden ser reutilizados por los productores. Así los descomponedores tienen importancia no solo en la cadena alimentaria, sino en la producción de materia orgánica fértil, es decir el humus del suelo.

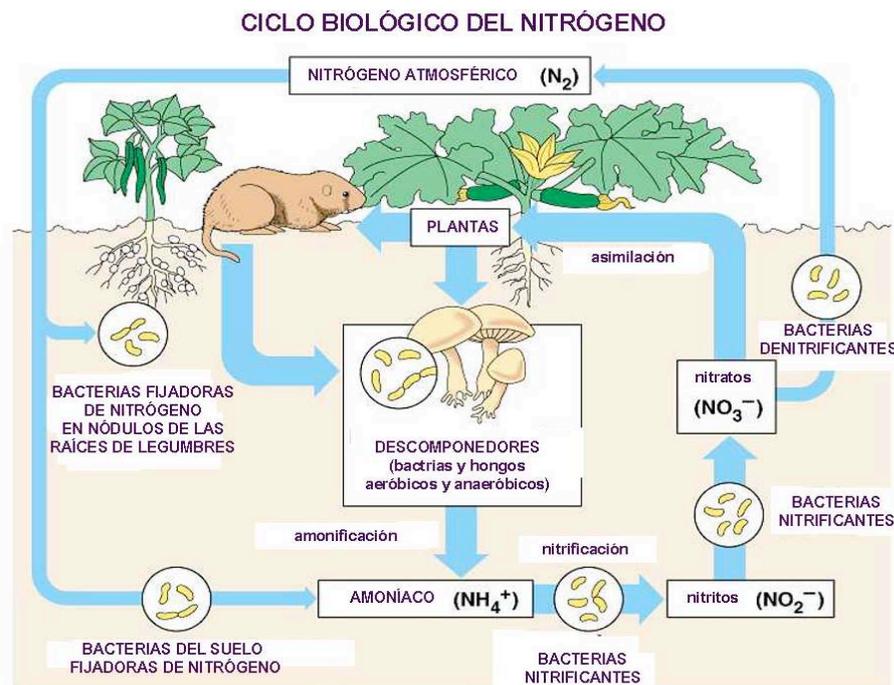
A medida que el hombre comenzó a cultivar plantas para su consumo, estos elementos del suelo se fueron extrayendo junto con las cosechas. Tras años de agricultura, para mantener la fertilidad de los suelos, se hace necesario reponer esos minerales. Es por ello que los agricultores utilizan fertilizantes químicos y de esa forma aseguran grandes rendimientos.

El ciclo del nitrógeno

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.

El nitrógeno es uno de los minerales fundamentales para las plantas, y si bien el 80% de la atmósfera está compuesta por N_2 , éste no es fácilmente asimilable por los organismos. Si bien en la agricultura es costumbre utilizar fuentes de nitrógeno químico, existen microorganismos que son capaces de utilizar el nitrógeno atmosférico. A través de métodos biológicos. Ciertas bacterias y cianobacterias tienen la capacidad de llevar a cabo una reacción química mediante la cual el **nitrógeno** atmosférico es transformado en **amoníaco**. En el suelo, el amoníaco es transformado en **nitritos** y posteriormente en **nitratos** por diferentes tipos de bacterias que actúan en cada paso.

Las plantas sólo pueden absorber el nitrógeno del suelo disuelto en agua en forma de nitratos, y lo utilizan para formar las proteínas. Los animales en cambio, consumen nitrógeno al ingerir las proteínas de las plantas, cuyos aminoácidos participan en la formación de las propias proteínas. Cuando las plantas y animales mueren o eliminan desechos, los microorganismos descomponedores transforman los compuestos nitrogenados en amoníaco. En esta etapa las bacterias convierten el amoníaco en nitratos y una pequeña parte en nitrógeno atmosférico, con lo cual se completa el ciclo.



Organismos que asimilan nitrógeno atmosférico

Existen diferentes tipos de microorganismos procariontes que asimilan N_2 atmosférico y lo convierten en compuestos nitrogenados fácilmente asimilables que devuelven al suelo su fertilidad. Estos seres vivos pueden estar libres, asociados o constituyendo simbiosis.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Ciertas bacterias ampliamente distribuidas en suelos, aguas y heces y algunas especies de algas verdeazules (cianobacterias) que se desarrollan independientemente sobre rocas y sedimentos en las costas de los cursos de aguas, fijan N_2 y lo liberan al medio y éste puede entonces ser aprovechado por otros organismos.

Otros microorganismos, en cambio, viven asociados y pueden fijar N_2 en lugares donde la concentración de oxígeno es muy baja. Un caso es el de bacterias asociadas a raíces de gramíneas o pastos, donde aprovechan azúcares y otros compuestos exudados por la planta para fijar ciertas cantidades de N_2 que eventualmente son asimiladas por las plantas. Un ejemplo de estas bacterias es *Azospirillum* que se asocia a raíces de trigo y maíz.

Otras asociaciones se dan con bacterias *endofitas* que penetran y viven en el interior de gramíneas en los espacios intercelulares y se mueven por los vasos del xilema. Entre ellas están el *Acetobacter* y *Herbaspirillum* que se asocian con la caña de azúcar y *Azoarcus* capaz de asimilar N_2 invadiendo las raíces de arroz.

Entre estos microorganismos algunas bacterias tienen gran importancia porque en determinadas condiciones sintetizan sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, tales como, vitaminas, ácido indolacético, ácido giberélico o citoquininas. Es por ello que se las conoce como “promotoras del crecimiento vegetal”. Además, son capaces de producir sustancias fungistáticas que inhiben el crecimiento de importantes hongos del suelo que afectan a las plantas, como *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* y *Rhizoctonia*. Esto permite que las bacterias sean usadas en planes de control biológico de patógenos (biocontrol).

Finalmente, hay otros tipos de microorganismos capaces de utilizar el nitrógeno atmosférico al vivir en simbiosis con otros seres vivos:

- 1) Las bacterias *Rhizobium* que se asocian con un grupo muy grande de plantas leguminosas (chaucha, arveja, poroto, maní, lenteja, soja);
- 2) Las bacterias *Frankia*, capaces de asociarse con más de 250 especies de plantas no leguminosas, denominadas plantas actinorrícicas que colonizan suelos pobres en nitrógeno.

Existen otras asociaciones simbióticas como las formadas entre plantas vasculares y cianobacterias (algas verdeazules).

El caso de simbiosis *Rhizobium*-leguminosas

En la mayoría de los agroecosistemas el 80% del nitrógeno fijado biológicamente ocurre a través de la simbiosis entre bacterias *Rhizobium* y plantas leguminosas. La asociación se inicia con el proceso de infección, cuando las bacterias reconocen las raíces de las plantas. La bacteria atraviesa las paredes de las raíces llegando al interior de las células vegetales donde forma unas estructuras llamadas nódulos. Estos nódulos constituyen el hogar de las bacterias y es donde se realiza la reacción química a través de la cual el N_2 atmosférico es convertido en amonio que es luego exportado al tejido vegetal para la formación de proteínas y otros compuestos nitrogenados. Por su parte, la glucosa fabricada por la planta durante la fotosíntesis es transportada a la

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.

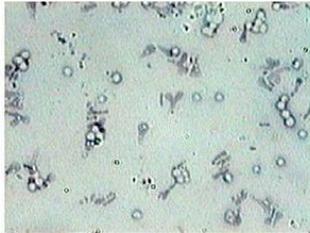
raíz donde las bacterias la usan como fuente de energía. De esta relación ambos organismos (planta y bacteria) se benefician.



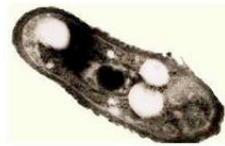
Raíces de una leguminosa



Nódulos en las raíces



Bacterias del género
rhizobium



Bacteria rhizobium

Simbiosis Rhizobium-leguminosa. Fuente: <http://web.educastur.princast.es/>

Aplicaciones de las bacterias fijadoras de nitrógeno y promotoras del crecimiento

Con el avance del conocimiento, el hombre comenzó a utilizar estos microorganismos y asociaciones beneficiosas como la de las bacterias y leguminosas. En la actualidad, los agricultores, además de rotar los cultivos, emplean microorganismos como *biofertilizantes*, y aplican métodos de *biocontrol* para proteger a las plantas contra el ataque de patógenos, plagas y malezas.

Biofertilizantes: La bacteria *Rhizobium* es una de las utilizadas como biofertilizante para facilitar la asimilación de nitrógeno en los cultivos de leguminosas. Esta bacteria es un habitante común en los suelos agrícolas. Sin embargo, para aumentar su población y, en consecuencia, la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, los agricultores agregan a las semillas, antes de la siembra, una mezcla de bacterias *Rhizobium* y otros ingredientes que facilitan su crecimiento. Esta práctica tiene grandes beneficios ambientales ya que al favorecer la fijación simbiótica de nitrógeno, disminuye la necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados y la contaminación por nitrógeno asociada al empleo de estos productos. En la Argentina existen varias empresas e institutos públicos que trabajan en investigación y desarrollo de estas bacterias beneficiosas, con el objetivo de mejorar la eficiencia de fijación de nitrógeno. También se estudia la posibilidad de inducir simbiosis beneficiosas en otros cultivos como el arroz y el maíz a través de técnicas de ingeniería genética.

Biocontrol: Los métodos de control biológico de plagas y enfermedades buscan proteger a las plantas mediante el uso de microorganismos que compitan por los nutrientes con los patógenos o directamente otorguen resistencia a las plantas, por ejemplo al producir antibióticos. Desde hace más de un siglo, la bacteria de la familia "El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Azotobacter es usada con este objetivo en agricultura, observándose notables incrementos en los rendimientos en diferentes cultivos, principalmente en cereales. También las bacterias del género *Bacillus* y *Streptomyces* han resultado muy eficaces en el control de enfermedades. Estas bacterias producen una amplia variedad de sustancias con capacidad antimicrobiana.

El *Bacillus thuringiensis* (BT) es un agente de biocontrol que representa el 90% del mercado mundial de bioinsecticidas. Cuando forma esporas también produce unos cristales constituidos por proteínas que tienen propiedades insecticidas. Esas endotoxinas forman parte de formulaciones comerciales de bioinsecticidas. Se han obtenido plantas transgénicas, como el maíz BT, que contienen el gen de estas proteínas insecticidas, y en consecuencia resisten al ataque de los insectos. Es decir que la misma planta produce el insecticida específico, lo que reduce la necesidad de empleo de productos químicos insecticidas.

Actualmente, cerca de 40 productos están disponibles en el comercio para el control de organismos fitopatógenos. La mayoría de estas bacterias producen antibióticos como mecanismo de control de la enfermedad, pero se sigue investigando con el fin de diseñar nuevos productos biotecnológicos para el control biológico de patógenos en la agricultura.

La micorriza, otra asociación beneficiosa para la agricultura

Ciertos hongos del suelo conviven con las raíces de plantas vasculares formando una asociación mutualista llamada micorriza. En realidad, según descubrieron los científicos, el 90% de las plantas terrestres realizan este tipo de asociación con grandes beneficios. Las micorrizas pueden clasificarse en *ectomicorrizas* y *endomycorrizas*, según la relación del hongo con las células de las raíces de la planta. En las ectomicorrizas el hongo invade la raíz sin entrar en el interior de las células. Por el contrario en las endomicorrizas el hongo invade el interior de las células de la raíz. Este último tipo de micorrizas es muy frecuente y está extendido en todo el planeta. Se la encuentra en la mayoría de los árboles de las zonas tropicales y algunos árboles de bosques templados, como el arce y el fresno, y algunas coníferas como la araucaria. La mayoría de las plantas arbustivas y herbáceas también poseen este tipo de asociación, y casi la totalidad de las plantas cultivadas. Un tipo particular de endomicorriza, la micorriza arbuscular, es la más abundante en los sistemas tropicales. Las plantas se benefician con esta asociación, la cual favorece su reproducción, supervivencia y producción de biomasa. El hongo, al invadir las células de las raíces, actúa como extensiones de las mismas y facilitan la toma de agua y nutrientes poco disponible. Por otro lado, protegen a las plantas de la falta de agua y de patógenos del suelo, haciéndolas más fuertes y competitivas que otras plantas.

Los hongos que forman asociaciones simbióticas con las plantas no pueden ser cultivados en laboratorio. Es por ello que cuando los agricultores quieren aumentar la población de micorrizas en un cultivo de interés, agregan al suelo las mismas raíces de plantas micorrizadas mezcladas con la tierra donde crecen.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Más allá del aspecto biotecnológico, y de los aportes que realiza esta disciplina a los procesos biológicos, este Cuaderno permite abordar en clase el concepto de ecosistema y las asociaciones que allí se establecen.

Ocurre, en ocasiones, que se define el *ecosistema* como la suma de los componentes bióticos y abióticos. Resulta fundamental al tratar este tema destacar que *el ecosistema no es simplemente la suma del espacio físico y de los seres vivos que lo habitan (incluida la materia orgánica en descomposición), sino que incluye también las relaciones que se establecen entre ellos*. La influencia mutua entre las condiciones del ambiente y los seres vivos, y entre los seres vivos entre sí, hace posible las transformaciones de la materia y de la energía que mantienen al ecosistema en funcionamiento. En este concepto se incluyen las relaciones de simbiosis y mutualismo que trata el Cuaderno, y más ampliamente las relaciones tróficas, las redes tróficas, el ciclo de la materia y el flujo de la energía.

Es interesante trabajar también que estas relaciones que se establecen entre los componentes de un ecosistema, forman parte de él, pero no podemos verlas. Es decir, podemos ver a un animal comiéndose a otro, pero no vemos la relación presa-predador. Podemos ver a una vaca comiendo pasto, pero eso no significa que estemos viendo a un productor y a un consumidor, ya que estos términos hacen referencia a la relación entre ellos. Del mismo modo es posible ver los nódulos en las raíces de las leguminosas pero no se ve la relación de simbiosis. Estos conceptos surgen de la interpretación y del estudio del sistema, y permiten su explicación. En este sentido, y referido a cualquier tema que se aborde en biología, es importante diferenciar entre lo que se “ve” y lo que se “interpreta”. En este sentido, es interesante trabajar con los alumnos que la definición de sistema o de ecosistema (como sistema ecológico) está dada por el interés y el objetivo de quien lo estudia. De esta forma, un bosque completo puede considerarse un ecosistema, pero también un único árbol de ese bosque puede considerarse en sí mismo un ecosistema. Los límites del ecosistema los define quien lo estudia.

Respecto del empleo de métodos biológicos de control y fijación de nutrientes, es interesante plantearlo desde un espectro amplio de la agricultura, como parte de un proceso de desarrollo social y económico de las últimas décadas. A partir de esto, es posible interpretar mejor las ventajas y los aportes que pueden hacer la microbiología, la genética, y la biotecnología al desarrollo de una agricultura sustentable.

En las últimas décadas, la necesidad de aumentar la producción de alimentos ha llevado a políticas de desarrollo agrícola que promueven el uso de aportes externos en reemplazo de los recursos y procesos naturales de control. Por ejemplo, los pesticidas sustituyeron

en gran medida a los medios biológicos para controlar plagas, malezas y enfermedades, mientras que los fertilizantes inorgánicos sustituyeron al estiércol, el abono vegetal y la fijación biológica de nitrógeno. Este reemplazo introdujo problemas

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



tales como altos costos energéticos, erosión, contaminación, pérdida de productividad, disminución de los ingresos y riesgos para la salud de la población. La alternativa de la agricultura sustentable se plantea como un modelo de organización económica y social, que requiere una participación activa de los agricultores y un conocimiento sobre el funcionamiento del ecosistema. Sus objetivos son:

- ü la producción de una cantidad adecuada de alimentos que contemple la protección de los recursos, la conservación del suelo, el agua, la energía y los recursos biológicos, y la seguridad del ambiente;
- ü una mejora del equilibrio entre los métodos de explotación, la capacidad productiva, y las limitaciones ambientales para garantizar que los niveles de producción sean sostenibles a largo plazo;
- ü un acceso más equitativo a los recursos y la transición a formas de agricultura más justas desde el punto de vista social, y un incremento de la autosuficiencia de los agricultores y de los pueblos rurales.

La agricultura sustentable combina técnicas tradicionales de conservación con métodos modernos, y se basa en:

- ü mayor incorporación de los procesos naturales, como el ciclo de los nutrientes, la fijación biológica del nitrógeno y el control biológico de plagas;
- ü rotación y diversificación de los cultivos que permiten recuperar la fertilidad del suelo, reducir las poblaciones de malezas y plagas y, en consecuencia, la necesidad de pesticidas y herbicidas;
- ü incorporación de plantas regeneradoras del suelo en la rotación de cultivos que fijan y protegen el suelo y, al ser enterradas con el arado, le aportan materia orgánica, aumentan la retención de agua y reducen la erosión;
- ü reducción del uso de aportes externos no renovables como fertilizantes sintéticos, pesticidas y aditivos para el alimento del ganado; mayor uso productivo del potencial biológico y genético de las especies vegetales y animales.

ACTIVIDADES

Actividad 1. Repaso de conceptos

Indicar cuál de las afirmaciones referidas a la simbiosis, es verdadera. Justificar en cada caso

- a) Los cultivos agrícolas necesitan menor adición de fertilizantes ya que se aprovechan mejor los nutrientes del suelo.
- b) Se reduce el uso de fungicidas y bactericidas.
- c) Aumenta el rendimiento.
- d) Las leguminosas como la soja, requieren menor adición de fertilizante nitrogenado porque asimilan el nitrógeno atmosférico fijado por bacterias simbióticas.

a) Verdadera. esto es posible por la asociación con microorganismos.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



- b) Verdadera. los microorganismos protegen a las plantas de los patógenos aumentando su defensa o induciendo la producción de sustancias antimicrobianas.
- c) Verdadera. los microorganismos asociados inducen el crecimiento de las plantas al producir sustancias promotoras, protegerlas de la sequía o de los patógenos.
- d) Verdadero. ciertas bacterias que viven en estructuras nodulares en las raíces de las leguminosas tienen la capacidad de transformar el nitrógeno atmosférico para que las plantas puedan incorporarlo y utilizarlo en su metabolismo

Actividad 2. Actividad experimental. Fijación biológica de nitrógeno

Objetivo: Comprobar los beneficios de la Fijación Biológica de Nitrógeno atmosférico y de la inoculación. Se sugiere dividir el curso en tres grupos.

Material por grupo de alumnos:

- ü 20 semillas de poroto o soja
- ü 10 frascos de plástico con tapa para usar como macetas
- ü Tierra (suficiente para llenar 10 frascos)
- ü Inoculante (se puede conseguir una muestra en una semillera o productora de inoculantes)
- ü Lavandina comercial
- ü Agua hervida durante 15 minutos

Procedimiento por grupo:

- Esterilizar la mitad de la tierra. Una forma sencilla de esterilizarla consiste en hervir la tierra disuelta en agua durante 15 minutos en una olla de presión o durante 30 minutos en una olla común.
 - Filtrar la tierra con una tela y dejarla enfriar.
- Hacer pequeños agujeros en la base de los frascos para permitir que drene el agua de riego de las macetas.
- Llenar dos de las macetas con tierra estéril y dos con tierra no estéril.
- Hacer cuatro agujeros en cada una de las tapas (suficientemente grandes como para que entren las semillas) y tapar las macetas.
- Esterilizar las semillas: diluir el cloro al 20% (un volumen de cloro por cuatro de agua) y sumergir las semillas en esta solución durante 20 minutos. Luego enjuagarlas con agua hervida o desinfectada.
- Sólo dos de los tres grupos usarán el inoculante. Inocular la mitad de las semillas según recomendaciones del fabricante.
- Sembrar las semillas según los siguientes tratamientos:
 - 1: Sembrar 10 semillas no inoculadas en 5 macetas con tierra estéril (2 semillas por maceta).
 - 2: Sembrar 10 semillas no inoculadas en 5 macetas con tierra no estéril (2 semillas por maceta).

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



3: Sembrar 10 semillas inoculadas en 5 macetas con tierra estéril (2 semillas por maceta).

4: Sembrar 10 semillas inoculadas en 5 macetas con tierra no estéril (2 semillas por maceta).

Nota: cuidar que las semillas queden cubiertas con tierra.

- Cultivar las plantas durante 20 días, regándolas con agua hervida (fría).
- Solicitar a los alumnos que escriban los resultados que esperan obtener al momento de hacer la siembra.
- Analizar los resultados obtenidos. Comparar las 4 tratamientos: buscar presencia de nódulos, tamaño de las plantas, color de las hojas, actividad de los nódulos (una coloración rojiza indica que estos nódulos son activos. Otros colores, como verde o blanco indican ausencia de actividad.)
- Contrastar los resultados obtenidos con los esperados.
- Cada alumno escribirá en su cuaderno la conclusión que sacan a partir de los resultados obtenidos.

Resultados esperados: en los tratamientos 2, 3 y 4 las plantas deberían crecer más que las del tratamiento 1, deberán ser de un color verde más intenso y presentar nódulos en sus raíces, debido a la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno preexistentes en la tierra o por causa de la aplicación de inoculantes. Las semillas inoculadas deberían presentar mayor número de nódulos que en el tratamiento sin inoculación. En el tratamiento 1 no deberían visualizarse nódulos porque los microorganismos preexistentes deberían haberse degradado por la esterilización.

Importante: si la tierra es muy rica en nitrógeno o es muy ácida, las diferencias no podrán observarse con facilidad, ya que ambos factores actúen inhibiendo la nodulación, por lo cual se recomienda que las pruebas se realicen con tierra de diferentes zonas, para asegurar el éxito de esta actividad.

MATERIAL DE CONSULTA

La fijación simbiótica de nitrógeno en soja. Nodulación, Inoculante y Métodos de Inoculación. Leticia A Fernández. *Ciencia Hoy*. Vol 15 - N° 85. 2005.

<http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy85/soja.htm>

Libro electrónico. Ciencias de la Tierra y del medio ambiente. Luis Echarri Prim. España.

<http://www.esi.unav.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/indice.html>

Plantas, bacterias, hongos, mi mujer, el cocinero y su amante. Sobre interacciones biológicas, los ciclos de los elementos y otras historias. Luis G. Wall Colección Ciencia que Ladra. UNQ. Siglo XXI. 2005.

Revista Red Escolar. La ciencia en todas partes. La fijación biológica de nitrógeno y su importancia. Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno. Universidad Nacional de México. <http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/Revista/06/articulos/06.html>.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Reino Fungi: Micorrizas. Sitio web con temas en hipertexto de Biología
<http://fai.unne.edu.ar/biologia/fungi/micorrizas.htm#inicio>

Ecología de las comunidades. Sitio web con temas en hipertexto de Biología
<http://www.biologia.edu.ar/ecologia/ECOLOGIA%20DE%20LAS%20COMUNIDADES.htm>

Red Iberoamericana De Biofertilizantes Microbianos Para La Agricultura
<http://www.cytod.org/Menu5/RedConsul.asp?CodRed=247>

Documento "Fertilizantes". Rubén Iglesias García- Enero 2001
http://coli.usal.es/Web/educativo/biotec_microb/temas/29RubenIglesiasGarcia.pdf

Documento Empresa Biagro. <http://www.biagrosa.com.ar/esp/images/revista2.pdf>

Aspectos generales de las Micorrizas. <http://www.forestaluchile.cl/curso/fivegf/mico.htm>

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.