



05

05

Fecha de presentación: septiembre, 2016

Fecha de aceptación: octubre, 2016

Fecha de publicación: diciembre, 2016

Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores

Efficient microorganisms and its benefits for farmers

Ing. María Andrea Luna Feijoo¹

E-mail: seguro.a@cfg.intermar.cu

MSc. José Ramón Mesa Reinaldo²

¹Empresa Nacional de Seguro, Cienfuegos. Cuba.

²Universidad de Cienfuegos. Cuba.

¿Cómo referenciar este artículo?

Luna Feijoo, M. A., & Mesa Reinaldo, J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. Revista científica Agroecosistemas [seriada en línea], 4 (2), 31-40. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

RESUMEN

El Ingeniero Agrícola Doctor Teuro Higa, profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón crea una tecnología en la década de los ochenta relacionada con el uso de los microorganismos eficientes. Esta tecnología es la base de la presente reseña, que tiene como objetivo brindar información sobre los grupos de microorganismos benévolos tales como: Bacterias ácido láctico, bacterias foto trópicas, grupo de los actinomicetos, grupo de las levaduras, y hongos presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros. Los Microorganismos Eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección, además conservan los recursos naturales, generan una agricultura y medio ambiente más sostenible. Pueden ser utilizados en la rama pecuaria (porcicultura, ganadería y avicultura) para la cría de animales, el incremento de las variables productivas. Todo ello maximiza la eficiencia de los sistemas y el manejo de excretas e instalaciones.

Palabras clave:

Actinomicetos, bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras.

ABSTRACT

The Agricultural Ingeneer Dr. Teruo Higa, professor of Horticulture at the University of The Ryukyus in Okinawa, Japan creates a technique in the 80th decade related with the use of efficient microorganism. This technology is the basis of the present review aim at providing information about groups of benevolent microorganisms such as: lactic acid bacteria, phototrophic bacteria, actinomycetes group, yeast group and fungi present in natural ecosystems which are physiologically compatible with each other. Efficient Microorganisms, as a microbial inoculation, restore soil microbiological balance, improve its physical and chemical conditions, increase crop production and protection, preserve natural resources, and generate a more sustainable agriculture and environment. They can be used in the livestock (cattle, porciculture and poultry) for animal husbandry and the increase of productive variables. All this maximizes the efficiency of the systems and the management of excreta and facilities.

Keywords:

Actinomycetes, phototrophic bacteria, lactic acid bacteria, yeast.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de suplir la alta demanda de alimentos hace que los productores persigan, por cualquier medio, (el más usado el de tipo químico), acelerar los procesos de germinación, crecimiento y producción sin tener en cuenta el perjuicio que se le cause a los suelos y sobre todo a los consumidores finales (Arias, 2010).

Es por ello que surge la necesidad de utilizar para el proceso de germinación, como estimulante foliar, en el tratamiento de plagas y enfermedades, mecanismos de tipo biológico como el uso de microorganismos que replacen los métodos químicos hasta ahora usados. Esto permite mejorar la calidad del alimento, lo que al final se reflejó en la salud del consumidor disminuye el acelerado proceso de contaminación que está presentando el suelo y el rendimiento económico del productor será puede resultar mayor, puesto que el uso de microorganismos reduce los costos, comparado con la inversión que se debe hacer con el uso de fertilizantes químicos (República de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, 2008).

En Ecologic Maintenances (2012), se plantea que las condiciones actuales de contaminación y el uso excesivo de sustancias químicas sintéticas han causado la proliferación de especies de microorganismos considerados regeneradores. Una vía que ayuda a subsanar los problemas antes planteados es el uso de los microorganismos eficientes (EM).

Los EM son un grupo muy grande de organismos, que cumplen multitud de funciones en el suelo y mantienen en orden los ciclos normales de múltiples sustancias. Esta labor es permanente y gracias a ella la vida en el suelo se mantiene. Estos organismos viven naturalmente en el suelo (bacterias, hongos, actinomicetos) y cumplen múltiples funciones, especialmente degradando y/o transformando diversos materiales para que sean aprovechados en la nutrición de las plantas. Intervienen además en los ciclos biogeoquímicos en la naturaleza (Fundases, 2014).

Estos microorganismos se clasifican en grandes grupos funcionales como: grupo ácido láctico, bacterias fotosintéticas, grupo de las levaduras, grupo de los actinomicetos y hongos, Sus funciones en el suelo son: Fijación del nitrógeno atmosférico, descomposición de desechos orgánicos y residuos, supresión de patógenos del suelo, reciclaje e incremento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, degradación de tóxicos incluyendo pesticidas, producción de antibióticos y otros componentes bioactivos, producción de moléculas orgánicas simples para el consumo de las plantas, formación de complejos de

metales pesados para su absorción limitada por las mismas, solubilizarían de fuentes de nutrientes insolubles y la producción de polisacáridos para mejorar la agregación del suelo (Pérez, 2010).

Los proyectos relacionados con la tecnología EM, tienen como objetivo contribuir al mejoramiento productivo y ambiental mediante la utilización de los mismos, y de esta forma contribuir al mejoramiento económico y social de las comunidades rurales. De ahí que la presente reseña tuvo como objetivo recopilar información sobre el surgimiento, modo de acción y los principales resultados obtenidos con la tecnología EM.

Surgimiento de la Tecnología EM

La tecnología EM fue desarrollada en la década de los ochenta por el Doctor Teruo Higa, Profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. En los inicios de los años sesenta, el profesor Higa comienza la búsqueda de una alternativa que reemplazara los fertilizantes y pesticidas sintéticos, popularizados después de la Segunda Guerra Mundial para la producción de alimentos en el mundo entero. El profesor al estudiar las funciones individuales de diferentes microorganismos, encuentra que el éxito de su efecto potencializado estaba en su mezcla. Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada en una multitud de usos agropecuarios y ambientales, y es utilizada en más de 80 países del mundo (Arias, 2010).

El Doctor Higa dona al mundo la tecnología EM y crea a EMRO (EM Research Organization), organización sin ánimo de lucro para difundir la tecnología, distribuida en cada país por organizaciones con igual orientación (República de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, 2008).

Definición

EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces, efectivos o eficientes), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros (Ecologic Maintenances, 2012).

Autores como Ramírez (2009); y Fundases (2014), exponen que cuando los EM son inoculados en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinérgica por su acción en comunidad.

Pedraza, et al. (2010), refieren que los microorganismos eficientes son un cultivo mixto de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias

fotosintéticas, productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores) que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, lo que incrementa el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos (Moya, 2012).

El Programa de Reducción de la Pobreza (PRP), en el año 2009 se plantea que al aplicar EM a suelos, aguas residuales y desechos orgánicos, la población de microorganismos es modificada hacia una que produce sustancias benéficas para la vida animal y vegetal, Pedraza, et al. (2010), refieren que el principio fundamental de esta tecnología consiste en la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones del suelo, suprimir la putrefacción (incluyendo enfermedades) y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas.

DESARROLLO

Modo de acción de los microorganismos

Ramírez (2009), plantea que los diferentes tipos de microorganismos en el EM toman sustancias generadas por otros organismos, se basa en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por estos microorganismos para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas (Moya, 2012).

Cuando los Microorganismos Eficientes incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriquecen la microflora, balancean los ecosistemas microbiales y suprimen microorganismos patógenos (PRP, 2009).

Principales microorganismos EM

Según Fundases (2014), las especies principales de microorganismos incluyen:

Bacterias del ácido láctico: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactics*.

Bacterias fotosintéticas: *Rhodopseudomonas plas-trus*, *Rhodobacter spaeroides*.

Levaduras: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*.

Actinomicetos: *Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*.

Hongos la fermentación: *Aspergillus oryzae*, *Mucorhiemalis*.

Bacterias Ácido Lácticas

Estas bacterias (*Lactobacillus* spp.) producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras (Ecologic Maintenances, 2012).

Diversos documentos (República de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, 2008; Ecologic Maintenances, 2012) señalan que el ácido láctico es un compuesto esterilizante fuerte, que suprime microorganismos dañinos y ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y la celulosa, fermentándolos, removiendo efectos no deseables de la materia orgánica no descompuesta. Este compuesto a su vez, transforma esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. Por eso, algunas comidas y bebidas como el yogur y encurtidos son hechas con bacterias ácido lácticas desde tiempos remotos.

Las bacterias ácido lácticas, tienen la habilidad de suprimir enfermedades, incluyendo microorganismos como *Fusarium*, que aparecen en cultivos continuos y en circunstancias normales, debilitan las plantas, exponen a enfermedades y a poblaciones grandes de plagas como los nemátodos. El uso de bacterias ácido lácticas reduce las poblaciones de nemátodos, controla la propagación, dispersión de *Fusarium*; gracias a ello, induce un mejor ambiente para el crecimiento de los cultivos (EM, 2014).

Bacterias Fototróficas

Son bacterias autótrofas (*Rhodopseudomonas* spp.) que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros Microorganismos Eficaces. Por ejemplo, en la rizósfera las micorrizas vesiculo-arbusculares (VA) se incrementan gracias a la disponibilidad de compuestos nitrogenados (aminoácidos), que son secretados por las bacterias fototróficas. Las micorrizas VA en respuesta, incrementan la solubilidad de fosfatos en el suelo y por ello brindan fósforo que no era disponible a las plantas. Las micorrizas VA también pueden coexistir con *Azotobácter* y *Rhizobium*, e incrementar la capacidad de las plantas para fijar nitrógeno de la atmósfera (EM, 2014).

Levaduras

Plantea Valdivieso (2013), que las levaduras son hongos unicelulares que representan un *punto biológico* entre las bacterias y los organismos superiores, manteniendo las ventajas de los microorganismos en cuanto a su fácil manipulación y crecimiento rápido.

Toc (2012) y Valdivieso (2013) exponen que las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y otras útiles, requeridas por las plantas para su crecimiento a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fototrópicas, materia orgánica y raíces de plantas.

Por otra parte, Valenzuela (2012); y Serrano (2009), revelan que las sustancias bioactivas como las hormonas y las enzimas producidas por las levaduras, promueven la división activa celular y radical. Estas secreciones también son sustratos útiles para el EM como las bacterias ácido lácticas y actinomicetos.

Valdivieso (2013), refiere que *Saccharomyces cerevisiae*, es quizás, la levadura más importante para la humanidad, ya sea por su utilización desde hace miles de años en la producción de pan y bebidas alcohólicas por fermentación, o por ser uno de los organismos eucarióticos modelos más intensamente estudiados a nivel de su biología celular y molecular.

Actinomicetos

Los actinomicetos son una estructura intermedia entre bacterias y hongos, que pueden coexistir con las bacterias fotosintéticas y producen sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y la materia orgánica secretados por éstas. Ambas especies (actinomicetos y bacterias fotosintéticas), mejoran la calidad de los suelos desarrollados, al incrementar su actividad antimicrobiana (Condor, et al., 2007). Los actinomicetos controlan hongos y bacterias patógenas y también aumentan la resistencia de las plantas, mediante un mecanismo de producción de antibióticos que provocan inhibición de patógenos del suelo y benefician el crecimiento y la actividad de *Azotobacter* y de las micorrizas (Asia Pacific Natural Agriculture Network, 2003; y Coutinho, 2011).

Hongos de Fermentación

Los hongos de fermentación como *Aspergillus* y *Penicillium*, actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas, lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y larvas de moscas (Asia Pacific Natural Agriculture Network, 2003; y Condor, et al., 2007).

Al referirse al papel que tienen estos hongos en el EM, Ibáñez (2011), explica que aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica lo que facilita su obtención para la nutrición de las plantas.

Activación de la Tecnología (EM) Microorganismos Eficientes

EM es un producto microbiano multipropósito, que contiene varios tipos de organismos vivos. Estos microorganismos se propagan entre ellos mismos si existen unas condiciones adecuadas de alimento y medios ambientales. Esta propagación se conoce como activación y es de sencilla elaboración, logra hacer un uso de los EM mucho más económico. Cuando se usan EM para cualquier aplicación, el incremento de la densidad de población de estos microbios benéficos es la llave para alcanzar buenos resultados. Debido a la activación EM es posible aplicar este producto con más frecuencia, lo que reduce los gastos (Ramírez, 2009).

Materiales

Para preparar 20 partes de EM ACTIVADO (AEM), se requiere:

- Un recipiente plástico hermético, botella, contenedor o tanque grande; lavar el recipiente antes de usarlo. Se recomienda no utilizar botellas o contenedores de vidrio debido a que el producto produce gas al ocurrir el proceso de fermentación, este gas se forma a partir del segundo día de envasado el EM por lo que es necesario abrir la tapa del recipiente dos o tres minutos para liberar el gas; así como utilizar el EM después de 7 días de almacenado cuando su pH sea menor a 3,8.
- Melaza para un 5% del volumen total; esta melaza no debe contener preservativos y es posible que esté contaminada de microbios indeseables, por lo que be hervirse antes de usarla. Si se utiliza otra fuente como el azúcar blanco se le debe añadir otro recurso mineral como es la sal natural de mar (0,05-0,1% del volumen total).
- EM para el 5% del total del volumen.
- Agua de lluvia, agua del grifo, agua destilada comercial pueden ser usadas, mientras mayor sea la calidad, mejores son los resultados. Cuando se utilice agua del grifo se deja reposar de 24 a 48 horas para que se elimine el cloro para disminuir los efectos peligrosos de este sobre los microorganismos.
- Las herramientas que ayudan al proceso de preparación son un embudo, una tasa para mezclar, una cuchara y un papel indicador de pH para medir su valor (República de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, 2008).

Preparación

Se mezcla el inoculador microbiano de 1 porción EM, 1 porción de melaza y a 20 porciones de agua caliente (110°F a 115° F, o 43°C a 46°C). Se almacena durante 4 a 7 días en un envase hermético para la fermentación. La acumulación del gas debe eliminarse una vez al día durante todo el proceso. Concluido el mismo se envasa el producto obtenido en recipientes tapados, que deben mantenerse en un lugar fresco o en un local a una temperatura entre 20°C a 30°C (desde 68°F a 86°F), no requiere refrigeración.

La **activación** EM (AEM) está lista para utilizar después de 4 a 7 días de preparada cuando el pH esté por debajo de 3,8, siendo el ideal entre 3-3,5 y tenga un olor dulce ácido, muy similar al guarapo, también cambia de color de un negro a un marrón rojizo. Esta activación EM (AEM) puede ser usada hasta un mes después de preparada, sin embargo, los efectos de los microorganismos activados EM (AEM) son mejores cuando se aplican en menor tiempo.

No se puede utilizar la activación EM (AEM) para realizar a partir de ella otra activación debido a que la coexistencia y acoplamiento de los grupos de microorganismos que lo conforman, como las bacterias ácido lácticas, bacterias foto trópicas y levaduras, presentarían un desbalance y desacoplamiento en sus interrelaciones. Esto puede ocurrir si se realizara esta solución secundaria y alcance un pH de 3,5, tomando el nombre de solución bacteriana activa de bajo contenido ácido la cual no garantizaría los resultados esperados (Ramírez, 2009).

Inoculación y principios biológicos de EM

Según Fundases (2014), el concepto de la inoculación de suelos y plantas con microorganismos benéficos para crear un ambiente microbiano más favorable para el crecimiento de las plantas ha sido motivo de discusión durante décadas por parte de los científicos dedicados a la agricultura. El principio biológico que determina la actuación de este consorcio de bacterias se basa, entre otras propiedades, en su carácter antioxidante. Además, cuando estos microorganismos entran en contacto con la materia orgánica secretan sustancias benéficas como vitaminas, ácidos orgánicos y minerales. Así mismo, prosperan por exclusión competitiva, tanto en nichos contaminados como en descomposición, para luego morir cuando las condiciones son limpias, por lo cual no existe riesgo de contaminación secundaria (EM, 2014).

Coexistencia de EM

Las diferentes especies de los Microorganismos Eficientes (Bacterias fototrópicas, ácido lácticas y levaduras, entre otras) tienen sus respectivas funciones. Sin embargo, las bacterias fototrópicas, se pueden considerar como el núcleo de la actividad de los EM. Las bacterias fototrópicas refuerzan las actividades de otros microorganismos. A este fenómeno se le denomina coexistencia y coprosperidad (República de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, 2008).

Según Moya (2012), el aumento de poblaciones de EM en los suelos promueve el desarrollo de microorganismos benéficos existentes en los mismos, pues su microflora se torna abundante, y por ello el suelo desarrolla un sistema microbiano bien balanceado. En este proceso, microbios específicos (especialmente los dañinos), son suprimidos, a su vez, reduciendo especies microbianas del suelo que causan enfermedades (Ladino & Rodríguez, 2009).

Fundases (2014), refiere que las raíces de las plantas también secretan sustancias como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas activas. Los EM utilizan estas secreciones para su crecimiento y en el transcurso de este proceso también secretan y provee aminoácidos, ácidos nucleicos, una gran variedad de vitaminas y hormonas a las plantas. Esto significa que los EM en la rizosfera, coexisten con las plantas y que, por ello, en suelos dominados por los mismos las plantas crecen excepcionalmente bien.

Otros usos de los EM

Los Microorganismos Eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección, además conservan los recursos naturales, y generan una agricultura y medio ambiente más sostenible. Pueden ser utilizados en la rama animal (porcicultura, ganadería y avicultura) para la cría de animales, el incremento de las variables productivas, esto maximiza la eficiencia de los sistemas y el manejo de excretas e instalaciones.

Ecologic Maintenances (2012), asegura que son una buena alternativa dentro del saneamiento ambiental. La utilización de microorganismos como herramienta biológica permite transformar desechos para ser usados como nutrientes; pueden aplicarse en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y en residuos sólidos con lo cual se pueden producir fertilizantes y evitar la proliferación de insectos y vectores.

Díaz Barragán, Montero Robayo & Lagos Caballero (2009), señalan que los EM, pueden utilizarse como inoculantes del suelo para reconstruir su equilibrio biológico, mejorar la asimilación de nutrientes para que estén de esta manera disponibles, para suprimir microorganismos patógenos indeseables por exclusión competitiva o dominación absoluta y de esta manera favorecer el crecimiento, rendimiento y protección de las plantas de cultivo. Pueden emplearse en aspersiones foliares, para mejorar el crecimiento del follaje (22%) y de esta manera aumentar el área fotosintética, lo que se traduce en una mayor elaboración de nutrimentos para la planta y por ende en un incremento de su productividad; además se ha comprobado que algunos microorganismos presentes en EM asperjados al follaje, son capaces de proteger a las plantas del ataque de determinados patógenos.

Efectos de los EM

Según Moya (2012), algunos de los efectos benéficos de la aplicación de los EM son:

- » Promueve la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas.
- » Mejora física, química y biológicamente el ambiente de los suelos y suprime los patógenos que promueven enfermedades.
- » Aumenta la capacidad fotosintética de los cultivos.
- » Asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas.
- » Incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante.
- » Reduce los malos olores y por lo tanto disminuye la utilización de desinfectantes.
- » Disminuye el consumo de agua de lavado, implementando el manejo de camas secas para coleccionar excretas.
- » Ayuda al aprovechamiento eficiente de desechos animales.
- » Mejora la calidad y aumenta la rapidez en la elaboración del abono.
- » Reincorpora aguas residuales como aguas de riego.
- » Mejora la calidad de los productos animales.
- » Promueve la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evita la descomposición de la materia orgánica por oxidación, en la que se generan gases sulfurosos y amoniacales.
- » Reduce la producción de lodos en sistemas de tratamientos convencionales.
- »

Ventajas del uso de los EM

Los microorganismos eficientes, al ser un producto orgánico sin manipulación genética, son bien aceptados en toda clase de unidades productivas, ya sean agrícolas, pecuarias o ambientales. Su uso requiere de menores cantidades de materia orgánica, con el ahorro de costos de aplicación de esta al suelo. Con la aplicación de la tecnología EM se hace posible la transformación de los residuos orgánicos en abonos de excelente calidad, utilizados en programas de producción limpia (Pedraza, et al., 2010).

La aspersión de microorganismos eficientes en las instalaciones donde se encuentran las excretas de los cerdos y el ganado, según el PRP (2009), reduce drásticamente los malos olores de los gases emitidos y la presencia de vectores. Además, la tecnología EM, aplicada en el tratamiento de aguas residuales permite recuperar este tipo de aguas, lo que minimiza diferentes impactos generados al medio ambiente.

Moya (2012), plantea que el uso de agroquímicos además de ser de alto costo en la mayoría de los países, hace que el suelo pierda diversidad de flora y fauna y que se destruya su materia orgánica, mientras que los EM mejoran la biota del suelo, las propiedades físicas de este, disminuyen los costos de la producción, aumenta la cantidad de cosechas y por lo tanto, aumentan los ingresos del agricultor.

Según el PRP (2009), el uso de los EM puede tener las siguientes funciones:

En el agua potable: Remueve la materia orgánica; optimiza procesos unitarios en las plantas de tratamiento; reduce la producción de compuestos organoclorados en sistemas convencionales y racionaliza el uso de agentes químicos.

En el agua residual: Transforma la materia orgánica disminuyendo la producción de lodos; mejora la calidad física, química y microbiológica del efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales e inhibe la producción de olores ofensivos.

En residuos sólidos: En procesos de compostaje acelera la transformación de la materia orgánica y elimina olores molestos en botaderos, rellenos sanitarios, estaciones de manejo de residuos y en carros recolectores. Los desechos agrícolas, la descarga de aguas contaminadas y la emisión de dioxina que se desarrolla por la incineración y la desintegración de materia orgánica son algunos de los problemas que se pueden enfrentar de manera exitosa con la aplicación de la tecnología de los EM.

Pérez (2010), plantea como resultado de una investigación realizada que estos Microorganismos

Eficientes cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quilatos y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además, hace precisiones acerca de que 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 este se transforme a su vez en suelo azimogénico, lo que puede de alguna manera inhibir el crecimiento de patógenos. Expresa al respecto, República de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (2008), que estas bacterias funcionan como un componente importante de los EM, ayudan a mantener el balance con otros microorganismos benéficos, permiten coexistir y funcionar conjuntamente con los mismos.

Silva (2014), manifiesta que los EM generan un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos, consumen los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades. Incrementan el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos y promueven la floración, fructificación y maduración, por sus efectos hormonales.

Resultados de trabajos realizados en la rama agrícola

En el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) Terry Alfonso, Leyva & Hernández (2010), aplicaron microorganismos eficientes como biofertilizante para evaluar la efectividad agro biológica de *Azospirillum* sp. en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de dicho cultivo, donde los resultados demostraron que los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Streptomyces*, forman parte de la comunidad microbiana de la rizósfera del tomate, y que *Azospirillum* es el género dominante. Aclara el autor que con la inoculación artificial de este microorganismo se logra un incremento del 11% del rendimiento respecto al testigo.

La dosis más efectiva de los EM en el rendimiento del cultivo del pepino (*Cucumis sativus* híbrido Atar Ha-435) fueron evaluadas por Peñafiel & Donoso (2012), y no obtuvieron diferencia estadística entre los tratamientos aplicados y el testigo en cuanto al rendimiento, aunque demostraron la influencia de los EM sobre la precocidad de la cosecha, el número de flores por planta e inicio del ataque de *Mildiu velloso*.

El estudio de la tecnología EM en la producción de abono orgánico a partir de estiércol de aves

de jaula desarrollado por Uribe, Estrada, Córdoba, Hernández & Bedoya (2010), ha permitido el conocimiento de una aceleración en el proceso de estabilización del compost con la aplicación de esta tecnología. Las pruebas físico-químicas realizadas al final revelaron mayores valores de Nitrógeno y Potasio para la mezcla de gallinaza con los EM. Los valores en la relación Carbono/Nitrógeno y en la capacidad de intercambio catiónico, han sido adecuados para este tipo de compostaje en los tratamientos aplicados.

Durante la evaluación de microorganismos eficientes autóctonos, realizada por Toalombo (2012) fueron identificados tres géneros: Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus plantarum*), y bacterias fototrópicas/fotosintéticas (*Rhodopseudomonas sphaeroides*). Aplicados en diferentes dosis y frecuencias en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.), pudo concluir en base al rendimiento kg. ha⁻¹ que el tratamiento con 3 cm³ de EM + 3 de melaza / 1 litro de agua, cada 14 días, logra el mejor peso promedio 29 120,00 kg.ha⁻¹, ubicándolo en el primer lugar. El testigo se ubica en el décimo y último lugar con un peso promedio de 17 227,64 kg.ha⁻¹.

Un estudio realizado por Santillán, Recalde & Echeverría (2012), sobre la descomposición de materia orgánica con Microorganismos Eficientes magnetizados, se obtiene como resultado del análisis realizado en el laboratorio y en el campo que la aplicación de campos magnéticos a los EM en procesos de descomposición resulta positiva. La aplicación en diferentes dosis de los mismos sobre la materia orgánica, contribuye a la aceleración del proceso de compostaje. La mejor dosis de campos magnéticos sobre los EM ha sido mostrada en la dilución 10⁻², con un valor de 0,74 Gauss.

Al estudiar el efecto de microorganismos aplicados por fertirriego, en la disponibilidad de fósforo (P) en dos sistemas de cultivo de banano (*Musa paradisiaca* L.), en la zona bananera Magdalena. Pérez (2010), logra las mayores disponibilidades con 45 L.ha⁻¹ en la finca orgánica y en la finca de manejo convencional con 15 L.ha⁻¹. A nivel foliar no se obtiene diferencias significativas, en cuanto a los contenidos de P, en las dos fincas, después de la aplicación de microorganismos solubilizadores de fósforo.

El efecto de los microorganismos eficientes y *Trichoderma* sp. sobre la incidencia de *Fusarium* y *Sclerotium rolfsii* estudiado por Flores, López & Villanueva (2012), en una siembra experimental de pimentón (*Capsicum annuum*, L.) se obtiene como resultado que, con su aplicación hubo menor

incidencia de los patógenos *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium* sp., en 5 y 6% respectivamente. En el tratamiento a base de abono químico, la incidencia de los patógenos resulta igual al testigo, y llegan a ser mayor al 20%.

En el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.), al estudiar García (2016), el efecto de dos biopreparados a base de EM (ME-50 y ME-UCF) productos obtenidos por la Empresa Labiofam y la Universidad de Cienfuegos, sobre los niveles de afectación por *Fusarium* sp. y *Rizoctonia solani* en las raíces de las plantas, ha determinado en todos los tratamientos evaluados, un bajo nivel de afectación (menos de 5 %), mientras que en el testigo, estos valores están por encima de 20 %, y afectan los rendimientos en el cultivo.

En el arroz (*Oriza sativa*, L.) en un estudio del efecto de ME-50 sobre los niveles de larvas de Picudito acuático (*Lissorostus brevisrostris*), Milian (2015), observa que la parcela testigo presenta a los 21 días, un índice de infestación de 0,51 larvas/plantón, mientras en el tratamiento con ME-50, este índice fue de 0.03 larvas/plantón. En cuanto al rendimiento agrícola y sus componentes, la parcela tratada con ME-50 (en dosis de 7 L. ha⁻¹ y tres aplicaciones a los 15, 25 y 35 días posteriores al trasplante), se diferencia significativamente del testigo, con 46.7 panículas.m⁻², 19.8 granos llenos por panícula y un rendimiento superior a éste en 0.80 t. ha⁻¹, lo que pone de manifiesto la efectividad del biopreparados.

La evaluación de la acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo, en dosis de 5% del agua del riego, incrementó la capacidad de intercambio catiónico en el suelo (Díaz, et al., 2009).

En un estudio sobre el mecanismo de adaptación de *Saccharomyces cerevisiae* a la alcalinización ambiental, Serrano (2009) descubre que la alcalinización medioambiental provoca una respuesta adaptativa que no es el resultado de la activación de una única vía de señalización específica para pH alcalino, sino que es el producto de activar diversas vías encaminadas a paliar variadas alteraciones producidas por el estrés alcalino.

Una investigación realizada por Mesa, et al. (2016), estudiando el efecto sobre varios cultivos de un biopreparado de producción local a base de microorganismos eficientes (ME-UCF), demuestra que los EM provocan en la producción de posturas de fruta bomba (*Carica papaya* L.), un incremento en la altura y grosor del tallo, lo que motiva un adelanto con relación al testigo, entre siete y 10 días en el

momento de estar la postura lista para el trasplante. En frijol, se obtuvo incremento en los rendimientos agrícolas, con valores de 2,5 t. ha⁻¹ con ME-UCF a dosis de 10 L. ha⁻¹, contra 1,0 t. ha⁻¹ en el testigo y, en lechuga (*Lactuca sativa*), al aplicar una dosis de 48 L. ha⁻¹ del producto, se obtiene un incremento en la altura y el peso de la roseta de hojas y una reducción del ciclo del cultivo.

Resultados de trabajos realizados en la rama pecuaria

La eficiencia de microorganismos (EM) en el mejoramiento funcional del sistema digestivo de cerdos en fase prelevante, es estudiado por Cortés & Gómez (2011), y descubren que la inclusión de los EM en la dieta de lechones en fase de preiniciación, es favorable para mejorar sus índices de conversión, con un consumo menor que el del grupo de control. A pesar de que la ganancia de peso observada en el grupo de control ha sido mayor, el consumo de estos animales también se incrementa y por tanto, su conversión es menor.

Un estudio sobre el efecto de los microorganismos eficientes en las aguas residuales de la Granja Porcina de Zamorano, sobre la demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno y para los sólidos totales, realizado por Toc (2012), se puede observar la mayor reducción al utilizar EM comercial y que no hay diferencia entre los EM comerciales y los producidos en Zamorano.

Bueno & Lesmes (2011), evalúan el uso de microorganismos eficientes en levante de novillas Brahman bajo pastoreo semi-intensivo suplementado. Los resultados obtenidos muestran que se logran ganancias de peso promedios de 682,4 g diarios, en los animales a los que se les adiciona EM en el suplemento comparado con 418,5 g por día en animales que no les fue adicionado. En los pesos finales, a los 90 días que dura el experimento, los animales que consumieron EM en su suplemento obtienen un promedio de 21,4 kg más que aquellos que no han consumido EM. Por lo que se concluye que el uso de estos, como aditivo en los suplementos para los animales, mejora la ganancia de peso y peso corporal, por ello es posible la obtención de un incremento de los ingresos por un aumento en las ganancias de peso hasta en un 35,3% más que en animales que no consumen este aditivo.

Un estudio realizado sobre el efecto de EM, (T1, tratamiento 1) y melaza (T2, tratamiento 2) en la ganancia de peso de tilapias (*Oreochromis* sp.) en condiciones de laboratorio realizado por Ladino & Rodríguez (2009), muestra que el agua de los contenedores del tratamiento T1 y T2, inicialmente toma una coloración más oscura, sin embargo, para el

final del experimento, el agua de los dos tratamientos presenta la misma tonalidad. Los peces, presentan lesiones oculares posiblemente por la marcada agresividad mostrada durante la investigación. El T1 muestra una ganancia de peso de $0,7321 \text{ g} \pm 0,2126$ con un coeficiente de variación de 29,05 %. Para T2 se evidencia una ganancia de peso de $0,8034 \text{ g} \pm 0,095$ con un coeficiente de variación de 11,87%. No existe diferencia estadística significativa $p < 0,05$.

Lomas & Pupiales (2009), estudian el efecto de cuatro niveles 0g, 10g, 20g, 30g de *Saccharomyces cerevisiae* en tiempo de lactancia, como aditivo alimenticio en vacas del trópico para mejorar la producción lechera, en la que el mejor comportamiento corresponde con el tratamiento donde se aplicaron 10 g, el mismo alcanza los valores más efectivos de persistencia de la lactancia, de condición corporal, incremento del peso corporal y de eliminación de levaduras en las heces.

En el empleo de los EM como promotores del crecimiento en los cerdos hasta el destete, estudiado por Rodríguez Torrens, Barreto Argilagos, Bertot Valdés & Vázquez Montes de Oca (2013), se obtiene como resultado que su aplicación contribuye a la obtención de ejemplares con 2,56 kg superiores a la media del control. Por lo que los autores afirman que es una alternativa de fácil realización, que posibilita incrementos en la ganancia de peso corporal superiores (29,2%) a los referidos cuando se emplean antibióticos en concentraciones subletales, y sin sus efectos colaterales adversos.

Pérez (2014), utiliza la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en alimentación animal de aves de corral, en la que se ha obtenido que la levadura es una fuente de distintos nutrientes que tienen un valor nutritivo por sí mismos, y que, al mismo tiempo, mejoran el sistema inmunológico de los animales y la flora intestinal; lo que proporciona más eficacia al proceso de digestión del pienso. Mejora también, sustancialmente, el aspecto general del animal.

CONCLUSIONES

Los Microorganismos Eficaces, efectivos o eficientes (EM), son un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros.

Los Microorganismos Eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección, además conservan los recursos naturales,

generan así una agricultura y medio ambiente más sostenible.

Pueden ser utilizados en la rama pecuaria (porcicultura, ganadería y avicultura) para la cría de animales, el incremento de las variables productivas, que maximizan la eficiencia de los sistemas y en el manejo de excretas e instalaciones.

La adopción de la tecnología EM contribuye al logro de una mayor producción de los sistemas agrícolas y pecuarios sobre una base sostenible y un ambiente limpio para las futuras generaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Hoyos, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de ciencia e ingeniería Vol. 02*, 02, 42–45.
- Asia Pacific Natural Agriculture Network (APNAN). (2003). *Guía de la Tecnología EM*. Recuperado de <http://fundases.com>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2009). *Manual Práctico de Uso de EM. Edición N° 1*. Proyecto de Reducción de Pobreza y Mejora de las Condiciones Higiénicas de los Hogares de la Población Rural de Menores Recursos. Uruguay. Recuperado de http://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf
- Bueno Lloreda, C. A., & Lesmes Rodas, N.H. (2011). *Utilización de microorganismos eficientes en levante de novillas brahmán bajo pastoreo semi-intensivo suplementado en la región de Palmira, Valle del Cauca*. Tesis de diploma. Bogotá: Universidad de la Salle.
- Cortés Machado, L.E., & Gómez Torres, F.A. (2011). Eficiencia de microorganismos (EM) en el mejoramiento funcional del sistema digestivo de cerdos en fase prelevante. *Revista SpeiDomus*, 7(15), 31-34. Recuperado de <http://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/download/606/572>
- Coutinho, F.M. (2011). Programa de extensão "Divulgação das Plantas Mediciniais, da Homeopatia e da Produção de Alimentos Orgânicos". En *Cuaderno los Microorganismos Eficientes (EM). Instruções práticas sobre uso Ecológico e social do EM*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- Díaz Barragán, O. A., Montero Robayo, D. M., & Lagos Caballero, J.A. (2009). Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca. *Revista Colombia Forestal*, 12, 141-160. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v12n1/v12n1a10.pdf>
- Ecologic Maintenances (2012). *Microorganismos efectivos EM en la Agricultura*. Yucatán, México. Recuperado de <http://www.emmexico.com>

- Flores, Y., López, F., & Villanueva, J. (2012). *Efecto de los microorganismos eficaces (EM) y Trichoderma sp. sobre la incidencia de Fusarium y Sclerotium rolfsii en una siembra experimental de pimentón*. Recuperado de <http://www.sertox.com.Ar/retel/default.htm>
- Fundases. (2014). Fundación de Asesorías para el Sector Rural. *Microorganismos Eficaces*. Agrophos. Recuperado de <http://fundases.com/p/solbac.html>
- García Machado, C. (2016). *Efecto de dos biopreparados a base de EM sobre el cultivo del frijol común (Phaseolus vulgaris J.) en aguada de Pasajeros*. Tesis de diploma. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Ibáñez, J. J. (2011). *Microorganismos Eficaces o Efectivos (EM) y Rehabilitación de Suelos*. Recuperado de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/03/02/137556>
- Ladino Orjuela, G., & Rodríguez Pulido, J.A. (2009). Efecto de *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomonas palustris* (microorganismos eficientes) y melaza en la ganancia de peso de tilapias (*Oreochromis sp.*) en condiciones de laboratorio. *Orinoquia*, 13(1), 31-36. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89612776006>
- Lomas Proaño, F.E., & Pupiales Mugmal, M. L. (2009). *Efecto de cuatro niveles de Saccharomyces cerevisiae como aditivo alimenticio en vacas del trópico para mejorar la producción lechera, en la provincia de Imbabura, Cantón Cotacachi, sector San José de Magdalena*. Informe final de Tesis. Ibarra: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Mesa, J. R., et al. (2016). Efecto de un biopreparado de producción local a base de microorganismos eficientes sobre diferentes cultivos en la provincia de Cienfuegos. *Memorias IV Convención Internacional de Agrodesarrollo*.
- Milian, P.R. (2015). *Evaluación del efecto de ME-50 en la variedad de arroz Prosequia 4 en el municipio de Aguada de Pasajeros*. Tesis de Diploma. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Moya, J.C. (2012). *Cómo hacer microorganismos eficientes*. Ministerio de agricultura y ganadería dirección regional central occidental. Recuperado de <http://fundases.com/p/solbac.html>
- Pedraza, R.O., et al. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 11(2), 155-164. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5624728.pdf>
- Peñafiel Cruz, B., & Donoso Brunque, M. (2012). *Evaluación de diferentes dosis de Microorganismos Eficaces (ME) en el cultivo del pepino (Cucumis sativus) híbrido Atar Ha-435*. Recuperado de <http://www.fundase.org/p/em09.html>
- Pérez Molina, S.M. (2010). *Efecto de microorganismos aplicados por fertirriego en la disponibilidad de fósforo en dos sistemas de cultivo de banano en la zona bananera del Magdalena*. Tesis de Maestría. Santa Marta: Universidad Nacional de Colombia.
- Pérez, C. (2014). *La levadura Saccharomyces cerevisiae en alimentación animal*. ABN (Aplicaciones Básicas a la Nutrición). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89612776006>
- PRP (2009). *Manual Práctico de Uso de EM*. Edición N° 1. Proyecto de Reducción de Pobreza y Mejora de las Condiciones Higiénicas de los Hogares de la Población Rural de Menores Recursos. Uruguay.
- Ramírez Martínez, M. A. (2009). *Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible*. Tesis de Ingeniería Ambiental. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- República de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. (2008). *Tecnología EM*. EMRO (Effective Microorganism Research Organization Inc.). Limón: EARTH
- Rodríguez Torrens, H.C., Barreto Argilagos, G., Bertot Valdés, A., & Vázquez Montes de Oca, R. (2013). Los microorganismos eficientes como promotores del crecimiento en los cerdos hasta el destete. *REDVET - Revista electrónica de Veterinaria*, 14(9). Recuperado de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090913.html>
- Santillán, M., Recalde, C., & Echeverría, M. (2012). *Descomposición de materia orgánica con microorganismos eficientes magnetizados*. Recuperado de <http://fundases.com/p/solbac.html>
- Serrano Cánovas, R. (2009). *Mecanismos de adaptación de Saccharomyces cerevisiae a la alcalinización ambiental*. Tesis Doctoral. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Silva, M. (2014). *Microbiología General*. Recuperado de <http://microbiologiageneral.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>
- Terry Alfonso, E., Leyva, Á., & Hernández, A. (2010). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate. *Revista Colombiana Biotecnología*, 7(2), 47-54. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/776/77670207.pdf>
- Toalombo Iza, R.M. (2012). *Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (Allium fistulosum)*. Trabajo de Diploma. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Toc Aguiar, R.M. (2012). *Efecto de los Microorganismos Eficaces (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras*. Trabajo de Diploma. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1039/1/T3265.pdf>
- Uribe, J.F., Estrada, M., Córdoba, S., Hernández, L.E., & Bedoya, D.M. (2010). Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 14 (2). Recuperado de <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/323763>

- Valdivieso Ugarte, M. (2013). *Obtención y caracterización de cepas de Saccharomyces cerevisiae superproductoras de glutación*. Granada: Universidad de Granada.
- Valenzuela Flores, E. (2012). *Observación de etanol producido por levaduras de pino y palmera*. Tesis de Diploma. Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile: Escuela de Química y Farmacia.