

PRODUCCIÓN ARTESANAL Y APLICACIÓN DE  
**MICROORGANISMOS**  
**EFICIENTES** EN EL CONTEXTO  
AGRÍCOLA CUBANO

**Amauri Díaz Rodríguez**  
**Arleis Abreu Romero**  
**Irliadis Urgellés Cardoza**  
**Noryaisis Abreu Romero**

Centro de Desarrollo  
de la Montaña (CDM)

2

# ÍNDICE

Introducción	<b>/3</b>
Los Microorganismos Eficientes	<b>/5</b>
Principales grupos microbianos en los Microorganismos Eficientes	<b>/9</b>
Flujo de procesos para la producción artesanal de Microorganismos Eficientes	<b>/14</b>
Aspectos importantes relacionados con las fermentaciones	<b>/17</b>
¿Cómo obtener fuentes de inóculo?	<b>/19</b>
Producción de Microorganismos Eficientes	<b>/29</b>
Reproducción anaeróbica de microorganismos (fermentación en estado sólido)	<b>/30</b>
Reproducción aeróbica de microorganismos en medio sólido	<b>/40</b>
Reproducción anaeróbica de microorganismos (fermentación en medio líquido)	<b>/44</b>
Campos de aplicación, dosis y frecuencia de aplicación	<b>/50</b>
Calidad nutricional y microbiológica de los Microorganismos Eficientes	<b>/59</b>
Glosario	<b>/63</b>

**Coordinadora General:** Sonia Álvarez

**Edición:** Marcel Lueiro

**Diseño:** Frank Cuesta

© Proyecto "Redes para una Agricultura  
Resiliente, RedAR", 2020

© Colectivo de autores, 2020

**Materia orgánica:** material de origen animal o vegetal que se encuentra en o sobre el suelo en cualquier estado.

**Metabolismo:** conjunto de procesos o reacciones bioquímicas mediante el cual un organismo obtiene la energía y los nutrientes que necesita para vivir y reproducirse; incluye las reacciones de síntesis y degradación.

**Micorrizas:** asociaciones simbióticas y mutualistas entre las raíces de las plantas superiores y algunos hongos beneficiosos de los suelos.

**Microorganismos nativos o autóctonos:** especie que pertenece a una región o ecosistema determinado; su presencia allí es el resultado de fenómenos naturales sin intervención humana.

**pH:** escala numérica (del 1 al 14) que se utiliza para medir el grado de acidez o alcalinidad de una disolución; son ácidas las disoluciones con pH menores que 7, y alcalinas las de pH superiores a 7.

**Plaga:** cualquier organismo (hongo, bacteria, virus, ácaro, insecto, roedor, ave, planta, etc.) que afecte directa o indirectamente el desarrollo normal de las plantas cultivadas.

**Probiótico:** alimento con microorganismos vivos adicionados que permanecen activos en el intestino; ingeridos en cantidades suficientes pueden tener efectos beneficiosos, como contribuir al equilibrio de la microflora intestinal del huésped y potenciar el sistema inmunológico.

**Supresión:** eliminación o neutralización de los efectos de una plaga sobre el suelo o los cultivos.

Hoy, cuando el mundo enfrenta la pandemia causada por la Covid-19 y la crisis económica que ha desatado a escala global, la Revolución cubana resiste ante el recrudecimiento sin precedentes del Bloqueo impuesto por el gobierno de los Estados Unidos. En este contexto, y ante la necesidad de producir alimentos que garanticen la seguridad y soberanía alimentaria de la nación, es preciso buscar soluciones agrícolas creativas, rescatar y validar las prácticas de la agricultura tradicional y dar a conocer las mejores experiencias.

En esa dirección, necesitamos consolidar la agricultura familiar y campesina bajo el paradigma de la agroecología, la cual promueve la aplicación de tecnologías y prácticas agrícolas adaptadas a las condiciones locales y a las preferencias de los agricultores y agricultoras. Al tiempo que propicia el aumento de la producción de alimentos, la agroecología contribuye a la conservación de los recursos naturales.

Los Microorganismos Eficientes aportan respuestas a las necesidades anteriormente expuestas. Se trata de una opción tecnológica innovadora de gran difusión y popularidad a nivel internacional, especialmente en sistemas de producción agroecológica,

que está al alcance de los agricultores y agricultoras de recursos limitados. Debido a sus múltiples campos de aplicación y a sus innegables resultados e impactos positivos en el sector agrícola, puede desempeñar un importante papel en la producción de alimentos.

Este manual tiene el propósito de compartir con agricultores y agricultoras que trabajan la agroecología las herramientas necesarias para que puedan producir este bioinsumo de forma artesanal en sus fincas. Aquí encontrarán información sobre los Microorganismos Eficientes, los grupos microbianos que los componen, las principales fuentes de inóculos microbianos y sus formas de obtención, los procesos de reproducción de los microorganismos en sus diferentes etapas y sus aplicaciones e impactos en el sector agrícola. Por último, y para ayudar a una mayor comprensión del contenido del manual, ponemos a su disposición un glosario con los términos técnicos empleados.

Esperamos que las páginas siguientes sean una guía práctica para el trabajo por una agricultura sostenible y contribuyan a la implementación de una biotecnología amigable con el medio ambiente, adaptable a las condiciones locales y de bajo costo, que fortalezca la autogestión y la capacidad innovadora.

les sólidos que absorben y retienen agua en cantidades adecuadas para garantizar el crecimiento y el metabolismo de los microorganismos.

**Formulación:** ingredientes activos o inertes que componen un producto químico o biológico de uso agrícola.

**Fotosíntesis:** proceso fisiológico mediante el cual las plantas y las algas verdeazules (cianobacterias) combinan dióxido de carbono con agua para formar azúcares y liberar oxígeno, a partir de la energía que aporta la luz solar; las bacterias púrpuras no utilizan agua y por ello no producen oxígeno al realizar la fotosíntesis; en sustitución del agua, utilizan sulfuro de hidrógeno y otros compuestos orgánicos como el ácido láctico.

**Glúcidos:** conocidos también como carbohidratos, son biomoléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, las cuales son utilizadas por los organismos como fuente de energía.

**Inocular:** pasar un microorganismo de un ambiente a otro.

**Inóculo:** sustrato portador que contiene microorganismos vivos y se emplea como medio de transferencia de poblaciones microbianas de un sustrato a otro.

**Lignina:** polisacárido que cumple la función de engrosar el tallo de las plantas; es una de las moléculas orgánicas más abundante de la tierra.

**Cultivo mixto o consorcio microbiano:** cultivo simultáneo de varios microorganismos en un sustrato sólido o líquido, que coexisten y cooperan entre sí para lograr un propósito beneficioso.

**Descomposición:** acción de transformación de la materia orgánica por bacterias y hongos; produce cambios en la composición química y la apariencia física de la materia.

**Enzimas:** proteínas producidas por las células vivas que actúan a bajas concentraciones y aceleran los procesos metabólicos.

**Esporulación:** forma de reproducción asexual en algunos microorganismos, mediante la cual se forman esporas; se puede favorecer de factores limitantes como las condiciones ambientales adversas, la falta de nutrientes o de luz, o puede ser parte del ciclo normal de vida durante la reproducción.

**Facultativos:** microorganismos que pueden utilizar la fermentación bajo condiciones anaeróbicas, y la respiración cuando el oxígeno está presente.

**Fermentación:** proceso mediante el cual los microorganismos que son cultivados en un recipiente (fermentador) realizan la descomposición anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de sustancias orgánicas, con obtención de energía química; estos procesos se realizan en medios líquidos y sólidos, y generan gases.

**Fermentación en estado sólido:** proceso microbiológico que ocurre sobre y/o dentro de materia-

## LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES

Los Microorganismos Eficientes (EM, por sus siglas en Inglés) son una tecnología creada por el Dr. Teruo Higa en Okinawa, Japón, a inicios de la década de los ochenta del pasado siglo. Desde entonces, los productos comerciales elaborados en laboratorios bajo el sello EM han ido ganando en popularidad, como una alternativa a los fertilizantes y plaguicidas químicos.

El EM-1® es un producto biológico comercial que se presenta en forma líquida, compuesto por agua (96%), melaza orgánica (3%) y un cultivo mixto de microorganismos benéficos que constituyen el ingrediente activo (1%). Según su principal promotor, estos microorganismos son facultativos, por lo que pueden desarrollarse bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

Muchos de los microorganismos que componen el EM son conocidos por la humanidad, puesto que se han utilizado en la medicina y en la preparación de alimentos desde la Antigüedad.

Esta tecnología combina microorganismos benéficos y ha extendido su aplicación a disímiles campos y actividades humanas como la agricultura, el tratamiento de aguas y efluentes, el medio ambiente, la construcción, los procesos industriales y el ámbito

doméstico. En el sector agrícola, sus bondades se extienden a la mejora de la calidad de los suelos, la nutrición de los cultivos, la sanidad agropecuaria y el tratamiento de residuos agrícolas.

Los amplios campos de aplicación de los Microorganismos Eficientes obedecen a la gran variabilidad de funciones que cumplen los microorganismos presentes en el producto.

Paralelamente al EM, se desarrolló una tecnología artesanal análoga, fácil de implementar y de bajo costo, basada en la producción de consorcios o cultivos mixtos microbianos, obtenidos a partir de la hojarasca que se descompone en los suelos de los bosques naturales que no son perturbados por las actividades humanas.

Luego de los excelentes resultados obtenidos con la aplicación del EM en Japón, la tecnología se propagó por varios países del mundo. América Latina no fue la excepción y en 1988 el japonés Shogo Sasaki, quien trabajaba para la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA, por sus siglas en inglés), introdujo entre agricultores de Costa Rica una variante tecnológica artesanal basada en el EM.

En nuestro continente se han difundido varias formulaciones de la variante tecnológica artesanal de los Microorganismos Eficientes, que se conocen con diferentes denominaciones como Microorganismos de Montaña (MM), Microorganismos Eficientes Autóctonos, Microorganismos Eficientes Nativos, Micro-Ben, entre otras.

La diversidad de formulaciones y nombres comerciales tanto a escala internacional como nacional se

## GLOSARIO

**Abono:** material de origen vegetal o animal que se aplica para aumentar la fertilidad de los suelos; producto de la acción descomponedora de microorganismos, suministra nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

**Aeróbico:** organismos vivos, ambientes o procesos que requieren la presencia de oxígeno.

**Anaeróbico:** organismos vivos, ambientes o procesos que no requieren la presencia de oxígeno.

**Bacterias fijadoras de nitrógeno:** microorganismos que toman el nitrógeno del aire y lo convierten en amoníaco, sustancia compuesta por nitrógeno e hidrógeno que es asimilable por las plantas; su acción se conoce como fertilización indirecta de los cultivos.

**Biotecnología:** aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos con usos específicos.

**Celulosa:** polisacárido estructural formado por cadenas de azúcares simples, que forma la pared celular en plantas y cumple la función de sostén; es una de las moléculas orgánicas más abundantes en la tierra.

debe al empleo de inoculantes microbianos nativos de las propias regiones en las que se aplicarán tras su multiplicación. Se trata de una tecnología sencilla y de bajo costo que emplea insumos de fácil adquisición.

En Cuba esta tecnología se ha popularizado bajo el nombre de Microorganismos Eficientes, que es la denominación comercial de su promotor. Para no crear confusiones en las agricultoras y agricultores de nuestro país, continuaremos llamándole así en este manual, a sabiendas de que no es el nombre apropiado (la razón es que las formulaciones artesanales basadas en inóculos provenientes de hojarasca no permiten una selectividad en las poblaciones microbianas que se van a reproducir).

La producción de Microorganismos Eficientes por métodos artesanales no está estandarizada. Existen varias metodologías que se diferencian de acuerdo al uso de las materias primas, los inóculos microbianos, el tipo de fermentación y la duración del proceso. Todo ello influye en la composición nutricional, la diversidad microbiana, la calidad, el propósito de su aplicación y las dosis a emplear de los productos resultantes de estos procesos.

En este manual se toman como referencia las formulaciones del IHplus, que es el nombre comercial usado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, institución pionera en la producción de Microorganismos Eficientes en Cuba. Estas formulaciones constituyen una garantía de éxito para los agricultores y agricultoras que se inician en el camino de la producción e innovación de sus propios Microorganismos Eficientes y, sin duda alguna,

se pueden ajustar a las necesidades y características de los sistemas productivos en cada finca.

Los Microorganismos Eficientes tienen un gran potencial para convertirse en el principal insumo que maximice la incorporación de otras prácticas agroecológicas como el empleo de coberturas, la aplicación de abonos orgánicos y el manejo de plagas.

manejo de las condiciones físicas del ambiente externo en el que se desarrollan las fermentaciones (temperatura e iluminación), son factores que pueden contribuir a minimizar la falta de estandarización de los procedimientos y a lograr una mayor calidad final.

La calidad nutricional y la composición microbiológica de estos productos varían en dependencia de los inóculos empleados, de las materias primas utilizadas en su elaboración y de los procesos fermentativos.

Por lo general en estos productos hay bajas concentraciones de nutrientes, lo cual impide suplir deficiencias nutricionales en los cultivos. Sin embargo, durante su proceso de elaboración se pueden incorporar materias primas que garanticen el aporte de nutrientes a las plantas.

La no estandarización de los inóculos y su obtención en ambientes abiertos y expuestos a múltiples factores externos pueden provocar la reproducción de agentes biológicos pertenecientes al grupo de riesgo II para la salud humana: hongos del género *Aspergillus* y bacterias de los géneros *Enterobacter* y *Streptococcus*.

Para asegurar la inocuidad de los Microorganismos Eficientes es importante garantizar que al final del proceso de fermentación el producto alcance un pH en el rango de 2,8 a 3,8. Eso es posible con la incorporación de una fuente de inóculo de bacterias ácido lácticas.

Para estandarizar los procedimientos de producción es necesario aislar, caracterizar y reproducir a nivel de laboratorio las cepas microbianas que conformarán el inóculo, lo cual es extremadamente complejo. Sin embargo, el empleo de inóculos y materias primas de calidad y origen invariable, junto al

## PRINCIPALES GRUPOS MICROBIANOS EN LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES

Los Microorganismos Eficientes son un cultivo mixto conformado por cinco grupos de microorganismos: bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores.

### 1. *Bacterias fotosintéticas*

Comprenden dos grupos fundamentales: las bacterias púrpuras y las cianobacterias, también conocidas como algas verdeazules. Las primeras son facultativas, por lo que pueden crecer en presencia o ausencia de oxígeno. Las segundas son aeróbicas (crecen en presencia de oxígeno).



Bacteria púrpura fotosintética  
(Foto: Campbell & Reece)



Bacterias rojas fotosintéticas  
(Foto: Madigan, Martinko & Parker)



Cianobacteria  
(Foto: Madigan, Martinko & Parker)

Las bacterias púrpuras fotosintéticas utilizan compuestos tóxicos de azufre. Algunas de ellas emplean

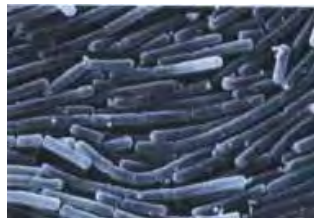
otros compuestos orgánicos en pequeñas cantidades (exudados de las raíces de las plantas y ácido láctico, entre otros) para sintetizar, por medio de la fotosíntesis, azúcares, aminoácidos, ácidos nucleicos, hormonas y vitaminas.

El metabolismo de estas bacterias y las numerosas enzimas que sintetizan permite degradar una gran variedad de hidrocarburos aromáticos, y otras sustancias tóxicas y nocivas a la salud.

La presencia de las bacterias fotosintéticas en los suelos estimula el incremento de las poblaciones de otros microorganismos benéficos como las micorrizas y las bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo.

## 2. Bacterias ácido lácticas

Existe una gran variedad de bacterias ácido lácticas que se emplean en la producción de alimentos como el queso, el yogurt y el suero de mantequilla, y también en la fermentación de vegetales, carnes, pescados.



*Lactobacillus* sp.

(Foto: Madigan, Martinko & Parker)



*Streptococcus* sp.

(Foto: Madigan, Martinko & Parker)

## CALIDAD NUTRICIONAL Y MICROBIOLÓGICA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES

Los Microorganismos Eficientes son un producto biológico constituido por una mezcla compleja de microorganismos y sustancias, entre las cuales se encuentran macro y micronutrientes, ácidos orgánicos, alcoholes, aminoácidos, enzimas, vitaminas, hormonas vegetales, minerales quelatados, antibióticos, sustancias antioxidantes, etc.

Para alcanzar el efecto deseado en las aplicaciones de Microorganismos Eficientes, tanto sus poblaciones microbianas como su composición en metabolitos secundarios deben ser altas. El propósito es asegurar un efecto inundativo que garantice los impactos esperados en la producción agropecuaria.

En la reproducción de las poblaciones microbianas influyen las condiciones físicas y químicas del sustrato (nutrientes, temperatura, concentración de oxígeno, pH, etc.), mientras que la variedad y la abundancia de las sustancias y metabolitos sintetizados dependen de la diversidad y la biomasa de las poblaciones microbianas presentes en el inóculo.

Los Microorganismos Eficientes se suministran en el agua de consumo y en los alimentos de los animales. En el agua de consumo se aplican a dosis del 0,05% (0,5 mL de M.E. en 1 L de agua) y el 0,1% (1 mL de M.E. en 1 L de agua). La aplicación en el alimento se realiza por aspersión, a razón de 1 a 2 mililitros por kilogramo de peso de los animales. El suministro del producto en el agua de consumo y en el alimento debe ser diario, pero el agua se debe reemplazar todos los días.

Las dosis varían en dependencia de la especie animal y su etapa de desarrollo, así como de la calidad microbiológica del producto, que estará determinada en mayor medida por la presencia de poblaciones de bacterias ácido lácticas.

La aplicación dirigida a las camas o pisos de los galpones y sus alrededores tiene como propósito reducir los olores fétidos y la presencia de moscas. Estas aplicaciones en las naves avícolas contribuyen a reducir la incidencia de enfermedades respiratorias. Las dosis de empleo varían del 5 al 20% de concentración y se aplican diariamente por aspersión, a razón de 0,5 L del producto diluido en agua por metro cuadrado. La dosis y frecuencia de aplicación del producto se pueden reducir en función del tiempo.

Estas bacterias utilizan azúcares y otros glúcidos como fuentes de energía para producir ácido láctico y otras sustancias con actividad antimicrobiana. Además, contribuyen a la descomposición de la celulosa y la lignina, sustancias complejas que cumplen funciones estructurales y de sostén en las especies vegetales.

Por último, las bacterias ácido lácticas desempeñan importantes funciones en el cuerpo de los seres humanos y los animales, como la regeneración de la flora intestinal, por ejemplo, razón por la que se utilizan ampliamente como probióticos.

### 3. Levaduras

Estos microorganismos se utilizan desde la Antigüedad en la elaboración de panes, vinos y cervezas.

Las levaduras emplean aminoácidos, azúcares y otras fuentes de carbono y sintetizan hormonas, enzimas, vitaminas, alcoholes y sustancias antimicrobianas.



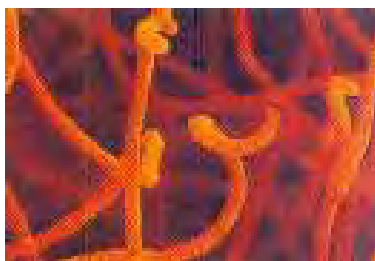
*Saccharomyces cerevisiae*  
(Foto: Madigan, Martinko & Parker)

#### 4. Actinomicetos

Son descomponedores de la materia orgánica en el suelo, incluso de materiales de difícil degradación como la celulosa y la lignina. Su presencia es un indicador de la calidad de los suelos.



*Actinomyces* sp.  
(Foto: Bill Purves & David Sadava)



*Streptomyces* sp.  
(Foto: Campbell & Reece)

Los actinomicetos son productores de antibióticos (estreptomina, terramicina, aureomicina y otros), que actúan como antagonistas de bacterias y hongos patógenos. También benefician el crecimiento y la actividad de microorganismos benéficos como el *Azotobacter* y las micorrizas. Algunas especies de actinomicetos pueden fijar nitrógeno atmosférico en el suelo, lo cual contribuye a la fertilización indirecta de los cultivos.

#### 5. Hongos de fermentación

Algunas especies de hongos se emplean en la fermentación de salsa de soya (*Aspergillus* spp.) y en la fabricación de quesos (*Penicillium* spp.).

#### En aplicaciones a los animales y galpones

Se ha demostrado que la aplicación de los Microorganismos Eficientes en cerdos, aves, conejos, ovino-caprino y ganado vacuno mejora el balance de la microflora intestinal, lo que incide directamente en el fortalecimiento del sistema inmunológico y en la reducción del estrés y las enfermedades. Además, incrementan el peso vivo, la ganancia media diaria de peso de los animales y la conversión de los alimentos.

Su empleo en aves mejora otros indicadores productivos como el índice de puesta y el peso de los huevos.

En los galpones (instalaciones pecuarias), este bioproducto incide en la disminución de los olores fétidos que se originan como consecuencia de la descomposición de la orina y las excretas, lo que reduce el consumo de agua y la frecuencia de su uso en la limpieza. Su acción descomponedora de las deposiciones de los animales reduce la incidencia de moscas y mejora en general el estado de salud de los animales.

Los efectos descritos anteriormente son más acusados si se emplean fuentes de bacterias ácido lácticas en la producción de los Microorganismos Eficientes, debido a que estas bacterias y algunas levaduras actúan como probióticos y en la descomposición de la materia orgánica. La acción de este producto como probiótico es más evidente en las primeras semanas de vida de los animales, los cuales pueden recuperarse de enfermedades entéricas (diarreas) sin tratamientos de quimioterapia.

Se ha demostrado que el producto es absorbido por el follaje de las plantas, solo si el pH de la solución se encuentra en un rango de 5,5 a 6,5. Ello se logra si se aplica a bajas concentraciones. Es conveniente recordar que este producto es ácido y que su pH debe ser inferior a 3,8.

Las frecuencias de aplicación más empleadas en cultivos anuales o de ciclo corto son de cada 7 y 14 días. En cultivos permanentes como frutales, café y cacao son de cada 15 y 30 días.

Las aplicaciones se deben realizar en horas tempranas de la mañana o al atardecer, con lo cual se evita la desecación y la muerte de los microorganismos por el efecto de la radiación solar.

Si el suelo tiene humedad y se encuentra protegido por coberturas, las aplicaciones aumentan su efectividad.

Las aplicaciones de Microorganismos Eficientes al follaje incrementan su efectividad con la adición de algún adherente natural a la solución. Algunas opciones son:

- Licuar el mucílago de 1 penca de sábila. Hervir la solución de 3 a 5 minutos y dejar en reposo durante 24 horas.
- Licuar trozos de 1 hoja de tuna y dejar en reposo durante 24 horas.
- Agregar agua hervida al almidón de yuca y dejar en reposo hasta que espese.



*Aspergillus* sp.  
(Foto: Raven Johnson)



*Penicillium* sp.  
Foto: anónimo

Los hongos de fermentación como el *Aspergillus* y el *Penicillium* son descomponedores de materia orgánica, en particular de sustratos muy complejos como el almidón, las pectinas y la celulosa. A la vez, producen alcoholes, ésteres y sustancias antimicrobianas.

Estos microorganismos eliminan sustancias que son liberadas durante los procesos de descomposición anaeróbica y provocan olores fétidos, tales como el amoníaco, el mercaptano y otros gases tóxicos. Además, previenen la aparición de insectos nocivos y son capaces de movilizar el fósforo y el nitrógeno del suelo para que las plantas puedan asimilarlos.

## FLUJO DE PROCESOS PARA LA PRODUCCIÓN ARTESANAL DE MICROORGANISMOS EFICIENTES

La producción artesanal de Microorganismos Eficientes solo podrá realizarse si se cuenta con fuentes de microorganismos benéficos y con materias primas de calidad.

Los microorganismos benéficos se pueden obtener de la hojarasca que se descompone bajo las copas de los árboles, y del suero lácteo u otro sustituto (yogurt o leche cruda).

En la hojarasca en descomposición se encuentra una rica flora microbiana que, con la excepción de algunos hongos, no se puede observar a simple vista. Sin embargo, solo la podremos usar para nuestros fines si contiene los principales grupos microbianos que describimos anteriormente y si la presencia de patógenos es mínima o casi nula. La hojarasca que se obtiene en los bosques no perturbados por actividades humanas es satisfactoria en ese sentido.

El suero lácteo, el yogurt y la leche cruda son una fuente importante de bacterias ácido lácticas. En muchas formulaciones alternativas de Microorganismos Eficientes no se emplean fuentes de inóculo de estas bacterias. No obstante, debido a la acidificación del sustrato en el que ellas se desarrollan, y a la producción de algunas sustancias antimicrobianas,

aspersión. En la siembra a raíz desnuda, las raíces se sumergen en la solución de 15 a 30 minutos y a continuación se procede a sembrar.

En estudios realizados se determinó que la aplicación del bioproducto reduce el período de adaptación de vitroplantas y la permanencia de posturas en viveros, mejorando indicadores tales como diámetro y altura de tallos, ancho y longitud de hojas, número de hojas, área foliar e incidencia de patógenos.

Las frecuencias de aplicación más empleadas son cada 7, 15 y 30 días.

### *Efectos en el crecimiento y desarrollo de los cultivos*

En general, se ha comprobado que la aplicación de Microorganismos Eficientes en los cultivos mejora indicadores tales como diámetro del tallo, altura de las plantas, número de hojas, flores y frutos. Uno de sus efectos en los procesos fisiológicos de las plantas es que se acorta el ciclo productivo de los cultivos y se incrementan los rendimientos entre un 15 y 30%.

Las aplicaciones de Microorganismos Eficientes durante la fase de crecimiento y desarrollo de los cultivos se dirigen al follaje. El producto es absorbido por las hojas y actúa como estimulante del crecimiento, la floración y la fructificación.

En aplicaciones foliares se recomienda utilizar el producto a una concentración de 1-2%. Si se desea emplear dosis superiores, se aconseja dirigir las aplicaciones al suelo.

las semillas. Su aplicación se realiza por inmersión de las semillas en una solución de microorganismos al 2% de concentración.

No se recomienda el empleo de dosis de Microorganismos Eficientes superiores al 2% de concentración, porque provocan inhibición en la germinación de las semillas.

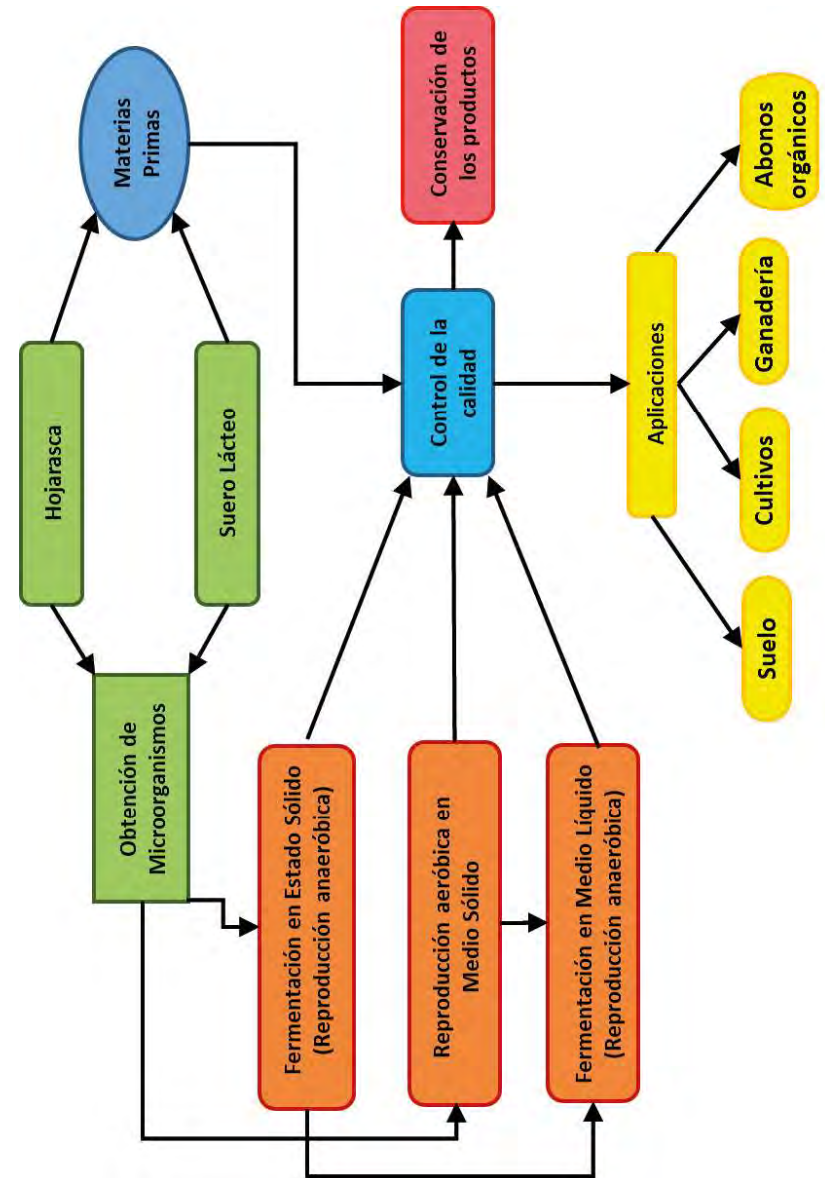
El período de inmersión varía en dependencia del tipo y el tamaño de la semilla:

- De 1 a 2 horas de inmersión para semillas de frijol, soya, maíz y café.
- De 30 minutos a 1 hora para semillas de pepino y calabaza.
- De 20 a 30 minutos para semillas de tomate, pimiento, cebolla y col.
- De 15 a 30 minutos para semillas agámicas (yuca, boniato, plátano).

Al finalizar el período de inmersión se procede al secado de las semillas durante 30 minutos, a la sombra.

*Efectos en la siembra, la adaptación de vitroplantas y la producción de posturas.*

En la siembra directa, el trasplante y la siembra a raíz desnuda se aplica una solución de Microorganismos Eficientes al 1-2% de concentración. En siembra directa y trasplante el producto se aplica por



Flujo de procesos para la producción artesanal de Microorganismos Eficientes

son capaces de inhibir el crecimiento de organismos patógenos y dar como resultado productos de alta calidad.

El control de calidad de las materias primas, los procesos y productos es otro aspecto importante a considerar, del cual depende el éxito de las aplicaciones de esta tecnología agroecológica.

Los métodos de reproducción de los microorganismos benéficos comprenden fermentaciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno) en estado sólido y en medio líquido, y reproducción aeróbica (presencia de oxígeno) en estado sólido. Estos procesos permiten la multiplicación masiva de los microorganismos benéficos, cada uno de los cuales genera un producto con características peculiares y campos de aplicación específicos.

Los productos en estado sólido se pueden aplicar directamente en diferentes procesos de producción agropecuaria, pero se emplean fundamentalmente como fuentes de inóculo para obtener un producto final por fermentación anaeróbica en medio líquido. El producto final líquido posee campos de aplicación más amplios en el sector agrícola.

Tras 5 años de aplicación sistemática de Microorganismos Eficientes en fincas de suelos pobres en nutrientes y baja productividad, se evidencia una verdadera transformación del aspecto físico y la productividad de los suelos. Estos resultados son posibles cuando el uso de Microorganismos Eficientes trae aparejada la aplicación de los residuos de cosecha como cobertura muerta.

Los Microorganismos Eficientes se aplican al suelo en dosis que varían del 2 al 20% de concentración, lo que depende de varios factores como la calidad del bioproducto, la disponibilidad de materia orgánica en los suelos y la incidencia de patógenos que causan enfermedades a los cultivos. En suelos fértiles y sanos se recomienda aplicar dosis bajas.

Cuando se realizan aplicaciones sistemáticas de Microorganismos Eficientes al suelo, las dosis se reducen en función del tiempo entre ellas.

Generalmente se aplican al suelo de forma sistemática, y sus ciclos pueden ser cada 7, 15 y 30 días.

#### *En aplicaciones a los cultivos*

Los Microorganismos Eficientes se aplican ampliamente en cultivos de importancia económica: frijol, maíz, soya, girasol, lechuga, col, cebolla, pepino, remolacha, pimiento, tomate, calabaza, boniato, plátano, café, coco, entre otros.

#### *Efectos en la germinación y el enraizamiento*

Los efectos hormonales de este producto influyen en el porcentaje y la velocidad de germinación de

El área o superficie a cubrir mediante aspersión en los cultivos también varía en dependencia del volumen de trabajo de la mochila. A continuación, se proporcionan valores aproximados, debido a que inciden otros factores, tales como el tipo de cultivo y su grado de desarrollo, la topografía del terreno, el tipo de boquilla y su calibración, la velocidad de desplazamiento del operador, entre otros.

Volumen de trabajo de la mochila	Superficie aproximada que cubre (m <sup>2</sup> )
10	80
16	125
18	140
20	155

### *En aplicaciones al suelo*

Las aplicaciones sobre el suelo se pueden iniciar desde su preparación para la siembra hasta después de finalizada la cosecha de los cultivos. Tienen como propósito principal establecer poblaciones de microorganismos benéficos que transformen los residuos orgánicos en nutrientes asimilables por las plantas.

Diferentes estudios han demostrado que los Microorganismos Eficientes actúan en el suelo en sinergia con otros microorganismos benéficos, lo cual reduce las poblaciones de patógenos. Además, su actividad acelera la descomposición de la materia orgánica e influye en la mejora de la fertilidad de los suelos y en su capacidad de retención de agua.

## ASPECTOS IMPORTANTES RELACIONADOS CON LAS FERMENTACIONES

La materia orgánica está sometida a transformaciones permanentes. Una parte importante de esas transformaciones es realizada por microorganismos a través de dos procesos: el oxidativo (aeróbico o en presencia de oxígeno) y el fermentativo (anaeróbico o en ausencia de oxígeno).

La fermentación es un proceso anaeróbico mediante el cual algunos microorganismos —como las levaduras y los *Lactobacillus*— sintetizan sustancias nutritivas. Los procesos fermentativos pueden dar lugar a una fermentación útil o a una fermentación perjudicial, la cual se asocia a procesos de putrefacción.

Se produce una fermentación útil cuando los microorganismos descomponen totalmente la materia orgánica, liberando al medio sustancias simples o sintetizando compuestos como vitaminas, hormonas, antioxidantes, entre otros, que pueden ser asimilados directamente por las plantas.

La putrefacción está relacionada con la descomposición parcial o incompleta de sustancias orgánicas, lo que origina compuestos tóxicos y de olor fétido, como el sulfuro de hidrógeno, el metano, el amoníaco, los mercaptanos, entre otros.

Bajo condiciones anaeróbicas, las bacterias fotosintéticas y los *Lactobacillus* son capaces de revertir los procesos de putrefacción, degradando los compuestos tóxicos que se han formado en sustancias beneficiosas para el suelo y los cultivos.

Los productos conocidos como Microorganismos Eficientes se obtienen por medio de fermentaciones útiles, y se caracterizan por poseer olor agradable. La entrada de oxígeno en los tanques, el empleo de materias primas sin la calidad adecuada, entre otros factores, alteran los procesos de fermentación útil, dando paso a procesos de putrefacción, caracterizados por olores fétidos muy fuertes y desagradables. Si esto ocurre, el producto debe ser tratado con cloro antes de desecharse.

del producto a diluir en agua depende del volumen de trabajo de las mochilas de aspersión.

Los Microorganismos Eficientes son un producto biológico, incompatible con los plaguicidas. Por tanto, se utilizarán mochilas de aspersión libres de agroquímicos. Se debe filtrar el producto antes de asperjar para evitar obstrucciones de las boquillas.

Con el propósito de facilitar el trabajo al momento de preparar las dosis de aplicación de los Microorganismos Eficientes, presentamos a continuación las cantidades del producto a diluir en agua, en dependencia del volumen de trabajo de la mochila de aspersión que se disponga.

Dosis de aplicación (%)	Cantidad del producto a utilizar según el volumen de trabajo de la mochila de aspersión*			
	10 L	16 L	18 L	20 L
0.1	0.01 (10 mL)	0.016 (16 mL)	0.018 (18 mL)	0.02 (20 mL)
1.0	0.1 (100 mL)	0.16 (160 mL)	0.18 (180 mL)	0.2 (200 mL)
2.0	0.2 (200 mL)	0.32 (320 mL)	0.36 (360 mL)	0.4 (400 mL)
5.0	0.5 (500 mL)	0.8 (800 mL)	0.9 (900 mL)	1.0
10.0	1.0	1.6	1.8	2.0
20.0	2.0	3.2	3.6	4.0

\*Las cantidades del producto a emplear se ofrecen en litros y mililitros (entre paréntesis). Un mililitro es equivalente a un centímetro cúbico (1 mL = 1 cc).

## CAMPOS DE APLICACIÓN, DOSIS Y FRECUENCIA DE APLICACIÓN

Los Microorganismos Eficientes producidos artesanalmente se emplean con gran éxito en diferentes actividades productivas del sector agrícola. Sus campos de aplicación comprenden los suelos, los cultivos, la ganadería y la producción de abonos, entre otros. En ningún caso se recomienda una dosis de aplicación específica, debido a que los procesos de producción no están estandarizados. En esa decisión influyen múltiples factores que escapan al control de agricultores y agricultoras, y que determinan las características microbiológicas y químicas de estos productos. Hay que señalar además que las dosis y las frecuencias de aplicación deben ajustarse de acuerdo a las características de cada sistema de producción, y también a las necesidades e intereses de productoras y productores.

Además de las dosis y frecuencias de aplicación de los Microorganismos Eficientes mostramos más adelante algunos de los beneficios que se han obtenido en Cuba con la aplicación de esta tecnología en el sector agrícola. Estos resultados son el fruto de la labor investigativa de muchas personas e instituciones de todo el país.

Los Microorganismos Eficientes se aplican diluidos en agua, con mochila de aspersión. La cantidad

## ¿CÓMO OBTENER FUENTES DE INÓCULO?

Las principales fuentes de inóculo para producir Microorganismos Eficientes se encuentran en la hojarasca y en los productos lácteos (aportan bacterias ácido lácticas, en particular los *Lactobacillus*).

Este es un punto crítico en el proceso de producción de los Microorganismos Eficientes, ya que no siempre las fuentes de inóculo son asequibles a los agricultores y agricultoras. Para remediar esta posible limitante, han aparecido algunas variantes a nivel internacional que compartimos en este manual.

### 1) Hojarasca

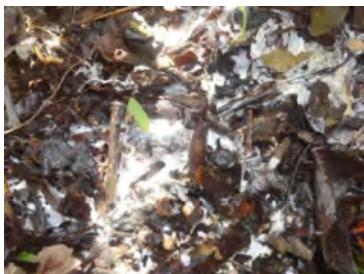
La hojarasca constituye la principal fuente de inóculo en la reproducción de los Microorganismos Eficientes. Se considera una fuente importante de microorganismos descomponedores y fermentadores de la materia orgánica, los cuales se pueden multiplicar masivamente en un sustrato rico en nutrientes, y en rangos de pH, humedad y temperatura adecuados.

Se recomienda recolectar hojarasca en proceso de descomposición en bosques primarios y en bosques secundarios con un período de regeneración de al

menos 15 años. Aunque eso sería la condición ideal, o lo más deseable, no se excluye la recolección de hojarasca en las propias fincas, esa que se encuentra bajo las arboledas, los bambusales y los sistemas agroforestales (café, cacao, silvopastoriles).

Se debe intencionar la recolección de hojarasca bajo diferentes tipos de árboles y arbustos, de preferencia autóctonos, y en áreas alejadas de las actividades humanas. Estas medidas tienen como propósito aumentar la diversidad de microorganismos benéficos en la hojarasca recolectada, y minimizar las posibilidades de reproducir posteriormente microorganismos causantes de enfermedades.

La hojarasca adecuada como fuente de microorganismos benéficos es aquella formada por hojas, ramas, cortezas, flores y otros elementos que se depositan y acumulan en los suelos, donde son descompuestos por múltiples organismos. Cuando el suelo posee la humedad adecuada, el proceso de descomposición se acelera y los componentes de la hojarasca se adhieren fuertemente, en muchos casos por medio de estructuras de aspecto algodonoso y los colores claros que pertenecen a los hongos que la han colonizado.



La hojarasca es la principal fuente de diversidad microbiana para la producción de Microorganismos Eficientes.

Si el producto presenta olor desagradable se debe descartar y procesar para su eliminación.

8. Almacenar en un lugar fresco con poca variación de temperaturas diurnas y nocturnas.

El almacenamiento del producto se puede prolongar por un período de seis meses, aunque lo recomendable es usarlo de forma inmediata. Durante el almacenamiento puede aparecer en la superficie de la solución una película blanco-cremosa, formada por levaduras benéficas.



Microorganismos Eficientes obtenidos en medio líquido

Tras cada extracción del producto se debe garantizar de nuevo el cierre hermético del tanque.

Tanto el saco de fermento como entre 10 y 20 litros del producto líquido se pueden reutilizar otras dos veces en la reproducción de microorganismos en medio líquido.

5. Amarrar al saco de fermento en fase sólida un objeto pesado (una piedra, por ejemplo) y sumergirlo en la solución del tanque. Agitar para homogenizar la mezcla.

El saco de fermento se sumerge con el propósito de poner toda su superficie en contacto con la solución y que haya un mayor flujo de microorganismos. Se recomienda evitar el contacto del saco con las paredes y el fondo del tanque de fermentación.

6. Cerrar herméticamente el tanque y dejar fermentar por un período de 7 a 10 días, en un lugar fresco y protegido de la radiación solar. No se debe mover o destapar el tanque durante ese tiempo.

Por lo general, los tanques dejan escapar algún nivel de gases. Una solución a ese escape es horadar la tapa de los tanques y colocar un conector, al que se le acopla una manguera cuyo extremo libre se introduce en una botella plástica (con agua hasta la mitad). El escape de los gases se monitorea por el burbujeo que produce el CO<sub>2</sub> en el agua.

7. Verificar la calidad del producto al término del período de fermentación. Debe presentar un olor agradable (a fermento avinado o avinagrado) y un color variable entre el amarillo y el café, en dependencia de la fuente de azúcar que se emplee.

Su calidad está determinada por la presencia de hongos con aspecto “algodonoso” y colores claros.

No se recomienda almacenar la hojarasca. Se debe emplear de inmediato para evitar la reducción de las poblaciones de microorganismos benéficos.

*Opción para multiplicar los microorganismos que descomponen la hojarasca*

Cuando por alguna razón la recolección de la hojarasca se convierte en una limitante, se puede realizar la captura de los microorganismos benéficos con el empleo de trampas. Se trata de una técnica ampliamente difundida.

Captura de microorganismos con el empleo de trampas

Para realizar la captura de microorganismos se requieren los siguientes materiales:

- Vasos plásticos desechables
- Arroz
- Tela de nailon
- Ligas

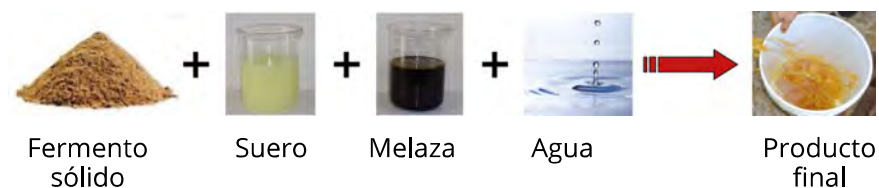
## Procedimiento

1. Agregar agua al arroz hasta cubrirlo, y luego pre-cocinarlo hasta que alcance una consistencia semiblanda. En algunas formulaciones se recomienda agregar una pequeña dosis de melaza.

2. Cuando se enfríe, distribuir el arroz en recipientes plásticos desechables (vasos de bebidas, de yogurt o de helados), que se cubren con pedazos de tela de nailon y se aseguran con ligas. Algunas opciones para sustituir la tela de nailon son las mallas de sombreo, los sacos de nailon tejido, entre otras.

3. Colocar las trampas en perforaciones realizadas en el suelo, debajo de la copa de árboles, en bosques o arboledas, donde sea mínima la actividad humana. El suelo debe ser húmedo y fértil (de color negro por la presencia de humus). La profundidad de las perforaciones estará en dependencia de la altura de los recipientes empleados, aunque es conveniente que el borde del recipiente quede a 10 cm por debajo de la superficie del suelo. Las trampas se cubren con hojarasca en descomposición y humus. Es conveniente distribuir las trampas debajo de la copa de diferentes tipos de árboles para obtener una mayor diversidad microbiana.

En períodos lluviosos se recomienda situar las trampas en sitios elevados, y cubrirlas con



Esquema del proceso de producción de Microorganismos Eficientes en medio líquido

## Procedimiento

1. Colocar en un saco de malla o nailon tejido la cantidad de inóculo de Microorganismos Eficientes en fase sólida (fermento sólido) que se va a emplear y cerrarle la boca.

Si se emplean Microorganismos Eficientes en fase sólida, reproducidos por vía anaeróbica y aeróbica, se recomienda emplearlos en proporción 2:1, o a partes iguales.

2. Adicionar al tanque de fermentación unos 170 L de agua potable y no clorada.

El agua debe ser preferentemente de lluvia o de manantial. Pero si no se cuenta con agua de calidad y solo se dispone de agua clorada, esta se puede dejar en reposo entre 48 y 72 horas en el tanque de fermentación para que el cloro pierda su efectividad.

3. Disolver bien la melaza en el suero lácteo o en un volumen de agua.

4. Agregar la melaza disuelta al agua depositada en el tanque, y agitar constantemente con una paleta de madera.

redunda en la acidificación del sustrato, la inhibición de patógenos y la obtención de un producto con excelentes características. Además, su empleo influye en la reducción de las dosis de aplicación.

La producción anaeróbica de Microorganismos Eficientes en medio líquido se puede realizar con éxito empleando la formulación del IHplus, desarrollada por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". No obstante, se debe ajustar el proceso en consonancia con las posibilidades de recursos y los requerimientos prácticos de cada agricultor o agricultora. A manera de guía en ese empeño, presentamos una vez más los rangos en que se emplean las materias primas en América Latina.

### **Formulaciones para la reproducción anaeróbica de los Microorganismos Eficientes (fermentación en medio líquido)**

Materias primas	U/M	Formulaciones*	
		IHPlus	América Latina (Rangos)
Fermento sólido	Kg	11.5	4 - 25
Melaza	L	10	5 - 10
Suero lácteo	L	10	5 - 10
Agua sin clorar	L	170	150 - 170

\*Las formulaciones que se presentan son en base a tanques de 200 L de capacidad. Las cantidades de materias primas a emplear se pueden reducir y ajustar a un envase de menor volumen.

alguna lámina de plástico para evitar que los recipientes acumulen agua y fracase el trabajo. Una opción para minimizar la acumulación de agua es colocar los vasos boca abajo en las perforaciones, dejando que el fondo quede al nivel del suelo.

La cantidad de trampas a colocar depende del volumen de los recipientes que se utilicen y de las necesidades de inóculo. Con un kilogramo de arroz se pueden preparar alrededor de 12 trampas empleando vasos desechables de 220 ml.

Un detalle importante es que debemos marcar los sitios donde se colocaron las trampas para facilitar su posterior localización.

4. Extraer las trampas cuando hayan transcurrido de 7 a 14 días. Se observarán microorganismos de diferentes colores que han colonizado el arroz. Entre ellas descartaremos las que presenten colores oscuros, debido a que por lo general se relacionan con microorganismos patógenos.
5. Preparar un inóculo o solución madre en una tanqueta, a partir de la mezcla de una parte de arroz colonizado por microorganismos, una parte de melaza y tres partes de agua (sin cloro). La melaza se puede sustituir por azúcar parda, pero tanto una como otra deben ser disueltas en agua. Se puede adicionar un litro de suero lácteo, yogurt o leche cruda.

Es conveniente disolver el arroz colonizado por microorganismos con un poco de agua antes de homogeneizar la mezcla. Otra opción es colocar los sustratos de arroz colonizados por los microorganismos en una bolsa construida con malla plástica, que se sumergirá en la solución homogeneizada. En ambos casos debe agitar vigorosamente durante al menos cinco minutos, antes de tapar herméticamente la tanqueta.

6. Dejar fermentar la mezcla por un período de 7 a 15 días.



Captura de microorganismos con el empleo de trampas

El inóculo o solución madre se emplea para reproducir los microorganismos a una escala mayor, pero no se debe almacenar por un período superior a los 45 días para evitar cambios en sus propiedades.

Una variante empleada en la captura de microorganismos con arroz consiste en trasladar hacia la finca un volumen de hojarasca en descomposición y humus extraído del bosque, con el propósito de facilitar el trabajo y tener más control sobre los

En esta etapa del proceso –más que en ninguna otra– es importante la calidad de las materias primas.

La fuente de azúcar que más se emplea en la producción de Microorganismos Eficientes es la melaza. Hay que considerar que la composición y la calidad de la melaza dependen de numerosos factores relacionados con el suelo, el cultivo, el clima, las operaciones industriales y su almacenamiento. En estos procesos no se deben emplear melazas fermentadas, de aspecto y olor no deseados.

La melaza se puede sustituir por guarapo de caña de azúcar o azúcar parda. El guarapo debe utilizarse fresco, debido a que se deteriora rápidamente y fermenta a partir de las 10 horas de obtenido. El empleo de 20 L de guarapo o 10 kg de azúcar por tanque de fermentación de 200 L es un buen punto de partida para experimentar con estos sustitutos de la melaza.

La fuente de bacterias ácido lácticas más empleada es el suero lácteo, pero se puede sustituir por leche cruda o yogurt (natural o de soya). La experimentación para ajustar las cantidades a utilizar durante la fermentación puede comenzar con el empleo de 2 a 5 L de leche cruda o yogurt, por tanque de 200 L de capacidad.

Muchos productores de Microorganismos Eficientes no emplean fuentes de bacterias ácido lácticas. Sin embargo, incorporar estas bacterias a los procesos fermentativos es una garantía de calidad en estos productos, porque favorece el incremento de sus poblaciones, acelera la fermentación y asegura una importante reducción del pH, todo lo cual

## REPRODUCCIÓN ANAERÓBICA DE MICROORGANISMOS (FERMENTACIÓN EN MEDIO LÍQUIDO)

La reproducción anaeróbica en medio líquido constituye la última etapa en la producción de los Microorganismos Eficientes, y es la que posee mayor campo de aplicación en la agricultura.

### *Materias primas necesarias*

Las materias primas que se emplean en este proceso son mínimas en comparación con las etapas productivas descritas con anterioridad. Esencialmente se requieren los siguientes elementos:

- Fermento sólido (madre)
- Melaza u otra fuente de azúcar
- Suero lácteo u otra fuente de bacterias ácido lácticas
- Agua

Es recomendable que cada agricultora o agricultor seleccione las materias primas que le sean asequibles, antes de adentrarse en procesos de experimentación e innovación, con vistas a obtener un producto de calidad y ajustado a sus necesidades e intereses.

procesos. El sustrato se deposita en un cubo, una tanqueta, un tanque u otro recipiente plástico abierto, o incluso en una caja de madera. Al interior del sustrato se colocan los vasos desechables con el arroz precocinado, que deben quedar cubiertos por la mezcla de hojarasca y humus. Diariamente se debe asperjar agua para mantener el sustrato con la humedad adecuada. Es conveniente realizar el proceso en un lugar elevado, fresco, protegido de la radiación solar directa y resguardado de la lluvia. Un buen sitio podría ser debajo de un árbol frondoso.

### II) *Bacterias ácido lácticas*

En los productos lácteos (suero, yogurt y leche cruda) se encuentran numerosas poblaciones de bacterias ácido lácticas, en particular *Lactobacillus*.

Los *Lactobacillus* son bacterias beneficiosas que contribuyen a descomponer la materia orgánica en el suelo, acción que les permite a las plantas absorber nutrientes como el fósforo, el potasio, el calcio, entre otros.

Estas bacterias también ayudan a eliminar los olores fétidos que generan algunos materiales en descomposición y a prevenir enfermedades causadas por hongos en los cultivos, como por ejemplo el *Fusarium* y el *Rhizoctonia*.

Los *Lactobacillus* se encuentran en muchos ambientes y se pueden obtener y multiplicar por medio una técnica muy sencilla y ampliamente difundida.

## Procedimiento

1. Dejar en reposo, en un envase plástico, 250 gramos de arroz mezclados en un litro de agua (se puede utilizar también el agua de enjuague del arroz) durante 24 horas. Transcurrido ese tiempo, separar el agua del arroz. En estos procesos pueden ser útiles los pomos plásticos de bebidas entre 1,5 y 2 litros de capacidad.
2. Dejar fermentar el agua de arroz durante tres días en un envase plástico, bajo condiciones de oscuridad y a temperatura ambiente. En ese recipiente se debe dejar alrededor de un tercio o más del volumen con aire. Se coloca la tapa, pero sin ajustar. Durante la fermentación se puede formar una capa delgada en la superficie del sustrato, la cual se elimina por filtración del líquido.
3. Agregar un litro de leche cruda o suero lácteo al agua fermentada. Volver a envasar en recipiente plástico y tapar sin ajustar. Colocar en un lugar oscuro a temperatura ambiente. La leche estimula los *Lactobacillus* presentes en el agua de arroz e inhibe el crecimiento de microorganismos no deseados.  
A los tres días se observará que en los envases plásticos se han formado tres capas: una nata muy delgada en la parte superior, una capa de suero en el medio y un asiento, o cuajo, en la parte inferior.

## Aplicación

Los microorganismos reproducidos en fase sólida y en presencia de oxígeno se utilizan como inóculo junto al fermento sólido anaeróbico para producir fermentos líquidos con una mayor diversidad microbiana, que son los de mayor aplicación en la agricultura.

la mezcla con la ayuda de una pala para su homogenización. Se debe evitar que la humedad de la mezcla supere el 40% (para comprobarlo se recurre a la prueba del puño).

4. Acopiar la mezcla formando un montículo y cubrirla durante la primera noche con sacos limpios, hojas de plátano o cualquier otro material disponible.
5. Voltear la mezcla dos o tres veces durante los primeros días para mantener la temperatura en el rango entre 35 y 45°C.
6. Reducir la altura del montículo a las 72 horas de iniciado el proceso (si la temperatura se ha estabilizado entre 35 y 45°C). De lo contrario, continuar los volteos de la mezcla hasta que alcance la temperatura deseada.
7. Madurar la mezcla durante un período de 15 a 20 días.
8. Almacenar la mezcla en sacos, en caso de que no se utilice de inmediato, y colocarla en un lugar seco, fresco y protegido de la luz. No se recomienda almacenar por más de tres meses.

La presencia de hongos de aspecto algodonoso en la superficie de la mezcla y el olor a moho indican que el proceso es correcto.

4. Medir el volumen de suero obtenido (es allí donde se encuentran los *Lactobacillus*) y en un recipiente de boca ancha mezclarlo con igual volumen de melaza. Envasar luego en recipientes plásticos, tapar y ajustar el cierre, de forma tal que no se acumulen gases en exceso. Dejar fermentar por cuatro días en lugar oscuro y a temperatura ambiente. La melaza se puede sustituir por azúcar parda, dado que su papel es servir como fuente de alimento a los *Lactobacillus*.

5. Colar y envasar en recipientes plásticos que impidan el paso de la luz. Si no se van a utilizar de inmediato, habrá que almacenarlos en un lugar fresco y oscuro. El líquido obtenido constituye el cultivo madre de *Lactobacillus*.

Si el almacenamiento se prolonga, los *Lactobacillus* consumen todo el alimento (melaza o azúcar parda) y entran en un estado de latencia (para su empleo más tarde habría que activarlos). Dicha activación se logra mezclando a partes iguales solución de *Lactobacillus* y melaza, y adicionando un 15-20% de agua. Esa mezcla se deja fermentar durante 24 horas.

Los efectos benéficos de los *Lactobacillus* son aprovechados por algunos agricultores y agricultoras, quienes los aplican directamente al follaje de los cultivos, en dosis que varían desde el 2,5 al 12,5% (desde 50 a 250 mL por cada 20 L de agua). Se recomienda que cada agricultor ajuste la dosis de aplicación de acuerdo al cultivo de su interés.

Los efectos de las aplicaciones de *Lactobacillus* en los cultivos son limitados en el tiempo, ya que sus poblaciones se reducen rápidamente cuando entran en interacción con la microflora presente en el agroecosistema. Sin embargo, los efectos resultan más eficaces y duraderos cuando los *Lactobacillus* se emplean en cultivos mixtos microbianos (Microorganismos Eficientes). La razón es que se producen múltiples interacciones microbianas que favorecen el equilibrio microbiológico en el agroecosistema.

### Formulaciones para la reproducción aeróbica de los Microorganismos (fermentación en estado sólido)

Materias primas	U/M	Cantidad	América Latina (Rangos)
Hojarasca	Kg	46	46 - 138
Sémola de arroz	Kg	46	46 - 92
Suero lácteo	L	5	5-10
Melaza	L	5	2-10

#### Procedimiento

1. Extender sobre una superficie limpia la hojarasca y, sobre ella, la sémola. Realizar la mezcla de los materiales de forma homogénea.  
La sémola se puede sustituir por harinas, salvados o puliduras de granos de cereales (arroz, maíz, trigo).
2. Diluir la melaza en suero lácteo. La melaza se puede sustituir por guarapo de caña de azúcar o azúcar parda, mientras que el suero se puede cambiar por yogurt (natural o de soya) o leche cruda. Algunos agricultores y agricultoras diluyen la melaza en agua, sin emplear fuentes de bacterias ácido lácticas.
3. Asperjar la melaza diluida sobre la mezcla de hojarasca y sémola, volteando continuamente

## REPRODUCCIÓN AERÓBICA DE MICROORGANISMOS EN MEDIO SÓLIDO

La reproducción aeróbica de microorganismos en fase sólida es un procedimiento que difiere de la reproducción anaeróbica, descrita anteriormente, en dos aspectos fundamentales: no se emplean tanques y el proceso se realiza en presencia de oxígeno. Aunque este procedimiento se emplea poco, tiene la ventaja de propiciar el desarrollo de otros microorganismos benéficos que no se desarrollan o que tienen un crecimiento limitado en la reproducción anaeróbica.

En la multiplicación aeróbica en medio sólido se emplean los mismos materiales que en la reproducción de microorganismos bajo condiciones anaeróbicas; solo varían ligeramente las cantidades a emplear.

Presentamos a continuación las materias primas y las cantidades que se usan comúnmente para la reproducción aeróbica de microorganismos en medio sólido (incluye el rango habitual en América Latina).

## PRODUCCIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES

Ya hemos visto que el proceso para la obtención de Microorganismos Eficientes se desarrolla en dos fases, una sólida y otra líquida. La fase sólida se puede realizar por vía aeróbica (en presencia de oxígeno) o por vía anaeróbica (en ausencia de oxígeno). La que se utiliza más ampliamente es la fermentación anaeróbica. Sin embargo, lo deseable es realizar ambos procesos y combinar los productos resultantes, para garantizar así una mayor diversidad microbiana en el bioproducto final.

## REPRODUCCIÓN ANAERÓBICA DE MICROORGANISMOS (FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO)

Los materiales que se emplean como fuente de nutrientes para los microorganismos desempeñan un rol esencial en los procesos fermentativos. Deben cumplir con los requerimientos del crecimiento, la formación de los productos y el suministro de energía para la síntesis de metabolitos y el mantenimiento celular.

Para asegurar la disponibilidad de nutrientes a todos los grupos microbianos y una correcta fermentación es necesario mezclar materiales ricos en carbono (C) con materiales ricos en nitrógeno (N), de forma tal que se pueda alcanzar una relación C/N adecuada.

Como fuentes de carbono tenemos las pajas de arroz y maíz, las hojas secas, el aserrín, el bagazo de caña, la cascarilla de arroz, la cascarilla de café, entre otras. Estos materiales son ricos en celulosa, hemicelulosa y lignina, como compuestos de lenta descomposición que no todos los microorganismos pueden degradar.

Es más deseable el empleo de otros materiales aportadores de nutrientes que sean asimilables por la mayoría de los microorganismos, tales como harinas, salvados, sémolas y puliduras de cereales.

ma anaeróbica mediante fermentación en estado sólido) consiste en sustituirla por igual cantidad de fermento maduro en fase sólida, antes de iniciar un nuevo proceso fermentativo como el descrito anteriormente. Esta operación no se debe realizar más de tres veces, ya que se va reduciendo la diversidad microbiana (los microorganismos que se reproducen reiteradamente fuera de su medio natural pierden efectividad).

*Aplicaciones de los Microorganismos Eficientes reproducidos anaeróbicamente mediante fermentación en estado sólido*

- En la reproducción de Microorganismos Eficientes en fase líquida (es la más empleada).
- En la elaboración de bocashi (abono orgánico fermentado), a razón de 1 kg de fermento sólido por cada 40 kg de materiales orgánicos.
- En la preparación de sustratos en los viveros, a razón de 5 kg de fermento sólido por cada 46 kg de sustrato.
- En los pisos de los galpones (instalaciones pecuarias), esparciendo 1 kg del fermento sólido por metro cuadrado. Esta operación facilita la descomposición de las excretas y evita los olores fétidos.

6. Comprobar la calidad del producto al terminar la fermentación. Debe tener un olor agradable que recuerda al de la fermentación del vino, y mostrar un color pardo claro. Si el producto posee olor desagradable es que el proceso de fermentación no fue apropiado. En este caso se recomienda utilizar la mezcla para la elaboración de compost.



Fermento sólido (Producto final)

El producto se puede almacenar durante tres años bajo condiciones óptimas, aunque lo recomendable es utilizarlo lo más fresco posible. Si el almacenamiento se prolonga y durante ese tiempo se realizan múltiples extracciones del fermento, puede llegar a aparecer en su superficie una masa algodonosa de color blanco. Eso indica que los hongos benéficos se han favorecido por la entrada periódica de oxígeno, lo cual no significa peligro alguno ni es indicativo de que el producto se haya deteriorado. Lo importante es mantener el cierre hermético del tanque.

Una práctica que evita la búsqueda constante de hojarasca (para reproducir microorganismos de for-

Cuando se mezcla estos materiales nutritivos con la hojarasca en descomposición se produce un sustrato con buenas características para los microorganismos. Sin embargo, cuando no se dispone de estos materiales nutritivos en las cantidades necesarias se recomienda una mezcla con algunas de las fuentes de carbono mencionadas con anterioridad.

### *Materias primas necesarias*

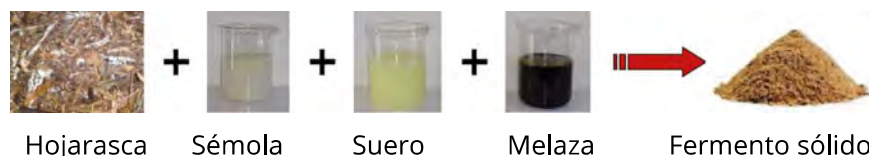
Son innumerables las opciones (y las cantidades) de ingredientes a usar en una reproducción anaeróbica en fase sólida. Cada agricultora o agricultor debe someter a experimentación estos procesos hasta encontrar una formulación económica de calidad y con resultados satisfactorios, según sus posibilidades y necesidades prácticas.

A quienes se inician en la producción de Microorganismos Eficientes se les recomienda emplear la formulación del IHplus, que es la más difundida en Cuba, y experimentar a pequeña escala. En la medida en que dominen la tecnología, pueden ir ajustándola a los recursos disponibles y a las necesidades de aplicación en sus fincas. Los rangos de empleo de las materias primas en América Latina (como veremos a continuación) pueden ayudar en el logro de este propósito.

## Formulaciones para la reproducción anaeróbica de los Microorganismos (Fermentación en estado sólido)

Materias primas	U/M	Formulaciones*	
		IHPlus	América Latina (Rangos)
Hojarasca	Kg	30	30 – 92
Sémola de arroz	Kg	46	46 – 92
Suero lácteo	L	10	5 – 10
Melaza	L	10	5 – 10

\*Estas formulaciones son en base a tanques de 200 litros de capacidad. Las cantidades de materias primas a emplear se pueden reducir y ajustar a un envase de menor volumen.



Esquema del proceso para la obtención del fermento sólido

### Procedimiento

1. Colocar intercaladamente capas de hojarasca y sémola de arroz sobre una superficie limpia (puede ser un piso cementado o una lámina de plástico). A continuación, se mezclan ambos materiales con una pala. Se deben desmenuzar con las manos los amasijos de hojarasca unidos por las estructuras de los hongos (de aspecto algodonoso) y extraer piedras, ramas

Es poco probable que los cierres de los tanques sean del todo herméticos, lo cual significa que generalmente habrá algún nivel de escape de gases. De no ser así, el tanque comenzará a inflarse durante la fermentación, producto de la acumulación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en su interior. En esta situación se recomienda abrir ligeramente la tapa del tanque hasta que se produzca el escape de los gases (solo al nivel necesario), para a continuación ajustar nuevamente el cierre.

Una alternativa para lograr un cierre apropiado en tanques que no posean tapa es utilizar un nailon grueso sin perforaciones que habría que ajustar con una liga y proteger de los roedores con una cubierta protectora.

En ocasiones se dispone de grandes bolsas de nailon y no se cuenta con el tanque apropiado. En este caso, una alternativa es compactar la mezcla en el interior de las bolsas y cerrarlas herméticamente para evitar la entrada de oxígeno. Posteriormente, se colocan las bolsas dentro del tanque y se protege su boca para evitar que sufran daños causados por animales.

5. Colocar el tanque en un lugar fresco y a la sombra entre 21 y 30 días. Durante este período el tanque no debe abrirse ni moverse, porque estas acciones podrían afectar la fermentación.

la superficie del sustrato y la tapa del tanque, en el cual se acumularán los gases producidos durante la fermentación.



Compactación de la mezcla con la ayuda de los puños

Los tanques de fermentación deben ser plásticos, de boca ancha y cierre hermético, para impedir la entrada de oxígeno a su interior. También es preferible que sean de color azul, negro o blanco. En ningún caso deben emplearse tanques metálicos, ya que el producto final sería muy ácido y se corroería.

Los tanques de fermentación deben estar bien lavados y limpios.  
Evitar el empleo de tanques con colores amarillos y rojos, debido a que contienen sustancias tóxicas a los microorganismos.

Para producir Microorganismos Eficientes se pueden emplear desde tanquetas de 20 L hasta tanques de 200 L de capacidad, en dependencia de las cantidades que se necesiten.

u otros elementos no deseados. La mezcla debe quedar homogénea.

La sémola se puede sustituir por harinas (maíz, sorgo, yuca, boniato) y por salvados o puliduras de granos de cereales (arroz, maíz, sorgo, trigo).



Proceso de mezcla de la hojarasca y la harina

2. Diluir la melaza en el suero lácteo, de manera que la mezcla líquida quede homogenizada.



Dilución de la melaza en suero lácteo

En algunas formulaciones, la melaza se diluye con agua y no se emplea ninguna materia prima que aporte una fuente de *Lactobacillus*. En otros casos, se sustituye el suero lácteo por leche cruda o yogurt, ya sea natural o de soya.

La melaza constituye la principal fuente de azúcar que se emplea en la producción de Microorganismos Eficientes, pero se puede sustituir por guarapo de caña de azúcar, mucílago o mieles de café y cacao, o azúcar cruda.

3. Aplicar con una regadera la solución de melaza sobre la mezcla de materiales sólidos. Con la ayuda de una pala, o incluso con las manos, mezclar hasta obtener una masa húmeda y homogénea.

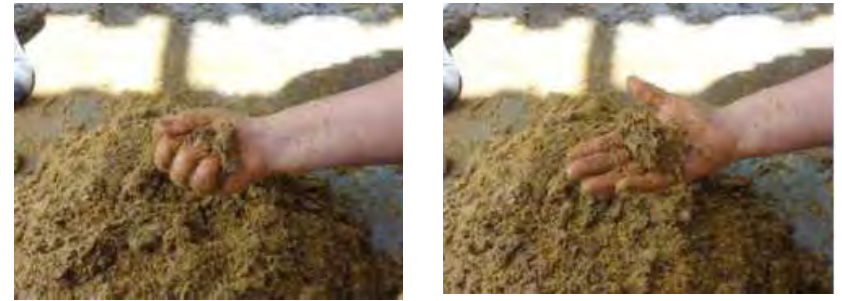


Aplicación de la melaza diluida sobre los materiales sólidos

La mezcla debe alcanzar entre 30 y 40% de humedad, lo cual dependerá de la capacidad de retención de agua de los materiales sólidos que se empleen.

El grado de humedad en la mezcla se comprueba realizando “la prueba del puño”. Esta prueba consiste en tomar una fracción de la mezcla en una mano y apretar fuertemente el puño. Si la mezcla tiene la humedad requerida, el líquido no se derramará entre los

nudillos, y mantendrá su consistencia cuando abramos la mano con cuidado. Este es un aspecto importante que no se debe violar, porque de lo contrario tendremos una fermentación ineficiente.



Determinación del grado de humedad de la mezcla

La falta de humedad en la mezcla se corrige agregando agua no tratada con cloro (preferiblemente de lluvia o manantial), mientras el exceso de humedad se rectifica incorporando materiales sólidos. En ambos casos, se debe mezclar todo nuevamente para homogeneizar el grado de humedad.

4. Depositar la mezcla con la humedad óptima en capas de unos 15 a 20 cm de altura en el tanque de fermentación, para luego ir compactando con la ayuda de un madero o algún instrumento pesado que facilite esta operación. El propósito es evitar que en la mezcla queden espacios vacíos o poros que propicien la acumulación de oxígeno.

Al finalizar el trabajo de compactación, debe quedar un espacio de unos 10 a 15 cm entre