



APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS Y SUS BENEFICIOS EN SUELOS

PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE AGRÓNOMO.

RUBÉN DARÍO OCHOA MARÍN

VÍCTOR HUGO OCHOA MARÍN

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA- UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO**

AMBIENTE (ECAPMA)

AGRONOMÍA

MEDELLIN

ABRIL DE 2019



**APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS Y SUS BENEFICIOS EN SUELOS
PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**RUBÉN DARÍO OCHOA MARÍN
VÍCTOR HUGO OCHOA MARÍN**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE (ECAPMA)
AGRONOMÍA
MEDELLIN
ABRIL DE 2019**



Nota de aceptación

Rocío del Carmen Yepes Dávalos

Jurado

Diego Mauricio Hernández

Asesor



DEDICATORIA

Víctor: Para Ángela y Laura, esposa e hija, por acompañarme en este proceso y por su comprensión y el tiempo que no pudimos compartir en familia.

Rubén: A Dios, Mónica e Isabela, en ustedes la entrega y la paciencia en medio de mis actividades. A mi familia gratitud permanente.



AGRADECIMIENTO

Al cuerpo de docentes de la escuela ECAPMA, cada uno de ustedes hace parte de este proyecto hecho realidad, a nuestras familias, a Luis Felipe Tobón motivador y compañero para este proyecto de vida, Maritza Londoño, Zootecnista, por su apoyo permanente y orientación.

CONTENIDO

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
El ciclo del nitrógeno	9
Ciclo del Fósforo	10
Ciclo del Potasio.....	10
Ciclo del Azufre	11
CAPÍTULO 1. IMPORTANCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN EL SUELO ...	15
Figura 1. <i>Microorganismos del suelo</i>	15
Figura 2. <i>Efecto de la inoculación con Azospirillum en trigo</i>	17
Figura 3. <i>Ley del minino de Liebig</i>	19
Tabla 1. <i>Tabla de composición producto comercial Sobio TMO</i>	20
Logotipo 1. <i>Producto comercial Sobio TMO</i>	21
CAPÍTULO 2. MICROORGANISMOS DEL SUELO Y SUS BENEFICIOS.	
RELACIÓN SUELO-PLANTA	22
Tabla 2. <i>Inoculantes microbianos en beneficio de los sistemas suelo-planta sostenibles.</i>	24
Figura 4. <i>Sustancias químicas con efecto antifúngico sintetizadas por Bacillus subtilis</i>	26

CAPÍTULO 3. INOCULACIÓN: TIPOS DE MICROORGANISMOS UTILIZADOS	29
Tabla 3 efecto de la inoculación sobre la altura de plantas de cebolla.....	31
Tabla 4. efecto de inoculación y humedad en la producción de clorofila	34
Figura 5. <i>Funciones de las bacterias. Suelo-planta</i>	35
Logotipo 2. <i>Producto comercial Intro SL</i>	37
Logotipo 3. <i>Producto comercial Blinder SC</i>	37
Figura 6. <i>Bacteria fijadora de Nitrógeno. Azotobacter Chroococcum</i>	38
Figura 7. <i>Bacteria promotora de crecimiento. Pseudomonas sp</i>	39
Figura 8. <i>Bacteria fijadora de Nitrógeno. Azospirillum sp.</i>	39
.....	39
Figura 9. <i>Bacteria promotora de crecimiento y control biológico. Bacillus sp</i>	40
Figura 10. <i>Hongo. Trichoderma</i>	40
Figura 11. <i>Ciclo del fósforo</i>	41
CONCLUSIONES.....	45

El suelo, nuestro suelo...Según la relación que tengamos con él podremos ser en el futuro “dueños” de sus riquezas o de su pobreza... Tal vez necesitemos mirar hacia abajo más seguido para poder seguir más adelante.

Hugo A. Ferlini Micheli y Shirley del C. Díaz

RESUMEN

Para contextualizar al lector se debe definir algunos de los conceptos básicos de los temas que contienen la intención de la monografía, de modo que se pueda dimensionar el alcance de la propuesta, la importancia de devolver la vida al suelo, el suelo es vida y en este medio natural ocurren innumerables procesos que determinan para una especie vegetal la máxima capacidad de fijación de nutrientes, de que se cumplan los procesos de mineralización de materia orgánica y fijación biológica del Nitrógeno, otros.

“Los microorganismos desempeñan funciones de gran importancia en relación con procesos de edafogénesis; ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, oxígeno, el azufre, el fósforo, el hierro y otros metales; fertilidad de las plantas y protección frente a patógenos; degradación de compuestos xenobióticos, etc.” (Nogales, 2005)

La inoculación de microorganismos es entonces la incorporación de los mismos en los sustratos donde se tiene la planta, esta se puede realizar desde los semilleros y a través del estado de desarrollo de las plantas, también en campo directo, dadas las características de los microorganismos se deben llevar a cabo ciertos cuidados que no limiten la viabilidad y trabajo de los mismos en el suelo.

Palabras clave: Suelo, microorganismos, inoculación

ABSTRACT

To contextualize the reader, we must define some of the basic concepts that contain the intention of the monograph, so that you can measure the scope of the proposal, the importance of returning life to the soil, the soil is life and this natural environment occurs innumerable processes that determine for a vegetable species the maximum capacity for nutrient fixation, that the processes of mineralization of organic matter and biological fixation of Nitrogen are met, others.

"Microorganisms play important roles in relation to edaphogenesis processes; biogeochemical cycles of elements such as carbon, nitrogen, oxygen, sulfur, phosphorus, Iron and other metals; plant fertility and protection against pathogens; degradation of xenobiotic compounds, etc." (Nogales, 2005)

The microorganisms inoculation is then the incorporation of the same in the substrates where the plant is, this can be done from the nurseries and through the stage of development of the plants, also in the direct field, given the characteristics of the microorganisms we have to do certain care that does not limit the viability and work of the same on the ground.

Key words: Ground, microorganisms, inoculation

INTRODUCCIÓN

Hay un aspecto que debe ser tomado en cuenta y es la relación de los microorganismos como uno de los aspectos o factores que intervienen en la formación del suelo, citado en Química del suelo y medio ambiente. Se hace mención especial a que la actividad biológica hace parte del proceso de formación del suelo junto con otros como la humedad y temperatura también de importancia, sin embargo resalta el papel de los microorganismos en función del proceso de humificación y mineralización, dice el autor: (J., & Sánchez 2006) que “Los componentes activos del ecosistema suelo son: microorganismos, vegetales superiores y animales. Microorganismos: Reguladores del proceso de humificación y mineralización, paralelo a este concepto determina que “Los organismos que viven en el suelo contribuyen a la descomposición de la materia orgánica.”

Según Doran et al. (1994) y Blum (1998), como lo cita Acuña et al. (2006); la calidad del suelo no es fácil de conceptualizar, ya que la misma se define en función al uso y manejo del medio edáfico que favorece determinadas condiciones (suelos agrícolas, forestales, industriales, etc.); no obstante, debe de tomar en cuenta el equilibrio medioambiental y las funciones básicas del suelo: filtración, productividad y degradación.

Desde un punto de vista sostenible y de salud para el agroecosistema, debe definir la capacidad del medio para mantener su productividad biológica, su calidad ambiental, promoviendo además la salud de animales, plantas y hasta del propio ser humano (Doran y Parkin, 1994); citado por Acuña et al. (2006).

Las malas prácticas agrícolas, el inadecuado manejo al recurso suelo y los desaciertos en la planeación agrícola como el monocultivo, poca incorporación de materia orgánica, promoción de la erosión del suelo, inadecuados planes de fertilización, uso inadecuado de agroquímicos, entre otros, han hecho que el suelo como recurso y como medio que alberga gran cantidad de microorganismos benéficos haya perdido esos agentes naturales que de manera gratuita aportan y promueven procesos biogeoquímicos naturales importantes para preservar la vida del suelo y sus efectos por ejemplo en la solubilización de elementos

como el Fósforo, Potasio y principalmente en la fijación de Nitrógeno atmosférico por tal motivo la actividad microbiana en el suelo es parte fundamental de la interacción suelo-planta, razón por la cual se hace necesario restablecer su equilibrio natural y mantener poblaciones activas de forma permanente, de alguna manera se puede decir que se debe mantener el suelo como un medio vivo donde ocurren diversos procesos y no solo como un sustrato sobre el que se desarrolla una actividad agrícola.

De una manera sencilla (Corrales Ramírez, 2014) en “Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal” anota que la fijación del fósforo como proceso importante para las plantas por parte de diferentes microorganismos ya que ...”Los microorganismos han demostrado cumplir funciones que mantienen el equilibrio del suelo y apoyan el crecimiento vegetal mediante diversos mecanismos, entre ellos la solubilización de fosfatos, por el cual se logra liberar el ion fosfato accesible para la planta.

El concepto de relación suelo – planta debe avanzar entonces en la comprensión del proceso que ocurre en la disponibilidad de elementos esenciales para la planta y en la disponibilidad de los mismos en el suelo para que estos reamente sean asimilables por disposición, tiene sentido entonces como lo cita (Martínez-Viera, R, Dibut, B, & Yoania, Ríos. (2010) “los biofertilizantes y bioestimuladores microbianos representan un componente vital de los sistemas sustentables” dando pauta a entender verdaderamente el propósito de avanzar en su uso y en la comprensión de repoblar los suelos mediante prácticas de inoculación a partir de diferentes propuestas, además igual refieren que estos microorganismos son “capaces de aportar a los cultivos el nitrógeno fijado de la atmósfera, el fósforo transformado a partir del que está fijado en el suelo y las sustancias fisiológicamente activas que, al interactuar con la planta, desencadenan una mayor activación del metabolismo vegetal”

También se puede resaltar la descripción que realiza por (Poonamgautam et al., 2003) y descrita por (CHATURVEDI, 2016) acerca del destacado papel de los microorganismos y describe... “mediante el uso de microorganismos acoplados a sustancias orgánicas (es

decir, estiércol de corral) es una opción disponible para aumentar la disponibilidad de P en forma fácilmente asimilable por los cultivos”.

Los microorganismos del suelo, aparte de suministrarle una buena cantidad de biomasa al mismo y de causar, en algunos casos, problemas fitosanitarios en los cultivos, intervienen activa y directamente en ciclos geoquímicos como el del Carbono (C) el del Nitrógeno (N), el del Fósforo (P) y el del Azufre (S), que son los más conocidos. También toman parte en una buena cantidad de procesos y reacciones que tienen que ver con la nutrición vegetal. (Sánchez y Valderrama 2014).

En cuanto al Nitrógeno se pueden mencionar características destacadas por lo importante de este elemento con relación a las altas aplicaciones en diferentes cultivos, es así como este elemento aplicado en fuentes edáficas se ha convertido en exagerado y puede decirse que es mal manejado, altas dosis, fuentes de ureas no protegidas, aplicado en épocas secas lo que aumenta su volatilización, o incluso aplicado en dosis altas en épocas muy lluviosas, además, se trata de una materia prima con altas variaciones de precios, lo que en periodos definidos se convierte en un insumo de alto costo para el agricultor, si bien actualmente el mercado ofrece nuevas formulaciones de productos a base de urea que ya vienen recubiertos (con Azufre) o con inhibidores de ureasa no deja de presentarse algunas limitaciones para que este elemento en las fuentes aplicadas sea el más eficiente y por ende en la relación costo beneficio sea el productor el que saque el mejor provecho de tan importante materia prima y es en este aspecto que se puede decir que la aplicación de microorganismos específicamente bacterias nitrificantes o fijadoras de Nitrógeno sean una alternativa más que racional como efectiva para el aprovechamiento y transformación de tan importante elemento en la disponibilidad del suelo y en la posterior disponibilidad en la relación suelo- planta.

Se ha reportado bajo experiencias en Brasil de aplicaciones de biofertilizantes se destacan logros importantes entre los que se cita en aplicaciones de caña de azúcar el aumento de la cantidad de nitrógeno fijado al suelo y resalta que... “Esta fijación es natural y gratuita, y

demuestra que todos los incrementos en los aportes de N que puedan lograrse por la aplicación efectiva de los biofertilizantes, tienen un elevado valor económico. Para el caso de la soya el ahorro por la fijación de nitrógeno se considere que... “le representa a Brasil una economía de fertilizante equivalente a 1 500 millones de USD”. (Martínez-Viera, 2010)

Ciclos minerales importantes para las plantas:

El ciclo del nitrógeno: Es un ciclo biogeoquímico que se distingue por el tránsito del nitrógeno por diferentes cambios químicos y biológicos en el planeta. Este ciclo suele repetirse una y otra vez, es decir del aire pasa al suelo y viceversa. Se caracteriza por ser un ciclo muy complejo, ya que el elemento tiene que pasar por diferentes procesos hasta regresar a la atmósfera. (Definición el Ciclo del Nitrógeno)

Las etapas por las cuales debe pasar el nitrógeno son las siguientes:

Fijación: este representa el primer paso para que el nitrógeno pueda fijarse en la atmósfera terrestre, esto puede ocurrir gracias a la acción de los destellos de los relámpagos o por la actividad de algunas bacterias, las cuales unen el nitrógeno a las plantas.

Amonificación: el suelo se encuentra lleno de bacterias, estas bacterias cuentan con unas enzimas que transforman el nitrógeno gaseoso en iones de amonio que terminan por adherirse al suelo. (Definición el Ciclo del Nitrógeno)

Nitrificación: una vez que el nitrógeno se encuentra en el suelo, otro grupo de bacterias convierten el amoniaco y el amonio en nitrito, que luego será transformado en nitrato.

Asimilación: las plantas absorben el nitrato que se encuentra en el suelo y lo emplean para fabricar proteínas, las cuales pasan a los animales por medio de la cadena alimentaria. Este ciclo vuelve a reiniciar cuando los animales y vegetales mueren.

Desnitrificación: una parte de ese nitrato que se encuentra en el suelo se pierde durante el proceso de desnitrificación. A través de este proceso, ciertas bacterias modifican el nitrato y el nitrógeno gaseoso, liberándolo a la atmósfera. (Definición el Ciclo del Nitrógeno)

La importancia del nitrógeno reside en los beneficios que les proporciona a los seres vivos. El nitrógeno es fundamental para que las células vegetales y animales funcionen de una manera efectiva. Las plantas por su parte necesitan del nitrógeno para desarrollarse y producir semillas.

Tanto las plantas como los animales no pueden absorber de manera directa el nitrógeno, es por esto que el ciclo del nitrógeno es de vital importancia para ellos (Definición el Ciclo del Nitrógeno)

Ciclo del Fósforo: El fósforo es tomado en forma de fosfatos por los seres vivos, gracias al proceso de meteorización de las rocas, ya que las rocas, al descomponerse, liberan fosfatos. Estos fosfatos pasan a través del suelo a los vegetales, y de estos a los animales que se alimentan de las plantas o de otros animales que los hayan obtenido, y son devueltos al suelo a través de sus excrecias.

Ya en el suelo, los descomponedores actúan sobre los excrementos animales, volviendo a producir fosfatos.

Asimismo, el fósforo también puede ser liberado durante la descomposición de cadáveres. De allí, pasa a los organismos vegetales en forma de fosfato orgánico.

El ser humano es también responsable de la movilización del fósforo cuando explota rocas que contienen fosfatos. (Ciclo del fósforo).

Ciclo del Potasio: El potasio se encuentra en el suelo en distintos silicatos que forman parte de las rocas de origen magmático tales como micas, feldspatos, etc. También se combina con la materia orgánica, aunque por su escasa transformación en formas minerales es poco importante.

Además, existen formas iónicas libres en la solución del suelo, adsorbidas en el complejo de cambio y fijadas en determinadas arcillas

Agronómicamente, podemos clasificar las formas de potasio en los siguientes tipos:

En la solución del suelo, lo que significa que es directamente asimilable; cambiante, es decir, fijado en la superficie de las arcillas y en el complejo arcillo-húmico, interviniendo en el intercambio catiónico con la solución del suelo; interlamina, situado entre las láminas de arcilla muy difícilmente disponible para las plantas y; la fracción mineral, no utilizable por las plantas y liberado muy lentamente por meteorización y por la acción de determinadas bacterias (Ciclo del Potasio).

Ciclo del Azufre: El ciclo de este elemento, se trata de un ciclo biogeoquímico, el cual se basa en el paso de este elemento, con los distintos cambios que sufre, a través del medio ambiente, es considerado uno de los ciclos más complejos dentro de todos los procesos químicos y biológicos; esto se debe a que, en su paso por el agua, el suelo y los diversos ecosistemas, el mismo atraviesa distintos estados de oxidación. (Ciclo del Azufre)

Transformaciones químicas del azufre durante el ciclo

Mineralización: Esta etapa ocurre en las capas superficiales del suelo, el sulfato que se libera del humus es fijado en pequeñas cantidades por los coloides del suelo, el sulfato se liga de forma débil en comparación con el fosfato, en esta etapa el azufre es reducido para integrar los compuestos orgánicos. Esto quiere decir que durante la mineralización, el azufre pasa de su forma orgánica a su forma inorgánica, convirtiéndose en sulfuro de hidrógeno, minerales a base de sulfuro y azufre elemental.

Oxidación: Durante esta etapa el sulfuro de hidrógeno se oxida, así como el azufre elemental y todos los minerales relacionados con el azufre, formándose el dióxido de azufre que actúa en el ambiente como agente oxidante y como agente reductor.

Reducción: Esta etapa ocurre gracias a las bacterias reductoras, las cuales obtienen toda su energía reduciendo el sulfato o azufre a sulfuro de hidrógeno, esto permite que el azufre pueda ser asimilado por los organismos productores primarios y muchos microorganismos heterotróficos. (Ciclo del Azufre).

Por último, ocurre la inmovilización microbiana de los compuestos del azufre, para incorporarse posteriormente a la forma orgánica del azufre.

Las plantas utilizan el azufre para realizar sus funciones vitales, pero solo cuando este se encuentra en forma de sulfato. (Ciclo del Azufre)

Los microorganismos son menos visibles y palpables que los demás organismos vivos que habitan el suelo y son ellos, en última instancia, los responsables de mantener el caldo vivo del suelo, con sus infinitas y estrechas relaciones entre ellos. (Sánchez y Valderrama 2014).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Obtener información sobre los microorganismos y su importancia en los suelos, así como los beneficios que se obtienen cuando son incluidos mediante inoculaciones en planes de manejo de cultivos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Obtener información a través de bases de datos disponibles para conocer acerca de los microorganismos y sus beneficios y efectos en la relación suelo-planta.
- Identificar las principales razones por las que es importante la aplicación de microorganismos al suelo.
- Definir cuál tipo de microorganismos puede incluirse para hacer inoculaciones en suelo.
- Comparar diferentes resultados e investigaciones acerca del uso de EM en agricultura.
- Conocer experiencias reportadas en campo con el uso de microorganismos de diferentes clases.

JUSTIFICACIÓN

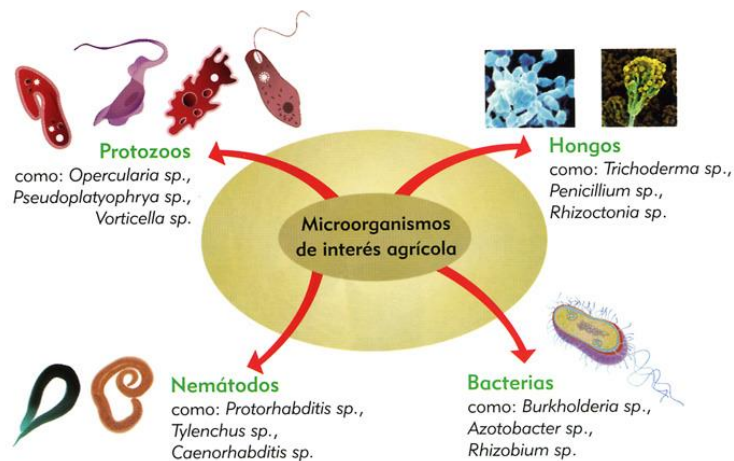
Cuando se trata de describir el concepto de suelo normalmente se describe como el medio sobre el cual se desarrollan las especies vegetales y sobre el sustrato en el que se concentran los minerales propios para su desarrollo, haciendo referencia a lo descrito por Nogales (2005) se considera el suelo como “un sistema de interacción entre tres fases bien definidas: una fase sólida, constituida por materia mineral y orgánica, una fase líquida, y una fase gaseosa o atmósfera del suelo” dados estos conceptos el tema central de la monografía nos ubica en tener claras algunas características particulares del suelo y en estas relacionar que el componente inorgánico tiene que ver con el aporte e influencia en la disponibilidad de nutrientes, aireación, retención de agua, etc. Paredes (2013) conceptualiza que “la materia orgánica procede de la actividad de los distintos organismos vivos del suelo y su composición y cantidad es variable, principalmente en función del tipo de cubierta vegetal.” (Nogales, 2005).

Dado este concepto sencillo se busca generar un marco de información sobre el cual el agricultor tome la decisión de establecer la aplicación de microorganismos y restablezca de alguna manera el equilibrio del recurso sobre el cual el genera su experiencia productiva, en la actualidad muchos cultivos demandan gran cantidad de insumos principalmente herbicidas (glifosato), bactericidas, fungicidas de varios ingredientes activos, fertilizantes edáficos, enmiendas y en momentos definidos como la siembra la materia orgánica, recuperar el suelo como agente de vida y en el restablecer los procesos naturales de transformación de la materia orgánica, solubilización de minerales importantes y mejoramiento del sistema radicular, además activar mecanismos de defensa de las plantas contra ataque de enfermedades.

CAPÍTULO 1. IMPORTANCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN EL SUELO

En el suelo se pueden encontrar una enorme cantidad de organismos diferentes, de tamaño y funciones muy variable. Son fundamentales para el desarrollo de la vida en el planeta, jugando un papel relevante en la formación y estructuración del suelo y en la movilización de nutrientes. Se han de conocer, pues los agentes que viven y trabajan en el suelo, saber cuáles son sus acciones en el biotopo suelo y cómo el hombre puede intervenir para mantener y acrecentar la fertilidad de los suelos cultivados utilizando a los organismos edáficos en su favor. (Asoc. Vida Sana).

Figura 1. *Microorganismos del suelo*



Microorganismos del suelo. Fuente: <http://www.elbruixot.com/semillasdemaria/funcion-de-los-microorganismos-en-la-nutricion-de-las-plantas/>

Toalombo I, R. M (2012), indica que según Piedrabuena (2003), los Microorganismos Eficientes (EM) son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro géneros principales: Bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos,

minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además, mediante su acción cambian la micro y macro flora de los suelos y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, y ésta se transforme a su vez en tierra (suelo) azimogénico. A través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus.

Citado en (Kristen Becklund, 2014) se hace mención sobre suelos supresores en un estudio sobre las bacterias del género *Streptomyces* donde por medio de una investigación pretendían conocer el potencial de supresión de bacterias de este género y resaltan que “Éstos incluyen antibióticos que pueden inhibir Fito patógenos del suelo y disminuir enfermedades”, en este sentido se destaca entonces la capacidad de los diferentes agentes microbiológicos disponibles en los diferentes tipos de suelos.

Para tener un panorama amplio de lo que aborda el concepto sobre la descomposición de la materia orgánica se apoya en la definición de (Herrán F, et al.2008), donde describe que “la conversión de los desechos orgánicos procedentes del hogar, la agricultura, mercado, desazolve de drenes, entre otros, en un material relativamente estable llamado humus” y en relación a este concepto por ende la calidad del mismo dependerá también de su fuente generadora, y que su composición dará origen a la riqueza de su composición mineral y microbiológica.

El humus entonces es fundamental en esta descripción de la riqueza del suelo, ya que se genera bajo la influencia de procesos de descomposición anaeróbica en condiciones propias de humedad y aireación.

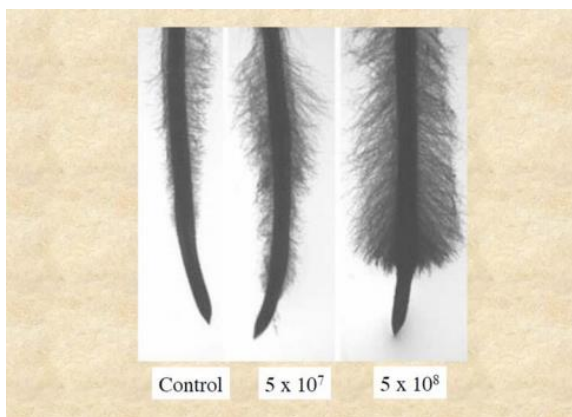
Cuando ocurren estos procesos complejos y básicos de la formación de compuestos del suelo se da comienzo a la interpretación del valor que tienen los microorganismos como agentes de consolidación de los diferentes complejos y procesos biogeoquímicos que son objeto de este documento, podemos ampliar entonces el contenido haciendo mención de los

microorganismos eficientes por sus siglas (EM) como lo citan diferentes autores en diferentes apartes.

Hurtado (2001), manifiesta que los microorganismos eficientes actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. (Citado por Toalombo 2012).

Para ilustrar un poco en el gráfico 2, la importancia de los procesos que ocurren a partir de la respuesta natural de los microorganismos en las raíces, hacemos referencia a la inoculación de *Azospirillum sp* en trigo se muestra el efecto en la raíz donde es marcada la diferencia en emisión de raíces secundarias, lo que señala entonces el beneficio directo al sistema radicular y por consiguiente en adelante para la planta el aumento de la capacidad de absorción de minerales, por ejemplo.

Figura 2. Efecto de la inoculación con *Azospirillum* en trigo



Modificación en la raíz de trigo por la inoculación de *Azospirillum* en trigo. Fuente: http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=CR OPS-FOR-BETTER-SOIL_formacion-5.pdf

Restrepo (2007) indica que los principales daños en la falta de microorganismos humificantes (falta de enlace de nutrimentos) son dos:

- Las plantas absorben demasiados nutrimentos, lo cual se torna dañino para la salud de los animales que se alimentan de un pastizal (o para los seres humanos que se alimentan de hortalizas producidas en esos suelos).
- Los nutrimentos se lixivian a la capa freática y contaminan el medio ambiente.

Según Restrepo (2007), un suelo no es fértil debido a que contiene grandes cantidades de humus (teoría del humus), o de minerales (teoría de los minerales), o de nitrógeno (teoría del nitrógeno), sino debido al crecimiento continuo de numerosos y variados microorganismos, principalmente bacterias y hongos, los cuales descomponen nutrimentos a partir de la materia orgánica que suministran las plantas y animales y los reconstruyen en formas disponibles para la planta.

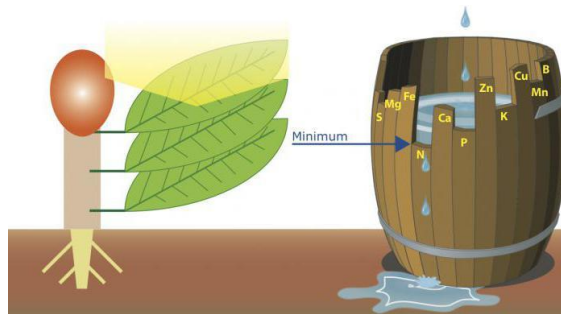
Restrepo (2007) también menciona una destreza especial “de la vida del suelo” la cual consiste en poner a disposición de las plantas los minerales que necesitan para su desarrollo y en mejorar la relación suelo-planta dado que la disponibilidad de los minerales se ve afectada por la poca población de microorganismos, debido en muchas a ocasiones como se mencionó antes, a las malas prácticas agrícolas, inadecuados usos del suelo y mala utilización de agroquímicos; pero una vez el suelo adquiere y/o recupera su componente biológico este es capaz de retornarse vivo y ocurren procesos como el de formar humus y otras sustancias diferentes, y la estructura grumosa del suelo.

Al mencionar la disponibilidad de minerales en la relación suelo-planta se hace necesario poder mencionar la importante ley del mínimo o ley de Liebig planteada por el llamado padre de la agricultura el químico alemán “Justus von Liebig”

La ley del mínimo expresa los diferentes factores que influyen en el crecimiento de las plantas, se representa en el ejemplo del barrilito, donde muestra que con tan solo un elemento mineral que no esté disponible para la nutrición de la planta, este afecta al resto

así se encuentren en cantidades óptimas , para entenderlo de forma sencilla citamos la imagen de referencia y una sencilla explicación .Citado por (Murgueitio, 2016) define la ley como: “Ante la deficiencia de un constituyente necesario, aunque todos los otros estén presentes, el suelo se constituirá en una barrera para la producción, por la carencia del nutriente”. Este enunciado se ha representado por un barril, el cual no se puede llenar más allá de la tira más corta (Factor limitante).

Figura 3. Ley del minino de Liebig



Representación de la ley del minino de Liebig (el barrilito), fuente: <http://es.nextews.com/d2c7208e/>

Un suelo con las cualidades mencionadas anteriormente establece un excelente ambiente de crecimiento sano y vital para las raíces de las plantas. Nuestra “vida del suelo” se encarga de un buen suministro de agua-nutrientos-agentes activos (fitohormonas, antibióticos enzimas y co-enzimas, etc.) para las plantas y las protege de patógenos e insectos, garantizando el mejor crecimiento posible en diferentes climas. (Restrepo, 2007).

Directamente en los cultivos, donde existe una buena cobertura con materiales orgánicos en descomposición, podemos encontrar naturalmente una serie de microorganismos que aceleran la descomposición de los residuos orgánicos; entre los descomponedores más comunes, que encontramos en la naturaleza, podemos citar entre otros: *Saccharomyces*, *Lactobacillus*, *Burkholderia cepacia*, *Trichoderma*, *Paecilomyces lilacinus*. (Restrepo, 2007).

En la actualidad se desarrollan comercialmente diversidad de productos que han logrado estabilizar de forma eficiente diversos microorganismos destinados a lograr la descomposición de materia orgánica como los mencionados anteriormente, la capacidad de desarrollo de la industria de síntesis orgánica entrega productos como el “SOBIO T.M.O” cuyo objetivo es el de acelerar la descomposición de la materia, disminución de olores por ejemplo en instalaciones agropecuarias, otras, la característica es la formulación líquida a base de *Saccharomyces*.

SobioTMO es un producto elaborado con la finalidad de proporcionar microorganismos capaces de acelerar el compostaje y otros procesos de transformación de materia orgánica para la producción de acondicionadores o mejoradores de suelo. (Producto Biotech).

Tabla 1. *Tabla de composición producto comercial Sobio TMO*

Composición	
Concentración mínima por cada microorganismo o (Microorganismos ácido lácticos y levaduras) UFC/ml	30×10^7
Pureza microbiológica mínima	95%
pH	6.5
Composición Sobio TMO. Fuente: http://www.sobiotech.co/productos	

Logotipo 1. Producto comercial Sobio TMO

Logo Sobio TMO. Fuente: <http://www.sobiotech.co/productos>

Además, la promoción del crecimiento de las plantas puede asociarse a la producción de fitohormonas y a la protección contra hongos patógenos. Citado por Kloepper et al., (1989) en Puente, García, & Rubio, (2010).

CAPÍTULO 2. MICROORGANISMOS DEL SUELO Y SUS BENEFICIOS. RELACIÓN SUELO-PLANTA

Debe hacerse referencia al tipo de microorganismos que presentes en el suelo y en interacción con las plantas y sus raíces están en la capacidad y cumplen con la función de intervenir en los procesos metabólicos relacionados con el crecimiento a partir del desarrollo de un buen sistema radicular que facilite a la planta no solo el anclaje necesario sino un sistema que facilite la toma de nutrientes orgánico minerales presentes en el suelo.

Como lo cita Arguello et al (2015). Son múltiples los efectos positivos que aportan los microorganismos del suelo, dentro de los cuales se destacan: la germinación y el enraizamiento de las semillas, la mayor disponibilidad de nutrientes, mejoramiento de la estructura del suelo y protección de la planta frente a tensiones de diversa índole (Jorquera et al., 2010). Dentro de estos microorganismos se encuentran bacterias, actinomicetos (bacterias filamentosas) y hongos, durante todo el ciclo de vida de la planta, esta interactúa con un gran número de estos microorganismos presentes en el suelo y en la rizósfera, con resultados que pueden ser benéficos, neutros o perjudiciales para su desarrollo (Barea et al., 2005; Mäder et al., 2011).

Se hace referencia en Ferlini (2005) que a partir del inicio de la década del '70 se realizaron varios estudios científicos sobre los microorganismos que se asocian a las raíces de los vegetales, del desarrollo de estas prácticas crearon el concepto de biofertilización y lo definen como la manera de suministrar a las plantas algún nutriente que ellas necesitan para su crecimiento, mediante un proceso biológico en el que intervienen diferentes microorganismos.

Como lo nombra Acuña (2006), desde el punto de vista de sus relaciones con las plantas, los microorganismos del suelo se dividen en tres grandes grupos: a) saprofitos, que utilizan compuestos orgánicos procedentes de residuos de animales, vegetales o microbianos; b) simbiontes parasíticos o "patógenos", causantes de enfermedades a las plantas; c)

simbiontes, los cuales benefician el desarrollo y nutrición vegetal. Entre los beneficios para el sistema suelo-planta, pueden citarse los siguientes:

- Estimulación de la germinación de las semillas y del enraizamiento.
- Incremento en el suministro y disponibilidad de nutrientes.
- Mejora de la estructura del suelo como consecuencia de la contribución microbiana en la formación de agregados estables.
- Protección de la planta frente a estrés hídrico y abiótico

En una publicación realizada por el Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Icesi, la autora (Pizano, 2017) destaca con importantes detalles como los microorganismos tienen efectos sobre algunas especies forestales evaluadas especialmente en época de sequía, el documento concluye:

“Estos resultados sugieren que los cambios que se predicen para el clima no solo pueden afectar a las plantas, sino también a sus simbiontes del suelo en formas que hasta ahora empezamos a entender”.

Esta conclusión describe entonces que en el caso de la investigación de inoculaciones de especies forestales como: ... “plántulas de 3 especies de leguminosas fijadoras de nitrógeno (*Pseudosamanea guachapele*, *Samanea saman* y *Pithecellobium dulce*), 2 especies de leguminosas no fijadoras de nitrógeno (*Hymenea courbaril* y *Senna spectabilis*) y 4 especies no leguminosas (*Sapindus saponaria*, *Spondias mombin*, *Guazuma ulmifolia* y *Hura crepitans*) de bosque seco, con y sin microorganismos” se hayan resultados positivos con relación a la efectividad de la asociación de micorrizas y leguminosas fijadoras de Nitrógeno (N) , destaca... Se encontró que las leguminosas fijadoras de nitrógeno se asocian con bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas arbusculares (MA), mientras que las leguminosas no fijadoras y las plantas no leguminosas se asocian únicamente con MA”.

Micorrizas y bacterias están directamente implicadas en la alimentación de la planta. En los sistemas donde el aporte de nutrientes es limitado su papel puede ser primordial. Existe una

simbiosis a tres bandas entre micorrizas, bacteria fijadores de nitrógeno y plantas. Los nódulos proporcionan nitrógeno no sólo a la planta, sino también al hongo que a su vez aporta fósforo a la simbiosis. Otro efecto a tener en cuenta es su papel conjunto en la degradación de la materia orgánica y en la movilización de los nutrientes en forma biodisponible para las plantas. (Asoc. Vida Sana).

En la publicación titulada “Micorrizas: una gran unión debajo del suelo” citada por (CamargoRicalde S, 2012) los autores relacionan la importancia de la interacción de las micorrizas en el suelo y la destacan... “En particular como una forma de interconexión entre las raíces de las plantas en conjunto con su papel en los ciclos de los nutrimentos del suelo y en otras funciones dentro de los ecosistemas” resaltan además que en este sentido se requiere de más estudios.

La posibilidad de utilizar mezclas (consorcio) con bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) que interactúen sinérgicamente, es una tecnología muy poco explotada y los beneficios que esta aporta parecen ser mayores en comparación con las inoculaciones simples. (Int. Nac tecnología agropecuaria).

La siguiente tabla menciona algunos de los diferentes tipos de microorganismos y sus funciones a fin de ampliar el marco de referencia sobre la alta posibilidad de actividad microbiológica y el efecto en la relación, suelo – planta

Tabla 2. *Inoculantes microbianos en beneficio de los sistemas suelo-planta sostenibles.*

Microorganismos		Funciones
Saprophytes	Rizobacterias	Establecimiento de plántulas (Fito estimuladores)
	y hongos	Protección planta (Agentes control biológico)
		Ciclado de nutrientes (Biofertilizantes)

	Bacterias específicas	Descontaminación (Agentes de biorremediación)
Simbiontes mutualistas	<i>Rizobium</i> y otras	Fijación de Nitrógeno (Biofertilizantes)
	Hongos de las micorrizas	Establecimiento de las plántulas (Fito estimuladores) Protección planta (Agentes control biológico) Ciclado de nutrientes (Biofertilizantes) Descontaminación (Agentes de biorremediación) Conservación del suelo (Mejoradores del ecosistema) Sucesión vegetal (Mejoradores de la revegetación)

Inoculantes microbianos. (Fuente: Jaizme-Vega, M.R. 2009. Citado por Asoc. Vida Sana)

Para mencionar algunos microorganismos y como se relacionan con las plantas tenemos:
En Saavedra (2009), se menciona según Agrios (1998), con respecto al hongo de genero *Trichoderma spp*, hongo superior (Es un antagonista de muchos hongos fitopatógenos).

Este hongo es capaz de destruir residuos de plantas infectadas por patógenos y actúa por medio de una combinación de competencia por nutrientes, producción de metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas y mico parasitismo. *Trichoderma* siendo un microorganismo competitivo ofrece una protección biológica a la planta, destruye el inóculo patógeno presente y contribuye a prevenir su formación (Ceniap, 2007). Citado por (Saavedra 2009).

Por otra parte, las bacterias y levaduras son promotoras del crecimiento radicular, digestor de materia orgánica y estimula la asimilación radicular de nutrientes. Las bacterias y levaduras benéficas del suelo que aportan nitrógeno al suelo digieren la materia orgánica como hojas, tallos de cultivos anteriores, solubilizan el fósforo y los nutrientes para que

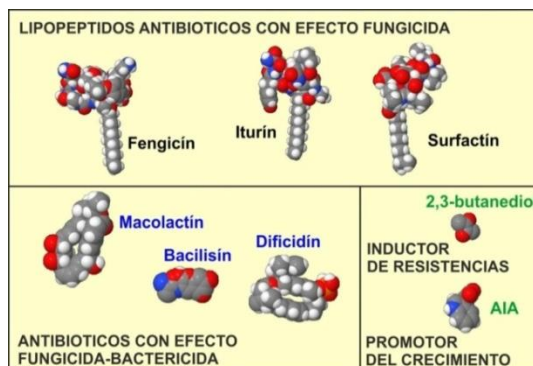
asimile las plantas, son promotoras del crecimiento vegetal, actúan mejorando el suelo, estimulando el crecimiento y la formación de las raíces de las plantas para lograr un buen establecimiento inicial y una buena nutrición de los estados iniciales del cultivo. (Saavedra 2009).

Las bacterias como *Bacillus subtilis*, También promueven el desarrollo de las plantas y favorece la prevención de enfermedades del suelo.

Cuando se instala en las raíces y hojas, induce a la planta a producir fitoalexinas que confieren resistencia al ataque de hongos y nematodos patógenos. Esta es una característica que tiene muchas ventajas en comparación con los fungicidas químicos, ya que no es tóxico para los humanos, animales y plantas y no constituye un contaminante ambiental. (Biosiembra)

En esta gráfica se mostrará algunas sustancias químicas sintetizadas por *Bacillus subtilis*

Figura 4. Sustancias químicas con efecto antifúngico sintetizadas por *Bacillus subtilis*



Sustancias químicas antifúngicas. Adaptada. Fuente:

<http://www.biosiembra.com/Folleto/folletoBIOSIEMBRA2014.html>

Son muchos los beneficios que los microorganismos ofrecen a las plantas, como se puede evidenciar en la investigación que realizan (Cisneros. C, Franco. J. et. al. 2017), donde

hicieron inoculación con microorganismos solubilizadores de fosfatos a 100 plántulas de café, con lo cual se incrementó la disponibilidad de fósforo en el suelo y también la absorción en tejido vegetal.

Cómo se ha mencionado también, algunos de los microorganismos tienen efecto antagónico con otros que pueden ser patógenos para las plantas y existen algunas investigaciones que lo demuestran, en un caso específico se realizó un experimento donde se inocularon algunas plántulas de papa con sepas de rizobacterias, las cuales habían sido sembradas en un ambiente contaminado con *Rhizoctonia solani*, que es un hongo patógeno causante del marchitamiento fúngico, en esta investigación se encontró que hubo una menor mortalidad de plántulas con respecto al tratamiento testigo que no fue inoculado con rizobacterias, diferenciándose en 9.12% y 7.76% para las variedades Ccompis y Andina respectivamente, también hubo una inhibición de la infección en un 9.13% en la cepa Bac 17M8, con respecto al suelo no inoculado. (Arcos. J, Zuñiga D. 2015). Este es uno más de los beneficios de la utilización de microorganismos para el suelo.

Realizar asociaciones de productos comerciales con algunos materiales orgánicos como cenizas volcánicas, pueden representar una mejor asimilación de las plantas y verse reflejadas en el incremento del crecimiento de éstas; como se demuestra en la investigación realizada por (Velásquez M.S, Cabello M, et.al 2017), donde utilizaron hongos micorrícicos arbusculares (HMA) que incrementan la toma de fosfatos solubles, y hongos solubilizadores de fósforo (S) que promueven la solubilización de complejos insolubles de fosfato, que en conjunto benefician la nutrición de las plantas. Éstos fueron usados en asocio con cenizas y pumicitas de un volcán y rocas fosfóricas (RP) y pretendió evaluar el desempeño de estas mezclas como sustrato en la producción de en maceta de lechuga (*Lactuca Sativa*); evaluaron diferentes combinaciones de estos sustratos y en todos los resultados fueron significativamente mayores en las plantas que crecieron en el sustrato adicionado con RP e inoculadas con S y HMA. Este trabajo confirma que las combinaciones de estas cenizas y roca fosfórica formuladas con un sustrato comercial promueven el crecimiento de *L. sativa*.

En otras publicaciones como “Impacto de la domesticación de la planta en el ensamblaje y las funciones del microbioma de la rizósfera” citado por (Juan E. Pérez-Jaramillo, 2016) se hace especial mención a la importancia que tienen los diferentes tipos de microorganismos con relación a que “las plantas pueden reclutar activamente miembros de la comunidad microbiana del suelo para obtener retroalimentaciones positivas”, además menciona lo citado por (Berendsen et al. 2012) donde describe que “Los miembros del microbioma de la rizósfera albergan una serie de propiedades beneficiosas que contribuyen a la adquisición de nutrientes, a la tolerancia al estrés, a la protección contra patógenos transmitidos por el suelo y a la regulación inmune del huésped”, es en este sentido que se ratifica que la vida del suelo en relación a las plantas y la rizósfera es el medio propio para que se cumpla dicha relación de beneficio.

En el documento “Evaluación de microorganismos eficientes y *Trichoderma harzianum* en la producción de posturas de cebolla (*Allium cepa* L.)” se destaca la relación que existe entre diferentes tratamientos para la producción de cebolla y se basan en la referencia de Según Parets (2002) y Galeano et al. (2003) sobre las características de diferentes tipos de *Trichoderma* en relación a que este género son “estimuladoras del crecimiento en numerosos cultivos hortícolas y plantas ornamentales desde la etapa de semillero”, en la misma línea de mostrar las características y beneficios de este género se destaca que “produce sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas que actúan como catalizadores de los tejidos meristemáticos primarios, lo que acelera la reproducción celular, logrando que las tratadas alcancen un desarrollo más rápido que las no tratadas con dichos microorganismos” citado por Páez (2006) en (Ramón Liriano González, 2015).

En el caso de (Thomson et al., 2010; sanmartín et al., 2010) citado por (Raúl O. Pedraza, 2010) resalta la importancia de los microorganismos al decir “Los microorganismos de la

rizósfera contribuyen al crecimiento vegetal aumentando la disponibilidad de nutrientes limitantes como el fósforo y el nitrógeno, y a su vez, la composición y actividad de la comunidad bacteriana, está fuertemente influenciada por el tipo de vegetación presente en el suelo” esta descripción acerca mucho más a la relación con otros autores para ilustrar de tal forma que la interacción de microorganismos de la rizósfera juegan un papel importante en el abastecimiento de nutrientes y en los procesos de transformación biológica.

CAPÍTULO 3. INOCULACIÓN: TIPOS DE MICROORGANISMOS UTILIZADOS

En el desarrollo por encontrar alternativas de inoculación con diferentes tipos de microorganismos se puede hacer mención a varios desarrollos como los siguientes:

Citado en “Efecto de inoculación de microorganismos en crecimiento de rábano (*Raphanus sativus*)” resalta el trabajo realizado en rábano (*Raphanus sativus*), Se inocularon cepas de *Azotobacter* sp, *Bacillus pumilus* y *Bacillus licheniformis*, Se realizó un diseño experimental de cinco tratamientos y un control, con 15 repeticiones para cada uno. Previo a la aplicación de los tratamientos cada cepa se sometió individualmente a crecimiento en caldo de cultivo. La aplicación de cada tratamiento se efectuó dos veces por aspersión, con un intervalo de 15 días durante el tiempo de cultivo. Las variables de respuesta que se evaluaron en el cultivo de rábano fueron: longitud de las plantas, número de hojas y peso seco del sistema radicular.

La inoculación de microorganismos es entonces la incorporación de los mismos en los sustratos donde se tiene la planta, esta se puede realizar desde los semilleros y a través del estado de desarrollo de las plantas, también en campo directo, dadas las características de los microorganismos se deben llevar a cabo ciertos cuidados que no limiten la viabilidad y

trabajo de los mismos en el suelo, estas aplicaciones se pueden realizar con productos comerciales estabilizados en simple dilución con agua y alguna fuente orgánica como Humus líquido o melazas y también aplicación a fuentes orgánicas como humus, compost, gallinazas, otros.

Por medio de la inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los suelos locales y levaduras, los materiales se transforman gradualmente en nutrientes de excelente calidad disponibles para la tierra, las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica. (Restrepo, 2007).

Para contextualizar la intención sobre la cual se realiza la propuesta de incluir la aplicación de microorganismos debemos dar un ejemplo sobre dos (2) ejemplos citados en (Paredes, 2013).donde describen tratamientos de biofertilización:

1. La inoculación de leguminosas con bacteria endosimbióticas fijadoras de nitrógeno atmosférico; estos son microorganismos del género, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, etc. que efectúan una asociación simbiótica con la planta, mediante la formación de nódulos.

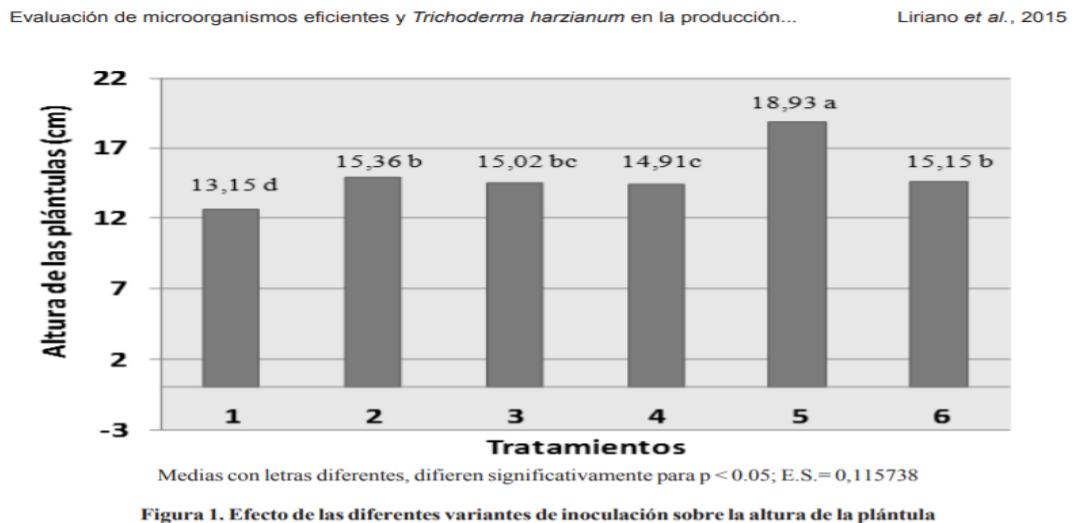
2. La inoculación de gramíneas con bacteria diazótrofes fijadoras de nitrógeno atmosférico; estos microorganismos del género *Azospirillum*, *Azotobacter*, etc., no forman una asociación simbiótica, sino que su accionar, se produce alrededor del área de las raíces (rizósfera), produciendo sustancias promotoras del desarrollo radicular (fitohormonas). (Ferlini, 2005).

Otros casos referenciados y que muestran la verdadera capacidad de estos microorganismos tiene que ver con inoculaciones en cebolla (*Allium cepa* L.) con cepas de *T. harzianum* donde orientan que desde temprana edad (semillero) se determina el éxito del cultivo, dadas las condiciones de poco sistema radicular y el número de plantas por hectárea.

Los resultados del estudio muestran características particulares como:

- La aplicación de ME y *T. harzianum* favoreció la producción de postura de cebolla con mayor calidad, expresada en las variables altura, número de hojas, diámetro del falso tallo, longitud radical, así como en la masa fresca y seca del sistema radical y del área foliar. (Ramón Liriano González, 2015)
- El Tratamiento 5 (Materia orgánica 24 kg.m⁻² + *Trichoderma harzianum* 30 g.m⁻² + Microorganismos Eficientes a 15 mL.m⁻² a los 15 y 30 días de germinada la semilla) mostró los mejores resultados en cada una de las variables evaluadas. (Ramón Liriano González, 2015), se puede observar en la siguiente grafica citada en el mismo artículo.

Tabla 3 efecto de la inoculación sobre la altura de plantas de cebolla



Es importante por tanto reconocer como en cualquiera de los tratamientos siempre hay buenos resultados, existen variables que determinan unos grados más altos de eficacia, pero siempre la correlación genera beneficios.

Existen reportes destacados como el mencionado en (Raúl O. Pedraza, 2010) caso de aplicación en granos como maíz y trigo y soja, donde a partir de productos comerciales a

base de rizobios logran importantes ahorros monetarios por disminuir o suprimir la aplicación de fertilizantes de síntesis química.

En la publicación de “Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión” se reportan diversos trabajos evidentes de resultados positivos de aplicación de microorganismos, se citan los siguientes a modo de ilustrar el potencial de uso:

- “En condiciones de campo se encontraron diferencias significativas en la biomasa radical de cultivos de trigo no inoculado e inoculado con productos comerciales de *A. brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*.”
- Dependiendo de las combinaciones bacteria-planta los incrementos de rendimiento en cultivos de trigo, maíz y arroz pueden ser variables. Así, en distintos ensayos de trigo y de maíz realizados en la región pampeana argentina se observaron diferentes niveles de respuesta que evidenciaron variabilidad en las capacidades tanto de las PGPB como de las plantas inoculadas (García de salamone y monzón de Asconegui, 2008)
- En arroz, numerosos autores mostraron incrementos variables, que en promedio fueron del 20% en condiciones de campo (García de salamone). Se pone en evidencia que existe un margen de aumento en la respuesta a la inoculación de arroz con *Azospirillum*.

Otros datos son obtenidos en la producción de frijol y referenciados en el artículo “INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AZOFERT INOCULANTE A BASE RHIZOBIUM EN EL CULTIVO DEL FRÍJOL COMÚN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) VAR. DELICIAS 364...” donde destacan aspectos importantes en la evaluación de cepa comercial asociada al género *Rhizobium*, donde aspectos como la inclusión de 5 tratamientos: Testigo (no se le aplicó ningún tipo de fertilización), Fertilizante mineral (NPK), Fertilización nitrogenada, *Rhizobium* + N, *Rhizobium* + PK.

Algunos de los resultados se refieren a:

- Las variables altura y largo de la raíz evaluadas en la etapa de floración no presentaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Puede tener relación al sistema radicular del frijol y a la variedad empleada en el tratamiento.

- En los parámetros peso fresco y seco de la planta y la raíz se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos inoculados R+ PK y R+ N con los mayores valores respecto al testigo aunque no difieren de los tratamientos con Nitrógeno y NPK. Esto podría tener relación con la asimilación de nitrógeno y la solubilización potenciada por la aplicación de los microorganismos, si bien no aumentan la capacidad tampoco son opacados por el fertilizante, puede ajustarse a lo citado por (Fernández, 2003) En el tratamiento con altas dosis de nitrógeno, pudo existir un efecto inhibitorio sobre la simbiosis desde la infección y fijación del nitrógeno, también en relación a que se puede afirmar que la simbiosis funciona en términos de fijar nitrógeno, cuando hay identificación positiva entre la cepa de Rhizobium y el cultivar de frijol que se inocula.
- En el número de vainas no existieron diferencias significativas entre los tratamientos.
- La efectividad del Rhizobium en el peso fresco y seco de los nódulos mostró diferencias significativas entre tratamientos, se observó muy baja o casi nula nodulación y efectividad en el tratamiento testigo, lo que podría estar relacionado que a pesar de que Rhizobium es un habitante común en los suelos agrícolas, frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la leguminosa, o bien cuando los rhizobios nativos no fijan cantidades suficientes de N₂ para las leguminosas (Sánchez-Yáñez,).
- Por otra parte la alta efectividad de la simbiosis Rhizobium-frijol que se ve en los tratamientos inoculados se debe a la alta interacción específica planta-bacteria.
- Dentro de todas las variables descritas en el artículo se puede destacar la siguiente relación de beneficio como un análisis del resultado, el autor hace mención a: “Este resultado confirma que cuando se utilizan cepas de Rhizobium infectivas y eficientes en el cultivo del frijol, se puede satisfacer las necesidades de nitrógeno”. (Leydis Hernández Salido, 2019)

En este sentido se puede comprender que la relación de beneficio se cumple, pero el resultado no puede ser mayor posiblemente por cantidades bajas de este microorganismo que no alcanza a ser suplida desde la inoculación, esto lleva a pensar en que debería ser permanente la incorporación del mismo para un aumento de población.

De esta manera se debe resaltar que no todos los microorganismos asociados a la rizosfera cumplen funciones de fijación, se hace necesario recordar que hay actividades diferentes como solubilización de Fosforo (P) y Potasio (K), de esto se recuerda en capítulo esta relación de los diferentes ciclos biogeoquímicos.

En la siguiente tabla se hace una reseña de las diferencias halladas con relación a la cantidad de clorofila, también se toma en cuenta las condiciones de humedad en suelo, el autor concluye lo siguiente:

“El contenido de clorofila a, b se afectó de forma significativa en las variedades evaluadas. La relación clorofila a/clorofila b mostró un incremento en los tratamientos que se mantuvieron abastecidos de agua, así como los no inoculados con Azofert

Efecto del Azofert® en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes...

Estrada *et al.*, 2018

Tabla - Concentración de pigmentos en plantas de frijol inoculadas con Azofert (Az) y no inoculadas (NoAz) expuestas a dos niveles de humedad en el sustrato 100 % de humedad (H₁) y 50 % de humedad (H₂) evaluadas a los 24 y 31 DDS

Tratamientos	Clorofila a (mg g ⁻¹)		Clorofila b (mg g ⁻¹)		Caroteno (mg g ⁻¹)		Cla/Cib (mg g ⁻¹)	
	24 DDS	31 DDS	24 DDS	31 DDS	24 DDS	31 DDS	24 DDS	31 DDS
V ₁ H ₁ Az ₁	1,70 a	1,82 a	1,26 a	1,38 a	0,29 e	0,35 e	1,35 a	1,32 c
V ₁ H ₁ Az ₂	1,64 b	1,76 c	1,20 b	1,32 c	0,24 g	0,30 g	1,37 a	1,33 ab
V ₁ H ₂ Az ₁	1,12 c	1,24 e	0,97 c	1,09 e	0,49 a	0,64 a	1,15 c	1,14 g
V ₁ H ₂ Az ₂	1,07 d	1,20 g	0,92 d	1,04 f	0,45 b	0,60 b	1,16 c	1,15 f
V ₂ H ₁ Az ₁	1,68 a	1,80 b	1,24 a	1,36 b	0,27 f	0,34 f	1,35 a	1,32 bc
V ₂ H ₁ Az ₂	1,62 b	1,74 d	1,18 b	1,30 d	0,21 h	0,29 h	1,37 a	1,34 a
V ₂ H ₂ Az ₁	1,10 c	1,22 f	0,89 e	1,01 g	0,42 c	0,57 c	1,24 b	1,21 d
V ₂ H ₂ Az ₂	1,04 e	1,16 h	0,85 f	0,97 h	0,37 d	0,52 d	1,22 b	1,20 e
ESx	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,002	0,000

Letras iguales no difieren estadísticamente según la Prueba de rangos múltiples de Tukey para $p \leq 0,05$

respecto a los inoculados con dicho producto. El contenido de carotenoides en la variedad CC-25-9R tuvo un incremento significativo en condiciones de estrés hídrico.

Tabla 4. efecto de inoculación y humedad en la producción de clorofila

Figura 5. Funciones de las bacterias. Suelo-planta



Bacterias. Fuente: <http://cienciasdelsuelofiagueroatorres.blogspot.com.co/>

Estudios de inoculación en plantas indican que algunas mezclas de PGPR, que interactúan entre ellas de manera sinérgica, proveen nutrientes a la planta, remueven productos inhibitorios y se estimulan unas a otras mediante actividades físicas o bioquímicas, que podrían aumentar algunos aspectos benéficos de su fisiología, como, por ejemplo, la fijación de nitrógeno (Bashan, 1998).

Los mecanismos por los que los PGPR manifiestan su actividad son varios y no del todo completamente conocidos. Ligada a la promoción del crecimiento aparece la producción de hormonas: auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno, entre otros. En relación con la protección frente a patógenos, puede detectarse antagonismos, producción de antibióticos, liberación de enzimas como chitinazas y glucanasas, que actúan sobre la pared de los hongos o cubiertas de los insectos, entre otros., además de la inducción de una resistencia sistémica, de toda la planta, a virus, bacterias y hongos. Y más directamente relacionadas con la nutrición, la fijación de nitrógeno, la solubilización de fosfato y otros nutrientes, la movilización de los mismos, etcétera. (Pérez. I, Meriño. L et. al. 2017).

Se puede mencionar como práctica la inoculación con Consorcio bacteriano multitrófico: *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus licheniformis*, *Azotobacter chroococcum*,

Pseudomonas fluorescens y microorganismos de acción de antagonismo y micoparasitismo: *Trichoderma harzianum* BTH003.

El desarrollo tecnológico y las necesidades actuales de repoblación de los consorcios bacterianos en el suelo ha impulsado el desarrollo comercial de diversas fuentes de microorganismos estabilizados para ser aplicados directamente el suelo o en los almácigos de las especies que sigan este proceso, para efecto de ilustrar este aspecto se pueden mencionar algunos casos comerciales con alto desarrollo de investigación y de eficacia en la aplicación, es el caso de : INTRO SL MYCROS® y BLINDER SC MYCROS® sobre los cuales se hace una breve descripción:

INTRO SL MYCROS® Ingrediente activo: *Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*. (Químicos Oma).

Concentración total: Del consorcio bacteriano 2x10¹⁰ UFC/ml. Auxiliares de formulación c.s.p. 100%

El consorcio bacteriano presente en INTRO SL MYCROS® trabaja en la fijación biológica de nitrógeno, solubilización del fósforo insoluble presente en el suelo y en la producción de sustancias fisiológicamente activas. (Químicos Oma).

INTRO SL MYCROS® mejora la estructura del suelo permitiendo un mejor enraizamiento y un mayor vigor de las plantas. Facilita la disponibilidad y toma de nutrientes. Suministra en forma continua y natural diferentes principios activos promotores de crecimiento que permiten una mejor tasa de desarrollo y una mayor productividad del cultivo. Ingrediente activo: *Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*. (Químicos Oma).

Concentración total: Del consorcio bacteriano 2x10¹⁰ UFC/ml.

Auxiliares de formulación c.s.p. 100%

INTRO SL MYCROS® mejora la estructura del suelo permitiendo un mejor enraizamiento y un mayor vigor de las plantas. Facilita la disponibilidad y toma de nutrientes. Suministra en forma continua y natural diferentes principios activos promotores de crecimiento que permiten una mejor tasa de desarrollo y una mayor productividad del cultivo. (Químicos Oma).

Logotipo 2. *Producto comercial Intro SL*



Logo Intro SL. Fuente: <http://www.quimicosoma.com/>

BLINDER SC MYCROS® Ingrediente activo: *Trichoderma harzianum* BTH 003 5x 108 conidias viables/ml. (Químicos Oma).

Logotipo 3. *Producto comercial Blinder SC*



Logo Blinder SC. Fuente: <http://www.quimicosoma.com/>

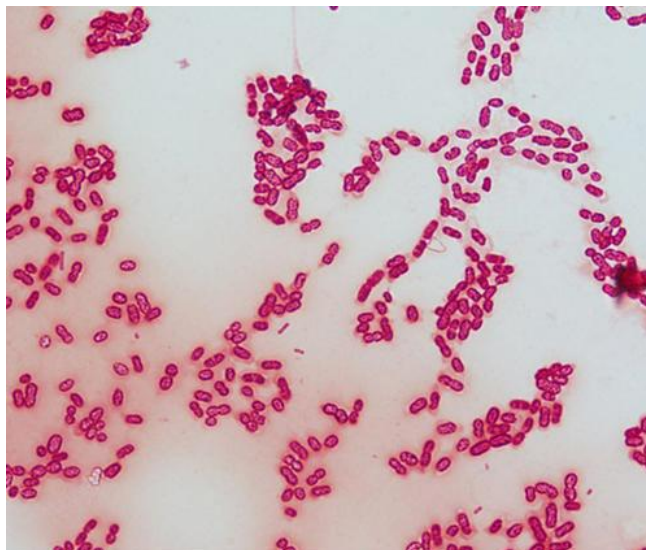
Los conocidos hoy como PGPM (Plant Growth-Promoting Microorganism). Se definen como microorganismos habitantes de la rizósfera que estimulan significativamente el crecimiento de las plantas. Los mecanismos por los cuales los PGPM ejercen efectos positivos sobre las plantas son numerosos. Entre ellos se pueden mencionar la fijación de N₂ (ej. *Azospirillum*), la solubilización de fósforo (P) (ej. *Pseudomonas sp.*), la capacidad

de producir ácidos orgánicos (ácidos oxálico, fumárico y cítrico) y fosfatasas facilitando la solubilidad del P y otros nutrientes.

Los *Bacillus magaterium*, *Bacillus mesentericus*, *Pseudomona putida* y *Pseudomonas fluorescens* solubilizan las formas orgánicas e inorgánicas del fósforo y lo trasforman en fosfatos asimilables para las plantas. (El Bruixot).

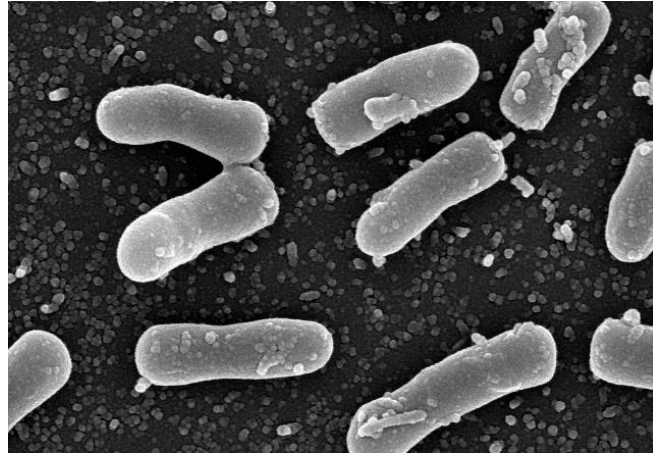
A continuación, se mostraran imágenes en microscopio de algunas bacterias y hongos benéficos para el suelo y la planta:

Figura 6. Bacteria fijadora de Nitrógeno. *Azotobacter Chrococum*



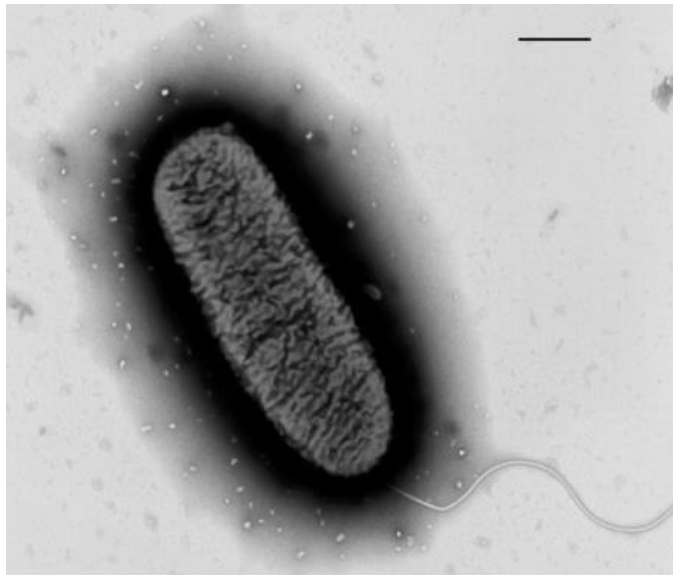
Azotobacter Chrococum. Fuente: <https://dir.indiamart.com/impeat/azotobacter-biofertilizer.html>

Figura 7. *Bacteria promotora de crecimiento. Pseudomonas sp*



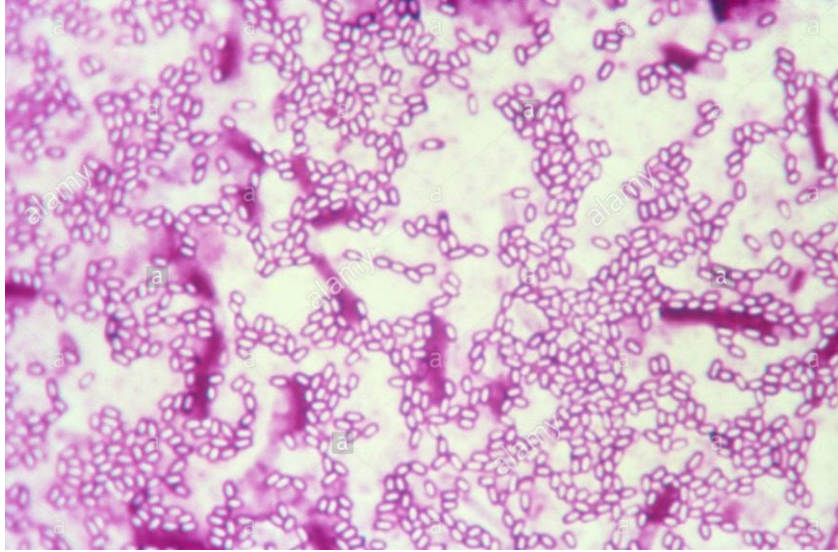
Pseudomonas sp. Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Scanning-electron-micrograph-of-Pseudomonas-sp-TCU-HL1_fig4_306080029

Figura 8. *Bacteria fijadora de Nitrógeno. Azospirillum sp.*



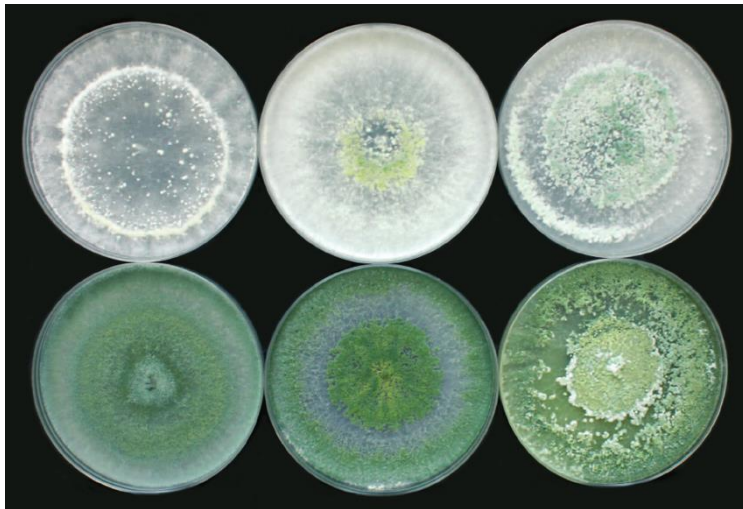
Azospirillum sp. Fuente: <https://aguskrisnoblog.files.wordpress.com/2012/01/azospirillum-sp.gif>

Figura 9. *Bacteria promotora de crecimiento y control biológico. Bacillus sp*



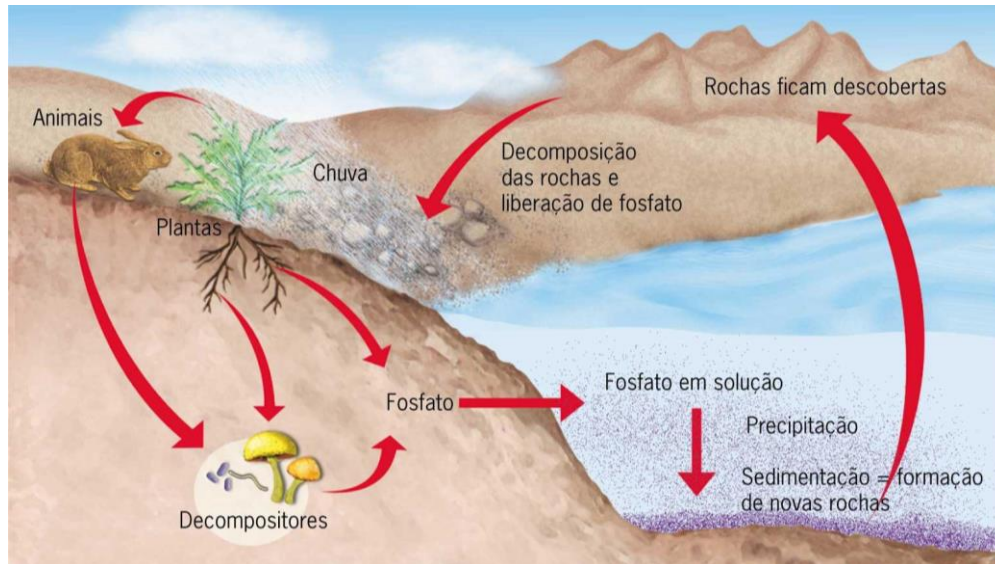
Bacillus sp. Fuente: <http://www.alamy.com/stock-photo-bacillus-sp-bacteria-lm-134944421.html>

Figura 10. *Hongo. Trichoderma*



Variación de colores y morfología de colonias de hongos de *Trichoderma spp.* Fuente: https://www.researchgate.net/figure/The-variation-of-colours-and-morphology-of-the-fungal-colonies-of-Trichoderma-spp-are_fig1_273338662

Figura 11. *Ciclo del fósforo.*



Ciclo del fósforo. Fuente <https://biologiadelsueloscsudea20132.wordpress.com/propiedades-biologicas-del-suelo/ciclos-biogeoquimicos/>

Según Vessey (2003) y Bharracharyya y Jha (2012), citado por Leida Castro Barquero et al (2015); en los últimos años se ha destacado el éxito de la inoculación con microorganismos para la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de patógenos. Los géneros bacterianos *Azospirillum*, *Bacillus* y *Pseudomonas* han sido ampliamente utilizados con estos objetivos.

En un estudio realizado con la incorporación de hongos micorrízicos arbusculares, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* y *FitoMas-E*, en cultivo de Guayaba Enana Roja Cubana se obtuvo un resultado positivo utilizando solo el 75 % de la fertilización mineral (N y P), donde la variable altura de las plantas fue superior con diferencias significativas sobre el resto de los tratamientos donde se utilizó diferentes porcentajes de adición de fertilización mineral, también se obtuvo mejor peso del fruto y mayor rendimiento del cultivo; este comportamiento ratifica la importancia de la utilización combinada de biofertilizantes fúngicos y bacterianos para mejorar la respuesta vegetal, debido en gran medida a la acción sinérgica y beneficiosa que entre ellos se produce. (Ramos, et al. 2013).

Con todo esto, el *Bacillus subtilis* es uno de los microorganismos más estudiado por la ingeniería genética y la biotecnología. Uno de los países que es pionero en el uso de este microorganismo en la agricultura es Brasil, es utilizado en forma de biofertilizante y biofermentado. (Acuña O. et al. 2006).

Sin embargo, son muy pocos los agrónomos que se preocupan por estudiarlo. El Centro Internacional de Biotecnología, en Guayaquil-Ecuador, está avanzando en sus estudios biológicos y moleculares sobre el efecto de los biofertilizantes en el cultivo del banano, para contrarrestar el ataque de la sigatoka. (Acuña O. et al. 2006).

Comercialmente también se han desarrollado formulaciones estabilizadas para fuentes de microorganismos a base de micorrizas, una referencia es el uso de Nitrafos Micorrizado “bioensayo formulado a partir de una mezcla de hongos formadores de Micorrizas y materia orgánica estabilizada lo que permite obtener beneficios conjuntos de estos dos componentes”. (Productos Biotech).

También podemos ver otro estudio realizado por Toalombo (2012), donde evaluó la incorporación de diferentes dosis de microorganismo eficientes a un cultivo de cebolla blanca. Al evaluar las diferentes dosis y frecuencias se obtuvo que los tratamientos (con EM) y el testigo (sin EM), son estadísticamente iguales, sin embargo matemáticamente podemos decir que el tratamiento D1F3 (1cc de EM + 1cc melaza/ 1lt cada 21 días) presentó el mejor promedio en altura 34,44 cm a los 60 días; el tratamiento D2F3 mostró el mejor promedio en altura de la planta 40,54cm a los 90 días; 44,79cm a los 120 días; en diámetro de pseudotallo 2,19cm y en volumen de la raíz 7,33cm² pero obtuvo el segundo lugar en rendimiento con un promedio de 27389,09 Kg / Ha a, en cambio el tratamiento D3F2 resultó con mayor volumen de la raíz 7,33cm² , menor porcentaje de incidencia 2,77% y severidad de pudrición del tallo 2,78%; y en rendimiento 29120,00 Kg / Ha, siendo este promedio el mejor, lo que le ubico en el primer lugar. El testigo en cambio siempre presento bajos promedios lo que le ubico en el noveno o décimo lugar dependiendo de las variables, siendo así que el rendimiento fue de 17227,64 Kg / Ha.

En la investigación realizada por Saavedra (2009), muestra resultados favorables cuando se es inoculado un cultivo de arroz con microorganismos, una de sus conclusiones fue que la aplicación de *Trichoderma sp.* Sobre la broza fue favorable frente a *Pyricularia grisea* y *Rhizoctonia solani*, donde se observó baja incidencia de enfermedades, pues esta es una de las cualidades de este hongo.

También menciona haber obtenido un incremento del 0,72% de materia orgánica en uno de los tratamientos con un acelerador de la descomposición de material orgánico.

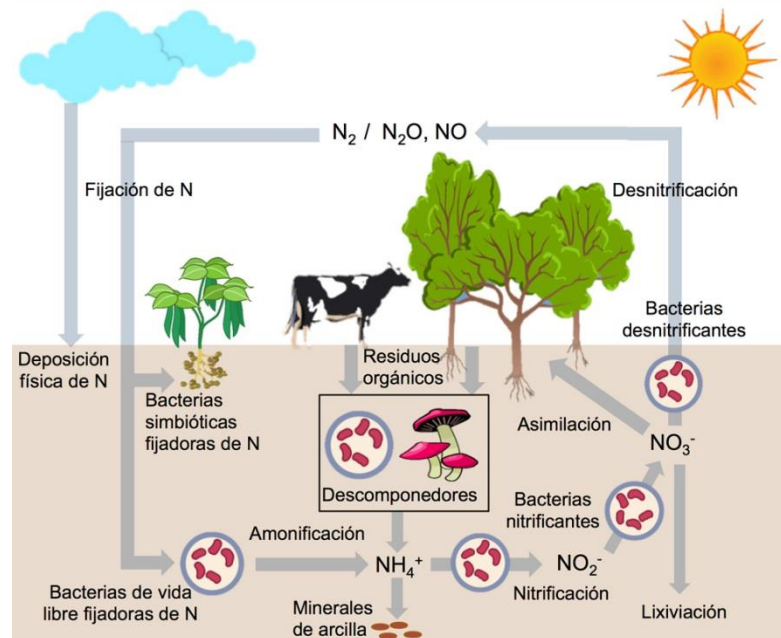
Se ha hablado de los beneficios que inocular el suelo tiene para el crecimiento, desarrollo de la planta, disponibilidad de nutrientes, por mencionar algunas características; en este estudio realizado por Mena (2014) se demuestra como la utilización de *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus subtilis* y algunos abonos orgánicos, mejora entre otros aspectos la solubilidad del fósforo en el suelo. Los mejores resultados obtenidos fueron: En la altura de la planta de 33.08 cm, para el tratamiento t2 (*B. subtilis* + abono orgánico 60 Tm/ha) a los 75 días, el diámetro de la pella 22,95 cm, con un rendimiento 17.850 Kg/ha correspondiente a t3 (*Bacillus subtilis* + abono orgánico 90 Tm/ha). La mejor interacción fue el tratamiento t3 (*Bacillus subtilis* + abono orgánico 90 Tm/ha) con una solubilidad de fósforo con 66,06 Kg/ha. Finalmente, en el análisis económico el tratamiento t4 (*Azotobacter chroococcum* + abono orgánico 30 Tm/ha) fue el recomendado a los agricultores con una tasa de retorno marginal (TRM) del 139,78%.

Se encuentra que la aplicación de *Azospirillum* es de gran beneficio para los cultivos como promotor de crecimiento, como lo manifiestan Olalde y Aguilera (1998), con respecto a un experimento realizado en el que se inocularon diferentes cepas de *Azospirillum* a trigo en campo, ésta es una bacteria de vida libre que fija nitrógeno asociada a las raíces de gramíneas. Algunas de las cepas probadas hicieron que las plantas igualaran el crecimiento del testigo con fertilizante, mientras que otras incrementaron el aprovechamiento de

nutrimentos en plantas tratadas conjuntamente con *Azospirillum* y el fertilizante nitrogenado.

Se ha demostrado que la inoculación con ciertas combinaciones bacteria-planta, tales como *Azospirillum*-maíz pueden aportar N proveniente de la FBN en niveles equivalentes a 100 kg N ha⁻¹ (García de Salamone et al., 1996). Este aporte de N podría colaborar con la sustentabilidad del agroecosistema pues puede mejorar la calidad de los residuos y posibilitar una reducción en el uso de fertilizantes nitrogenados. (García 2012).

Figura 12. Ciclo del Nitrógeno



Ciclo del Nitrógeno. Fuente: <http://mensacivica.com/las-legumbres-ante-el-cambio-climatico-y-la-huella-ambiental/>

CONCLUSIONES

- Diferentes estudios e investigaciones mencionadas en esta monografía permiten concluir que la inoculación con microorganismos afecta de manera positiva las plantas, pueden ser promotores de crecimiento, mejoran la disponibilidad de nutrientes, estimulan el crecimiento radicular, contribuyen a la fijación de nitrógeno y tiene actividad antagónica contra agentes patógenos como *Fusarium* y *Rizochtonia*.
- En todos los casos revisados y consultados se evidencian relaciones de beneficio, es importante resaltar que en ningún caso se ha mencionado que exista una relación negativa para la planta.
- Si bien en unos casos es más evidente el resultado de las inoculaciones en comparación a otras, se debe dejar como concepto claro el hecho de que la presencia y el repoblamiento de los diferentes microorganismos presentes en el suelo está determinado por otras condiciones como temperatura, humedad del suelo, presencia de materia orgánica, estado de nutrición al suelo, otros.

Según Restrepo (2010), manifiesta que la función de los microorganismos en la elaboración del biofermento consiste en tomar las sustancias orgánicas y sustancias generadas por otros microorganismos para basar en ellas su funcionamiento y desarrollo. Estos microorganismos benéficos secretan sustancias como las vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes al contactar con la materia orgánica.

Se encontró en la respuesta del rendimiento a la aplicación del biopreparado de microorganismos nativos (ME), el mayor rendimiento (4,38 kg m⁻²) fue logrado por el tratamiento donde se aplicó 10 ml m⁻², difiriendo estadísticamente del resto de los tratamientos; mientras los tratamientos en que fue aplicado el biopreparado a dosis de 4 y 8 ml m⁻² no difieren entre sí, pero sí del tratamiento control, donde se obtuvo el menor rendimiento. Estos resultados pueden estar relacionados con el incremento de la eficiencia de los microorganismos nativos (ME) constituidos por

Actinomicetos, Levaduras, Hongos, Bacterias y Lactobacillus, que restableció el equilibrio microbiológico del sustrato del organopónico, mejorando las condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo, lo que permitió incrementar el rendimiento del cultivo.

- Un análisis de sustentabilidad requiere de un conocimiento detallado de las interrelaciones que se presentan entre los microorganismos seleccionados incorporados (inoculantes) frente a la compleja comunidad microbiana natural que habita ese microambiente (naiman et al., 2009). en este sentido, el mantenimiento de la viabilidad, diversidad de la población y el funcionamiento de las comunidades microbianas del suelo es esencial para la agricultura sustentable, esto se debe a que la fertilidad del suelo no sólo depende de su composición química, sino también de la naturaleza cuantitativa y cualitativa de los microorganismos que habitan en él (Giri et al., 2005).

Actualmente hay una oferta comercial alta de soluciones en abastecimiento de microorganismos listos para inocular, se rescatan las acciones de propagación artesanal que de igual forma propenden por aportar significativamente a la repoblación de los microorganismos a los diferentes sistemas de producción agrícola.

Productos comerciales como SobioTMO elaborado con la finalidad de proporcionar microorganismos capaces de acelerar el compostaje y otros procesos de transformación de materia orgánica para la producción de acondicionadores o mejoradores de suelo. (Producto Biotech).

El consorcio bacteriano presente en INTRO SL MYCROS® trabaja en la fijación biológica de nitrógeno, solubilización del fósforo insoluble presente en el suelo y en la producción de sustancias fisiológicamente activas. (Químicos Oma).

- Además de estos beneficios, los agricultores también se ven beneficiados, pues son de fácil uso, y reducen los riesgos para la salud de los trabajadores y de los consumidores ya sean animales o humanos. Estos microorganismos protegen el

medio ambiente, mejoran la estructura del suelo y se ha demostrado que también se obtienen mejores rendimientos en los cultivos.

- La calidad del suelo está fuertemente influenciada por los procesos microbianos que en él ocurren, y éstos, relacionados con la diversidad; por tanto, es muy probable que el mantenimiento de la estructura de la comunidad microbiana tenga la capacidad de servir como indicador temprano y de gran sensibilidad de la degradación o empobrecimiento del suelo (abril, 2003)
- Con base a la investigación en bases de datos de estudios realizados, los microorganismos más utilizadas y con buenos resultados que pueden ser recomendados para su uso son: *Azotobacter chroococum*, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus licheniformis*, *Azotobacter chroococum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma spp.*

RECOMENDACIONES

- Se recomienda poner en práctica las técnicas de inoculación con microorganismos, de esta manera hay un respeto por el entorno y la naturaleza, aprovechando los beneficios que estos ofrecen, apoyándose en los estudios e investigaciones científicas que dan mejor seguridad en la utilización de estas técnicas.
- Se hace necesario evaluar según los diferentes cultivos y los tipos de producción agrícola cuál de los microorganismos llegaría a ser el más eficiente según las características de los suelos, de los materiales vegetales, de esta forma se debe llegar a una mejor efectividad a la hora de hacer inoculaciones, los diferentes resultados obtenidos y las condiciones en que se han planteado los resultados de las investigaciones consultadas permiten tener una base científica para la toma de decisiones.
- Es oportuno que el productor agrícola determine e implemente mejores prácticas para la producción, cada una de ellas ha de estar encaminada a mejorar de forma natural el equilibrio biológico, en este sentido cada actividad que se realice llevará a poder mejorar el potencial del suelo, a mejorar los planes de nutrición para que las plantas expresen sus capacidades biológicas, de un adecuado manejo en la relación suelo – planta y nutrición existirán altas posibilidades de retornar a los beneficios que la naturaleza ha venido perdiendo.
- Todos los casos de inoculación tienen factores positivos asociados, con esta premisa se hace necesario seguir avanzando en la consolidación de la inoculación como una actividad directamente asociada a las prácticas agrícolas, ha de pasar de ser un concepto científico a ser parte de lo cotidiano como arar, sembrar, trazar , controlar plagas y enfermedades, cosechar, otros.

REFERENCIAS

- Acuña O, Peña W, Serrano E, Pocasangre L, Rosales F, Delgado E, Trejos E, Segura A. (2006). La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. PDF. Recuperado el 26 de Noviembre de 2017, de: http://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN060651_spa.pdf&id=10470
- Arcos J, Zuñiga D. Efecto de Rizobacterias en el control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa. *Ecología Aplicada*, 14(2), 2015. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. Recuperado el 21 de Noviembre de 2018 de: <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2139/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=75d1efbd-f48e-4f01-9be8-74a0e7fba02c%40sessionmgr102>
- Arguello H, A, Castellanos S, D. E. Rincón M, J. Evaluación del efecto de un biofertilizante ligado a un soporte orgánico mineral en un cultivo de lechuga en la Sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero (2015). Recuperado el 27 de Marzo de 2018, de: https://www.researchgate.net/profile/Heliodoro_Arguello/publication/282831039_Evaluacion_del_efecto_de_un_biofertilizante_ligado_a_un_soporte_organico_mineral_en_un_cultivo_de_lechuga_en_la_Sabana_de_Bogota_bajo_condiciones_de_invernadero/links/56c1231508ae2f498ef9b14f.pdf
- Asociación Vida Sana. Microorganismos del suelo y biofertilización. “Crops for Better Soil” Life 10 ENV ES 471. Recuperado el 22 de Marzo de 2018, de: http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=CROPS-FOR-BETTER-SOIL_formation-5.pdf
- Bashan, Y. 1998. Inoculation of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotech. Adv.* 16:729-770.

Becklund K. K, Kinkel L, Powers J.S. (30 de octubre de 2014). Landscape-scale variation in pathogen-suppressive bacteria in tropical dry forest soils of Costa Rica. (Biotropica, Editor). Recuperado el 30 de agosto de 2018, de [onlinelibrary.wiley.com: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/btp.12155](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/btp.12155)

Biología del suelo. Un mundo bajo nuestros pies. Ciclos biogeoquímicos. Ciclo del Fósforo. Recuperado el 9 de Octubre del 2018 de: <https://biologiadelsueloscsudea20132.wordpress.com/propiedades-biologicas-del-suelo/ciclos-biogeoquimicos/>

Biosiembra. Soluciones sustentables. Revisión bibliográfica. Trofobiosis. Recuperado el 23 de Mayo de 2018, de: <http://www.biosiembra.com/Folleto/folletoBIOSIEMBRA2014.html>

Camargo-Ricalde, S. L., Montaña, N. M., De la Rosa Mera, C. J., & Montaña Arias, S. A. (2012). Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. Revista Digital Universitaria, 13(7), 19. Recuperado el 3 de Octubre de 2018 de: <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>

Castro B. L, Murillo R. M, Uribe L. L, Mata C. R (2015). Inoculación al suelo con *pseudomonas fluorescens*, *azospirillum oryzae*, *bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (mm) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agron. Costarricense vol.39* (1). Recuperado el 22 de Marzo de 2018, de: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242015000300021&lang=pt

Ciclo del azufre. Transformaciones químicas del azufre durante al ciclo. Recuperado el 10 de Noviembre de 2018 de: <http://www.explicacion.net/ciclo-del-azufre/>

Chaturvedi, I. (2016). *www.fspublishers.org*. Recuperado el 5 de octubre de 2018, de Microsoft Word - 8FZPI-8605 Indira 96-100 Printed.doc

Cisneros C. Martín J. Realpe M. Fuenmayor J. Influencia de Microorganismos en la disponibilidad de Fósforo en Plántulas de café (*coffea arabica*). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 15 No. 1 (19-26). (2017). Recuperado el 20 de Octubre de 2018 de: <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=9bd2b5bc-4b16-4166-9e1a-79bf941325f0%40sessionmgr4007>

Definición el Ciclo del Nitrógeno. Concepto Definición. DE. Recuperado el 10 de Noviembre de 2018 de: <https://conceptodefinicion.de/ciclo-del-nitrogeno/>

El Bruixot. Urban Garden Shop. Función de los microorganismos en la nutrición de las plantas. Blog. Recuperado el 23 de Mayo de 2018, de: <http://www.elbruixot.com/semillasdemaria/funcion-de-los-microorganismos-en-la-nutricion-de-las-plantas/>

Ferlini, H. A.-D.-T. (Abril de 2005). Beneficios del uso de inoculantes sobre la base de azospirillum brasilense en cultivos extensivos de granos y forrajes . *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005* . Recuperado el 11 de abril de 2016, de *www.unne.edu.ar*: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-059.pdf>

García de Salamone, I.E., y J. Dobereiner. 1996. Maize genotype effects on the response to Azospirillum inoculation. *Biol. & Fertil. Soils* 21: 193-196. PDF

García de Salamone, I. E. Microorganismos promotores del crecimiento vegetal. *IAH* 5. Marzo 2012. Pág. 12-16. PDF

Gilfanova S. Nextews. Factor limitante funciones vitales de los organismos: La luz, el agua, la temperatura. Recuperado el 3 de Octubre de 2018 de: <http://es.nextews.com/d2c7208e/>

González K. Ciclos biogeoquímicos de los elementos del suelo en los ecosistemas tropicales. Zootecnia y Veterinaria es mi pasión. Producción sostenible. Blog. 2017. Recuperado el 23 de Mayo de 2018, de: <https://zoovetespasion.com/produccion-sostenible/ciclos-biogeoquimicos-en-los-ecosistemas-tropicales/>

Indiamart. Azotobacter Chroococcum, For Agriculture. Recuperado el 22 de Marzo de 2018 de: <https://dir.indiamart.com/impcat/azotobacter-biofertilizer.html>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires. Argentina. Ministerio de agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. Proyecto Inocular (PLANT GROWTH PROMOTING MICROORGANISM). Uso Actual y Potencial de Microorganismos para Mejorar la Nutrición y el Desarrollo en Trigo y Maíz. PDF

Juárez S.M, Sánchez A.J, Sánchez A. (2006). *Química del suelo y medio ambiente*. San Vicente del Raspeig. Digitalia. Recuperado el 3 de Septiembre de 2018 de: <https://bibliotecavirtual.unad.edu.co/login?url=http%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26db%3dnlebk%26AN%3d318168%26lang%3des%26site%3ded-live>

Kristen Becklund, J. P. (30 de octubre de 2014). onlinelibrary.wiley.com. (Biotropica, Editor) Recuperado el septiembre 30 de agosto de 2018, de onlinelibrary.wiley.com: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/btp.12155>

Martínez-Viera, R, Dibut, B, & Yoania, Ríos. (2010). Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. *Cultivos Tropicales*, 31(3), 00. Recuperado en 05 de octubre de 2018, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000300009&lng=es&tlng=es.

Mena S, M. C. Evaluación de la Producción Orgánica de Brócoli (*brassica oleracea var. italica*) Híbrido Legacy, Aplicando dos Fuentes de Microorganismos (*azotobacter chroococcum* y *bacillus subtilis*) y tres Dosis de Abonos Orgánicos que Activen la Solubilidad del Fósforo Inactivo del Suelo. (2014). Recuperado el 27 de Marzo de 2018, de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2565/1/T-UTC-000101.pdf>

Mensacivica. Representación gráfica del ciclo biogeoquímico del nitrógeno. Recuperado el 9 de Octubre de 2018 de: <http://mensacivica.com/las-legumbres-ante-el-cambio-climatico-y-la-huella-ambiental/>

Murgueitio, D. N. (marzo de 2016). <http://www.anecacao.com>. Recuperado el 30 de agosto de 2018, de <http://www.anecacao.com>: <http://www.anecacao.com/uploads/SEMINARIOS/analisis-de-los-factores-que-promueven-o-limitan-la-produccion-de-los-cultivos-y-su-relacion-con-la-floracion-del-cacao.pdf>

Nogales, B. (Mayo de 2005). La microbiología del suelo en la era de la biología molecular: descubriendo la punta del iceberg . *Ecosistemas* , 41-51. Recuperado el 30 de abril de 2016, de [http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7918/1/ECO_14\(2\)_06.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7918/1/ECO_14(2)_06.pdf)

Olalde Portugal, V., Aguilera Gómez, L. I., Microorganismos y biodiversidad. Terra Latinoamericana. Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de: <http://www.redalyc.org/html/573/57316312/>

Pizano M.C (2017). Amigos o enemigos? los microorganismos del suelo tienen efectos contrastantes sobre plántulas de 9 especies de bosque seco frente a la sequía. Departamento

de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Icesi. Simposio Relaciones Hongos-Plantas. Recuperado el 5 de Octubre de 2018 de:

<http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2139/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=75351476-6b34-4e98-97f5-60fea2d6c02f%40pdc-v-sessmgr05>

Paredes, M. C. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Argentina. Recuperado el 30 de Abril de 2016, de: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>

Pérez. I, Meriño. L, C. Arelis, Rodríguez. A, Pérez R.M. (2017). Características promotoras de crecimiento vegetal en rizobacterias aisladas de suelos contaminados con compuestos fenólicos. Recuperado el 14 de Noviembre de 2018 de:

<http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=c12ebd00-8f77-4c54-a65c-ad0207207f70%40sessionmgr4009>

Pondok Ilmu. HABITAT ORANG-ORANG PENGEMBANG ILMU. *Azospirillum*. Recuperado el 23 de Marzo de 2018 de:

<https://aguskrisnoblog.files.wordpress.com/2012/01/azospirillum-sp.gif>

Puente, M. L., García, j. e., & Rubio, e. y. (2010). Microorganismos promotores del crecimiento vegetal empleados como inoculantes en trigo. *Publicación Miscelánea N° 116*, 40,41,42.

Químicos Oma. Productos. Recuperado el 28 de Abril de 2018, de: <http://www.quimicosoma.com/>

Ramos H, L, Reyna G.Y, Lescaille A, J, Telo C, L, Arozarena D, N J, Ramírez P, M, Martín A, G M (2013). Hongos micorrízicos arbusculares, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* y Fitomas-E: Una alternativa eficaz para la reducción del consumo de

fertilizantes minerales en *Psidium guajava*, L. var. Enana Roja cubana. *Cultrop*, vol 34 (1). Recuperado el 22 de Marzo de 2018, de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000100001&lang=pt

ResearchGate. Scanning electron micrograph of *Pseudomonas sp.* Borneol Dehydrogenase from *Pseudomonas sp.* Recuperado el 30 de Abril de 2018 de: https://www.researchgate.net/figure/Scanning-electron-micrograph-of-Pseudomonas-sp-TCU-HL1_fig4_306080029

ResearchGate. The variation of colours and morphology of the fungal colonies of *Trichoderma spp.* Application and prospects for use in organic farming and industry. Recuperado el 30 de Abril de 2018 de: https://www.researchgate.net/figure/The-variation-of-colours-and-morphology-of-the-fungal-colonies-of-Trichoderma-spp-are_fig1_273338662

Restrepo R, J (2007). Manual práctico. El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas. Managua, Nicaragua. SIMAS.

Saavedra P, M. B. “Evaluación de la Incorporación de Microorganismos Benéficos sobre la Broza del Cultivo de Arroz (*oryza sativa l.*) Variedad Inia – 507. (2009). Recuperado el 27 de Marzo de 2018, de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/1157/ITEM%4011458-415.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez L, J, Valderrama U, G. Biología del suelo. Un mundo bajo nuestros pies. (2014). Recuperado el 30 de Abril de 2016, de: <https://biologiadelsueloscsudea20132.wordpress.com/microbiologia/importancia-de-los-microorganismos/>

Sarmiento C, Zalamea P.C, Dalling J.W, Davis A, Stump S.M, U'Ren and A J.M, Arnold E, Soilborne fungi have host affinity and host-specific effects on seed germination and survival in a lowland tropical forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 10.1073/pnas.1706324114, 114, 43, (11458-11463), (2017). Recuperado el 3 de Octubre de 2018 de: <http://www.pnas.org/content/114/43/11458>

Significado del Ciclo del Fósforo. Pasos del Ciclo del Fósforo. Ciclo del Fósforo en tierra firme. Recuperado el 10 de Noviembre de 2018 de: <https://www.significados.com/ciclo-del-fosforo/>

Science History Images / Alamy Stock Photo. *Bacillus sp.* Bacteria, LM. Light micrograph (LM) of *Bacillus sp.* bacteria, showing appearance of spore and vegetative cells. Crystal violet stain. Recuperada el 22 de Marzo de 2018 de: <https://www.alamy.com/stock-photo-bacillus-sp-bacteria-lm-134944421.html>

Sobiotech. Productos. Recuperado el 28 de Abril de 2018, de: <http://www.sobiotech.co/productos>

Técnico Agrícola. Ciclo del Potasio en el Suelo. Recuperado el 10 de Noviembre de 2018 en: <http://www.tecnicoagricola.es/ciclo-de-postasio-en-el-suelo/>

Toalombo I, R. M. “Evaluación de Microorganismos Eficientes Autoctonos Aplicados en el Cultivo de Cebolla Blanca (*allium fistulosum*)” (2012). Recuperado el 27 de Marzo de 2018, de: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2217/1/Tesis-22agr.pdf>

Torres L, Figueroa E. Micro-Macro Organismos en el suelo. Trabajo final del curso "Ciencias del Suelo" de la Universidad de Antioquia, (Medellín-Colombia). (2014). Blog. Recuperado el 23 de Marzo del 2018 de: <http://cienciasdelsuelofigueroatorres.blogspot.com/>

Velázquez M.S, Cabello M. Elíades L.A, Russo M.L, Allegruccia N, Schalamukc S. Combinación de hongos movilizadores y solubilizadores de fósforo con rocas fosfóricas y materiales volcánicos para la promoción del crecimiento de plantas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) (2017). Revista Argentina de Microbiología .Volume 49, Issue 4. Páginas 347-355. Recuperado el 22 de Noviembre de 2018 de: <https://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2073/science/article/pii/S0325754117300524?via%3Dihub>

CamargoRicalde S, M. N. (2012). *mendeley.com*. (R. D. Universitaria, Ed.) Recuperado el 3 de octubre de 2018, de mendeley.com: <https://www.mendeley.com/research-papers/micorrizas-una-gran-uni%C3%B3n-debajo-del-suelo/>

CHATURVEDI, I. (2016). *www.fspublishers.org*. Recuperado el 5 de octubre de 2018, de Microsoft Word - 8FZPI-8605 Indira 96-100 Printed.doc

Corrales Ramírez, L. A. (2014). <http://hemeroteca.unad.edu.co>. Recuperado el 30 de septiembre de 2018, de <http://hemeroteca.unad.edu.co>: <http://hemeroteca.unad.edu.co/entrenamiento/index.php/nova/article/view/997>

Juan E. Pérez-Jaramillo, R. R. (abril de 2016). *link.springer.com*. Recuperado el 15 de abril de 2019, de link.springer.com: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11103-015-0337-7#citeas>

Kristen Becklund, J. P. (30 de octubre de 2014). *onlinelibrary.wiley.com*. (Biotropica, Editor) Recuperado el septiembre 30 de agosto de 2018, de onlinelibrary.wiley.com: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/btp.12155>

Martínez-Viera, R. D. (julio- septiembre de 2010). <http://scielo.sld.cu>. Recuperado el 5 de octubre de 2018, de <http://scielo.sld.cu>: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000300009

- Murgueitio, D. N. (marzo de 2016). *http://www.anecacao.com*. Recuperado el 30 de agosto de 2018, de <http://www.anecacao.com>:
<http://www.anecacao.com/uploads/SEMINARIOS/analisis-de-los-factores-que-promueven-o-limitan-la-produccion-de-los-cultivos-y-su-relacion-con-la-floracion-del-cacao.pdf>
- Ramón Liriano González, D. B. (2015). *cagricola.uclv.edu.cu*. Recuperado el 15 de abril de 2019, de *cagricola.uclv.edu.cu*: http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V42-Numero_2/cag04215.pdf
- CamargoRicalde S, M. N. (2012). *mendeley.com*. (R. D. Universitaria, Ed.) Recuperado el 3 de octubre de 2018, de *mendeley.com*: <https://www.mendeley.com/research-papers/micorrizas-una-gran-uni%C3%B3n-debajo-del-suelo/>
- CHATURVEDI, I. (2016). *www.fspublishers.org*. Recuperado el 5 de octubre de 2018, de Microsoft Word - 8FZPI-8605 Indira 96-100 Printed.doc
- Corrales Ramírez, L. A. (2014). *http://hemeroteca.unad.edu.co*. Recuperado el 30 de septiembre de 2018, de <http://hemeroteca.unad.edu.co>:
<http://hemeroteca.unad.edu.co/entrenamiento/index.php/nova/article/view/997>
- Kristen Becklund, J. P. (30 de octubre de 2014). *onlinelibrary.wiley.com*. (Biotropica, Editor) Recuperado el septiembre 30 de agosto de 2018, de *onlinelibrary.wiley.com*:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/btp.12155>
- Martínez-Viera, R. D. (julio- septiembre de 2010). *http://scielo.sld.cu*. Recuperado el 5 de octubre de 2018, de <http://scielo.sld.cu>:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000300009

Raúl O. Pedraza, K. R. (2010). *http://revistacta.agrosavia.co*. Recuperado el 15 de abril de 2019, de <http://revistacta.agrosavia.co>:
<http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/206/212>