

# Manual Técnico



## LA BIOFÁBRICA ASOCIATIVA

Jhon Jairo Monje  
Kelly Yojanna Jaramillo  
Camila Andrea Cabrera



## **Autores**

Jhon Jairo Monje Carvajal  
Kelly Yojanna Jaramillo  
Camila Andrea Cabrera

## **Corrección de estilo**

Juan Camilo Gómez Barrera

## **Diseño y diagramación**



## **Fotografías**

Jhon Jairo Monje Carvajal  
Kelly Yojanna Jaramillo  
Camila Andrea Cabrera  
Luis Nova

## **Impresión**

Offset Grafico Editores S.A.

## **Impreso en Colombia- Printed in Colombia**

Primera edición: enero 2025  
300 ejemplares.

## **Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO**

Calle 81 B # 72 B – 70  
Bogotá D. C. - Colombia  
2025

Esta publicación es el resultado del proyecto: Fortalecimiento técnico, administrativo y legal de 4 biofábricas asociadas a productores de café y cacao en los municipios de Gigante y Pitalito en el Huila y Mesetas y el Dorado en el Meta.

El libro está protegido por el Registro de Propiedad Intelectual. Los conceptos expresados en el libro competen a los autores, son su responsabilidad y no comprometen la opinión de la Cooperación Alemana para el Desarrollo – GIZ y sus contrapartes colombianas. Se autoriza su reproducción total o parcial en cualquier medio, incluido electrónico, con la condición de ser citada clara y completamente la fuente, siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, tal como se precisa en la Licencia Creative Commons Atribución – No comercial – Compartir Igual que acoge UNIMINUTO.



“Esta publicación es apoyada por el proyecto Innovación en Cadenas Agrícolas sostenibles INCAS Global+ , que está siendo implementado por la Cooperación Alemana para el Desarrollo – GIZ GmbH y sus contrapartes colombianas, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. Las ideas vertidas en imagen y texto son responsabilidad exclusiva de l\*s autor\*s, para cualquier duda o aclaración relacionada con el contenido, favor remitirse directamente con los mismos.”



# Contenido

<b>Presentación del libro</b> .....	<b>6</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>Las biofábricas: una alternativa viable para modelos de producción sustentable</b> .....	<b>13</b>
El modelo de biofábrica UNIMINUTO.....	<b>16</b>
Aporte de la biofábrica a los ODS .....	<b>23</b>
Planificar una biofábrica .....	<b>24</b>
<b>Los abonos orgánicos</b> .....	<b>26</b>
La materia orgánica, su importancia y dinámica en el suelo .....	<b>28</b>
Fuentes de la materia orgánica.....	<b>29</b>
Niveles de productividad por el porcentaje de materia orgánica en los suelos del país .....	<b>33</b>
Los biofertilizantes y las vacunas orgánicas.....	<b>37</b>
Tipos de biofertilizantes.....	<b>41</b>
Ventajas y utilidad de los biofertilizantes foliares.....	<b>42</b>
Ventajas y utilidad de los biofertilizantes edáficos.....	<b>48</b>
Los fosfitos .....	<b>52</b>
El manejo de las compostas orgánicas y los procesos de mineralización para mejorar producción en los cultivos y en los viveros .....	<b>57</b>
<b>Los microorganismos de montaña su activación, reproducción y aplicación</b> .....	<b>69</b>

# Presentación del libro



En un entorno donde la producción agrícola afronta retos crecientes, se presenta una iniciativa innovadora y revolucionaria: las biofábricas asociativas rurales. Este libro explora la puesta en marcha de cuatro biofábricas en los municipios de Gigante y Pitalito, en el departamento de Huila, así como en Mesetas y El Dorado, en el departamento del Meta. Estas iniciativas, fomentadas por cooperativas de productores de café y cacao, constituyen una opción viable, social y sostenible que pretende potenciar el desarrollo local, educativo y comunitario.

El proyecto “Fortalecimiento técnico, legal y organizativo de 4 asociaciones de productores de cacao y café en torno al trabajo en las Biofábricas comunitarias ubicadas en los municipios de El Dorado y Mesetas (Meta) y Gigante y Pitalito (Huila)”, ha sido factible gracias al respaldo de INCAS Global+ “Innovación en cadenas Agrícolas Sostenibles” de la Cooperación Alemana para el Desarrollo – GIZ, en un contexto donde estos departamentos sobresalen como referentes en producción agrícola y ganadera a nivel nacional, se torna esencial para avanzar hacia prácticas sustentables.

Este respaldo ha permitido poner en manos de las comunidades en el territorio la experiencia, investigación e impulso de un modelo de biofábrica, desarrollada por un grupo de investigación del programa de Ingeniería Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO, en estos cuatro municipios. Como consecuencia, un número considerable de familias productoras ha recibido beneficios a partir de una estrategia de apropiación social del conocimiento, mejorando sus métodos de producción hacia modelos de agricultura sustentable. Esta estrategia ha facilitado la reducción de la huella de carbono al disminuir el empleo de fertilizantes químicos y ha fomentado la implementación de modelos locales para convertir biomásas residuales en abonos orgánicos minerales eficaces para sus cultivos. Estos procedimientos han sido técnicamente perfeccionados e incorporados en el contexto de la economía circular de acuerdo con las realidades locales en cada asociación.

La puesta en marcha de estas biofábricas y su posterior fortalecimiento surge de la creciente inquietud por los elevados precios de los insumos agrícolas, agravados por factores globales como el conflicto entre Rusia y Ucrania y la inflación nacional. En este libro, se examina cómo, desde el uso de un enfoque técnico del trabajo asociativo, educativo e investigativo, se ha conseguido crear un modelo que no solo disminuye la dependencia de insumos químicos en un 70%, sino que también fomenta el uso de recursos locales, un incentivo a la implementación de una agricultura regenerativa y la valorización de los residuos agrícolas que en otros procesos termina generando impactos contaminantes.

En sus capítulos, se describen las metodologías utilizadas para identificar los actores locales, diseñar las infraestructuras, capacitar a los productores y elaborar fertilizantes orgánicos que mejoran la microbiología del suelo. Este enfoque holístico no solo pretende aumentar la productividad de los cultivos, sino también rehabilitar las relaciones simbióticas entre las plantas y los microorganismos, fundamentales para un ecosistema agrícola saludable.

Este libro muestra el impacto que se logra cuando se conecta recursos de la cooperación internacional con la experiencia de instituciones que trabajan con grupos sociales en territorio, que transfiere y aporta a la innovación en las áreas rurales del país. Mediante las experiencias reportadas por los productores, se demuestra que las biofábricas no solo constituyen un recurso para lograr la sustentabilidad agropecuaria, sino que también funcionan como un impulso para el crecimiento económico local y regional, al promover la transición hacia modelos agroecológicos, que crea una ruta hacia un futuro más equitativo y justo para las comunidades rurales.

Animamos a los lectores a explorar las páginas de este libro, donde la esperanza y la fortaleza de los cultivadores de cacao y café, que desde la investigación acción participativa, se fusionan con la ciencia y la sustentabilidad, brindan una perspectiva inspiradora de lo que se puede lograr al colaborar por un mundo ambiental, económica y socialmente más equitativo.



## Introducción

En un contexto global donde la sostenibilidad es vital, la agricultura enfrenta el reto de producir alimento que permita, sin mayor apuro, suministrar comida a una población que aumenta día a día. Esto se debe hacer sin afectar los inventarios de los recursos locales, los cuales deben ser coexistentes entre producción agropecuaria y conservación ambiental. La innovación y la colaboración se presentan como pilares para lograr soluciones transformadoras.



Este manual ofrece una guía detallada sobre el uso de biofertilizantes a través de biofábricas asociativas, en las cuales agricultores de Pitalito y Gigante (Huila) y de Mesetas y El Dorado (Meta) producen biofertilizantes de alta calidad a través del uso de recursos naturales y métodos agroecológicos. Esta práctica no solo mejora la salud del suelo y la productividad, sino que reduce la dependencia de fertilizantes químicos sintéticos.

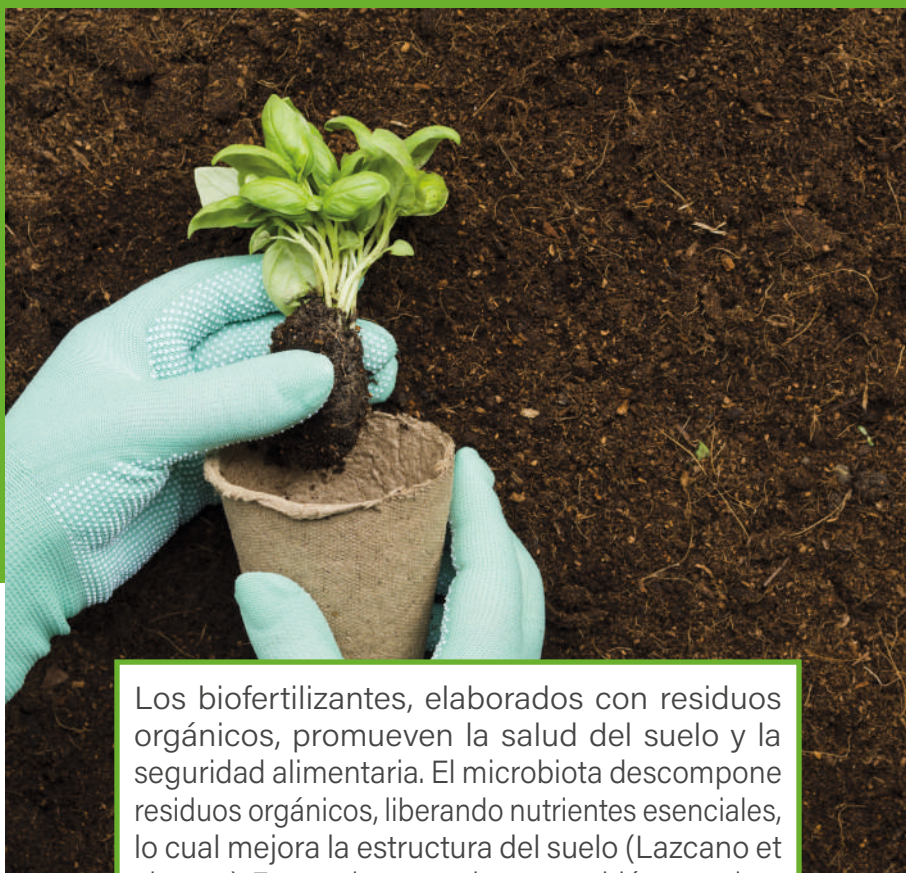
El suelo es fundamental para la captura de carbono, la regulación de nutrientes y el almacenamiento de agua. Además de servir como hábitat para la biodiversidad, el suelo impacta el cambio climático y la seguridad alimentaria (Montanarella et al., 2016; República, 2016; Silva y Correa, 2009). De los 13.200 millones de hectáreas de tierra mundial, el 12 % se dedica a cultivos agrícolas, el 28 % a usos forestales y el 35 % a pastizales y bosques.



En regiones de bajos ingresos, las limitaciones de calidad del suelo afectan a más de la mitad de las tierras cultivadas (Food and Agriculture Organization [FAO], 2011). Para enfrentar la degradación del suelo, es necesario desarrollar prácticas sostenibles, alineadas con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 15 de la Agenda 2030.

Los fertilizantes, aunque efectivos, generan problemas ambientales como contaminación del suelo y del agua y la degradación de la estructura del suelo. Solo el 50 % de los fertilizantes nitrogenados aplicados es utilizado por las plantas, mientras el resto se pierde por evaporación, reacción con compuestos orgánicos o contaminación de aguas (Savci, 2012). Por tanto, es crucial mejorar la eficiencia del uso de fertilizantes y buscar alternativas sostenibles.

La materia orgánica del suelo, formada por la degradación de residuos vegetales y animales, es esencial para la salud del suelo. Su reducción afecta la fertilidad y productividad (Román et al., 2013). El reciclaje de residuos orgánicos aborda la disminución de materia orgánica y la gestión de residuos, con potencial significativo en sectores vulnerables (Banco Mundial [BM], 2018; SSPD, 2020).



Los biofertilizantes, elaborados con residuos orgánicos, promueven la salud del suelo y la seguridad alimentaria. El microbiota descompone residuos orgánicos, liberando nutrientes esenciales, lo cual mejora la estructura del suelo (Lazcano et al., 2021). Estos microorganismos también compiten con patógenos y promueven el crecimiento de plantas al producir hormonas que mejoran la absorción de agua y nutrientes.

Es necesario fortalecer las prácticas locales y promover biofertilizantes específicos como solubilizadores de fósforo, biofertilizantes líquidos, vacunas orgánicas, compostas mineralizadas y microorganismos eficientes. Brindando alternativas que disminuyen la dependencia de fertilizantes industriales importados, caracterizados por su alto costo y vulnerabilidad a las fluctuaciones del mercado (Gomez et al., 2021).

Colombia, que importa más de dos millones de toneladas de fertilizantes al año, enfrenta desafíos significativos debido al conflicto en Ucrania y la volatilidad de precios. De allí que las biofábricas ofrezcan una alternativa sostenible para la producción agropecuaria. La experiencia en los departamentos del Meta y Huila demuestra su viabilidad y beneficio en la eficiencia y sostenibilidad de la producción agrícola, ya que aportan a la conservación del suelo y reduciendo la huella de carbono de los modelos convencionales.



# Las biofábricas:

## una alternativa viable para modelos de producción sustentable



En la actualidad, las comunidades rurales se enfrentan a un impacto económico por el alto costo de los fertilizantes comerciales, derivados de muchos fenómenos globales que tornan inviables modelos productivos comerciales. Esto se da, sobre todo, porque las comunidades no cuentan con elementos que les permitan ser competitivos en el corto y mediano plazo, lo cual genera un riesgo latente en sus modelos de vida sustentada en la producción agropecuaria. Una de las problemáticas es la dependencia de insumos agrícolas comerciales por los altos costos de fertilizantes, ya que la materia prima de estos, en su mayoría, es importada, lo cual eleva los costos de producción. Sumado a esto, se debe considerar una inflación desbordada, lo cual conlleva que el problema se profundice.





Las biofábricas representan una alternativa técnica viable desde los puntos de vista financiero, social y ambiental, ya que ofrecen soluciones basadas en el desarrollo local para enfrentar los desafíos de la producción agropecuaria. Estas iniciativas abordan aspectos clave como la integración social y comunitaria, la generación de empleo, el impulso al recambio generacional y la implementación de biotecnologías locales. Además, promueven la creación de fertilizantes biológicos funcionales, lo que resulta en un incentivo para que los jóvenes permanezcan en sus fincas y se involucren en la agricultura de manera sostenible.



Una biofábrica se define como un lugar físico, con unos elementos técnicos básicos, en donde se encuentran campesinos, productores y habitantes de la ruralidad para realizar insumos agropecuarios necesarios para su actividad. Allí, se usan como materia prima recursos y conocimientos locales para la producción sustentable, tanto agrícola como pecuaria, buscando construir espacios ambientalmente sanos, productivos y protegidos.

Las biofábricas son un elemento importante en el desarrollo rural, en lo local o regional, porque aportan a la solución de un problema coyuntural dada la situación económica y social que afecta a Colombia y a la mayoría de los países en vía de desarrollo. Por tanto, se debe ver el carácter político y público del problema, ya que la instalación de las biofábricas entrega elementos de valor social y comunitario que son tan o más importantes que hacer una minimización de los costos de producción agropecuaria, especialmente los que

se dan en la compra de insumos comerciales. Esto se debe a que los componentes de trabajo de las biofábricas abordan elementos productivos, sociales, ambientales y de solidaridad.

Lograr desarrollar este tipo de iniciativas en las zonas con mayor producción agropecuaria del país trae ventajas competitivas a los productores y aporta en la conservación de suelos agrícolas por su modelo de protección ecológica y responsabilidad ambiental. Adicionalmente, entrega una guía de comercio integral que permite una generación de empresas comunitarias o de economías solidarias a escala. Esta ruta inicia con la producción de fertilizantes biológicos funcionales, orientados a cultivos específicos de cada zona, lo cual aporta a la generación de empleo (por la ocupación que demanda la biofábrica) y la integración de la comunidad entorno a objetivos comunes: beneficios productivos, mayor ingreso económico y la protección de sus espacios naturales.



Desarrollar este tipo de estrategias en las principales regiones agropecuarias del país genera beneficios cruciales para los productores, además de contribuir a la preservación de los suelos gracias a su enfoque de agricultura regenerativa y compromiso con el medio ambiente. Asimismo, proporciona un manual completo de comercio que se basa en la iniciativa de una pequeña empresa comunitaria de producción de fertilizantes, propia de la agricultura regenerativa. Estos manuales han sido diseñados y construidos para cultivos locales, lo cual fomenta la generación de empleo, una asociatividad productiva comunitaria, con una estrategia compartida para lograr un desarrollo productivo sustentable local y con beneficios ambientales y solidarios.





## El modelo de biofábrica **UNIMINUTO**

En UNIMINUTO se busca lograr desarrollar este tipo de iniciativas en las zonas con mayor producción agropecuaria del país, puesto que trae ventajas competitivas a los productores y aporta en la conservación de suelos agrícolas por su modelo de protección ecológica y responsabilidad ambiental. Además, proporciona un modelo de economías locales comunitarias que, en su objeto asociativo, fabrican abonos orgánicos mineralizados necesarios en sus cultivos locales o regionales.

La apuesta de UNIMINUTO es usar el diseño del modelo de biofábrica validado en diferentes comunidades productoras, que la consideran como una herramienta agroecológica. Partiendo de que cada lugar es especial, se requieren dos componentes en la apuesta comunitaria para su funcionamiento: uno técnico productivo y otro lógico.



La biofábrica como herramienta tiene un diseño dividido en dos estructuras: una física y una lógica. La estructura física es el diseño civil de un edificio dispuesto para el funcionamiento de la estructura lógica, que puede variar en cada espacio en donde se implemente de acuerdo con las necesidades socioculturales y productivas (figura 1). La delineación y construcción dependen de la concertación con los responsables de la empresa contratante y representantes de las organizaciones de productores, las condiciones geológicas, la disponibilidad de material para la construcción (una oferta ambiental local) y de las condiciones climáticas y logísticas (elaborada en el diseño técnico) donde se implementará.

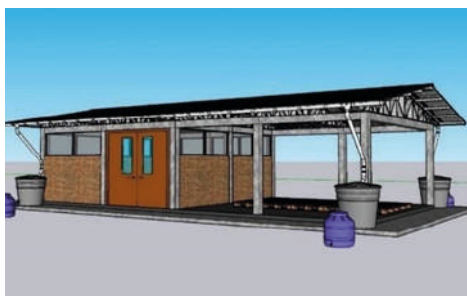


Figura 1. Dos modelos de la planta física de la biofábrica.  
Fuente: elaboración propia

La estructura lógica es el diseño de flujo de materia y energía dispuesta de forma ordenada para la transformación de los bioinsumos en la elaboración, procesamiento, almacenamiento y distribución de los abonos orgánicos (figura 2). Esto se elabora a partir de un diagrama de flujo de proceso DFP (figura 3), que permite tener un proceso estandarizado de elaboración de los abonos.

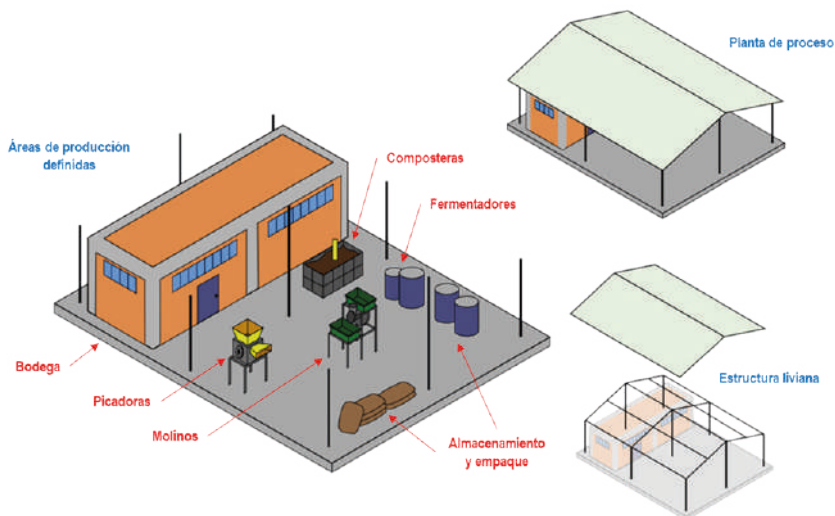


Figura 2. Característica y distribución de la planta física de la biofábrica.  
Fuente. Elaboración propia



En la biofábrica se producirán dos tipos de abonos, unos, de tipo sólidos edáficos mineralizados y, otros, abonos líquidos mineralizados edáficos y foliares. Adicionalmente, en cada biofábrica se instalará un modelo de activación de microorganismos de montaña, lo cual mejora la salud y la dinámica biológica del suelo lo cual construye o reconstruye una microflora balanceada y un aprovechamiento porcentual de los minerales del suelo en mayor proporción por cada cultivo. Esto último potencia la captura y activación de microorganismo de lugares ecológicamente sanos y cercanos a cada uno de ellos.



El volumen de producción de una biofábrica varía en cada lugar, conforme a las características específicas de cada zona o localidad. Otros factores que influyen en la producción son el potencial de la organización en su trabajo y necesidades de consumo, la presencia de recursos naturales (para la producción de bioinsumos), la oferta de trabajadores, de rutas de acceso y transporte. Para un grupo asociativo de 100 productores, comprometidos con una transición a una agricultura de conservación en transición, se podría procesar hasta 2000 litros de abonos líquidos mineralizados, y compostar hasta 4 toneladas de biomasa residual para los abonos sólidos mineralizados por mes, con un cálculo de entre 40 y 45 sacos de abonos sólidos acondicionadores de suelos y hasta 100 bidones de 20 litros de abonos líquidos mes.

Una planta tiene la capacidad de generar ingresos económicos en su operación si el modelo de administración y gobierno así lo dispone. Por tanto, llega a ser potencial la generación de empleos temporales o permanentes en la biofábrica y sostener unos costos operativos fijos, que entrega ventajas operativas y productivas directas a la comunidad, como la dinámica biológica en la aplicación de estos productos en sus cultivos y la economía local, por su dinámica de economía circular de recursos, que puede generar entre sus asociados y beneficiarios.

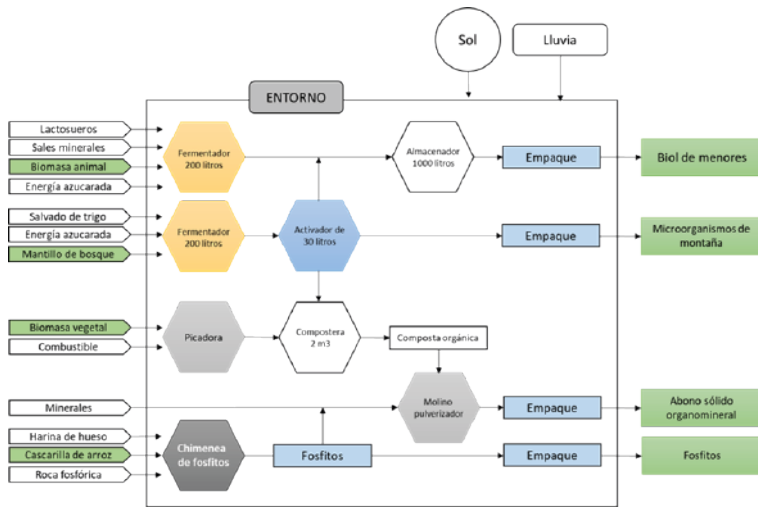


Figura 3. Diagrama de Flujo de Procesos (DFP) de una biofábrica básica con 4 productos iniciales. Fuente: elaboración propia.

La propuesta es un modelo con muchos elementos técnicos, sociales y ambientales, lo cual permite que pueda ser eficiente en el uso de herramientas, recursos, impactos y beneficios que aporten a un desarrollo social y natural acorde a las demandas más sustentables. De esta forma, la biofábrica como la conceptualizamos desde UNIMINUTO, entrega las siguientes ventajas (ver figura 4):

- 
-  Reducción considerable en el costo de abonos, que entrega un ahorro en la compra de fertilizantes superior al 60%.
  -  Eficiencia en más del 35% en los costos de producción de muchos de los cultivos comerciales.
  -  Ingreso por venta de abonos con productores de la zona, en los casos en donde se desarrolle una empresa a partir de la biofábrica
  -  Puede ser una fuente de generación de empleo al necesitar mano de obra local.
  -  Aporta en la conservación de suelos agrícolas sanos, aportando a la protección ecológica de los ecosistemas locales.
  -  Espacio que fomenta la integración de la comunidad entorno a un objetivo común: desarrollo local con enfoque productivo.
  -  Es el punto de partida que entrega argumentos técnicos para un proceso de producción más limpia.
  -  Es funcional como planta de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos (sobrantes de cosechas, residuos orgánicos domiciliarios, etc).

Figura 4: Ventajas de una biofábrica  
Fuente. Elaboración propia



Es fundamental definir los procesos de formación, puesto que en esta fase se forma a la comunidad en la gestión completa de la biofábrica. Esto abarca la producción, supervisión y preservación de bioinsumos, la determinación de los materiales ideales como insumos, la recolección de información y el control de calidad en las distintas etapas de producción. Además, es imprescindible capacitar a la comunidad para proporcionar orientación técnica a los agricultores, lo cual fomenta la utilización eficaz de los fertilizantes en los cultivos estratégicos de mayor importancia económica establecidos en el núcleo de investigación. Este eje también produce recursos técnicos de consulta, tanto para la elaboración de fertilizantes como para su adecuada utilización en las plantaciones.

En este libro se encuentran las fórmulas más comunes usadas en las biofábricas con las que UNIMINUTO y el equipo de biofábricas ha trabajado. Esto se hace buscando, a partir de la experiencia propia, generar que los procesos sean más simples y de menor dedicación para que el productor tenga más tiempo para dedicarle a su familia, cultivos y animales.



# Aporte de la biofábrica a los ODS

A partir de la consideración de la UNIMINUTO con un enfoque agroecológico, las biofábricas impactan positivamente en diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Gómez, 2017), dentro de los cuales se pueden mencionar los que se muestran en la figura 5:



## Hambre cero

- Mejora la productividad en los cultivos y la salud en los animales.
- Mejora la calidad de los cultivos.
- Mejora la calidad de los alimentos.

## Salud y bienestar

- Reducción de la dependencia de fertilizantes químicos.
- Alimentos más saludables.
- Menos impacto negativo en la salud humana y el medio ambiente.

## Agua limpia y saneamiento

- Reducción de vertimientos y lixiviados.
- Menor contaminación del agua por agroquímicos.

## Trabajo decente y crecimiento económico

- Fomento en el crecimiento económico sostenible.
- Generación de pequeñas y medianas empresas comunitarias.
- Generación de empleo local.

## Producción y consumo responsable

- Uso eficiente y sostenible de los recursos naturales.
- Modelos de economías circulares.
- Desarrollo local con enfoque productivo y ambiental.

## Acción por el clima

- Reducción de emisiones de GEI.
- Menor necesidad de transporte de los fertilizantes.

Figura 5. Aportes de una biofábrica a los ODS.  
Fuente. Elaboración propia

Adicionalmente, existen otros impactos positivos a los ODS como son Vida submarina y Vida de ecosistemas terrestres, los cuales son beneficiados por este impacto. Las biofábricas desempeñan un rol esencial en el fomento de prácticas sustentables en la producción agropecuaria (dado que existen prácticas de la agricultura sustentable que se están desarrollando desde las biofábricas UNIMINUTO), en la conservación del medio ambiente y en la consolidación del tejido social de las comunidades en zonas rurales, en concordancia con varios ODS.

## Planificar una biofábrica



La biofábrica como proceso productivo demanda el uso de herramientas técnicas que permitan una actividad estandarizada en la línea de producción. Se pueden mencionar cinco grupos de herramientas:



Espacios de activación, fermentación, maduración, estabilización y empaque.



Recipientes de activación, fermentación, maduración y almacenamiento.



Actuadores mecánicos manuales y eléctricos para mezclas, ripeado, picado y homogenizado.



Equipos de medición, monitoreos fisicoquímicos, pesaje y de medición de volúmenes.



Manuales básicos de manejo de los procesos de la biofábrica.



Herramientas de acarreo, pesaje y empaque.



Un inventario de recursos disponibles en la zona para definir los tipos de abonos y productos que se producirán en la biofábrica.

En el proceso lógico, se necesita una metodología participativa desde el enfoque de la IAP, para validar diferentes elementos necesarios, que deben estar definidos antes de iniciar, estos son:

- Diseño de la parte civil de la biofábrica, con participación de todos los actores del proyecto teniendo en cuenta las áreas importantes de la planta de proceso (figura 2).
- Uso de materiales locales para su construcción, priorizando materiales de bajo impacto ecológico, de uso local, durable y de fácil mantenimiento.
- Empleo de personas con experticias en la construcción de la parte civil, generalmente, como aporte de la comunidad.
- Evaluación de conocimientos previos y necesidades de capacitación para programar los talleres de formación práctica en territorio.
- Diseño de los mapas de flujo de proceso para la elaboración de los abonos y el tipo de abonos a construir (figura 3).
- Definir, localizar y dialogar un con aliado estratégico, que les apoye la formación práctica, los talleres técnicos, el diseño de los procesos productivos y la gestión organizativa de la biofábrica.

Desde este enfoque, la planificación para la instalación de una biofábrica comunitaria debe estar pensado para que se haga desde un trabajo integrador que dinamice y consolide grupos de comunidades rurales entorno a actividades comunes, permitiendo afianzar valores de servicio y desarrollo local.



## Los abonos orgánicos

Un abono orgánico se puede definir de forma técnica como un material de origen biológico que proviene de residuos vegetales, animales o de ambos, si es el caso, que se procesa de manera natural por acciones mecánicas por la función ecológica de microorganismos como hongos, bacterias y actinomicetos, todos bajo procesos controlados y monitoreados (Centro de Investigación Agrícola Orgánico [CIAO], 2014). Este proceso de descomposición transforma los residuos en materia orgánica estable, rica en nutrientes básicos en la agricultura como el fósforo, el nitrógeno y el potasio y que, por acción propia dentro de la materia orgánica, se liberan de forma gradual y sostenida cuando se aplica al suelo. Además de aportar nutrientes, los abonos orgánicos mejoran toda la dinámica fisicoquímica y microbiológica del suelo al aumentar la capacidad de retención de agua, las estructuras de aireación y la formación de agregados, lo que a su vez reduce la erosión y facilita el crecimiento radicular de las plantas (Crabben, 2023). Un valor condicional en la mejora de las condiciones naturales de un suelo es el incremento de la materia orgánica. Esto último promueve la actividad biológica del suelo, estimulando el crecimiento de la microbiota benéfica que dinamiza y dispone la materia orgánica y la mineralización nutrientes, haciéndolos más disponibles para las plantas.

Este ciclo de enriquecimiento y mejora del suelo, que integra procesos naturales, es clave para mantener sustentabilidad de los sistemas agropecuarios campesinos. Adicionalmente, puede aportar de gran forma a los modelos más industriales, reduciendo la dependencia de

insumos externos y subsanando impactos negativos (de tipo social, ambiental y económico), asociados con la agricultura comercial de altos insumos (Brechelt, 2004).

Los principios fundamentales de los biofertilizantes, desde su composición y beneficios hasta las técnicas de producción y aplicación, usan como herramienta articuladora los microorganismos benéficos, que por su acción dinámica aportan en una mejor fertilidad y mejor y más adecuado desarrollo de las plantas, a partir de una acción antrópica sustentable. En ese sentido, es la materia orgánica la base fundamental de toda la dinámica en el suelo, convirtiendo al suelo en el elemento fundamental del ciclo de vida para los otros principios; de esta forma se puede anotar que el suelo, al ser un recurso natural no renovable, también es un espacio vivo fundamental en la alimentación humana, al cual debemos aportar para su conservación y evolución. A continuación, se describen los principios clave:





La dinámica biológica controla patógenos y reduce enfermedades a través de microorganismos antagonistas, y con sustancias naturales que inhiben su acción nociva.



Que son sustitutos a los fertilizantes químicos, reduciendo la contaminación y conservando biodiversidad.



Al mejorar la compatibilidad entre los elementos productivos, al alternar su uso con otros insumos para mejorar la eficacia y sostenibilidad de la agricultura.

Figura 6: Principios fundamentales de los biofertilizantes  
Fuente. Elaboración propia

En ese sentido, es la materia orgánica la base fundamental de toda la dinámica en el suelo, convirtiendo al suelo en el elemento fundamental del ciclo de vida para los otros principios; de esta forma se puede anotar que el suelo no es solo un recurso natural no renovable, si no también que el suelo es un espacio vivo, al cual debemos aportar para su conservación y evolución.

## La materia orgánica, su importancia y dinámica en el suelo



La presencia de un buen contenido de materia orgánica (MO) en un suelo es fundamental para dar sustento a procesos cruciales para la salud y productividad del suelo. Actúa como un agente estabilizador, uniendo las partículas minerales y forma agregados que fortalecen la estructura del suelo, lo que lo hace más resistente a fuerzas desestabilizadoras como el impacto de las épocas de lluvias, la acción oxidativa del sol y los impactos de las épocas secas o de temperaturas extremas.

Esta condición de un suelo mejorado beneficia la conservación de humedad en el suelo, el intercambio de gases, la penetración de raíces y la disminución de la erosión.

Adicionalmente, la MO aporta en el aumento de la reserva de elementos minerales fundamentales en la nutrición de las plantas y potencia la capacidad de amortiguación de condiciones adversas del suelo, lo que controla las fluctuaciones en el pH. Al mismo tiempo, mejora la eficiencia de los fertilizantes minerales (en los casos en donde se usan de forma adecuada y reducida y que no afecte los modelos de agricultura regenerativa), lo que favorece su asimilación. Respecto a sus características biológicas, la MO es vital para los procesos de mineralización, ya que actúa como alimento para una amplia variedad de microorganismos, lo que promueve el desarrollo vegetal y favorece un sistema ecológico resiliente (Pulido-Moncada et al., 2009).





## Fuentes de la materia orgánica

Como elemento esencial en el suelo, la materia orgánica se convierte en una unidad funcional clave que debe ser entendida como un mecanismo esencial por su aporte al sistema suelo. Su papel consiste en articularse con los elementos que aporta (minerales, microorganismos, entre otros), que se integra de manera dinámica con los demás componentes que lo constituyen. Es decir, es parte esencial en suelos dinámicamente saludables, ya que suministra nutrientes, sustento para microorganismos benéficos, favorece la estructura y la fertilidad del suelo y respalda la conservación de una biodiversidad estable. A continuación, se muestran algunas fuentes de materia orgánica que pueden ser utilizadas en los modelos de agricultura regenerativa en los procesos agroecológicos (Cañet, 2022; Román et al., 2013), ordenadas de acuerdo con su eficacia y contribución:





## Fuentes de materia orgánica de alta eficiencia y aporte:

-  **Compost:** es un corrector orgánico para suelos agrícolas producto de una degradación controlada y monitoreada de materias biodegradables, como sobrantes de cosechas, sobras de comida, hojas, ramas y otros residuos de la vegetación (biomasas y necromasas residuales). A lo largo de este proceso participan microorganismos y elementos del entorno que convierten los desechos en un producto sólido, abundante en nutrientes vitales y microorganismos beneficiosos, que potencian la estructura y fertilidad del terreno, lo cual promueve el desarrollo sano de las plantas.
-  **Estiércol:** material orgánico por formado excretas de animales, en ocasiones combinados con agregados de las camas de establos. Concentra un buen aporte de nutrientes básicos en la agricultura (nitrógeno, fósforo, potasio) y microorganismos, que promueven la degradación de desechos vegetales y optimizan la conformación del terreno.
-  **Harina de hueso:** esta fuente de materia orgánica es resultado de la cocción de huesos animales hasta que se calcinen por completo, seguida de una posterior molienda para convertirlos en un polvo tipo talco. En esta fuente se encuentran, de forma abundante, elementos como el fósforo, presente como fosfato tricálcico de liberación lenta y sostenida, y el calcio presente como carbonato de calcio que ayuda a la corrección de acidez en el suelo.
-  **Pescado emulsionado:** es una gran fuente de materia orgánica, que se logra por una descomposición y activación biológica de sobrantes de pescado y otros materiales marinos. Es rico en nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo.

## Fuentes de materia orgánica de moderada eficiencia y aporte:



**Hojarasca:** es una fuente de materia orgánica muy abundante en zonas boscosas, obtenida mediante la recolección o acumulación de hojas de árboles y arbustos. La cual, a través de un proceso de descomposición, genera un compost rico en fibras pequeñas. Este material es especialmente nutritivo, con un alto contenido de nitrógeno y potasio.



**Paja o heno:** esta fuente de materia orgánica es obtenido para la agricultura orgánica de tallos de flores, hierbas secas y otros materiales similares. Es rica en carbono y puede ayudar a mejorar la aireación natural del suelo por su aporte de material fibroso.



**Cenizas de madera:** esta fuente de materia orgánica es obtenida a partir de la quema intensa de madera. En ocasiones, en la quema quedan partículas grandes (carbones) que aportan estructuras para retención de humedad. Son ricas en potasio y calcio.



**Residuos de jardinería:** los residuos de jardinería, como los restos de plantas y flores, pueden ser utilizados como materia orgánica para el suelo.



## Fuentes de materia orgánica de baja eficiencia y aporte:



Papel y cartón: esta fuente de materia orgánica no es la mejor. Sin embargo, se puede usar como materia prima que aporta celulosa, aunque su contenido de nutrientes es limitado. Es recomendable no usar papeles de diarios o periódicos debido a los altos contenidos de tintas que no son beneficiosas para el suelo. Así mismo, no se deben utilizar papeles con ceras o recubiertos con plásticos.



Madera aserrada: la madera aserrada puede ser utilizada como materia orgánica, pero su aporte de nutrientes es bajo y puede contener sustancias químicas nocivas.



Residuos de cocina: es una fuente de materia orgánica que, si se maneja de manera inadecuada, no es muy recomendable debido a los restos de alimentos con sal, grasas vegetales o animales y otros aceites que contiene. Estos residuos pueden ser utilizados si previamente se realiza un proceso de lixiviación mecánica para sacar agua y con ella arrastrar gran parte de estos componentes no benéficos en el suelo. De esta forma se puede aprovechar como una fuente de materia orgánica de mediana calidad, aunque su aporte de nutrientes es bajo y pueden atraer plagas en su composta. Además, esto indica que el manejo de este tipo de composta requiere un control adecuado de vectores y olores, que podrían resultar molestos para los vecinos.

Es importante tener en cuenta que un buen contenido de fuentes de mayor o menor calidad pueden modificar la construcción final de una muy buena composta. Igualmente, se puede mezclar para lograr hacer un compost estándar si se tienen en cuenta las anteriores consideraciones, y, dependiendo de la calidad y la cantidad del material por mezclar, dependerá de la calidad del producto final. Así mismo, sus aportes en la aplicación dependerán de las condiciones del suelo y agroclimáticas de la zona en donde se aplique. Es recomendable utilizar una combinación de fuentes de materia orgánica para obtener un aporte equilibrado de los elementos que contenga, para que mejore la dinámica y fertilidad del suelo.



## Niveles de productividad por el porcentaje de materia orgánica en los suelos del país

La productividad de un cultivo, sustentada en el contenido de MO en el suelo en el país, varía notablemente según el piso térmico de cada suelo. Estos se ven afectados por la altitud y las condiciones agroclimáticas de cada zona, lo que genera la variedad de microclimas. Por tanto, se cultivan una extensa gama de cultivos ajustados a las especificidades de cada entorno, lo cual mejora la producción agrícola de acuerdo con las particularidades locales. Se debe reconocer que esta dinámica depende en gran parte la producción de cultivos sanos a partir de un suelo sano. En cada piso térmico existen un porcentaje mínimo, uno óptimo y uno alto:

Piso térmico (msnm)	Nivel de Materia Orgánica (MO)	Rango (%) de MO en Suelo	Descripción General
De 0 a 1000	Bajo	< 2 %	Suelos con baja materia orgánica debido a altas temperaturas que aceleran la descomposición. Suelen ser menos fértiles y requieren enmiendas.
	Normal (moderado)	2 % - 4 %	Fertilidad adecuada, aunque la alta mineralización puede requerir aportes constantes de materia orgánica
	Alto	> 4 %	Suelos con una dinámica biológica alta, con estabilidad de materia orgánica, considerablemente ricos en microorganismos. Pueden estar ligados a presencia de relictos de bosque con baja intervención o ciclos de aguas por pluviometría o inundaciones.
De 1000 a 2000	Bajo	< 3 %	Suelos con menor acumulación de MO que en pisos más fríos. Fertilidad media a baja, dependiendo del manejo agrícola.
	Normal (moderado)	3 % - 6 %	Condiciones más favorables para la acumulación de MO, lo que proporciona un buen balance de nutrientes.
	Alto	> 6 %	Con una mayor acumulación de MO. Aquí se encuentran suelos más fértiles y manejos agrícolas más sostenibles, que pueden ir desde una adecuada rotación de cultivos y una excelente aplicación de abonos orgánicos de calidad.

De 2000 a 3000	Bajo	< 4 %	Generalmente, son suelos muy expuestos a materiales químicos, o aplicación en exceso de abonos químicos, controles de plagas y mucha exposición desnuda al sol.
	Normal (moderado)	4 % - 7 %	Suelos ricos en MO debido a temperaturas más bajas que ralentizan la descomposición. Generan una muy buena fertilidad con una sobresaliente capacidad de solubilización de minerales fundamentales.
	Alto	> 7 %	Suelos muy fértiles con alta capacidad de disponibilidad de nutrientes de retención de agua siendo una condición excepcional para cultivos exigentes y de altas demandas nutricionales en el suelo.

Tabla 1 Presencia de materia orgánica según pisos térmicos  
Fuente. Elaboración propia

La escala de porcentajes de MO en los suelos según la altura, o pisos térmicos, se debe a la influencia de varios factores ambientales y biológicos que varían con la altitud. La temperatura es clave en la dinámica de la materia orgánica, pues a mayor altitud, mejor es la conservación dada la temperatura del suelo. En suelos de zonas bajas o cálidas, las altas temperaturas aceleran la acción de los microorganismos en la descomposición de la materia orgánica, lo que reduce su acumulación en el suelo. En contraste, en zonas más altas y frías, la baja temperatura ralentiza la actividad microbiana, lo que reduce la tasa de descomposición de la MO y permite una mayor acumulación (Julca-Otiniano et al., 2006).

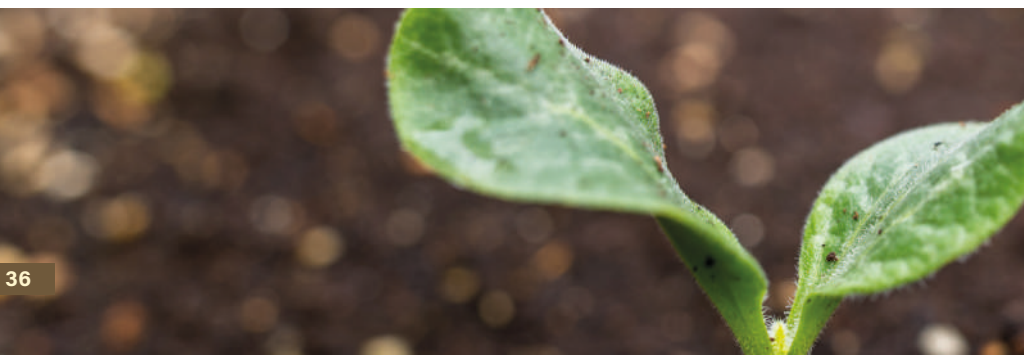
La humedad también es determinante, a razón de que, en los pisos térmicos más altos, especialmente en los páramos, la humedad suele ser mayor debido a la condensación del agua en las nubes, la mayor precipitación y la menor evaporación. Esta alta humedad favorece la conservación de la MO, ya que el suelo permanece húmedo por más tiempo, lo que protege la MO de la descomposición rápida. En zonas cálidas y secas, la MO tiende a descomponerse más rápido debido a la menor retención de humedad.

La vegetación cambia con la altitud, y en zonas más bajas, la vegetación puede ser menos densa y diversa, lo que significa que existen menos aportes de material vegetal al suelo. En altitudes medias y altas, la vegetación puede ser más abundante y diversa, lo que contribuye a un mayor aporte de residuos orgánicos que enriquecen el suelo con MO.

La actividad microbiana depende de la temperatura y de la humedad. En altitudes bajas con altas temperaturas, la actividad microbiana es mayor, lo cual produce una descomposición rápida de la MO, mientras que, en altitudes altas, la actividad microbiana disminuye debido a las bajas temperaturas, permitiendo que la MO se acumule en mayores cantidades.

Las prácticas agrícolas adecuadas influyen en la conservación de la materia orgánica en el suelo a niveles óptimos. En suelos de tierras bajas, a menudo se realizan prácticas agrícolas intensivas, como el cultivo de una sola especie por espacio, adicional a un uso excesivo de fertilizantes y productos químicos, lo que puede degradar la MO. En contraste, en zonas de mayor altitud, especialmente en áreas como los páramos, es más probable que se puedan manejar mejor las prácticas de la agricultura regenerativa, o que el uso agrícola sea menos intensivo, lo que favorece la conservación de la MO.

En síntesis, la relación entre los factores climáticos y los métodos de gestión agronómica tienen un impacto considerable en los niveles de materia orgánica del suelo agrícola. Una correcta gestión del agricultor suele aumentar su contenido, sin importar la altura o el nivel de calor. En cambio, el uso incorrecto de materiales de la agricultura convencional, en particular los relacionados con la revolución verde, puede agilizar la degradación de la materia orgánica. No solo impacta en la fertilidad del terreno, también aumenta la probabilidad de contaminación y deterioro de las fuentes de agua próximas y sus afluentes.



# Los biofertilizantes y las vacunas orgánicas

Un biofertilizante o biol es una solución líquida rica en nutrientes, obtenida a partir de la fermentación anaeróbica o aeróbica de materiales orgánicos, como residuos vegetales, estiércol animal, y microorganismos beneficiosos (bacterias, hongos, y actinomicetos). Estos fertilizantes líquidos contienen una alta concentración de microorganismos vivos que promueven el desarrollo vegetal mediante la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo y la promoción de la absorción de nutrientes, además de optimizar la estructura del terreno y su flora microbiana.



Los biofertilizantes son efectivos en la agricultura orgánica, donde se utilizan como una alternativa ecológica a los fertilizantes químicos, como coadyuvantes a la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios. Pueden aplicarse al suelo o de forma foliar, en muchos casos en sistemas de riego, lo cual proporciona una fuente balanceada de macro y micronutrientes, junto con compuestos bioactivos que favorecen la salud de las plantas y la resiliencia frente a patógenos.



Generalmente, los biofertilizantes contienen microorganismos que interactúan en la mejora de las condiciones orgánicas del suelo (Brechelt, 2004). Cuando se introducen en el terreno, colonizan la rizosfera y fomentan el crecimiento de las plantas al aumentar la provisión o acceso a nutrientes para la planta (Vessey, 2003). Las comunidades de microorganismos juegan un rol crucial en los procesos que aseguran la estabilidad y la productividad de los agroecosistemas. Su actividad biológica aporta de forma integral a la nutrición y desarrollo de las plantas, promoviendo la degradación de materia orgánica y la expulsión de compuestos resistentes.

Adicionalmente, los biofertilizantes ejercen control biológico al eliminar patógenos de las plantas y producir compuestos bioactivos, como vitaminas y fitohormonas, que fomentan el crecimiento de las plantas. Estos microorganismos potencian la presencia de nutrientes en el terreno a través de procedimientos como la solubilización de fosfatos y la fijación biológica de nitrógeno, lo que mejora la fertilidad del suelo y potencia la productividad en la agricultura (Mazid y Khan, 2014; Pedraza et al., 2021).

El término biofertilizante puede abarcar una amplia gama de recursos orgánicos para la agricultura ecológica, como una de las herramientas de la agricultura regenerativa o como un componente técnico de la dimensión ecológica productiva de la agroecología. En su construcción, pueden ser originados por diferentes fuentes, aunque son usados para un adecuado, sano y seguro crecimiento de las plantas; por ejemplo, los biofertilizantes provienen de desechos animales, como excretas y orina, así como restos vegetales, hojas, desechos de madera y otros residuos locales (Contreras-Santos et al., 2020). Los biofertilizantes



contienen materiales ricos en nutrientes que proporcionan un ambiente óptimo para la dinámica y función ecológica de microorganismos del suelo (acciones benéficas en su gran mayoría), y que soporta su uso y utilidad ya que son una fuente de minerales indispensables para los cultivos, con ello se logra un uso adecuado de recursos no renovables en la producción agrícola (Ortiz-Colín & Alayón-Gamboa, 2021).

En este concepto también se encuentran sustancias en las que el componente principal son los precursores húmicos o las vacunas orgánicas, cuyo uso está direccionado a un tratamiento biológico utilizado para aumentar los procesos nutricionales de las plantas. Esto ocurre al incrementar sustancias que funcionan como precursores húmicos del suelo, compuestos que se forman a través de procesos de descomposición y humificación, y que pueden transformarse en ácidos húmicos, fúlvicos y otras sustancias húmicas, que son componentes clave de la dinámica orgánica y biológica del suelo. Estos precursores son compuestos orgánicos complejos como residuos vegetales, estiércoles, compost, turba, lignina y otros materiales ricos en carbono que, bajo condiciones adecuadas de

temperatura, humedad y actividad microbiana, se descomponen y reorganizan químicamente para formar estas sustancias húmicas.

Los ácidos húmicos resultantes de este proceso son esenciales en el suelo (teniendo en cuenta que este proceso es parte de la ruta de la materia orgánica en el suelo), al aumentar la capacidad de retener agua, nutrientes y promover una dinámica biológica activa en el suelo, lo cual aporta a un crecimiento sano de las plantas. Además, las sustancias húmicas pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes, quelando (fijar iones metálicos como metales pesados), facilitando la absorción de minerales por las raíces. Es decir, son las materias primas que, a través del proceso de humificación, generan los ácidos húmicos que son vitales para la fertilidad del suelo y la sanidad vegetal de los cultivos (Amaya, 2018).

A diferencia de los productos químicos convencionales, las vacunas orgánicas no eliminan a los patógenos, sino que refuerzan o potencian las propiedades naturales de la planta para protegerse de enfermedades. Estas "vacunas", adicional a ser precursores húmicos, pueden incluir estabilizadores de poblaciones de hongos para que sean poblaciones benéficas, o aumentar la presencia



de bacterias promotoras del crecimiento, de micorrizas, o sustancias como el quitosano (fertilizante natural y también un agente de control de plagas), que actúan desencadenando mecanismos de defensa como la producción de fitoalexinas que atacan o retrasan la presencia o acción de un grupo importante de bacterias y/o hongos patógenos. Igualmente, reducen la producción de proteínas relacionadas con la patogénesis (disminución de presencia de enfermedades). Este enfoque es considerado orgánico porque utiliza procesos y materiales naturales, sin la intervención de químicos sintéticos, lo que es coherente con los principios de la agricultura ecológica y sostenible.

Por esta razón, un biofertilizante es una adenda órgano-mineral, construido a partir de un proceso de descomposición de diferentes desechos orgánicos (necromasas) que, dependiendo de sus componentes y utilidad, se puede hacer anaeróbico o aeróbico (presencia o ausencia de oxígeno). Al adicionarle elementos minerales

solubles, buscando aprovechar su dinámica microbiana como fitorregulador, para la promoción de la actividad fisiológica en el desarrollo de plantas sanas, de mejor dinámica en su desarrollo fenológico, que le aporta una resistencia natural de estas a plagas y enfermedades, y de acuerdo a los postulados de la trofobiosis mucho más nutritivas en la alimentación humana (Restrepo, 1994).

Estos biopreparados son útiles en todos los cultivos, pues fomentan una adecuada germinación y un óptimo enraizamiento de las semillas. También promueven un desarrollo biológico dinámico del terreno, al activar la multiplicación de microorganismos benéficos, lo que mejora los procesos de mineralización y disponibilidad de micronutrientes vitales para las plantas. Su aplicación favorece el balance del microbioma del terreno, lo cual incrementa su fertilidad y utilidad a largo plazo, con impactos beneficiosos en el crecimiento y productividad de las cosechas.



## Tipos de biofertilizantes

Existen dos tipos de biofertilizantes, los foliares y los edáficos. Los primeros son muy útiles porque ofrecen una forma eficiente y ecológica de suministrar nutrientes y estimular el crecimiento de las plantas, mejorando así su salud y productividad de manera rápida y efectiva en una amplia variedad de condiciones agrícolas. Por esta razón que, a estos primeros se los conozcan como biofertilizantes de impacto. Es necesario indicar que todos son productos líquidos.

Los segundos son herramientas valiosas para mejorar la salud del suelo, que se puede verificar y evidenciar en la vigorosidad de las plantas, productivas y resilientes. Todo ello dentro de un marco de una agricultura sustentable, que no solo produce, sino que aporta a reducir los daños de la agricultura convencional. Su proceso de asimilación es un poco más lento, pero es más efectivo para mejorar condiciones microbiológicas del suelo. Muchos de ellos se consideran vacunas orgánicas por la mayor cantidad de agentes precursores de sustancias húmicas.

Tanto el primer grupo como el segundo tienen grandes ventajas y diferentes utilidades, por lo que se recomienda llevar a cabo un análisis minucioso antes de usar uno de los dos, o los dos. Esto permite buscar eficiencia y rentabilidad, pues no se puede cometer errores de los modelos convencionales en donde se sobre dosifican las cantidades recomendadas en pro de una mejor nutrición, pero sin valorar los costos ambientales y económicos.





## Ventajas y utilidad de los biofertilizantes foliares

### Absorción rápida de nutrientes:

Los biofertilizantes foliares se aplican directamente sobre las hojas, lo que permite una absorción rápida y eficiente de elementos minerales importantes en la nutrición vegetal como fósforo, potasio y nitrógeno, adicional a un muy buen contenido de micronutrientes. Esto es especialmente útil en situaciones donde el suelo tiene una baja disponibilidad de nutrientes o en condiciones de estrés en las plantas.

### Mejora de la resistencia al estrés:

Contienen microorganismos benéficos y compuestos bioactivos que pueden inducir la resistencia sistémica adquirida en las plantas. Esto fortalece la capacidad de las plantas para enfrentar condiciones adversas como sequía, temperaturas extremas y ataques de plagas o enfermedades.

### Estimulación del crecimiento:

La mayoría de los biofertilizantes foliares tienen presencia en sus mezclas hormonas naturales, como giberelinas y citoquininas, aunque es común encontrar hormonas auxinas, que aportan en las actividades biológicas inmersas en el desarrollo de las plantas. También pueden contener aminoácidos y otros compuestos orgánicos que favorecen la fotosíntesis y la producción de clorofila.

### Aplicación dirigida y eficiente:

La aplicación foliar permite una distribución precisa y uniforme de los nutrientes y microorganismos en la planta, reduciendo el riesgo de pérdidas por lixiviación o volatilización que pueden ocurrir cuando se aplican fertilizantes al suelo.

### Corrección rápida de deficiencias:

Es una técnica efectiva para corregir de forma rápida deficiencias nutricionales específicas, especialmente cuando los análisis foliares indican carencias en un cultivo. Esto es importante en cultivos de alto valor económico que requieren un manejo nutricional intensivo.

### Compatibilidad con prácticas de manejo integrado:

Los biofertilizantes foliares son compatibles con otros productos biológicos y pueden pertenecer a un plan de manejo integrado de problemas fitosanitarios y de artrópodos, reduciendo así la necesidad de pesticidas químicos y mejorando la sostenibilidad de la producción agrícola.



Existen muchos tipos y fórmulas para este tipo de biofertilizante, pero en este libro solo recomendaremos uno, que toma su fundamento en el biofertilizante popular SUPERMAGRO. Este tiene un proceso diferencial que le hace mucho más efectivo tanto en su preparación como en la inversión de tiempo en su preparación. A este tipo lo hemos llamado biol de elementos menores.

Un biofertilizante de este tipo es crucial dado el papel esencial que desempeñan los micronutrientes en el suelo. Estos elementos, conocidos como micronutrientes o elementos traza, son fundamentales para mantener el equilibrio fisiológico de las plantas, ya que participan en procesos enzimáticos, la síntesis de hormonas y la regulación de la actividad metabólica. Es fundamental disponer adecuadamente de este biofertilizante y buscar su aporte de sanidad vegetal en el cultivo, así como garantizar un adecuado crecimiento de las plantas y un óptimo rendimiento de las cosechas, favoreciendo la eficacia del sistema de protección de manejo fitosanitario aplicado.



Además, es fundamental analizar la interacción entre elementos mayores y menores para comprender el aporte de estos últimos y su influencia en el equilibrio de nutrientes clave como potasio, fósforo y nitrógeno. Esto permitirá evaluar de manera precisa y oportuna el uso de fuentes orgánicas para la nutrición vegetal. Este enfoque es el fundamento en el que se basa el conocimiento integral del manejo de la materia orgánica, adicional a los complementos necesarios y óptimos para una muy buena dinámica biológica y mineral de un suelo agrícola.

### **Método para preparar técnicamente un biofertilizante de elementos menores o biol de menores**

Existen diferentes fórmulas para la elaboración de biofertilizantes, especialmente de menores, y algunas varían en las cantidades de sus componentes, en las formas y tiempos de fermentación, entre otros. Sin embargo, varían de acuerdo con la experiencia en las zonas en donde se han elaborado y aplicado. En lo que sí son concordantes es en su importancia en la producción orgánica de cultivos. Por tanto, en esta ficha dejaremos la forma más práctica desde nuestra experiencia para su fabricación. Esta formulación está diseñada para producir 200 litros. Si se desea preparar una cantidad diferente es necesario hacer los cálculos de conversión y considerar los recipientes más prácticos para manejar su fermentación son canecas plásticas de 200 litros.



## Insumos básicos

- Caneca plástica de 200 litros.
- 40 kilogramos de estiércol bovino fresco.
- 10 litros de leche recién ordeñadas sin hervir (se puede sustituir por 18 litros de suero fresco de queso).
- 10 kilos de melaza de caña.
- Agua de lluvia -preferiblemente-, o manantial.



## Sales minerales

Sales minerales necesarias para construir un biol de menores

SAL MINERAL	CANTIDAD
Sulfato de Zinc	3 kg
Sulfato de magnésio	1 kg
Sulfato de manganeso	300 gr
Sulfato de cobre	300 gr
Cloruro de calcio	2 kg
Bórax*	1 kg
Sulfato de cobalto	50 gr
Sulfato de hierro	300 gr

Fuente: (Orozco, 2019)



## Procedimiento

En esta forma de preparar el biol de menores se requiere tener disponible todos los materiales el mismo día de la preparación. El FERMENTADOR (caneca plástica de 200 litros) y 10 recipientes plásticos de por lo menos 10 litros cada uno, 40 kg de estiércol fresco, 10 litros de leche o 20 de suero de queso y las sales minerales.



En 9 de los recipientes de 10 litros con la PREPARACIÓN BASE, se agrega una sal mineral disolviéndola totalmente hasta que quede líquida. Uno de estos recipientes queda solo BASE sin sal mineral.

En el FERMENTADOR se mezclan los 40 kg de estiércol fresco, con 100 litros de agua y se le agrega la PREPARACIÓN BASE que no tiene sal mineral, mezclando muy bien con una madera por lo menos por 10 minutos.

Al terminar de agregar cada recipiente, se completa el agua faltante en el FERMENTADOR hasta alcanzar los 200 litros. Se deja fermentar por 30 días en épocas frías y por 45 días en épocas cálidas, siempre herméticamente sellado y con el Airlock funcionando.

Para su uso validar en los anexos; ficha técnica de biol de menores.



En cada uno de los 10 recipientes de 10 litros se debe hacer una PREPARACIÓN BASE (2 litros de agua tibia más 1 kilo de melaza y 1 litro de leche o 2 litros de suero de queso); revolver y dejar enfriar.

El Bórax se divide en 2 partes y cada una se disuelve en un recipiente diferente.

Luego cada 30 minutos se agrega al FERMENTADOR, una PREPARACIÓN BASE con una sal mineral, empezando por la que tiene el sulfato de zinc. Se mezcla muy bien en cada adición por lo menos por 10 minutos con una madera.

Una vez transcurrido este tiempo, el bio de menores está listo para ser utilizado.

## La importancia del Airlock

Un Airlock (figura 5), es un sistema bloqueador de ingreso de oxígeno a un recipiente, para lograr una fermentación, y se hace mediante un bloqueo con un medio líquido, que permite la salida de gases del fermentador y el no ingreso de oxígeno.

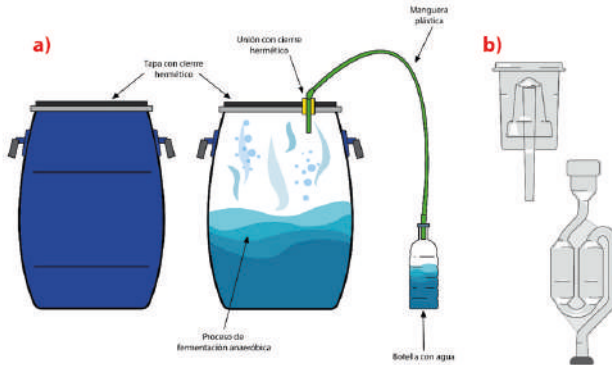


Figura 7. a) Fermentador con un Airlock fabricado con elementos locales, b) dos tipos de Airlock que se pueden comprar en el mercado

Fuente: elaboración propia.

Se pueden comprar en el mercado (figura 7) o se pueden construir con una manguera plástica la aplicación de sellantes en los orificios de ingreso de la manguera al fermentador y un recipiente plástico en donde se insertará la manguera en un medio líquido para evitar la entrada de oxígeno (ver figura 7). Es necesario que los cierres y peques de los Airlocks queden bien sellados para que no se produzca una fermentación aeróbica que deteriore el biofertilizante. En el caso de que no use los Airlocks comerciales, puede usar uno de fabricación local, verificando que quede bien construido (figura 8).

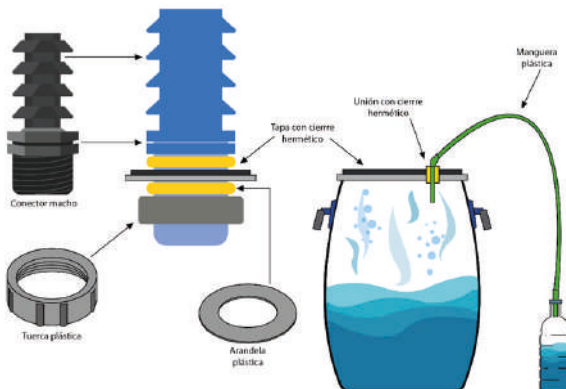


Figura 8. Elementos necesarios para hacer un Airlock con elementos que se consiguen de forma local.

Fuente: elaboración propia.

# Ventajas y utilidad de los biofertilizantes edáficos



Los biofertilizantes edáficos (aplicados al suelo) son útiles en la agricultura por razones que van desde el impacto positivo en la salud de un cultivo desde la dinámica biológica edáfica, hasta la posibilidad de aprovechar mejor los contenidos nutricionales en el suelo.

**Mejora de la estructura del suelo:** Los biofertilizantes edáficos actúan como portadores de elementos microbiológicos que impulsan de manera eficiente la actividad microbiana del suelo, favoreciendo la formación de agregados. Adicionalmente, mejora la estructura al aumentar la porosidad óptima, con una aireación adecuada que permiten tener una excelente capacidad de retención de agua; estos son factores esenciales para un cultivo sano desde un muy buen desarrollo de las raíces.

**Mejora la disponibilidad de nutrientes:** contienen microorganismos benéficos, entre los que destacan bacterias solubilizadoras de fósforo, fijadoras de nitrógeno y movilizadoras de potasio, que transforman los nutrientes en formas más accesibles para las plantas. Esto reduce la necesidad de usar fertilizantes químicos y aportar en un menor impacto de contaminación por lixiviación.

**Enriquecimiento del microbiota del suelo:** promueven una mayor diversidad microbiana en el suelo, creando un entorno más equilibrado y saludable. Esto favorece la competencia con microorganismos patógenos, reduciendo la incidencia de enfermedades transmitidas por el suelo.

**Fomento de la simbiosis planta-microorganismo:** los biofertilizantes edáficos facilitan la formación de simbiosis benéficas, como la micorriza, que mejora la absorción de agua y nutrientes, especialmente, en suelos pobres o en condiciones de estrés hídrico.

**Aumento de la materia orgánica:** al incluir compuestos orgánicos y microorganismos que descomponen residuos vegetales, los biofertilizantes edáficos ayudan a incrementar su contenido en el suelo. Esto es primordial en un trabajo a largo plazo, ya que esta es la clave para una adecuada dinámica de nutrientes y de buenos aportes de microbiota esencial.

Reducción del impacto ambiental: al mejorar la cantidad y la calidad de nutrientes en un suelo, especialmente si estos son de origen orgánico, reduce la necesidad de fertilizantes químicos. Estos biofertilizantes o biopreparados edáficos disminuyen la lixiviación de nitratos y, consecuentemente, la contaminación de afluentes acuáticos próximos y en sus vertimientos a quebradas y ríos más grandes. Una reducción de los impactos ambientales en las prácticas agrícolas y pecuarias favorece una agricultura más ajustada con las necesidades de un entorno natural.

Estimula el crecimiento radicular: al mejorar la salud del suelo, los biofertilizantes edáficos estimulan el desarrollo de un sistema radicular más extenso y robusto, lo que permite a las plantas explorar un mayor volumen de suelo en busca de agua y nutrientes, mejorando su resistencia a condiciones adversas.

Dentro de esta tipología de biofertilizantes se pueden mencionar muchos, pero fundamentalmente existen tres básicos para una producción orgánica eficiente, rentable y ecológica: el humus de lombriz (que es un precursor de sustancias húmicas) y la vacuna orgánica tipo AGROPLUS simple, que tiene una variación en su fabricación para hacer mucho más estable y de acción eficiente en el suelo. No hablaremos de los productos de la lombricomposta. Únicamente enseñaremos a trabajar la vacuna orgánica, por su practicidad, eficiencia en el suelo y rapidez de preparación.

### **Método para preparar técnicamente una vacuna orgánica**

Esta es una forma muy rápida y efectiva para activar microorganismos dinámicos y benéficos para el suelo. Existen diferentes fórmulas para la elaboración de biofertilizantes, especialmente de menores, y algunas varían en las cantidades de sus componentes, en las formas y tiempos de fermentación, entre otros. Sin embargo, varían de acuerdo con la experiencia en las zonas en donde se han elaborado y aplicado. En lo que sí son concordantes es en su importancia en la producción orgánica de cultivos. Por tanto, en esta esta ficha se dejaremos la forma más práctica desde nuestra experiencia para su fabricación. Esta formulación está diseñada para producir 200 litros. Si se desea preparar una cantidad diferente es necesario hacer los cálculos de conversión, pero también deben considerar que los recipientes más prácticos para manejar su fermentación son canecas plásticas de 200 litros.





## Insumos básicos

- Caneca plástica de 200 litros.
- 30 kilogramos de estiércol bovino fresco.
- 3 litros de leche recién ordeñadas sin hervir. Se puede sustituir por 6 litros de suero de queso fresco.
- 3 kilos de melaza de caña.
- Agua de lluvia -preferiblemente-, o manantial.
- 100 centímetros cúbicos de agua oxigenada.
- Un gotero manual o una venoclisis regulable.
- 100 gramos de levadura de barra (esta levadura por lo general requiere refrigeración).
- Agua de lluvia -preferiblemente-, o manantial.
- 100 centímetros cúbicos de agua oxigenada
- Un gotero manual o una venoclisis regulable.
- 100 gramos de levadura de barra (esta levadura por lo general requiere refrigeración).



## Elementos complementarios (de libre uso).

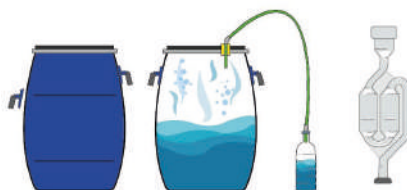
SAL MINERAL	CANTIDAD
Ceniza de madera cernida	1 kg
Harina de Hueso	250 gr
Harina de pescado	300 gr
Harina de sangre bovina	200gr

Tabla 3. Elementos que se le pueden agregar a la vacuna orgánica  
Fuente: García y Zanor (2020)



## Procedimiento

Para preparar una vacuna orgánica se requiere tener disponible todos los materiales el mismo día de la preparación. El FERMENTADOR (caneca plástica de 200 litros), 3 recipientes plásticos de por lo menos 10 litros cada uno, el estiércol fresco, el suero o la leche y los elementos complementarios si desea aplicarlos.



1

Poner el estiércol y la mitad de agua en el fermentador plástico de 200 litros. Remover o mezclar con mezclador de madera o plástico hasta conseguir una mezcla homogénea.

2

Agregar el agua oxigenada lentamente (se recomienda utilizar un gotero o una venoclisis de suero con graduador), dejar que las gotas se incorporen entre 1 a 2 horas hasta terminar los 100 centímetros cúbicos del agua oxigenada.

3

Mezclar o remover cada diez minutos durante el goteo.

4

En uno de los recipientes plásticos auxiliares poner agua tibia (35 a 40 grados centígrados) disolver la melaza muy bien; mientras el agua todavía tiene temperatura agregar y disolver los 100 gramos de levadura.

5

Añadir la leche y remover muy bien.

6

Añadir la mezcla de la levadura, el agua y la melaza. Mezclar muy bien durante 10 minutos.

7

Añadir los elementos complementarios si los tiene, removiendo muy bien por 10 minutos durante la adición de cada uno, para que todo quede homogéneo.

8

Se tapa el fermentador con trapo o costal de fique, verificando muy bien que la fermentación sea completamente aeróbica (en presencia de oxígeno); se recomienda sujetar el trapo o costal con cuerda o goma para que no entren insectos y otros residuos.

9

Agregar agua hasta completar el 80% del fermentador, logrando que quede un buen espacio entre la boca de este y el nivel del producto en producción.

10

El proceso de fermentación se debe hacer en un lugar protegido del sol y de la lluvia, durante 10 días en clima cálido y de 12 a 15 días en climas más fríos.

11

Es necesario remover muy bien cada dos o tres días, verificando que el mezclador esté bien limpio (se debe lavar muy bien antes de iniciar el mezclado periódico).

12

Pasado los días de fermentación y maduración del producto, se debe tamizar (cernir) dos o tres veces, con un tamiz grueso, es decir, se puede cernir con un cernidor de cocina la primera vez, esto retira las partes gruesas del compuesto y es de fácil aplicación.

Nota: Esta vacuna no requiere uso de bomba de espalda para su aplicación, pues la forma de mezcla es muy simple y se puede poner en la base de la planta con un recipiente plástico en las mezclas con agua que se recomiendan en la ficha técnica de la vacuna orgánica.

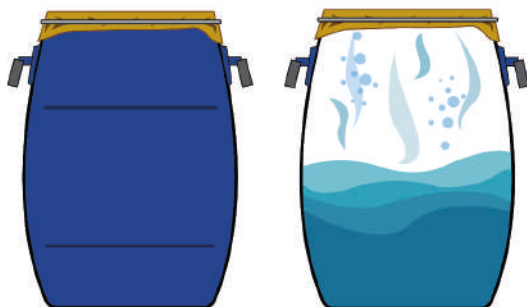


Figura 9. Fermentador cubierto garantizando fermentación completamente aeróbica  
Fuente: Elaboración propia.



## Los fosfitos

Según Morales et al. (2022), los fosfitos se pueden definir de la siguiente forma:

Los fosfitos son una forma reducida de los fosfatos (Pi), derivados del ácido fosforoso ( $H_3PO_4$ ), que regularmente se combinan con cationes no metales como potasio, sodio, calcio o amonio. El término 'fosfito' o 'fosfanato' son utilizados en la literatura para referirse a las sales derivadas del ácido fosforoso. La diferencia química entre fosfato ( $PO_4^{2-}$ ; Pi) y fosfito ( $PO_3^{3-}$ ; Phi) es un átomo de oxígeno el cual es sustituido por otro de hidrógeno. (p. 346).

Por su composición química, los fosfitos exhiben niveles de fósforo (P) del 39 %, que superan a los de los fertilizantes fosfatados tradicionales, que poseen aproximadamente el 32 % de P basado en ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ). Las sales de fosfito muestran una solubilidad superior en comparación con sus similares fosfatadas, lo que favorece su movilidad en disolución. En el entorno, el fosfato representa la forma más estable y totalmente oxidada de P, lo que significa que cuando se aplica al suelo, el fosfito pasa por un proceso gradual de oxidación hasta transformarse en fosfato (Lovatt y Mikkelsen, 2006).

En la agricultura, estos compuestos no solo se utilizan para mejorar la nutrición de las plantas, sino para robustecer los mecanismos de protección natural de las plantas contra varias enfermedades. Los fosfitos y compuestos similares, gracias a sus características sistémicas y su habilidad para generar resistencia en los cultivos, han cobrado relevancia en los sistemas de producción orgánica. Su aplicación es significativa ya que, al no ser consideradas pesticidas tradicionales, se ajusta a las regulaciones de producción ecológica, facilitando una gestión más sustentable de las cosechas. Además, su uso ayuda a disminuir la necesidad de productos artificiales, potenciar la calidad del terreno y fomentar prácticas de agricultura respetuosas con el entorno.

## Método para preparar técnicamente fosfitos

Se han desarrollado diversas formulaciones para su producción, ajustadas a necesidades y condiciones, por lo que varían en cantidades, insumos y tiempos de procesamiento. Esta ficha presenta tres fórmulas prácticas y eficientes. La formulación está diseñada para producir aproximadamente 17 kg de fosfitos, si se desea preparar una cantidad diferente, es necesario hacer cálculos de conversión.



### Insumos básicos

Se requiere una chimenea metálica, como herramienta para su elaboración, y se compone estos elementos: 1 tubo de hierro con un diámetro de mínimo 3 pulgadas y máximo 4 pulgadas y una altura de mínimo de 1,7 metros y máximo 2 metros. 4 varillas de ½

pulgada, para ser soldadas como patas del mortero. El largo de las varillas depende de la inclinación de las patas que le permita lograr como mínimo una distancia de 18 cm como mínimo y 25 centímetros como máximo entre el suelo y la entrada de boca baja del tubo de hierro (ver figura 10)

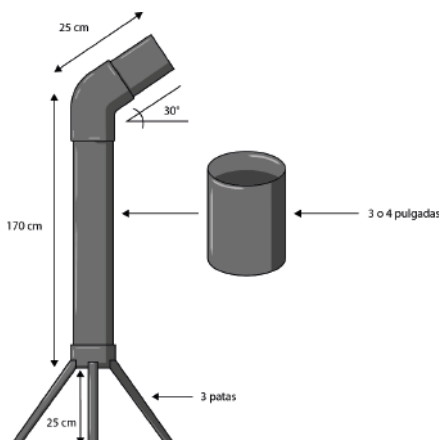


Figura 10. Diseño chimenea metálica  
Fuente: Elaboración propia.

En la parte superior se le debe soldar una parte del tubo de 25 centímetros adicionales, con ángulo interno de 30 grados (ver figura 10), esto permite un fluido de humo con mayor tiraje y menos penetración de otros elementos.

Insumos
Cascarilla seca de arroz o de café
Harina de huesos
Roca fosfórica

Tabla 4. Materias primas para elaborar fosfitos  
Fuente. Morales-Morales et al. (2022)

Nota: la harina de huesos se puede comprar, o si lo prefiere se puede elaborar a partir de calcinar los huesos en mataderos cercanos (ver apartado hacer harina de huesos). Se presentan a continuación tres formulaciones progresivas, desde la más simple hasta la más compleja, que incorporan elementos clave como fósforo y potasio.

Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3
2 kg Harina de huesos calcinados	2 kg Harina de huesos calcinados	2 kg Harina de rocas
2 kg Roca fosfórica	5 bultos de cascarilla de arroz o café	5 bultos de cascarilla de arroz o café
1 bulto cascarilla de arroz o café	2 kg Roca fosfórica	½ Nitrato de potasio
	1 kg Harina de rocas	½ Potasa cáustica

Tabla 5. Formulaciones para preparación de fosfito  
Fuente. Cano (2014)





## Procedimiento

- Encender fuego con buena madera, para que se inicie la combustión interna y la chimenea inicie el tiraje del humo.
- Cuando el fuego esté bien encendido y se escuche el tiraje de calor y humo por la chimenea, se debe iniciar a cubrir lentamente el fuego de afuera hacia adentro, cerrando la llama para que esta respire y queme por la chimenea.
- Al cerrar el tiraje del fuego con cascarilla, verificar que el fuego sigue vivo comprobar por la emisión de humo por la chimenea y un sonido de combustión al interior.
- Poner 1 kilogramo de harina de hueso al derredor de la cascarilla inicial y tapar nuevamente con cascarilla.
- Ubicar 1 kilogramo de roca fosfórica al derredor de la cascarilla que ya tienen la harina de hueso y tapar nuevamente con cascarilla.
- Repetir los pasos 4 y 5 para dejar la incorporación de los minerales completa.
- Colocar una capa de las otras harinas a incluir (si se usan las fórmulas 2 y 3), y tapar cada una con cascarilla.
- La combustión lenta que sucede al interior hace que este proceso sea muy demorado (superior a 10 horas), y que al final de este se recoja una capa de ceniza con contenidos grises.

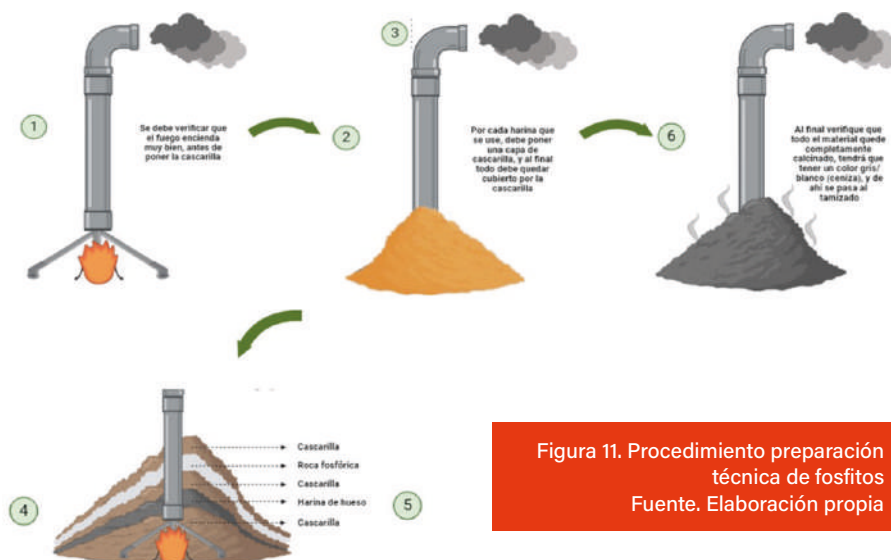


Figura 11. Procedimiento preparación técnica de fosfitos  
Fuente. Elaboración propia



Figura 12. Tamizado y separación carbonos y cenicillas de la calcinación de huesos. Fuente. Elaboración propia

## Método para preparar técnicamente harina de huesos

Se recomienda utilizar huesos de animales grandes, preferiblemente bovinos, ya que ofrecen un mejor aprovechamiento. Se deben calcinar en una caneca metálica adecuada que funcione como horno (figura 12), dejándolos arder con leña hasta que se apaguen por sí solos. Se debe verificar que los huesos que estén bien calcinados. La mejor forma es cuando estos tienen un color blancuzco brillante y se pueden trocear con las manos (Cano, 2014). Una vez fríos, se muelen, obteniendo así la harina de huesos lista para su uso.

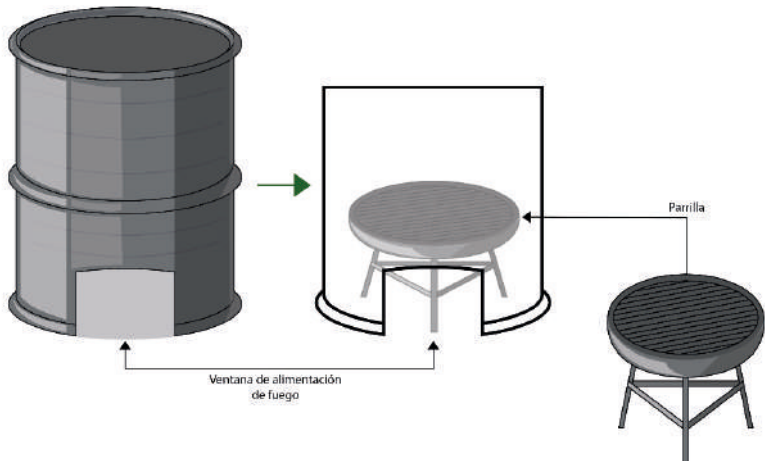



Figura 13. Adecuación de caneca metálica como horno. Fuente. Elaboración propia



## **El manejo de las compostas orgánicas y los procesos de mineralización para mejorar producción en los cultivos y en los viveros**

El compostaje es un proceso clave para reciclar residuos orgánicos de la producción agropecuaria, transformándolos en insumos que enriquecen el suelo con nutrientes y microorganismos esenciales. Este proceso acondiciona mejor el suelo para la agricultura, lo que aumenta la eficiencia de producción y la rentabilidad agrícola. En condiciones controladas, el compostaje simula la descomposición natural, desintegrando restos de cultivos, alimentos y estiércol mediante microorganismos que convierten compuestos complejos en sustancias más simples. Estas sustancias (precursores húmicos y precursores fúlvicos) acondicionan un suelo para sustentar una producción agrícola sana y eficiente.

Según Román et al., (2013), un compostaje es:

Un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost. (p. 23).

En este sentido, la calidad del producto final depende de un muy buen proceso de compostaje, en donde con la adecuada gestión y optimización de las distintas fases del proceso se logra excelentes resultados al final. Cada fase implica un dedicado monitoreo de diferentes variables, que van desde el tamaño de las partículas de los materiales a compostar, la temperatura mínima y máxima adecuada, la concentración del oxígeno y la variación del pH, los cuales deben ser controlados. Por tanto, es crucial monitorear el tiempo y las condiciones durante el proceso. La figura 14 muestra algunos elementos que suceden y entidades que intervienen en las fases del proceso.

Durante la fase termofílica del compostaje, las altas temperaturas alcanzadas eliminan bacterias patógenas y parásitos, impidiendo la proliferación de microorganismos perjudiciales en el material compostado. Sin embargo, es crucial mantener un control riguroso en las fases posteriores para evitar la recolonización de patógenos. Esto puede ocurrir debido a factores como el uso de herramientas sin desinfectar, la adición de materiales nuevos después de iniciado el proceso de compostaje u otras prácticas inadecuadas.

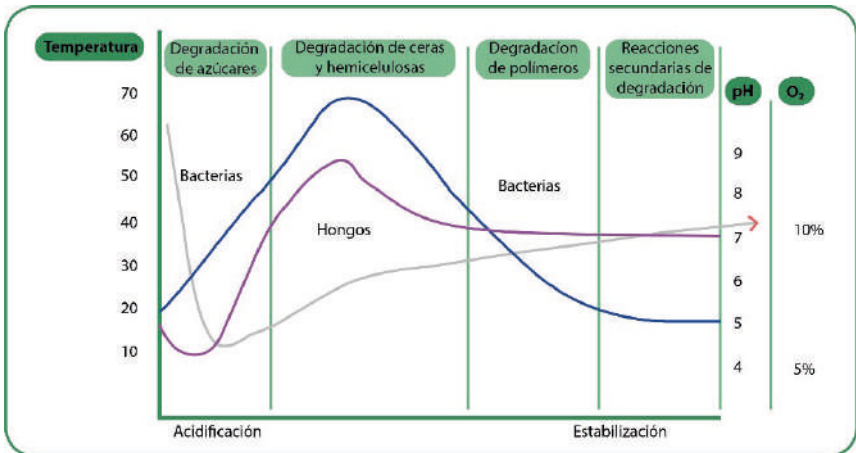


Figura 14. Fases, elementos, condiciones y entidades que intervienen en el proceso de compostaje. Fuente: Román et al., (2013).

Los patógenos en el compost suelen provenir de diferentes fuentes, especialmente de material no validado o verificado, como estiércol sin verificación de origen, aguas con contenidos contaminantes y en mayor medida por la manipulación humana. En consecuencia, se recomienda mantener un monitoreo frecuente y el control de temperaturas máximas y mínimas, humedad, aireación. En la figura 15 se detalla lo que sucede en cada fase.



Figura 15. Fases de compostaje. Fuente. Elaboración propia.

Es fundamental controlar el tiempo y la temperatura durante el proceso, ya que es necesario alcanzar ciertas temperaturas para eliminar patógenos específicos, como se muestra en la tabla

Microorganismo/Parásito	Temperatura	Tiempo
Salmonella spp	55 °C	1 hora
	65°C	15-20 min
Escherichia coli	55 °C	1 hora
	65°C	15-20 min
Brucella abortus	55°C	1 hora
	62°C	3min
Parvovirus bovino	55 °C	1 hora
Huevos de Ascaris lumbricoides	55 °C	3 días

Tabla 6. Temperaturas para eliminación de algunos patógenos  
Fuente. Román et al., (2013b)

## Manejo correcto según comportamiento de variables

La correcta manipulación en cada fase del proceso puede verse afectada por variables como la humedad, oxígeno, temperatura, pH y tamaño de partículas. En este contexto, es importante identificar la práctica adecuada para resolver problemas que puedan impactar tanto la calidad de la composta como la inocuidad de los alimentos.

	Rangos	Problema asociado	Acción recomendada
Oxígeno	Menos del 5%	Aireación insuficiente; exceso de humedad y ambiente anaeróbico.	Optimizar la aireación mediante el volteo periódico de la mezcla o usando materiales o herramientas que favorezcan la circulación de aire y minimicen la compactación. Se pueden usar tubos perforados que sobresalgan de la compostera y permitan la salida de calor y la aireación de la composta.
	Rango ideal	Entre el 5 % y 15 %	
	Más del 15 %	Aireación excesiva; caída en la temperatura y evaporación de agua, lo que puede detener la descomposición.	Es importante que los materiales queden correctamente picados, y el tamaño de las partículas no sean muy grandes ni demasiado pequeñas para que existan pequeños corredores de aire controlando la ventilación.

Humedad	Menos del 45 %	Para una humedad insuficiente, la falta de agua puede interrumpir el proceso de compostaje al afectar a los microorganismos.	Es crucial controlar la humedad del compost, por lo que se recomienda un adecuado proceso en la adición de agua con melaza al inicio del proceso haciendo las pruebas pertinentes, para luego no tener que agregar agua o componentes frescos con alta humedad, pues se podría contaminar o retrasar el proceso. Si es el caso, la recomendación es agrega microorganismos de montaña MM activados o levaduras disueltas en agua con melaza para aumentar la actividad microbiana benéfica.
	Rango ideal	Entre el 45 % y 60 %	
	Más del 60 %	Cuando el material está demasiado húmedo, el oxígeno puede ser desplazado, lo que puede provocar la formación de áreas con condiciones anaeróbicas.	Voltear la pila para dar oxigenación, añadir materiales con bajo contenido de humedad y alto en carbono, como aserrín, paja o hojas secas.
Temperatura	Menos de 35 °C	Las bajas temperaturas pueden ser causadas por la falta de humedad, lo que reduce la actividad de los microorganismos.  Una deficiencia de nitrógeno que permita en la dinámica biológica del proceso producir enzimas y proteínas	Humedecer el material con microorganismos de montaña activados o levaduras disueltas en agua con melaza para aumentar la actividad microbiana benéfica.  Adicional, se puede añadir material con alto contenido en nitrógeno como pollinaza o gallinaza, pero esto adicional a la anterior recomendación.
	Rango ideal	Entre 35 °C y 65 °C	
	Mayor de 65 °C	Se observa una falta de volteos y una escasez de humedad. Esto provoca una ralentización en el proceso de descomposición y una disminución en la actividad microbiana.	Airear por medios mecánicos como voltear el material a doble jornada si esto pasa en los primeros 5 días, pero es muy importante hacer un monitoreo 1 hora después de la acción para verificar el rango normal según su la fase en que se encuentre.

Acidez	Menos de 4.5	Es una condición muy generalizada cuando la composta se realiza con restos de cocina y restos de frutas en descomposición, que por los compuestos orgánicos que liberan, tienden a acidificar el compost.	Siempre es recomendable usar material rico en Nitrógeno, pero esto es una consideración que se debe tener en cuenta desde la selección y preparación del material.  También se recomienda que, para el uso de restos de cocina, se haga un tratamiento previo en una caja de lixiviación, para sacar agua y con ella sacar sales y aceites que estos puedan contener.
	Rango ideal	Entre 4.5 y 8.5	
	Mayor a 8.5	Una relación C/N inadecuada, se da por una concentración alta del nitrógeno que, combinada con humedad y altas temperaturas, puede generar amoníaco, lo que alcaliniza el entorno.	Es necesario disponer de materiales de fuente alta de materia orgánica, balanceando con otro tipo de fuentes para garantizar un rango ideal de esta relación. Acá toma valor los restos de material vegetal recién cortados en proporciones equilibradas con agregados como estiércol animal.
Relación carbono nitrógeno	Mayor a 35:1	Un exceso de carbono es precursor de procesos de enfriamiento hace más lento y deficiente la composta.	Se recomienda siempre usar materiales ricos en nitrógeno, siempre en cantidades equilibradas para mantener un equilibrio o rango ideal.
	Rango ideal	Entre 15:1 y 35:1	
	Menor a 15:1	Un exceso de nitrógeno causa un calentamiento mayor, aumentando la producción de amoníaco (malos olores).	Nuevamente se valora el usar restos de material vegetal recién cortados en proporciones equilibradas con agregados como estiércol animal.  También se puede controlar haciendo una aireación mecánica (volteo) y humedecer un poco la mezcla con microorganismo de montaña, más una adición de una cuarta parte del volumen inicial de la composta, pero solo de material verde. Esto hará que la composta se regrese en sus fases, pero garantiza que el exceso de nitrógeno no deteriore el proceso.

Tamaño de la partícula	Superior a 5 cm	Cuando los materiales son de gran tamaño, producen canales que promueven una ventilación excesiva, disminuyendo la temperatura del material y reduciendo el proceso de degradación. En lugares muy húmedos esta composta va a aumentar su humedad y su proceso se puede dañar.	Procurar usar una picadora mecánica, que deje las partículas del material a compostar en trozos entre los 2 cm y los 5 cm.
	Rango ideal	Entre 2 y 5 centímetros	
	Inferior a 2 centímetros	Puede existir una compactación de la mezcla, y por tener partículas muy finas se detiene o disminuye una dinámica de oxígeno en la composta, se acumula agua y se genera un proceso llamado anaerobiosis (proliferación de microorganismos no benéficos por fermentación sin presencia de oxígeno).	La mejor acción para corregir este problema, que es muy común en procesos de composta es, aumentar la dinámica de aireación por acción mecánica.

**Tabla 7. Parámetros de control de variables.**  
**Fuente. Tomado y adaptado de Román et al., (2013, p. 28).**

El monitoreo y la verificación adecuados de estas variables reducen los riesgos de alteración en el proceso de compostaje, garantizando así un biofertilizante sólido inocuo y seguro desde el punto de vista alimentario. Usar una composta sin un buen proceso o sin una maduración completa puede generar muchos problemas (Román et al., 2013), como:

- **Toxicidad.** Si un material no se descompone completamente durante el proceso de compostaje, el nitrógeno tiende a quedarse como amonio en lugar de convertirse en nitrato. En condiciones elevadas de temperatura y alta humedad, el amonio se convierte en amoníaco, creando un ambiente perjudicial para el crecimiento de las plantas y con un adicional de olores desagradables. Además, los materiales que todavía no han completado su proceso de compostaje contienen compuestos químicos inestables, como ácidos orgánicos, que también son nocivos en la agricultura.

- **Reducción de oxígeno radicular.** Cuando se añade al suelo un material sin compostar, o en proceso de descomposición, como pueden ser residuos de cocina, estiércol fresco de animales (que en Colombia es muy común aplicar gallinaza todavía en fase de alta temperatura) entre otros, los microorganismos que traen siguen su proceso, usando para ello el oxígeno que está en el suelo para continuar su trabajo, disminuyendo la disponibilidad de oxígeno para las plantas, lo cual perjudica su desarrollo.
- **El bloqueo biológico de nitrógeno.** La limitación, bloqueo o restricción biológica de nitrógeno, nombrada también hambre de nitrógeno ocurre al usar un material sin una muy buena relación carbono/nitrógeno (C/N), es decir, sin tener en cuenta la combinación entre diferentes fuentes de materia orgánica, puede generar este problema por exceso de carbono. La acción de los microorganismos es consumir rápidamente el carbono, lo que aumenta la demanda de nitrógeno, y esto agota las reservas de nitrógeno en el suelo.
- **Exceso de amonio y nitrato.** El exceso de nitrógeno en forma de amonio puede quedarse en el suelo, y como resultado puede influir en la contaminación de las aguas subterráneas y de superficie. Adicionalmente, las plantas pueden tomar nitratos en grandes cantidades, lo que afecta la calidad de las cosechas, al ablandar frutos y reducir su vida útil postcosecha. En el caso de las hortalizas, especialmente las de hoja, por ejemplo, un exceso de fertilizantes es perjudicial para la salud de las personas que las consumen por la capacidad que tienen este tipo de hortalizas para acumular nitratos en sus tejidos.

Cuando se determinan las medidas de una pila de compostaje, es esencial recordar que su volumen puede disminuir en un 50 % debido a la compresión y la liberación de carbono en forma de dióxido de carbono. Se debe asegurar que la pila tenga el tamaño adecuado, ya que es crucial para garantizar una descomposición eficaz, dado que una pila demasiado pequeña puede no alcanzar las temperaturas óptimas para los microorganismos, a la vez que una pila demasiado grande puede dificultar el volteo y la aireación. La cantidad de material a compostar y el espacio disponible determinan la capacidad de la pila. Por lo general, se construyen con una altura de entre 1,5 y 2 metros para facilitar el volteo, y un ancho de 1,5 a 3 metros para hacer más sencillo el giro. Se decidirá la extensión basándose en el espacio disponible y en las estrategias de administración utilizadas.

Un compost que está maduro, y ha completado el ciclo de transformación de la materia base, ha pasado por una fase de estabilización en donde de la materia orgánica logra estar estable para ser ingresada al suelo. Es así como se garantiza un producto terminado de calidad, que puede tener un porcentaje de los siguientes macronutrientes:

Nutriente	% en compost
Nitrógeno	0.3% - 1.5% (3g a 15g por Kg de compost)
Fosforo	0.1% - 1.0% (1g a 10g por Kg de compost)
Potasio	0.3% - 1.0% (3g a 10g por Kg de compost)

Tabla 8. Aporte Nutricional  
Fuente. Tomado de Román et al. (2013).

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango Ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 semanas)
C: N	25:1 – 35:1	15/20	10:1-15:1
Humedad	50%-60%	45%-55%	30%-40%
Concentración de oxígeno	10%	10%	10%
Tamaño de la partícula	<25cm	15cm	<1.6cm
pH	6.5-8.0	6.0-8.5	6.5-8.5
Temperatura	45-60°C	45°C Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m <sup>3</sup>	<700kg/m <sup>3</sup>	<700kg/m <sup>3</sup>
Materia Orgánica Seca	50%-70%	>20%	>20%
Nitrógeno total (Base Seca)	2.5-3%	1-2%	1%

Tabla 9. Parámetros Generales del Compostaje.  
Fuente. Tomado de Román et al. (2013).

# Abonos órgano-minerales y optimización en producción en los cultivos

La elaboración de abonos órgano-minerales sólidos, adaptados a cultivos específicos como cacao, café, plátano, aguacate, cítricos y hortalizas, permite optimizar los nutrientes clave necesarios para el desarrollo fenológico de cada especie. Estos abonos combinan sales minerales con un alto porcentaje de compost orgánico maduro, lo que resulta en una fórmula integral que cubre los requerimientos nutricionales esenciales de las plantas.

La combinación de componentes orgánicos, como compost o residuos vegetales, con nutrientes minerales, como nitrógeno, fósforo y potasio, busca aprovechar las ventajas de ambos. Los componentes orgánicos mejoran la estructura y salud del suelo, aportando materia orgánica y estimulando la actividad microbiana, mientras que los minerales proporcionan nutrientes de rápida disponibilidad. Las formulaciones específicas para cada cultivo como cacao, café, hortalizas, plátano, cítricos y aguacate se detallan en las fichas técnicas correspondientes (Anexos).

La implementación de la elaboración incluye:



## Insumos básicos

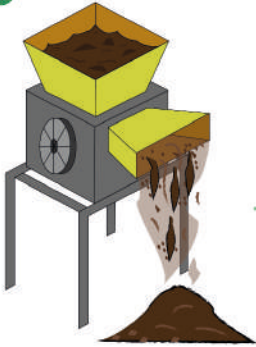
- Molinos / picadora
- Palas
- Lonas
- Compost orgánico
- Sales minerales



## Insumos adicionales

- Enmiendas orgánicas y minerales.

1



Pasar el compost maduro previamente preparado a través de la picadora para reducir el tamaño de las partículas. Esto asegurará una mezcla más homogénea y facilitará la incorporación de los minerales.

Asegúrese de calibrar la báscula antes de pesar los minerales para obtener mediciones precisas.

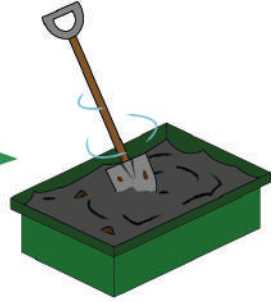
**Procedimiento**

2



Colocar el compost previamente picado y los minerales pesados (gallinaza seca, ceniza, cal dolomita y roca fosfórica) en un contenedor grande o en el área de mezcla.

3

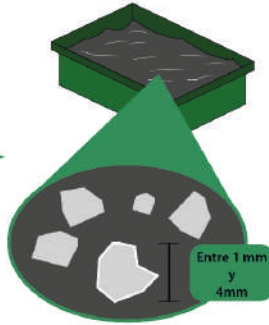
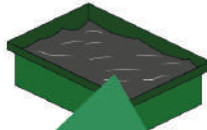


Mezclar manualmente o con la ayuda de una pala para lograr una primera incorporación de los minerales en el compost. Esto facilita el siguiente paso de molienda.

Figura 16. Procedimiento de abono órgano-mineral  
Fuente. Elaboración propia

**Procedimiento**

5

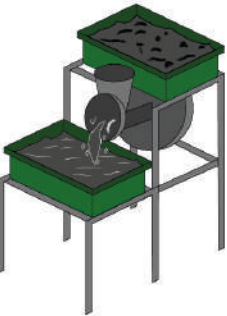


Moler hasta obtener partículas finas con un diámetro entre 1 mm y 4 mm. Este tamaño de partícula permite una mejor distribución y absorción de nutrientes cuando se aplica al suelo.

6

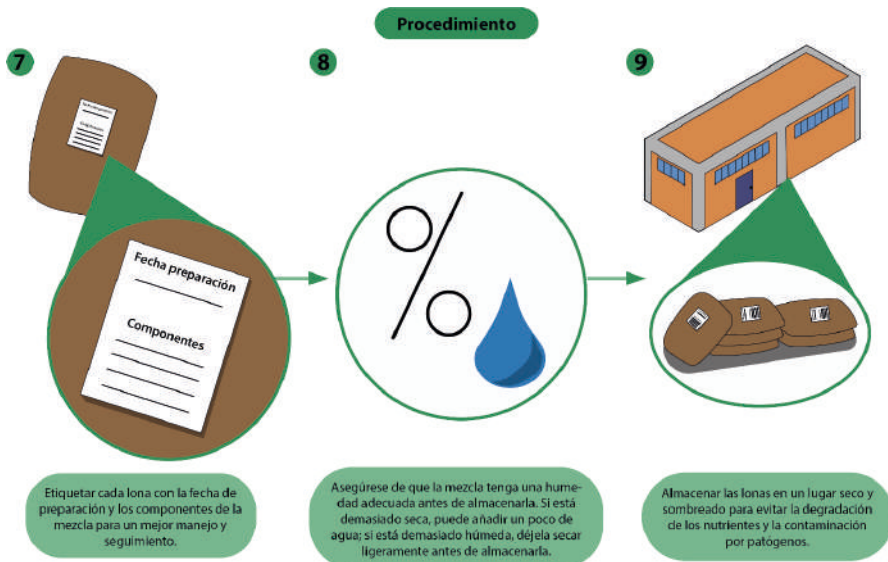


Cuando la mezcla esté bien molida y uniforme, almacenar. Utilizar lonas de almacenamiento adecuadas y resistentes. Colocar aproximadamente 25 kg de la mezcla por lona.



Pasar la mezcla inicial de compost y minerales a través de un molino. Este paso es crucial para asegurarse de que los minerales se incorporen totalmente al compost.

Figura 17. Procedimiento de abono órgano-mineral.  
Fuente. Elaboración propia



**Figura 18. Procedimiento de abono orgánico-mineral**  
Fuente. Elaboración propia

## Sustrato y optimización en producción en viveros

La utilización de sustratos formulados de manera adecuada contribuye a reducir la incidencia de enfermedades, promueve el crecimiento y, en consecuencia, mejora la eficiencia en la producción, garantizando plántulas más fuertes. Tradicionalmente, el sustrato se elabora utilizando tierra negra, cascarilla de arroz y cal. No obstante, para optimizar los residuos generados en los sistemas de producción agropecuaria, se propone incorporar residuos vegetales o subproductos, como la cacota y lixiviados, que se transforman en compost en la biofábrica. Estas mezclas de materiales de alta calidad en la composta potencian las propiedades del producto final en el suelo, proporcionando nutrientes esenciales, mejorando su capacidad de retención de humedad y estimulando la actividad microbiana.

El objetivo es integrar gradualmente el uso de compostas en los viveros, destinando inicialmente una o más hileras para realizar pruebas. Se busca que los viveros implementen progresivamente el uso de compostas en la preparación de sus sustratos, comenzando con algunas áreas de prueba. Así se podrán ver las consecuencias en el crecimiento de las plantas.



Figura 19. Sustrato para producción de vivero en cacao.  
Fuente. Elaboración propia

## Los microorganismos de montaña su activación, reproducción y aplicación

Los microorganismos poseen una singularidad inherente y capacidades biosintéticas que, bajo condiciones ambientales y culturales específicas, los convierten en candidatos ideales para resolver problemas complejos en diversas disciplinas científicas. Durante las últimas cinco décadas, los microorganismos han sido clave en avances tecnológicos como la medicina, la seguridad alimentaria, la ingeniería genética y la protección ambiental. Sin embargo, su aplicación no ha sido universalmente aceptada en la comunidad científica debido a la dificultad de reproducir consistentemente sus efectos beneficiosos.

Particularmente, en la agricultura y el medio ambiente, los microorganismos han demostrado ser eficaces para mejorar la dinámica biológica en el suelo ya que garantizan un equilibrio que coadyuva a su sanidad. No es solo la sanidad del suelo, también aportan en la salud de plantas y, sobre todo, en las destinadas a la producción agrícola. Esto destaca y aporta a la capacidad para diversificar los ecosistemas suelo/planta y promover un crecimiento más saludable y sostenible de cultivos.

Este capítulo explora cómo los microorganismos, especialmente los EM, pueden optimizar prácticas agrícolas y ambientales existentes, ofreciendo una perspectiva sobre su activación, reproducción y aplicación en entornos de montaña bajo el contexto de biofábricas.

Para contextualizar, los microorganismos de montaña, que se encuentran en el suelo de ecosistemas no intervenidos por la agricultura o la producción pecuaria, contienen una importante diversidad de hongos, bacterias y actinomicetos, que interactúan en la dinámica biológica en suelo. Se pueden hallar alrededor de 80 tipos de microorganismos, repartidos en unos diez géneros diferentes pertenecientes a cuatro categorías: bacterias fotosintéticas, actinomicetos, bacterias que producen ácido láctico y levaduras (Arias et al., 2009; Camacho et al., 2019).

Estos microorganismos ayudan a mejorar las características fisicoquímicas del suelo, a la vez descomponen la materia orgánica y aumentan la disponibilidad de nutrientes presentes en este, ampliando su uso a un espectro multifuncional, que está permitiendo en muchos casos para optimizar técnicas





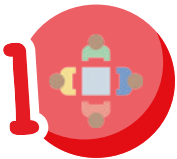
agrícolas. La razón fundamental es que cuando el microbiota logra una estabilidad dinámica en el suelo, incrementa la diversidad de microorganismos benéficos, que limitan y regulan el crecimiento de microorganismos patógenos, colaborando así en el control de dificultades fitosanitarias para las plantas. Igualmente, desintegra la materia orgánica, lo que aumenta la cantidad de nutrientes disponibles, que puede resultar en una mayor rapidez en la germinación de semillas y un mejor crecimiento de las hojas y flores de las plantas. Incluso, algunos de estos microorganismos pueden atrapar nitrógeno del aire, beneficiando al suelo (Zeballos, 2017).

Dentro de sus beneficios se destaca que los microorganismos de zonas de montaña con escasa intervención humana, y sin procesos agrícolas invasivos, son seguros para el ambiente y las personas, por lo que son aptos para su uso en cualquier sistema de agrícola. También, son sencillos de reproducir y activar con su posterior uso. Esto último no representa un riesgo por efectos tóxicos, aunque se reconoce que tienen un gran aporte económico por su bajo costo de producción. Su eficacia a largo plazo como un biopreparado mejora la calidad del suelo y con esto la salud y productividad de los cultivos (Ingle y Padole, 2017; Lovatt y Mikkelsen, 2006).

## Captura de microorganismos de montaña

Es importante recolectar el inóculo en áreas boscosas no intervenidas o bajamente intervenidas, que son lugares en donde los microorganismos se desarrollan de forma natural para obtener una base adecuada. Los mejores casos reportados de zonas o áreas apropiadas son de los horizontes O y H de suelos de bosques, ecosistemas de montaña y zonas sombrías con algunas características como que no tengan aplicación de agroquímicos en más de 5 años, con poca o ninguna interacción antrópica y fundamentalmente un entorno con vegetación regenerada naturalmente o en el mejor de los casos sin alterar. Es recomendable recolectar en zonas sombrías sin causar daños visibles al ecosistema para mantener la diversidad microbiológica del material recolectado (Elizondo, 2018).

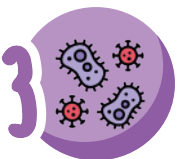
### Procedimiento



1 Reúne el equipo para muestreo, pala o barrena, así como bolsas o empaques para la recolección de muestras. Asegúrese de que todo se encuentre en óptimas condiciones de limpieza.



2 Una vez seleccionado el lugar de muestreo, elige áreas representativas dentro del ecosistema montañoso, es decir zonas que presenten diferentes tipos de vegetación y cobertura del suelo, para recolectar las muestras.



3 Retira la capa superior (3 cm) de la cobertura vegetal y horizonte H (hojarasca que todavía no inicia su proceso de descomposición), esto para exponer el horizonte O, en donde se encuentra la mayor actividad de los microorganismos de montaña (figura 20)



Toma la segunda porción a 2 centímetros de profundidad del horizonte A y 2 centímetros desde el horizonte O (a esta fracción superficial se les denomina mantillo de bosque). Esta capa debe exhibir un color que varía de café oscuro a negro, y en algunas zonas puede tener tonalidades blanquecinas, lo cual sugiere la presencia de actividad microbiana.



Llena el recipiente hasta aproximadamente tres cuartas partes de su capacidad para permitir espacio para el aire. Evite ponerlo en lugares que alcancen temperaturas extremas y a la exposición directa de la luz solar, pues esto pueden alterar la calidad de los microorganismos.

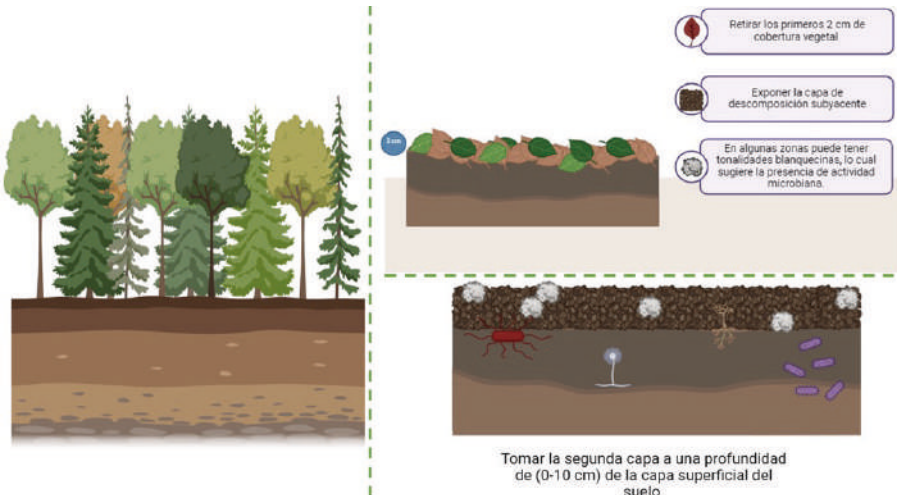


Figura 20. Captura de microorganismos de montaña en estado sólido. Fuente: Elaboración propia

**Nota:** Procure realizar la captura antes de la multiplicación, para evitar almacenar y alterar la calidad del producto.

## Método para multiplicar técnicamente microorganismos de montaña en estado sólido

La recomendación más importante en este proceso es siempre emplear inóculos de microorganismos locales para mejorar la operación de la multiplicación; es decir, aquellos obtenidos de áreas geográficas próximas al lugar de utilización, pues no tiene objeto práctico migrar microorganismos de montaña de un lugar ecológicamente diferente al espacio de dinámica biológica de un suelo de otro lugar (Beltrán-Pineda y Bernal-Figueroa, 2022; Brechelt, 2004; Elizondo, 2018; Zeballos, 2017). Esta técnica se basa en que los microorganismos nativos tienen una mayor habilidad de ajustarse y recuperarse en ambientes con condiciones ambientales, del suelo y climáticas parecidas a las de su lugar de procedencia (Cañet, 2022).

De esta forma, se promueve la supervivencia, actividad metabólica y competencia ecológica del grupo de microorganismos, reduciendo efectos negativos provocados por el estrés ambiental. Asimismo, la semejanza en aspectos como clima, humedad, pH del suelo y contenido de nutrientes ayuda a los microorganismos a adaptarse al nuevo ecosistema, mejorando la eficacia de su establecimiento y, por consiguiente, su efectividad en el control biológico, la fertilización orgánica o la recuperación del suelo (Amaya, 2018).

Insumos
5 bultos MM capturados
5 kg melaza
50 kg salvado de arroz
20 L agua sin clorar
1 caneca 200 L

Tabla 8. Materias primas necesarias para la multiplicación microorganismos de montaña. Fuente. Tomado de Elizondo (2018).

Capturar de manera previa microorganismos de montaña ver apartado captura de MM-procurar no incluir ramas piedras o palos gruesos.



### Captura

En un balde o recipiente incorpore la melaza en agua y revuelva hasta diluir en su totalidad, hasta obtener una mezcla homogénea.

### Diluir

En un lugar plano distribuya la materia orgánica con MM capturados formando una capa con el mismo grosor.



### Distribuir

### Mezclar

Añada la melaza diluida en agua hasta que la mezcla se encuentre humedecida de manera uniforme.



Agregue el bulto de salvado de arroz y voltee hasta obtener una mezcla uniforme.



### Humedecer

Desar reposar durante 30 a 45 días en un lugar fresco, seco y a la sombra. Una vez transcurrido el tiempo, los microorganismos de montaña (MM) deberán emitir un olor agradable, característico de la fermentación.



### Almacenar

### Sellar



Sellar la caneca con su respectiva tapa garantizando un cierre hermético para evitar presencia de aire en la mezcla.



### Apelmazar

Coloque dentro de la caneca capas de entre (15-20 cm) apelmazar muy bien con ayuda de un mazo. Continuar con el proceso hasta que la caneca esté llena, asegurándose de dejar un espacio de entre (10-15) cm entre el material compactado y la tapa.

### Verificar



Realice la prueba de puño para garantizar que la mezcla tenga la humedad correcta.

Figura 21. Procedimiento multiplicación de microorganismos de montaña en estado sólido. Fuente. Elaboración propia.



Figura 22. Multiplicación de microorganismos de montaña en estado sólido. Fuente. Elaboración propia.

Nota: no destapar el recipiente hasta que haya transcurrido el tiempo completo.

### Método para multiplicar técnicamente MM en estado líquido

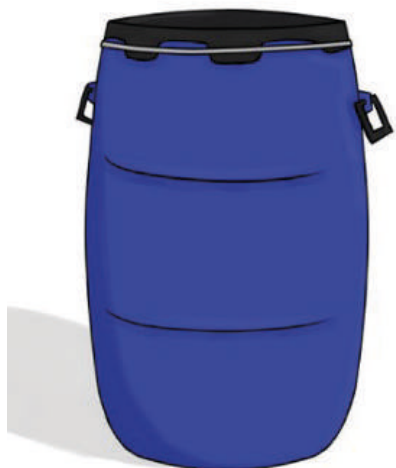
Los microorganismos de montaña se conservan comúnmente en estado sólido, lo cual facilita su almacenamiento y manipulación. Este proceso implica su cultivo en medio sólido, donde pueden crecer y ser preservados por largos períodos. Una vez que se necesita utilizarlos, estos microorganismos se pueden activar, rehidratándose en un medio líquido, que es el estado en el que se realizan las aplicaciones.

#### Insumos

6 kg microorganismos sólidos  
 4,5 kg melaza  
 200 L agua sin clorar  
 1 caneca 200 L  
 1 tela o camisa

Tabla 9. Insumos requeridos para multiplicar técnicamente MM en estado líquido, Fuente. Tomado de Elizondo(2018).

## Procesos y pasos



1



Llenar la caneca con 150 L de agua, agregar 4.5 kg de melaza y disolver. Remover bien hasta que la melaza se haya diluido en su totalidad.

2

Colocar 6 kg (MMS) en una bolsa de tela resistente. Amarrella con una cuerda para evitar que los sólidos se derramen en el agua, así como para facilitar la remoción posteriormente.



3



Introducir la bolsa de tela con los MMS dentro de la caneca, sumergiéndola completamente en la mezcla de agua y melaza. Asegure la piola para que la bolsa no se hunda completamente.

4

Después de colocar la bolsa de microorganismos, añada más agua a la caneca hasta complementar los 200 litros.



5



Remueva la mezcla muy bien para asegurarse de que la melaza esté bien distribuida. Cubra la caneca con su tapa, evitando la entrada de contaminantes.

6



Dejar fermentar la mezcla durante 7 días, removiendo ocasionalmente para asegurar una fermentación uniforme.

Después de los 7 días, el preparado de Microorganismos de Montana Líquidos (MML) estará listo para su uso.



7

Figura 23. Activación de microorganismos de montaña en estado líquido  
Fuente. Elaboración propia

Nota: El sólido restante puede incorporarse al sustrato de la huerta o utilizarse para hasta tres activaciones más.

## Referencias

- Amaya, C. (2018). Identificación de estrategias empleadas para la optimización del uso eficiente del suelo. *Dinamica Ambiental*, 1. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4587>
- Arias, M., Inés, C. y Cano, M. (2009). Agrobiodiversity genetic resources conservation for the development of sustainable production systems. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(1), 33–42.
- Banco Mundial [BM]. (2018). Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. In Banco Mundial.
- Beltrán-Pineda, M. y Bernal-Figueroa, A. A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mutis*, 12(1). <https://doi.org/10.21789/22561498.1771>
- Brechelt, A. (2004). Manejo Ecológico del Suelo. In *Agricultura*, Fundación Ambiente, Medio.
- Cano, H. E. (2014). Aplicación de quelatos, harinas de roca, fosfitos y caldos minerales para el mejoramiento agroecológico de fincas campesinas. Corporación Penca de Sábila, Cuadernillo agroecológico No. 11.
- Camacho, F., Uribe, L., Newcomer, Q., Masters, K. y Kinyua, M. (2019). Fitotoxicidad de compost producido con cultivos de microorganismos de montaña y lodos digeridos de biodigestor. *UNED Research Journal*, 11(2). <https://doi.org/10.22458/urj.v11i2.2197>
- Cañet, F. (2022). Aplicación de los principios de la Agricultura Regenerativa para aumentar los niveles de nutrientes en el suelo y enfrentar una emergencia de seguridad alimentaria y nutricional local en Guanacaste, Costa Rica. *Revista REGENERATIO*, 1(2). <https://doi.org/10.55924/ucireg.v1i2.12>
- Contreras-Santos, J., Martínez-Atencia, J., Cadena-Torres, J. y Falla-Guzmán, C. (2020). Evaluación del carbono acumulado en suelo en sistemas silvopastoriles del Caribe colombiano. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 29–41. <https://doi.org/10.15517/RAC.V44I1.39999>
- Crabben, J. (2023). Agriculture in the Fertile Crescent (Article) - Ancient History Encyclopedia. *World History Encyclopedia* - Traducido Por Agustina Cardozo.
- Elizondo, A. (2018). Reproducción de Microorganismos de Montaña (MM). Inifap.
- FAO. (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. In *Mundi-Pressa Madrid*.
- García, M. y Zanor, G. (2020). Producción de abonos orgánicos enriquecidos para el mejoramiento de suelos de uso agrícola. *Jóvenes en la ciencia*, 7(1), 1170–1174. <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/170>
- Gómez, C. (2017). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. No, 140, 107–118.
- Gómez-Rivas G.N., Cárdenas-Guevara L.F., Riascos-Torres P.D., Arenas N.E. (2021). El aporte de los biofertilizantes y su potencial en Colombia. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 7(2): 3-6
- Ingle, K. y Padole, D. (2017). Phosphate Solubilizing Microbes: An Overview. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(1). <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.601.099>
- Lazcano, C., Zhu-Barker, X y Decock, C. (2021). Effects of organic fertilizers on the soil microorganisms responsible for n2o emissions: A review. In *Microorganisms* (Vol. 9, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9050983>

- Lovatt, C. y Mikkelsen, R. (2006). Phosphite Fertilizers: What Are They? Can You Use Them? What Can They Do? In *Better Crops* (Vol. 90, Issue 4). [www.ppi-ppic.org/phosphite/ref](http://www.ppi-ppic.org/phosphite/ref)
- Morales-Morales, E. J., Martínez-Campos, Á. R., López-Sandoval, J. A., Castillo González, A. M., & Rubí-Arriaga, M. (2022). Los fosfitos y sus aplicaciones en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(2), 345-354.
- Mazid, M. y Khan, T. (2014). Future of Bio-fertilizers in Indian agriculture: An Overview. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 3(3). <https://doi.org/10.24102/ijaf.v3i3.132>
- Montanarella, L., Pennock, D., McKenzie, N., Badraoui, M., Chude, V., Baptista, I., Mamo, T., Yemefack, M., Aulakh, M. S., Yagi, K., Hong, S. Y., Vijarnsorn, P., Zhang, G. L., Arrouays, D., Black, H., Krasilnikov, P., Sobocká, J., Alegre, J., Henriquez, C. R., ...Vargas, R. (2016). World's soils are under threat. *SOIL* 2 ( 1). <https://doi.org/10.5194/soil-2-79-2016>
- Orozco, M. (2019). Consideraciones técnicas para la preparación de abonos foliares de fabricación casera. *Pensamiento Actual*, 19(33), 106–120. <https://doi.org/10.15517/pa.v19i33.39636>
- Ortiz, P. y Alayón-Gamboa, J. (2021). Percepción social de servicios ambientales en sistema silvopastoril de pequeños ganaderos en Campeche. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 25(3). <https://doi.org/10.53897/revaia.21.25.42>
- Pedraza, R., Estrada, G. y Bonilla, R. (2021). Los biofertilizantes y su relación con la sostenibilidad agrícola. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA*.
- Pulido, M., Lobo-Luján, D. y Lozano-Pérez, Z. (2009). Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. *Agrociencia*, 43(3), 221-222.
- República, G. de la. (2016). *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad en México y Plan de Acción 2016 - 2030*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Restrepo, J. (1994). *Teoría sobre la Trofobiosis. Plantas enfermas por el uso de agrotóxicos*. Conferencia. Preparada En Base Al Texto de Francis Chaboussou.
- Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>
- Savci, S. (2012). Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment. *APCBEE Procedia*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.03.047>
- Silva, S. y Correa, F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico*, 12(23),15-16.
- SSPD. (2020). *Informe nacional de disposición final de Residuos Sólidos*. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- Vessey, J. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*,255(2), 571–586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893/METRICS>
- Zeballos, M. (2017). Caracterización de microorganismos de montaña (MM ) en biofertilizantes artesanales. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6199>



LA **BIOFÁBRICA**  
ASOCIATIVA

**2024**

