



UNIÓN EUROPEA



MANUAL BIOFABRICAS AGRO-INNOVA



Sistemas Agroforestales Adaptados para el Corredor Seco Centroamericano **AGRO-INNOVA**

#UEenCentroamérica

Trabajamos juntos...



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)

Proyecto sistemas agroforestales adaptados para el corredor seco centroamericano
(AGROINNOVA). 2024

Manual Biofabricas Agroinnova por IICA se encuentra bajo una
Licencia Creative Commons Atribución - No Comercial -
Compartir igual 3.0 Unported. Basada en una obra WWW.iica.int
El instituto promueve el uso justo de ese documento. Sesolicita que sea citado
apropiadamente cuando corresponda.
Esta publicación tambien está dsponible en formato electrónico PDF
en el sitio web institucional en <http://WWW:iica.int>

Compilación y sistematización

Ortiz Lourdes, Sosa Juan José, Alvarado Selvin, Ixpata Wiliam, García Cristian.

Editora

Fernanda Rubiano

Diagramación y diseño

Carolina Rubiano

Agradecimientos por compartir experiencias y aprendizajes

Federación Comercializadora de Café Especial de Guatemala (FECCEG)
Asociación de Productores Comalapenses (ASPROC)
Estación Experimental Indio Hatuey, Universidad de Matanzas. Cuba
Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria (CRIA)

A las y los productores investigadores que toman el riesgo de investigar e innovar, organizados en asociaciones y cooperativas, socios de AGROINNOVA:

Asociación de comité de producción comunitaria de Xesiguan (ACPC)
Asociación de Desarrollo Agrícola Pecuario Forestal Santiago Apostol
Asociación de Desarrollo Rural de Productores de Café de la Aldea Raxjut (ASORPROCAFE)
Asociación de Productores de Café de Chichupac (APCC)
Asociación Flor del Café (AFDC)
Asociación Comunitaria para el Desarrollo Cascadas las Mascaritas
Asociación Comunitaria Unión Para el Desarrollo de Café (ACUDEEC)
Asociación de Pequeños Productores de Café de Patzocón (APEPROCAP)
Asociación de Productores Pergamino de Café Zona Chuatulul (ASOPROPERCA)
Asociación Campesina Ch'orti' (ASORECH)
Asociación De Desarrollo Integral De La Parte Alta de Zacapa (ADIPAZ)
Cooperativa Integral Agrícola Salamchó R.L.
Cooperativa Integral Agrícola El Volcancillo R.L.
Cooperativa Integral Agrícola Café Rabinal Achí R.L.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. El suelo	7
1.2 Formación de los suelos.....	8
1.3. Perfil del suelo.....	9
1.4. Textura del suelo	10
1.5. Estructura del suelo.....	11
1.6. Microorganismos del suelo.....	12
1.7. Microorganismos de montaña	12
1.8. Nutrientes esenciales para las plantas.....	13

2. BIOFÁBRICA

2.1. La Biofábrica.....	17
2.2. Requerimientos básicos para la operación de la biofábrica.....	18
2.3. Habilitación de la biofábrica.....	19
2.4. Diseño de Biofábrica	20
2.5. Equipo e insumos de la biofábrica para su operación.....	22

3. OPERACIÓN DE LA BIOFÁBRICA Y PRODUCCIÓN

3.1. Productos a formular y producir en la biofábrica.....	26
3.2. Producción de bioinsumos.....	27
3.3. Producción de biofertilizantes.....	28
3.4. Producción de biofertilizantes.....	30

4. ETAPA DE FORMULACIÓN DE BIOINSUMOS, BIOFERTILIZANTES

Y BIOPREPARADOS

4.1. Introducción.....	34
4.2. Identificación y recolección de microorganismos de montaña.....	34
4.3. Reproducción y conservación de microorganismos de montaña.....	34
4.4. Proceso fermentativo.....	35

5. Flujograma del proceso de formulación de MM-Sólidos y MM-Pasto fermentado	
Microorganismos de montaña MMB.....	38
6. Base técnica	
Módulo 2: Elaboración de microorganismos de montaña	
Madre Líquida (MML) y Base Microbiana (BM).	
6.1. Introducción.....	39
6.2. Bacterias ácido lácticas.....	39
6.3. Uso aplicado de bacterias ácido lácticas.....	39
6.4. Aplicación de bacterias ácido lácticas en agricultura.....	40
7. MINERALIZACIONES DE MICROORGANISMOS DE MONTAÑA	
7.1. Introducción.....	43
7.2. Desarrollo de poblaciones microbianas.....	43
7.3. Mineralización de bioinsumos.....	44
8. Biochar: Estructurador de suelos	
8.1. Introducción.....	52
8.2. Biomasa.....	52
8.3. Proceso de pirólisis.....	53
8.4. Elaboración de biochar	53

Referencias bibliográficas



INTRODUCCIÓN

El proyecto de Sistemas Agroforestales Multiestrato Adaptados para el Corredor Seco Centroamericano (SAFM) de **AgroInnova**, ha iniciado un proceso de innovación en Guatemala mediante el establecimiento de **biofábricas** para la producción de biofertilizantes. El objetivo principal de esta iniciativa es fortalecer los procesos de implementación de los SAFM implementados en Baja Verapaz y Chiquimula.

El establecimiento de Biofábricas en Baja Verapaz, Chiquimula y Zacapa se considera una innovación debido a la coyuntura actual que requiere de opciones integrales y sostenibles, así como lo relacionado con el acceso a fertilizantes y agroquímicos. Esta tecnología se adapta a las necesidades nutricionales de los cultivos en las agrocadenas de importancia local que requieren de conocimientos específicos. Estos conocimientos son proporcionados por las escuelas de campo del proyecto **AgroInnova** y sus **biofábricas**, las cuales capacitan a los productores para enfocarlos a un mercado específico, como lo es la producción agroecológica. Esto a su vez, promueve la sostenibilidad y rentabilidad de los medios de vida local.

Desde esta perspectiva, y como un punto de fortalecimiento de los sistemas de producción a nivel local y de los SAFM establecidos, se han construido 9 **biofábricas** en conjunto con 7 organizaciones (2 cooperativas y 5 asociaciones) en Baja Verapaz, Chiquimula y Zacapa. El propósito de estas **biofábricas** es ofrecer a los pequeños productores alternativas sostenibles para la producción de café, y otros productos de interés.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Fortalecer la resiliencia climática de pequeños productores (mujeres y hombres), mediante la producción y uso de bioinsumos orientados a un manejo más sostenible y sustentable de los sistemas agroforestales multiestrato, con un enfoque de agricultura de conservación y recuperación de suelos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Capacitar a las y los productores en la microbiología básica de los microorganismos benéficos para la agricultura, destacando su importancia ecológica en la sostenibilidad de los medios de vida locales.
- Generar conocimiento sobre las técnicas de recolección, reproducción y conservación de microorganismos de montaña, para la formulación de biofertilizantes y otros productos destinados a la agricultura ecológica.
- Promover la investigación y validación de procesos a través de la aplicación del método científico, como eje fundamental de la sostenibilidad de la producción agroecológica y el manejo sostenible de la producción.



1. MARCO REFERENCIAL

1.1. El suelo

W. C. Lowdermilk define “que el alimento proviene de la tierra. La tierra y su agua nos alimentan. La tierra recompensa generosamente a quien la trabaja de manera diligente, pero castiga inexorablemente al ignorante y perezoso. Esta asociación que se establece entre la tierra y el agricultor es la piedra angular de nuestra estructura social”.

El suelo es un material natural complejo que se forma a lo largo del tiempo a partir de la descomposición de rocas y materiales orgánicos, este es un proceso conocido como intemperización. A través de este proceso, los elementos esenciales para la nutrición de las plantas se vuelven disponibles para las plantas. (Association, 1995).

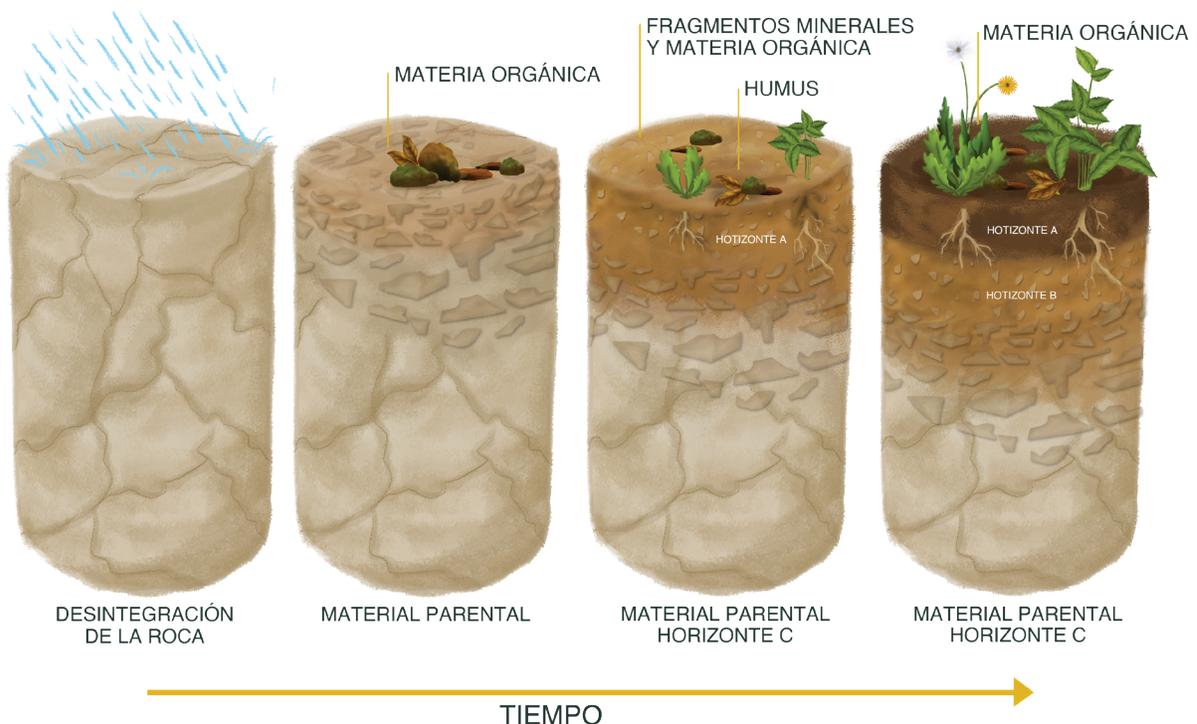
El suelo se compone de partículas minerales, agua y gases como resultado de la erosión física y química de las rocas, al ser un sistema vivo descompone plantas y restos de animales gracias a la presencia de microorganismos.



1.2 Formación de los suelos

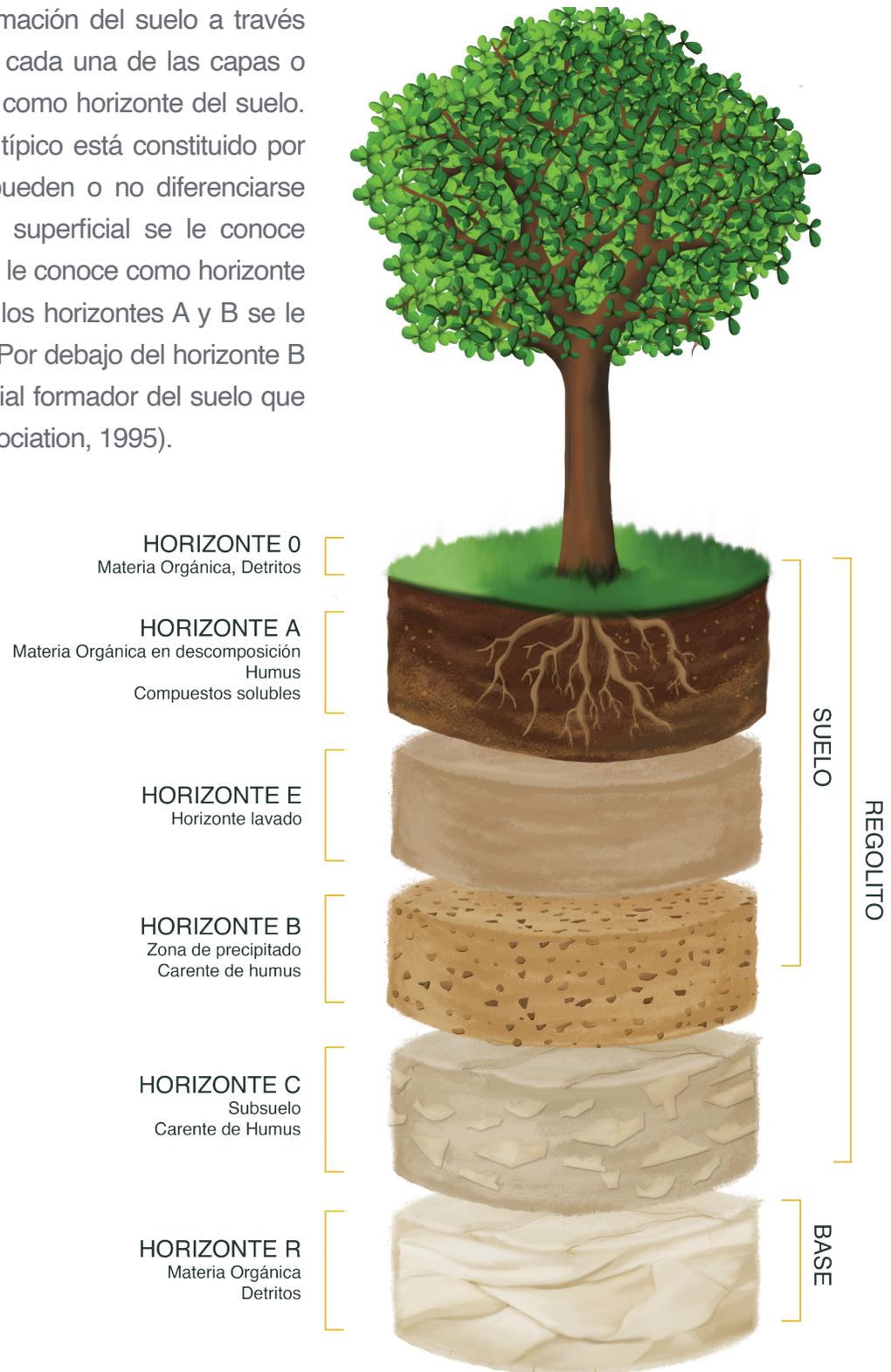
Los suelos se forman a partir del material parental de la roca madre y los mantos rocosos. Este proceso de formación involucra un desgaste físico y químico, así como la acción de los microorganismos. Los principales factores que contribuyen a la formación del suelo son: (Association, 1995)

- La roca madre original de la que se formaron los suelos
- Las condiciones ambientales como la temperatura, la humedad, el sol, la lluvia y el viento
- Los organismos vivos: tanto plantas como animales macroscópicos y microscópicos
- La topografía del suelo, que se refiere a la forma y posición de la superficie del paisaje
- El tiempo que el material madre ha estado expuesto a los factores de formación
- <https://prezi.com/0zhcq9eyq8io/procesos-formadores-del-suelo>



1.3. Perfil del suelo

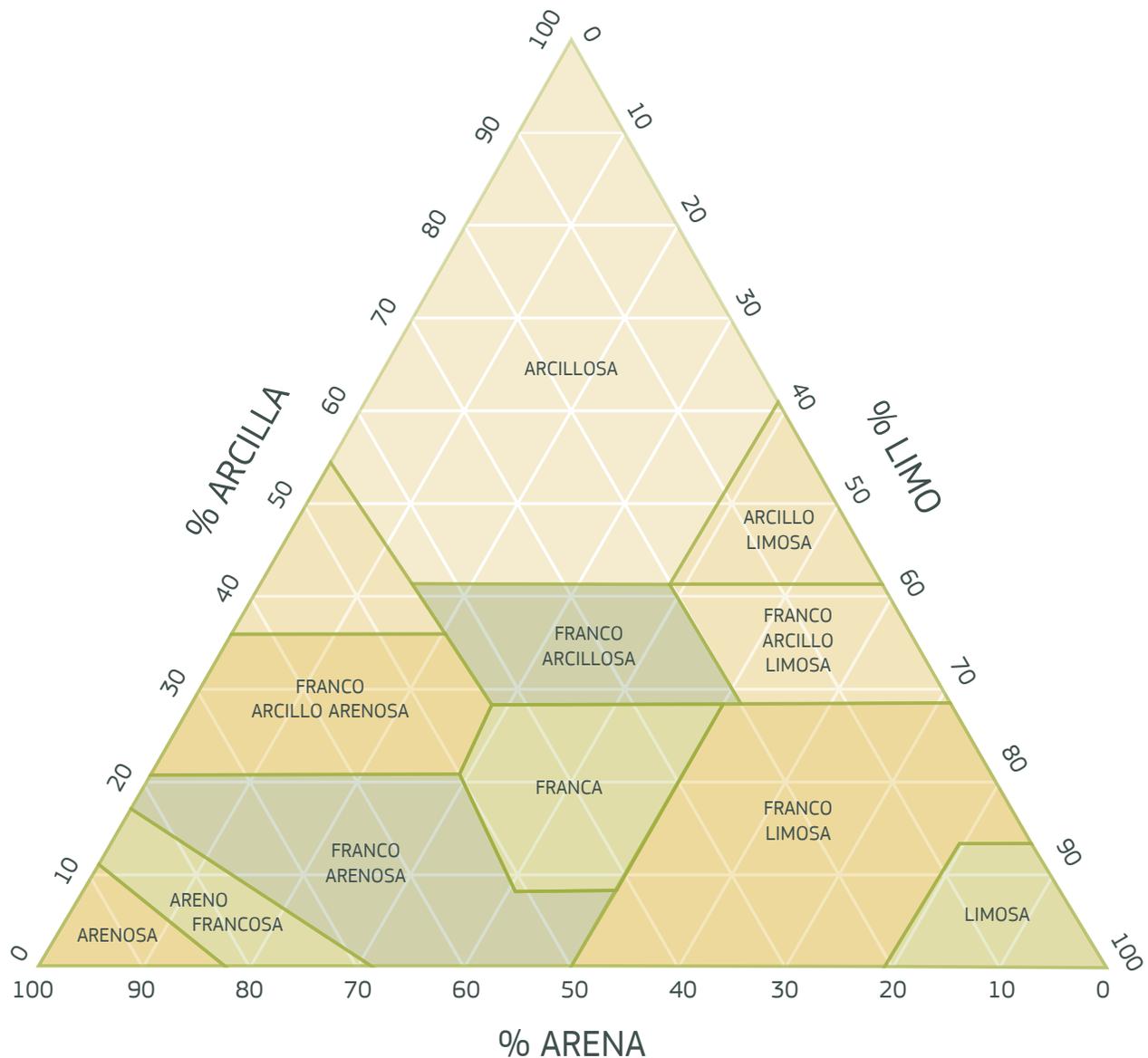
Esta es una sección vertical que muestra el patrón estratificado de la formación del suelo a través del tiempo, en donde cada una de las capas o estratos se le conoce como horizonte del suelo. En general, un suelo típico está constituido por tres horizontes que pueden o no diferenciarse entre sí. Al horizonte superficial se le conoce como horizonte A y se le conoce como horizonte B, la combinación de los horizontes A y B se le conoce como Solum. Por debajo del horizonte B se encuentra el material formador del suelo que es el horizonte C (Association, 1995).



1.4. Textura del suelo

Los suelos están formados por partículas con una amplia variedad de tamaños, formas y consistencias. Estas partículas, son pequeñas y homogéneas y pueden dividirse en tres categorías: arenas, limos y arcillas. Esta clasificación es fundamental, no solo desde el sistema de clasificación, sino también en lo que respecta al crecimiento de las plantas.

Tipos de suelos



1.5. Estructura del suelo

Las partículas del suelo generalmente no se encuentran de forma individual en el suelo, sino que están dispuestas en agregados o grupos de partículas, a esta agregación se le conoce como estructura del suelo. Existen cuatro tipos principales de estructura del suelo, los cuales se basan en la forma y disposición de los agregados: (Association, 1995)



1. Estructura laminada o en placas:

Cuando las partículas están dispuestas en un plano horizontal.



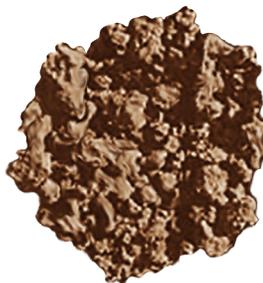
2. Estructura prismática o columnar:

Cuando las partículas están dispuestas en torno a una línea vertical y limitadas por superficies verticales relativamente planas.



3. Estructura en bloques angulares:

Muestra longitudes casi iguales en sus tres dimensiones



4. Estructura esferoidal o granular:

Se caracteriza por su forma de esfera y generalmente se encuentra en áreas con suelos superficiales y con alto contenido de materia orgánica.

1.6. Microorganismos del suelo

El suelo es el medio físico que da soporte a la planta, provee de nutrientes esenciales para la vida vegetal y proporciona refugio para muchos tipos de animales, incluyendo vertebrados, invertebrados, mamíferos. El suelo es un ecosistema vivo, colonizado por un número incalculable de microorganismos que interactúan entre sí, creando condiciones estables en hábitats de todo el planeta. En un gramo de suelo pueden existir hasta mil millones de bacterias, cien millones de actinomicetos, un millón de hongos y aproximadamente cien nemátodos. (Balasubramanian, 2017).

Estos microorganismos desempeñan un papel fundamental en el ciclo del carbono y del nitrógeno, entre otros nutrientes. Mejoran la estructura del suelo, descomponen y reciclan la materia orgánica de residuos vegetales y animales, mantienen la calidad y salud del suelo, mejoran la aireación y penetrabilidad del mismo y son los directamente responsables de la transmisión y control de enfermedades en las plantas. (Balasubramanian, 2017).

1.7. Microorganismos de montaña

Los microorganismos de montaña son la vida microbiana presente en el suelo y en el complejo orgánico de los bosques. Es una relación de comunidad y mutua dependencia en equilibrio ecosistémico. Entre esta gama de microorganismos, se encuentran los degradadores de materia orgánica y microorganismos benéficos, en donde, bacterias, hongos, levaduras y otros microorganismos desempeñan un papel crucial en la productividad y la salud de las plantas (Restrepo, 2007).

Dentro de los microorganismos benéficos de montaña, y quizá los potencialmente más importantes para la sostenibilidad del Sistema Agroforestal Multiestrato, están los hongos micorrízicos y las bacterias fijadoras de nitrógeno, a los que se les conoce como micro simbiosis debido a que forman una relación simbiótica o de mutuo beneficio con las plantas.

En los ecosistemas naturales, las raíces de las plantas que prosperan en los bosques muestran un desarrollo fuerte y vigoroso, gracias a las asociaciones microbianas que les permiten sobrevivir y crecer, incluso en condiciones adversas como sequías o la salinidad del suelo. Sin estas relaciones de mutuo beneficio, las plantas no podrían sobrevivir. (Dumroese, Luna, & Landis, 2009)

La recolección de estos microorganismos, su conservación en medios de cultivo sólidos, su activación en medios de cultivo líquidos y su posterior incorporación al suelo y al sistema radicular, posibilita la formación de asociaciones efectivas que contribuyen a fortalecer la sostenibilidad de los sistemas agroforestales multiestrato.

1.8. Nutrientes esenciales para las plantas

En la secuencia lógica de formación de los suelos y la relación entre minerales y microorganismos, son estos últimos los responsables de la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Dentro del proceso de producción de biofertilizantes en las biofábricas establecidas en el proyecto AgroInnova y con el propósito de fomentar la sostenibilidad de los Sistemas Agroforestales Multiestrato, es crucial comprender la función de los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Estos nutrientes están estrechamente relacionados con los ciclos del carbono y del nitrógeno y se dividen en macronutrientes y micronutrientes. (Association, 1995)

Ciclo del Carbono



El carbono es un elemento sumamente común en la tierra y se encuentra en las cuatro esferas principales del planeta: la biosfera, la atmósfera, la hidrosfera, y la litosfera. El carbono está presente tanto en las partes vivas como en las no vivas del planeta. El ciclo del carbono a corto plazo incluye procesos como la fotosíntesis, la respiración y la transferencia del carbono entre los seres vivos

En la tierra, hay un flujo constante de carbono desde la atmósfera hacia las plantas a través de la fotosíntesis, y luego un flujo de regreso a la atmósfera, facilitado por la respiración de las plantas y los animales, así como por la descomposición llevada a cabo por microorganismos. (Santillas, 2020)

Ciclo del Nitrógeno



El ciclo del Nitrógeno tiene una trayectoria definida, al nivel natural, el nitrógeno constituye el 78% de la atmosfera, sin embargo, para las plantas su acceso es limitado debido a que es un elemento altamente estable y con una gran dificultad para que reaccione con otros elementos, lo que lo convierte en un recurso escaso en los suelos.

En los suelos, existen bacterias y cianobacterias con la capacidad de romper las uniones de sus enlaces mediante algunas enzimas, lo que les permite producir compuestos nitrogenados que las plantas pueden aprovechar en una relación simbiótica con los microorganismos. (CICEANA, 2000)
Elementos esenciales para formulación de nutrientes para las plantas.

El balance de nutrientes desempeña un papel fundamental en la nutrición de las plantas y es un factor crucial para el manejo del suelo y la planificación de la fertilización. El proceso de formulación de

biofertilizantes en las biofábricas tiene como objetivo proporcionar los nutrientes generados a través de los procesos de fermentación. Además, busca suministrar a las plantas y al suelo los microorganismos responsables de los procesos metabólicos de intemperización de minerales, el enriquecimiento de la microfauna y la inoculación de microorganismos eficientes en los sistemas radiculares (Association, 1995). Realizar un análisis de laboratorio permite determinar la cantidad de elementos presentes en la solución nutritiva, expresadas en partes por millón o miligramos por litro de solución.

A continuación, se presenta la tabla que enumera los elementos sujetos a análisis, con el fin de comprender la función de cada uno de ellos en los Sistemas Agroforestales Multiestrato y en los cultivos de las principales agrocadenas y en las áreas de intervención. Es importante destacar que estos elementos serán sintetizados a través de la acción de los microorganismos de montaña.

Tabla 1. Tabla de elementos presentes en las formulaciones de las biofábricas del proyecto Agrolnnova.
(Association, 1995)

ELEMENTO	FUNCIÓN EN PLANTAS
<p>C CARBONO</p>	<p>Forma el esqueleto de todas las moléculas orgánicas y es componente estructural básico de toda la vida vegetal donde se absorbe en forma de dióxido de carbono.</p>
<p>O OXÍGENO</p>	<p>Las plantas utilizan las estomas para el intercambio gaseosos de sus procesos fotosintéticos y el carbono y oxígeno se absorbe el CO₂ necesario para sintetizar su alimento por medio de la energía del sol</p>
<p>H HIDRÓGENO</p>	<p>La luz del sol es necesaria para la fotosíntesis en donde la planta rompe la molécula del agua para separar el hidrógeno y formar azúcares y el oxígeno se desecha en forma de vapor de agua.</p>
<p>N NITRÓGENO</p>	<p>Las plantas utilizan en nitrógeno para sintetizar aminoácidos que son la base de la formación de proteínas, componente de las paredes celulares y presente en la clorofila, ácido nucleico y enzimas</p>
<p>P FÓSFORO</p>	<p>Componente básico de ácido nucleico y esencial en el almacenamiento y transporte de energía. Estimula el crecimiento, la formación de raíces, maduración de frutos y formación de semillas.</p>



Esencial para la formación de azúcares y almidones, favorece la formación de vasos xilemáticos más grandes y mejor distribuidos, estimula crecimiento radicular y mejora resistencia a enfermedades, mejora el tamaño de frutos y hortalizas.



Es un nutriente estructural y de las paredes celulares e indispensable para formación de nuevas células. El calcio no es removido de las paredes y estructuras xilemáticas, hojas, raíces.



Base estructural de la molécula de clorofila, catalizador de procesos enzimáticos de crecimiento de la planta presente en carbohidratos, proteínas y grasas de las plantas. Promueve la transferencia, conversión y acumulación de energía en forma de azúcares.



Conforma tres aminoácidos: cistina, metionina y cisteína, elemento muy importante para la síntesis de proteínas y formación de nódulos de la raíz de leguminosas y presente en compuestos oleaginosos y determinan los aromas característicos en ajo y cebolla.



En los procesos de maduración y producción de semillas, favorece la formación de fertilidad del polen, su deficiencia tiene impacto negativo en rendimientos de granos en 20% que en desarrollo vegetativo. Mantiene integridad de membranas celulares y tolerancia ante patógenos especialmente en el suelo.



Necesario para la síntesis de clorofila en células vegetales. Participa en otros procesos enzimáticos y metabólicos sin los cuales las plantas no pueden llevar su ciclo vital. Activador principal de procesos bioquímicos como la respiración, fotosíntesis y fijación simbiótica de nitrógeno en el sistema radicular.



Participa en síntesis de clorofila, asimilación de nitratos y síntesis de vitaminas como riboflavina, ácido ascórbico y orotina. Es esencial que el grano o semilla contenga este elemento para favorecer su germinación.



Activador de enzimas en las plantas y desempeña un papel importante en la síntesis de la vitamina A. Contribuye a la formación de lignina en las paredes celulares como soporte a las plantas y particularmente importante para la formación de polen viable, formación de semillas y promueve resistencia al estrés.



Participa en la fijación biológica del nitrógeno en especial las leguminosas, su deficiencia inhibe la fijación del nitrógeno y las plantas se vuelven susceptibles a radiación solar y a enfermedades del sistema radicular. Participa en el metabolismo de fenoles que son inhibidores de la elongación de raíces.



Participa en la asimilación del nitrógeno, componente principal de las enzimas que convierten el nitrógeno en forma de nitrato a nitrito y luego a aminoácido. Este elemento es trasladado de la planta a las bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno en legumbres para fijar nitrógeno atmosférico para la planta.



El silicio es el segundo elemento más abundante en la litosfera. Este elemento no existe de forma natural en estado libre, generalmente se encuentra en forma de dióxido de silicio y en silicatos complejos. Produce mayor crecimiento vegetal, plantas mas fortalecidas y compactas, hojas mas fuertes, mayor fotosíntesis y tolerancia a condiciones de baja luminosidad, estrés hídrico y térmico.

2. BIOFÁBRICA

2.1. La Biofábrica

La Biofábrica, basada en el marco de los Sistemas Agroforestales Multiestrato, es un modelo de negocio diseñado como una unidad de producción y capacitación. Su objetivo es la transferencia de tecnologías innovadoras que mejoren la productividad de los sistemas agrícolas, en particular el sistema agroforestal café con su diseño multiestrato a través de la metodología de Escuelas de Campo, en donde las y los agricultores adscritos a organizaciones locales comparten experiencias y aprendizajes.

El sistema agroforestal multiestrato, se diseña como un sistema orientado a mitigar los efectos de la variabilidad climática mediante la incorporación de tecnologías innovadoras. Las biofábricas, consideradas como una tecnología innovadora, busca aprovechar y utilizar de manera adecuada recursos, como el suelo, el agua y la biodiversidad. Inicia con la extracción de microorganismos de montaña, utilizados como base para la elaboración de biofermentos.

Estos biofermentos, tanto sólidos como líquidos tienen una base agroecológica y pueden ser utilizados en los sistemas productivos locales. Su uso disminuye la dependencia de insumos químicos y de alto costo, permitiendo mitigar los impactos negativos a los agroecosistemas locales. Además estimulan la productividad alimentaria de los territorios y promueven la sostenibilidad de los medios de vida locales, las vitrinas tecnológicas instaladas, las parcelas de escalamiento de innovaciones y las agrocadenas de importancia económica. (Santa Fe, 2019)

2.2. Requerimientos básicos para la operación de la biofábrica

Los requerimientos básicos para la operación son los siguientes:



Capacitación técnica: con el objetivo de contar con personal calificado que pueda brindar asistencia técnica constante en la elaboración de los productos, además de personal adicional para realizar tareas complementarias de mantenimiento, funciones administrativas y de registro.



Formularios de registro de elaboración de bioinsumos, biofermentos, biopreparados y biofertilizantes, con el objetivo de realizar control de calidad y planificación de la producción escalonada.



Infraestructura mínima: para la elaboración de bioinsumos, almacenamiento de productos y unidades de formulación adaptadas a producción y demanda, con cubiertas para proteger los productos.



Equipo e instrumental básico de medición: como medidores de pH, conductividad eléctrica (CE), temperatura, balanzas y recipientes para fermentación y formulación.



Equipo básico de seguridad personal: que incluye gafas de protección, guantes, botiquín de primeros auxilios, mascarillas entre otros.



Manual de buenas prácticas: para la operación y formulación de productos.

2.3. Habilitación de la biofábrica

La biofábrica diseñada por el proyecto Agroinnova tiene un espacio físico de 24 metros cuadrados, capacitada para generar los productos necesarios para un mínimo de 30 asociados que necesitan bioinsumos para producir en un área de 42 hectáreas. Para cumplir con este propósito se necesitan los siguientes materiales:

- Infraestructura básica construida con madera o costaneras de hierro para la estructura principal
- Techo de lámina
- Piso de cemento, preferiblemente alisado para que sea más fácil de lavar
- Paredes repelladas y alisadas o azulejos lavables
- Acceso a agua no clorada ni salinizada, ya sea mediante agua de servicio público o recolección de agua de lluvia.
- Disponibilidad de energía eléctrica para el funcionamiento del equipo
- Elementos de higiene y seguridad.
- Planos de las instalaciones: Estructura principal, techo, agua, electricidad, drenajes y pisos.

Es importante de igual forma asegurar que previo al inicio de las operaciones de la biofabrica se cuente con:

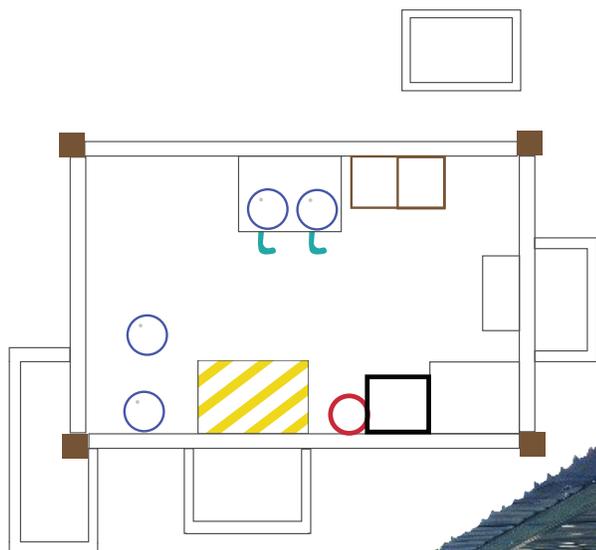
- Asistencia técnica
- Personal seleccionado y designado por la organización participante
- Proceso de capacitación previo al funcionamiento y formulación de productos
- Vías de acceso en condiciones adecuadas
- Cadena de suministro

2.4. Diseño de Biofábrica

El diseño propuesto por el proyecto Agrolnova consiste en una estructura básica de 6 metros de largo y 4 metros de ancho. Está estructura se construye con columnas de madera o costaneras de hierro galvanizado. El piso tiene un grosor de 10cm de cemento con un acabado liso para facilitar la limpieza. Las paredes están compuestas por tres hieras de bloques y malla. Incluye un área llamada “cama biológica”, que consta de areneras para la disposición de desechos biológicos generados por las operaciones de la biofábrica.

El funcionamiento y los servicios para el personal que se consideran son: lavamanos, estufa de leña, arenero, mesa de maceración, pila con dos bandejas, lavaojos y una jabonera para la formulación de biofertilizantes sólidos.

Diseño de biofábrica con columnas de madera



Biofábric Xesiguán finalizada según diseño

Diseño de Biofábrica con costaneras y tubos cuadrangulares de hierro galvanizado
(Alvarado, S. 2023)

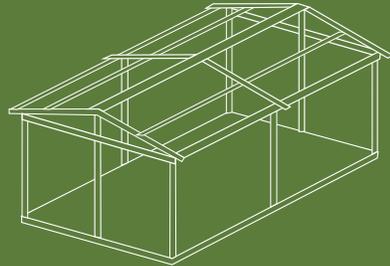


Figura 1. Plano general

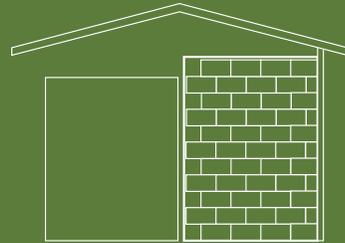


Figura 4. Parte frontal de estructura

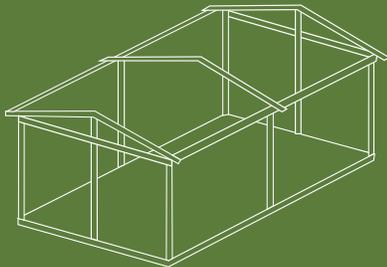


Figura 2. Disposición de columnas y tijeras

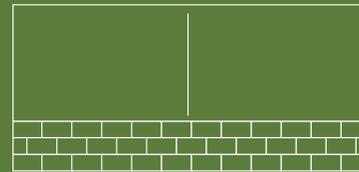


Figura 5. Parte lateral de estructura

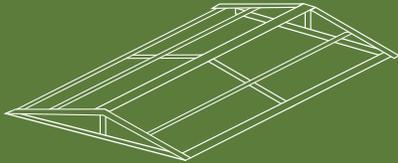


Figura 3. Plano de techo y costaneras

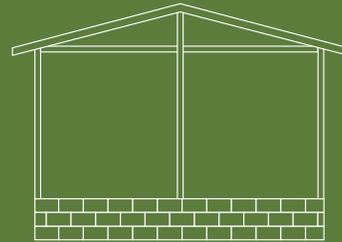


Figura 6. Parte trasera de estructura



2.5. Equipo e insumos de la biofábrica para su operación.

La entrada en operación de la biofabrica, orientada a producir para 30 productores debe considerar al mínimo los siguientes requerimientos.

El equipo básico para su funcionamiento es el que se describe a continuación a partir de las experiencias previas de instalación realizadas en Chiquimula, Zacapa y Baja Verapaz.

Tabla 2. Listado con el equipo básico para el funcionamiento de las biofábricas

1. Materiales auxiliares	Unidad de medida	Cantidad
Toneles o Bidones de 220 litros	Unidad	12
Canecas de 20 litros	Unidad	12
Cubetas plásticas de 5 galones	Unidad	5
Yardas de malla antivirüs	Yardas	10

2. Equipo	Unidad de medida	Cantidad
Balanza 20 libras y/o 10 kilos	Unidad	1
Medidor de conductividad	Unidad	2
Medidor de pH o acidez	Unidad	2
Medidor de temperatura	Unidad	2
Manómetro glicerina 100 psi	Unidad	5
Balanza Romana 200 libras	Unidad	1
Aireador	Unidad	1
Bases oxigenadores	Unidad	4

3. Herramientas	Unidad de medida	Cantidad
Manguera 1/2' pvc	Unidad	1
Pala plana para volteo	Unidad	3
Machete	Unidad	1
Tijeras podadoras	Unidad	2
Embudos	Unidad	3
Matraz o pichel con medidor en lt	Unidad	3

4. Mobiliario y equipo oficina	Unidad de medida	Cantidad
Mesa plana de madera	Unidad	1
Estantería metálica 5 espacios	Unidad	1
Locker de 4 espacios 2 puertas	Unidad	1
Pizarra blanca	Unidad	1
Kit de marcadores de pizarra blanca	Unidad	1

De igual forma debe contar con los siguientes insumos que aseguren al menos tres ciclos de producción que les permiten a las organizaciones capitalizarse, siendo estos:

Listado de insumos básicos:

5. Suministros	Unidad de medida	Cantidad
Canecas de melaza de 20 litros	Unidad	5
Afrecho, maíz quebrado o salvado de trigo	Quintal	1
Microorganismos de montaña	Quintal	5
Carbonato de Calcio	Saco	1
Roca fosfórica	Saco	1
Cristales de Oxido Potásico	Saco	1
Polvo hidrosoluble compuesto Zinc 35% y Azufre 17%	Saco	1
Enmienda de magnesio al 30%	Saco	1
Cristales de boro al 21%	Saco	1
Silicato de magnesio al 100%	Saco	1
Azufre al 98%	Saco	1
Roca Leonardita 80%	Saco	1



3. OPERACIÓN DE LA BIOFÁBRICA Y PRODUCCIÓN

La Biofábrica es un centro de transferencia de tecnología que busca capacitar a productores y ser una unidad de producción en donde se conservan y propagan microorganismos de montaña como materia prima para la formulación de productos biofermentos y la extracción de nutrientes de origen natural para la elaboración de biofertilizantes, promoviendo mejora en la productividad agrícola, la conservación y restauración de suelos, favoreciendo la producción agroecológica de alimentos.



Cada una de las nueve biofábricas instaladas en los territorios busca cumplir cuatro funciones específicas a través de la operación y producción de biofertilizantes:

Salud integral del suelo:

Se enfoca en promover la salud del suelo, lo que implica mantener un ecosistema vivo y dinámico que incluye microorganismos microscópicos y de mayor tamaño. Estos microorganismos desempeñan un papel fundamental al transformar la materia en descomposición y los minerales en nutrientes disponibles para las plantas. Esto no solo mejora la estructura del suelo, sino que también contribuye al equilibrio del ciclo del carbono.

Promotores de fertilidad de suelo:

La biofábrica actúa como un laboratorio de producción de microorganismos de montaña, desempeñan funciones específicas en la naturaleza. Estos microorganismos se propagan y se utilizan en las formulaciones de los productos. Algunas de sus funciones incluyen la fijación de nitrógeno, la solubilización y captación de fósforo, y la promoción del crecimiento vegetal.

Fortificadores de plantas:

Durante el proceso de captura de microorganismos de montaña y la fermentación, se mantienen en latencia los hongos micorrícicos. Al aplicar los biofertilizantes al suelo, estos hongos micorrícicos se activan e inoculan el suelo, creando una capacidad de simbiosis con las plantas. Además, se producen quelatos de calcio, magnesio y hierro que contribuyen a la solubilización del fósforo mineral.

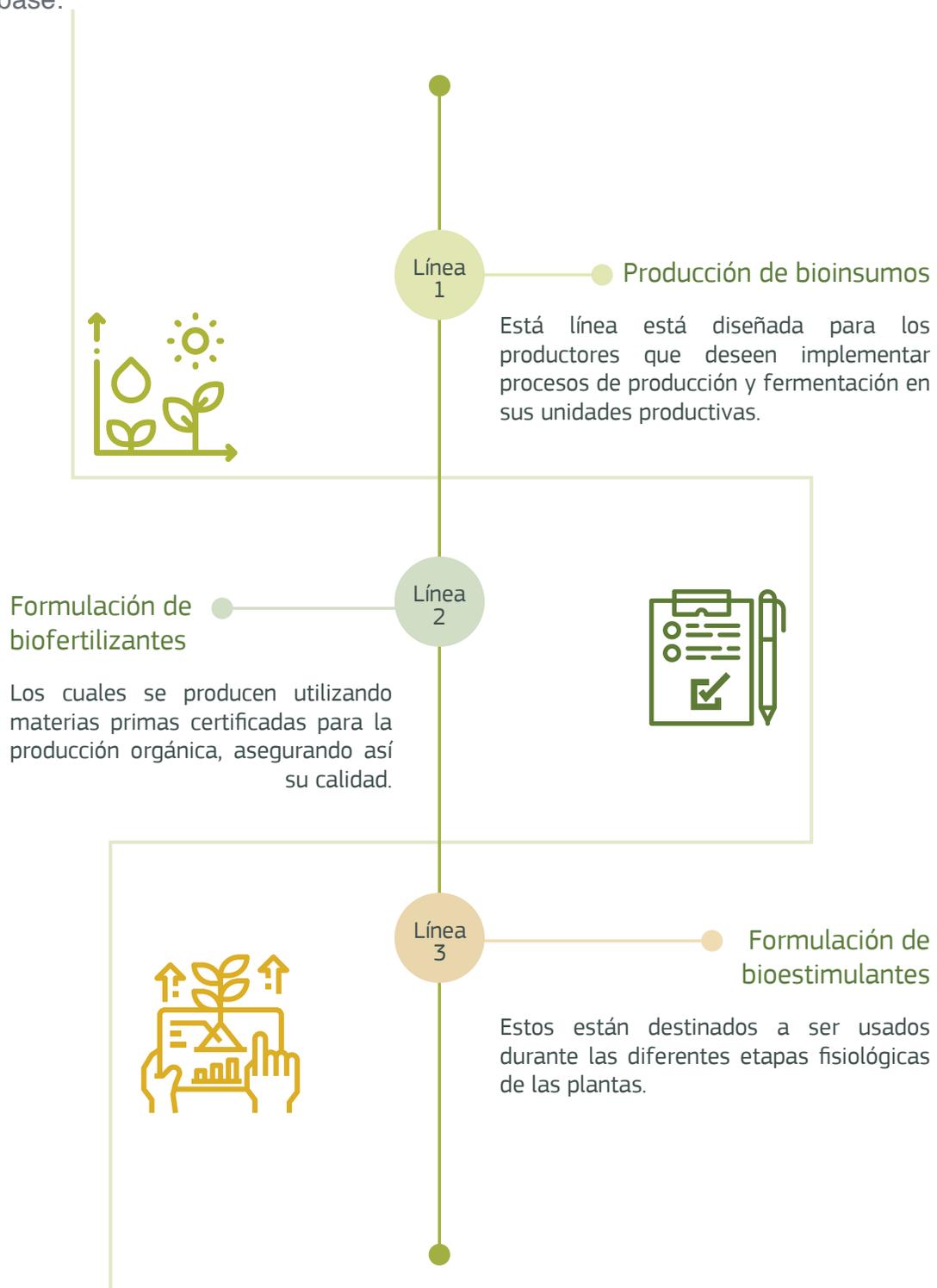
Estimulantes y desarrolladores de raíces:

En los productos desarrollados en la biofábrica existen microorganismos, que mediante su acción metabólica, liberan hormonas que regulan el crecimiento vegetativo. Esto favorece la floración y el aumento del sistema radicular de las plantas.



3.1. Productos a formular y producir en la biofábrica

La biofábrica tendrá la capacidad de formular y producir tres líneas de productos base:





Línea 1

3.2. Producción de bioinsumos

Los bioinsumos son elementos esenciales en la biofábrica, ya que constituyen la base fundamental para la preparación de los productos biológicos que serán usados en la propaación de los biofertilizantes. Estos bioinsumos se obtienen, principalmente, a través de la recolección de microorganismos de montaña o broza del bosque, que luego se utilizan como materia prima en los procesos de activación, propagación de microorganismos y etapas de fermentación.

I

Microorganismos de montaña fase sólida o madre sólida:

Estos microorganismos de montaña se encuentran en áreas de bosque mixto y desempeñan un papel crucial en el reciclaje de nutrientes de la flora circundante. Esto se logra a través del proceso de intemperización o liberación de nutrientes presentes en la capa intermedia del bosque, en la zona de descomposición de la hojarasca.

II

Activación en fase líquida o madre líquida:

Este proceso implica la activación de levaduras, hongos y bacterias presentes en el bosque mediante una dilución de la madre sólida y la adición de una fuente de azúcares, como la melaza. A este proceso se le llama activado madre y constituye la base principal para mejorar los suelos y se utiliza en la preparación de todos los bioinsumos.

III

Primera activación de los microorganismos de montaña:

En este proceso se adiciona la madre líquida a la primera dilución de los microorganismos de montaña. Este es el producto más básico del proceso.

IV

Microorganismos de montaña en pasto fermentado o madre de pasto fermentado:

El pasto fermentado con microorganismos de montaña es un proceso similar al ensilado, ya que las bacterias lácticas epifitas fermentan los carbohidratos, lo que favorece la proliferación de microorganismos benéficos.

V

Activación uno de pasto fermentado o base microbiana:

En esta etapa, se establece la base para la formulación de biofertilizantes que contienen sales minerales, harina de roca y enmiendas específicas ricas en silicio, magnesio, fosforo, potasio.



Línea
2

3.3. Producción de biofertilizantes

Las biofábricas tienen la capacidad de formular diversos productos de acuerdo con las necesidades de los cultivos y de los productores. A continuación, se listan los productos que serán la base principal para la formulación de biopreparados y bioestimulantes. El pasto fermentado será la fuente de nitrógeno para los biofertilizantes.

Tabla 3. Listado y formulación de los biofertilizantes que se elaborarán en las biofábricas

Biofertilizante	Nomenclatura Biofábrica	Composición o fuente de formulación	Importancia en fisiología vegetal
Bio-Calcio	BCa	La fuente principal de calcio a utilizar en la formulación será el carbonato de calcio para la enmienda de suelos	El calcio es un componente esencial en las paredes celulares y tiene también un efecto directo sobre los sistemas enzimáticos, actividades fitohormonales y absorción de nutrientes. El calcio también afecta el crecimiento del tubo de polen y la formación de las semillas.
Bio-Fosforo	BP	La fuente principal de fósforo será la roca fosfórica en una presentación de compuesta de harina de roca fosfórica al 100%	El fósforo es un componente de lípidos y ácidos nucleicos y es importante en el metabolismo, transferencia de energía y transporte de fotosintatos durante la producción y formación de floración y frutos
Bio-Potasio	BK	La fuente de potasio para la formulación de este biofertilizante son los Cristales de Oxido Potásico que este compuesto por cristales solubles y aminoácidos con una composición de Nitrógeno 10%, Fósforo 10% y Potasio 40% y aminoácidos 0.40%.	Junto con el nitrógeno, el potasio es uno de los nutrientes más importantes para la producción. Es necesario para la activación de enzimas, división de células, la fotosíntesis, transporte de fotosintatos y la osmorregulación. Crecimiento temprano de floraciones, cuajado de frutos y semillas maximizando su tamaño y azúcares en su formación, mantiene un crecimiento fuerte.

Biofertilizante	Nomenclatura Biofábrica	Composición o fuente de formulación	Importancia en fisiología vegetal
Bio-Zinc	BZn	La fuente de Zinc para este compuesto es el producto MultiZinc que es polvo mojable con una composición de Zinc 35% y Azufre 17.60%.	Mejora la formación de yemas florales Mejora la calidad de la floración cuajado de fruta aumentado crecimiento optimo
Bio-Magnesio	BMg	La fuente de Magnesio para esta formulación es el producto es SulfoMagnical compuesto por 25% de Magnesio y 15% de Azufre.	El magnesio está involucrado en varios procesos sobre todo en la producción de clorofila y síntesis de enzimas y transformación de azúcares.
Bio-Boro	BB	La fuente de Boro para la formulación de este biofertilizante es FertiBagra_21 compuesto por Oxido de Boro al 66.97%, Boro al 20.80% y Oxido de Sodio al 14.90%.	El boro, igual que el calcio, también juega un importante papel en la estructura celular y la integridad de las paredes celulares.
Bio-Silicio	BSi	La fuente de Silicio será la enmienda de suelos TecnoSilix, granulado con una composición de Silicato de Magnesio al 100%.	Silicio estimula el crecimiento de la planta, hojas mas fuertes, mayor fotosíntesis y tolerancia a baja luminosidad, estrés hídrico y térmico.
M. Bio-Azufre	BAz	Producto elaborado con de azufre de Quimiprova al 95% de pureza	El azufre es un componente importante de enzimas y otras proteínas, y es esencial para la formación de clorofila en la producción de cítricos
N. Bio-Humi	BH	La base para este biofertilizante es el producto TecnoHumat 80 su composición es Ácidos Húmicos 70%, Ácidos Fúlvicos 2.50%, Potasio 5% y Extractos de Algas 2.5%.	La leonardita tiene alta superficie específica al tamaño molecular, acidez y grado de condensación se asocian con cationes como aluminio, hierro, silicio, calcio y magnesio estabiliza física y químicamente el suelo y fomenta la biología del suelo y su fertilidad.

- Carbonato de Calcio
- Roca fosfórica
- Polvo hidrosoluble compuesto Zinc 35% y Azufre 17%
- Enmienda de magnesio al 30%
- Cristales de boro al 21%
- Silicato de magnesio al 100%
- Azufre al 98%
- Roca Leonardita 80%



Línea
3

3.4. Producción de biofertilizantes

Los bioestimulantes son compuestos que, como su nombre lo dice, estimulan procesos naturales en las plantas, mejorando la absorción y eficiencia de nutrientes, y aumentando el rendimiento en los cultivos. Los Bioestimulantes incluyen una variedad de componentes, tales como ácidos húmicos y fúlvicos, hidrolizados de proteínas con péptidos, aminoácidos y otros compuestos ricos en nitrógeno,

extractos de algas y de plantas, elementos benéficos y sus sales como silicio, calcio, potasio, fósforo y magnesio, además de hongos benéficos como las micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno y endofíticas.

Cabe mencionar que todos los productos incluyen una fuente de nitrógeno, que puede ser estiércol de vaca o, en su defecto, microorganismos de montaña fase sólida con pasto fermentado (FECCEG, Manual de biofábricas enfocados a pequeños productores orgánicos, 2002).

VI

Enraizador: Este producto se formula a partir de los biofertilizantes: **Bio-Fósforo, Bio-Magnesio y Bio-Silicio.**

La formulación de este producto promueve el desarrollo radicular al activar y estimular los microorganismos, que al ser combinados con los biofertilizantes aportan elementos como el fósforo, se activan fitohormonas como las auxinas y se inoculan los sistemas radiculares con microorganismos simbiotes micorríticos, que se activan naturalmente durante el proceso de fermentación de microorganismos de montaña (Lynn & Dorian, 2022).

VII

Prefloración: Este producto se formula a partir de los biofertilizantes: **Bio-Zinc, Bio-Boro, Bio-Potasio y Bio-Humi.**

La etapa de floración de las plantas, es un indicador de la cantidad y la calidad de los frutos que se obtendrán en la cosecha. Por lo tanto, es fundamental garantizar un flujo constante de macronutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio antes de la etapa de floración.

Este producto es la combinación de 4 biofertilizantes que, cuando son aplicados al suelo, aseguran un suministro natural de estos elementos a las plantas. Además, la adición de ácidos húmicos estimula la multiplicación de los microorganismos de montaña en la capa radicular de la planta, lo que garantiza una disponibilidad constante de nutrientes. Los aminoácidos producidos de manera natural durante los procesos de fermentación y la acción de la microfauna de los biofertilizantes mejoran el poder germinativo de los granos de polen, la elongación del tubo polínico y aumentan la tolerancia a momentos de estrés hídrico (INTAGRI, 2022).

VIII

Postfloración: Este producto se formula a partir de de los biofertilizantes: **Bio-Calcio, Bio-Zinc, Bio-Boro y Bio-Humi.**

La etapa de floración de las plantas, es un indicador de la cantidad y la calidad de los frutos que se obtendrán en la cosecha. Por lo tanto, es fundamental garantizar un flujo constante de macronutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio antes de la etapa de floración.

Este producto es la combinación de 4 biofertilizantes que, cuando son aplicados al suelo, aseguran un suministro natural de estos elementos a las plantas. Además, la adición de ácidos húmicos estimula la multiplicación de los microorganismos de montaña en la capa radicular de la planta, lo que garantiza una disponibilidad constante de nutrientes. Los aminoácidos producidos de manera natural durante los procesos de fermentación y la acción de la microfauna de los biofertilizantes mejoran el poder germinativo de los granos de polen, la elongación del tubo polínico y aumentan la tolerancia a momentos de estrés hídrico (INTAGRI, 2022).

IX

Postfloración: Este producto se formula a partir de de los biofertilizantes: **Bio-Calcio, Bio-Zinc, Bio-Boro y Bio-Humi.**

La etapa de floración de las plantas, es un indicador de la cantidad y la calidad de los frutos que se obtendrán en la cosecha. Por lo tanto, es fundamental garantizar un flujo constante de macronutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio antes de la etapa de floración.

Este producto es la combinación de 4 biofertilizantes que, cuando son aplicados al suelo, aseguran un suministro natural de estos elementos a las plantas. Además, la adición de ácidos húmicos estimula la multiplicación de los microorganismos de montaña en la capa radicular de la planta, lo que garantiza una disponibilidad constante de nutrientes. Los aminoácidos producidos de manera natural durante los procesos de fermentación y la acción de la microfauna de los biofertilizantes mejoran el poder germinativo de los granos de polen, la elongación del tubo polínico y aumentan la tolerancia a momentos de estrés hídrico (INTAGRI, 2022).

A vertical line with a small circle at the top and bottom. A larger circle with the letter 'X' is positioned on the left side of the line, with a horizontal line extending from it to the right, ending in a small circle.

X

Maduración de fruto: Este producto se formula a partir de de los biofertilizantes: **Bio-Potasio, Bio-Zinc, Bío-Boro, Bio-Azufrey Bio-Humat.**

Su objetivo es estimular la fase final de la formación de frutos en las plantas. El Bio-Potasio contribuye a la transformación de azúcares en almidón mediante procesos metabólicos, lo que favorece el llenado de fruto y su peso. Por otro lado, el Bio-Zinc y el Bio-Boro previenen y minimizan la caída de frutos, mientras que el Bio-Azufre contribuye a la formación de enzimas, fenoles y lípidos en los frutos, mejorando la fertilidad del embrión en formación. El uso de Bio-Humat favorecerá la proliferación de microorganismos del suelo en el sistema radicular, lo cual asegura la disponibilidad de nutrientes biológicamente elaborados e inmediatamente disponibles para las plantas. (Portalfruticola, 2017)



4. ETAPA DE FORMULACIÓN DE BIOINSUMOS, BIOFERTILIZANTES Y BIOPREPARADOS

4.1. Introducción

Dentro del marco de implementación de los sistemas agroforestales multiestrato, se promueven innovaciones específicas para el fortalecer las unidades productivas de café, mediante la adecuada planificación de la finca para garantizar la sostenibilidad familiar. Entre estas innovaciones, se encuentra la aplicación de prácticas de agricultura de conservación y la incorporación de alternativas agroecológicas de fertilización, con el propósito de reducir la dependencia a los agroquímicos y fomentar el uso de microorganismos benéficos en la producción de café y alimentos en la región de Baja Verapaz

4.2. Identificación y recolección de microorganismos de montaña.

De acuerdo con la teoría presentada, los microorganismos de montaña incluyen a los hongos degradadores de materia orgánica, los hongos micorrízicos y las bacterias fijadoras de nitrógeno. La recolección del micelio y la broza inoculada con estos microorganismos se llevará a cabo preferiblemente en bosques mixtos, a una profundidad de 5 centímetros desde la superficie del suelo que contenga micelio blanco y/o crema, evitando aquellos con micelios de color negro, rojo o café (Zeballos, 2017).

4.3. Reproducción y conservación de microorganismos de montaña.

Una vez recolectados los microorganismos de montaña, se procede a mezclarlos con las materias primas con el fin de obtener una solución homogénea. La conservación en medio sólido de estos microorganismos se justifica debido a que, durante el proceso de fermentación, ciertas bacterias producen ácido láctico y ácido acético, lo que contribuye a reducir la acidez en la mezcla y a evitar el desarrollo de bacterias y otros microorganismos no deseados en el bioinsumo de MM-Sólido (Méndez, 2014).

4.4. Proceso fermentativo.

El proceso de fermentación, es esencial para la preservación de los microorganismos de montaña, asegurando su conservación y reproducción en un estado sólido y en un entorno anaeróbico que favorece la producción de ácido láctico y ácido acético.

Este proceso de fermentación se lleva a cabo en cuatro etapas (Méndez, 2014):



Tabla 4. Ficha técnica para la formulación de MM-Sólido. (FECCEG, Manual de bio-fabrica, enfocado a pequeños productores orgánicos, 2022)

**FICHA
TÉCNICA
1**

FORMULACIÓN DE MM-SÓLIDO

REQUERIMIENTO DE INSUMOS

MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Micelios de montaña	SACOS		3	
Salvadillo de trigo	QUINTAL		1	
Melaza	GALON		1	
Panela o azúcar morena	MARQUETA		5	
MM Líquido Madre	LITROS		8	
MM Sólido maduro	LIBRAS		11	
Tonel o Bidón de 220 litros nuevo	UNIDAD		1	
Mano de obra	JORNAL		1	
Análisis de laboratorio 30 días después	UNIDAD		2	
TOTAL				

PROCEDIMIENTO PARA FORMULACIÓN DE BIOINSUMO

Mezclar los elementos en relación de 3:1 tres sacos micelio y un saco de semolina Diluir agua no clorada con melaza en relación de 1:1 hasta alcanzar prueba de puño Incorporar MMLM si se tuviese 8 litros y sustituir el resto por la mezcla anterior Incorporar MMS si se tuviera muestra madura a la mezcla. Homogenizar los materiales hasta alcanzar un color uniforme y la prueba de puño Incorporar al tonel o bidón de 220 litros con capas finas de material y compactar. La compactación tiene que ser firme para no dejar bolsas de aire dentro del material Llenar el tonel o bidón de 220 litros hasta faltar 5 cm del borde del recipiente Con nylon grueso y piedrín realizar sello en el espacio restante y sellar tonel por 30 días. Laboratorio de grupos indicadores, grupos funcionales de bacterias fijadoras, PDC y fitopatógenos

FECHA DE FORMULACIÓN	SEMANA	DIA	MES	AÑO

Tabla 5. Ficha técnica para la formulación de MM-Pasto fermentado (FECCEG, Manual de bio-fabrica, enfocado a pequeños productores orgánicos, 2022)

**FICHA
TÉCNICA
2**

FORMULACIÓN DE MM-PASTO FERMENTADO

REQUERIMIENTO DE INSUMOS

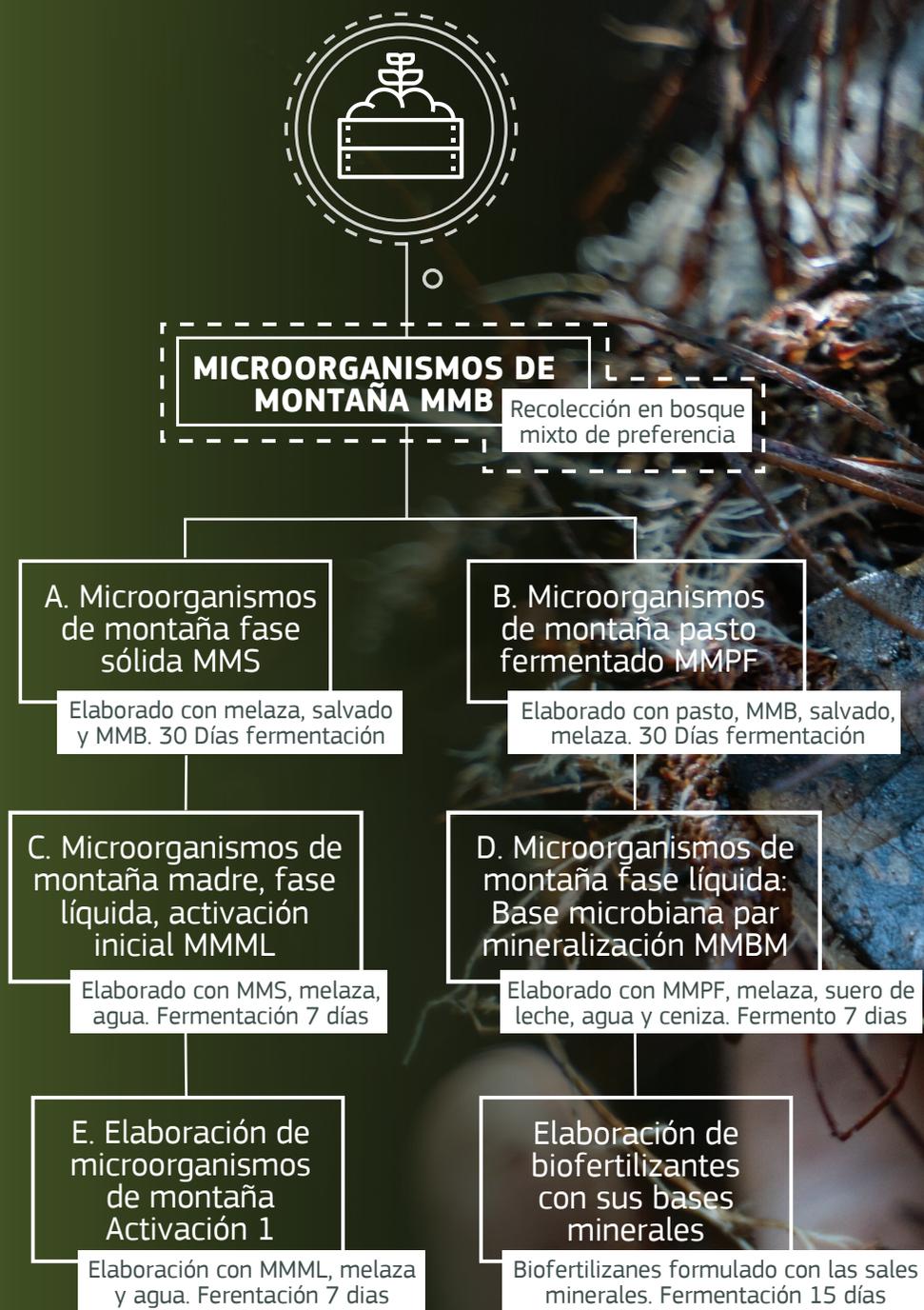
MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Micelios de montaña	SACOS		3	
Salvadillo de trigo	QUINTAL		1	
Melaza	GALON		1	
Panela o azúcar morena	MARQUETA		5	
MM Líquido Madre	LITROS		8	
MM Sólido maduro	LIBRAS		11	
Pasto Clon 51, Cuba 95 o disponibilidad	LIBRAS		40	
Tonel o Bidón de 220 litros nuevo	UNIDAD		1	
Mano de obra	JORNAL		1	
Análisis de laboratorio			2	
TOTAL				

PROCEDIMIENTO PARA FORMULACIÓN DE BIOINSUMO

Mezclar los elementos en relación de 3:1 tres sacos micelio y un saco de semolina Diluir agua no clorada con melaza en relación de 1:1 hasta alcanzar prueba de puño Incorporar MMLM si se tuviese 8 litros y sustituir el resto por la mezcla anterior Incorporar MMS si se tuviera muestra madura a la mezcla. Macerar en trozos de 5 cm las 40 libras de pasto e incorporar a la mezcla Homogenizar los materiales hasta alcanzar un color uniforme y la prueba de puño Incorporar al tonel o bidón de 220 litros con capas finas de material y compactar. La compactación tiene que ser firme para no dejar bolsas de aire dentro del material Llenar el tonel o bidón de 220 litros hasta faltar 5 cm del borde del recipiente Con nylon grueso y piedrín realizar sello en el espacio restante y sellar tonel por 30 días Laboratorio de grupos indicadores, grupos funcionales de bacterias fijadoras, PDC y fitopatógenos

FECHA DE FORMULACIÓN	SEMANA	DIA	MES	AÑO

5. Flujograma del proceso de formulación de MM-Sólidos y MM-Pasto fermentado





6. Base técnica

Módulo 2: Elaboración de microorganismos de montaña Madre Líquida (MML) y Base Microbiana (BM).

6.1. Introducción

La uso de bacterias ácido lácticas en la agricultura se ha vuelto esencial en la producción de alimentos debido a su capacidad para transformar azúcares, lactosa y glucosa en ácido láctico. Esto modifica el pH del entorno en el que se activan, como el suelo, y tiene efectos beneficiosos, como la solubilización del fósforo en la tierra y el control de numerosas plagas y enfermedades en los cultivos (Aragón, 2021).

6.2. Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas son microorganismos con diversas aplicaciones en la fermentación de alimentos, como la leche, carne, vegetales y productos derivados de la leche, como yogurt, quesos, encurtidos, ensilados, bebidas y cervezas entre otros. Técnicamente, estas bacterias pueden definirse como cocos o bacilos Gram positivos, pues no forman esporas, no son móviles y pueden ser anaeróbicos, microaerófilicos o aerotolerantes. Producen ácido láctico como su producto principal en la fermentación de carbohidratos, lo que las hace tolerantes al ácido y capaces de crecer en ambientes con un pH de 2 a 3 (Morocho, 2019).

6.3. Uso aplicado de bacterias ácido lácticas

Estas bacterias incluyen géneros como *Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *L. streptococcus* y *L. pediococcus*. Exhiben un efecto antagónico frente a agentes fitopatógenos del suelo, ya

que disminuyen el pH del suelo y producen péptidos con actividad antimicrobiana, como la bacteriosinas clase I y la nisina, que es altamente eficaz contra bacterias Gram positivas. Estas bacterias son microaerófilas y se desarrollan mejor en una atmósfera con un 5% de CO₂, tienen un crecimiento lento y requieren una temperatura óptima de 25°C a 30°C. Estas bacterias tienen la capacidad de suprimir enfermedades en las plantas, como el desarrollo del mal del talluelo y la proliferación de *Fusarium* spp, además de reducir las poblaciones de nemátodos, entre otros beneficios. También contribuyen al crecimiento de las plantas al mejorar la absorción de nutrientes, ya que reducen el pH del suelo, lo que hace que los nutrientes esenciales estén disponibles (Morocho, 2019).

En la industria alimentaria, se utiliza *Lactococcus lactis*, una bacteria ácido láctica, debido a que durante el proceso de fermentación, se produce NISINA. Este producto es fundamental para garantizar la inocuidad de los alimentos y es el único conservante natural aprobado por la OMS para ser usado en la industria alimentaria. La NISINA es eficaz en la eliminación de microorganismos patógenos y contribuye a la biopreservación de alimentos, prolongando su vida útil sin alterar sus características naturales (Cano-Serna, 2015).

La utilización de lactobacilos también inhibe la acción de organismos patógenos, como: *Listeria monocytogenes*; *Listeria innocua* NCTC 11288; *Salmonella typhimurium*; *Zygosaccharomyces bailii*; *Oenococcus oeni*, *Leuconostoc* sp., *Pediococcus* spp; entre otros (Cano-Serna, 2015).

6.4. Aplicación de bacterias ácido lácticas en agricultura

En la etapa de vivero, la aplicación de microorganismos de montaña enriquecidos con compuestos derivados de bacterias ácido lácticas, o directamente las bacterias, ha demostrado beneficios significativos sobre el crecimiento de plántulas en desarrollo y la inhibición de bacterias fitopatógenas. Las bacterias ácido lácticas actúan como agentes que mejoran las condiciones físicas de suelos contaminados con patógenos y degradados desde el punto de vista físicoquímico. Además ayudan en el control de bacterias y hongos del suelo.

Un estudio evaluó el desarrollo de fermentos con bacterias ácido lácticas a partir de suero de leche y yogurt. Al aplicar estos fermentos en las bandejas de germinación de Moringa, Papaya, Banano y calabaza se obtuvo un porcentaje de germinación del 84%, valor que resultó ser mayor que el obtenido en los tratamientos en los que no se aplicaron bacterias ácido-lácticas. (Anguiano, 2017)

Tabla 6. Elaboración de MML. (FECCEG, Manual de bio-fabrica, enfocado a pequeños productores orgánicos, 2022)

**FICHA
TÉCNICA
3**

FORMULACIÓN DE Microorganismos Madre Líquida (MML)

REQUERIMIENTO DE INSUMOS

MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Melaza	GALON		1	
Panela o azúcar morena (si no hay melaza)	LIBRAS		5	
MM Sólido maduro	LIBRAS		20	
Agua sin cloro	LITROS		175	
Tonel o Bidón de 220 litros nuevo	UNIDAD		1	
Malla anti áfida o similar	YARDA		1	
Mano de obra	JORNAL		1	
Análisis de laboratorio			2	
TOTAL				

PROCEDIMIENTO PARA FORMULACIÓN DE BIOINSUMO

Disolver 1 galón de melaza en un galón de agua o sustituir con 5 libras de panela. Llenar tonel de 220 litros de capacidad con 175 litros de agua no clorada. Colocar en tonel la melaza o panela diluida, mezclar bien. Sumergir dentro de tonel de 220 litros las 20 libras de microorganismos sólidos. Completar el volumen del barril con agua no clorada. Sellar herméticamente durante 15 días y utilizar. No almacenar este producto más de un mes

FECHA DE FORMULACIÓN	SEMANA	DIA	MES	AÑO

Tabla 7. Elaboración de MML (FECCEG, Manual de bio-fabrica, enfocado a pequeños productores orgánicos, 2022)

**FICHA
TÉCNICA
4**

FORMULACIÓN DE Base Microbiana (BM)

REQUERIMIENTO DE INSUMOS

MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Melaza	GALON		1	
Panela o azúcar morena (si no hay melaza)	LIBRAS		5	
MM Líquido madre	GALONES		2	
MM PASTO FERMENTADO Sólido maduro	LIBRAS		33	
Agua sin cloro	LITROS		175	
Ceniza blanca de estufa de leña	LIBRAS		1	
Leche de vaca o suero de leche	LITROS		8	
Tonel o Bidón de 220 litros nuevo	UNIDAD		1	
Malla anti áfida o similar	YARDA		1	
Mano de obra	JORNAL		1	
Análisis de laboratorio			2	
TOTAL				

PROCEDIMIENTO PARA FORMULACIÓN DE BIOINSUMO

Disolver 1 galón de melaza en los 2 galones de MML e integrar a tonel. Llenar tonel de 220 litros de capacidad con 175 litros de agua no clorada. Integrar a tonel una libra de ceniza blanca de estufa de leña Integrar a tonel 8 litros de leche o suero de leche. Mezclar bien todos los ingredientes antes de añadir el pasto fermentado. Sumergir dentro de tonel de 220 litros las 33 libras de pasto fermentado. Completar el volumen del barril con agua no clorada. Sellar herméticamente durante 5 días y antes de realizar las mineralizaciones. No almacenar este producto más de un mes.

FECHA DE FORMULACIÓN	SEMANA	DIA	MES	AÑO

7. MINERALIZACIONES DE MICROORGANISMOS DE MONTAÑA



7.1. Introducción

En el marco del proyecto AgroInnova, se ha impulsado la utilización de microorganismos de montaña como una innovación destinada a la conservación de suelos y a la regeneración de la vida microbiana en las plantaciones de café y los Sistemas Agroforestales Multiestrato (SAFM). Entre los abonos agroecológicos promovidos por el proyecto AgroInnova en los sistemas agroforestales multiestrato se encuentran los abonos tipo compost, lombricompost, bocashi, repelentes, biofermentos simples.

El uso de los microorganismos de montaña en las organizaciones participantes del proyecto se ha establecido como una alternativa complementaria a los planes de fertilización en el SAFM-CAFÉ, ya que estos actúan como inóculos de bacterias y hongos benéficos para la agricultura.

7.2. Desarrollo de poblaciones microbianas

Las poblaciones de microorganismos de montaña presentes en los líquidos activados de las biofábricas se pueden clasificar en 4 grupos funcionales: fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, bacterias ácido lácticas y levaduras, dependiendo del tiempo de formulación pueden estar presentes los hongos micorrízicos. Durante el proceso de activación, 4 días después, comienza la reproducción de hongos en la solución; pasados 8 días, se reproducen las bacterias ácido lácticas, y a los 15 días aparecen las levaduras.

Estos grupos funcionales en los biofertilizantes tienen la capacidad de desarrollarse en suelos degradados y empobrecidos para posteriormente colonizar los sistemas radiculares de las

plantas, lo que resulta en la síntesis de sustancias beneficiosas para las plantas y la absorción de nutrientes, además de protegerlas contra enfermedades. La incorporación de los grupos funcionales especializados en la solubilización de fosfatos y nutrientes esenciales, la fijación de nitrógeno y la protección natural a patógenos del suelo mejora la resistencia al estrés hídrico, estabiliza los agregados del suelo y mejora su estructura (Castro & González, 2020).

7.3. Mineralización de bioinsumos

La mineralización es un proceso bioquímico realizado por los microorganismos del suelo y de montaña. Estos microorganismos poseen la maquinaria enzimática adecuada que, al absorber los minerales de las moléculas, obtienen la energía necesaria para realizar procesos metabólicos que descomponen las macromoléculas de las plantas, la hojarasca, la masa microbiana en descomposición y los exudados orgánicos de las raíces. Estos componentes se transforman en moléculas de bajo peso molecular que, a través de reacciones químicas de oxidación e hidrólisis, son catabólicamente descompuestas en compuestos inorgánicos. Estos compuestos pueden quedar inmovilizados en el suelo, volatilizarse en el aire, lixiviar a zonas más profundas o ser absorbidos por el complejo de plantas y microorganismos (Monsalve, 2017).



Metodología para mineralizaciones de elementos y recomendaciones

- I Llenado de recipiente a la mitad con solución base microbiana.
- II Verificación de la acidez de base microbiana cercano a un pH de 4.
- III Disolver melaza en cubeta con proporción 1:1 con MM Líquida.
- IV Mezclar la melaza con MM líquida e incorporar a la base microbiana.
- V Incorporar leche o suero de leche en la solución de melaza y base microbiana.
- VI Pesar los minerales según volumen a formular e incorporar a la base microbiana.
- VII Mezclar los ingredientes del recipiente, llenar a capacidad con MM Líquida.
- VIII Sellar herméticamente el recipiente durante 15 días.
- IX No mezclar Potasio con boro, calcio y magnesio en ningún biofermento.
- X No mezclar Bio-Calcio con ningún elemento hasta el momento de la aplicación.
- XI Mezcla de magnesio y fósforo y fermentar por 5 días más.
- XII Silicio es compatible con Calcio, Magnesio y Zinc.

Tabla 8. Tabla de conversiones para peso de minerales en la formulación de biofertilizantes.

Biofertilizante	Nomenclatura	Insumo	Ph De Solución	Fermentación En Días	Lb/200 lt	Lb/20 lt	Lb/3.7 lt	gm/3.7 lt	Lb/1 lt	gm/Lt
F. Bio-Calcio	BCa	AgriMag WP™	4	15	26	2.6	0.481	218.374	0.13	59.02
G. Bio-Fósforo	BP	FosfoMax™	4	15	26	2.6	0.481	218.374	0.13	59.02
H. Bio-Potasio	BK	Multifruto Cosechador™	4	15	18	1.8	0.333	151.182	0.09	40.86
I. Bio-Zinc	BZn	MultiZinc WP™	4	15	17	1.7	0.3145	142.783	0.085	38.59
J. Bio-Magnesio	BMg	SulfoMagnical WPTM	4	15	27	2.7	0.4995	226.773	0.135	61.29
K. Bio-Boro	BB	FertiBagra™	4	15	17	1.7	0.3145	142.783	0.085	38.59
L. Bio-Silicio	BSi	TecnoSilix WP™	4	15	26	2.6	0.481	218.374	0.13	59.02
M. Bio-Azufre	BAz	Azufre al 98%	4	15	17	1.7	0.3145	142.783	0.085	38.59
N. Bio-Humi	BH	TecnoHumat WP™	4	15	22	2.2	0.407	184.778	0.11	49.94

Cuadro 9. Tabla de conversiones para la utilización de bioinsumos para formulación de biofertilizantes.

Recipiente	Capacidad volumétrica (Lt)	Base microbiana	Litros de melaza	Litros suero de leche	Litros MM líquido madre	Litros Agua no clorada
Tonel	200	100 lt	8	8	Llenado	Llenado
Caneca	20	10 lt	0.8	0.8	Llenado	Llenado
Galón	3.7	1.85	0.14	0.14	Llenado	Llenado
Litro	1	0.5	0.02	0.02	Llenado	Llenado



Línea 3

7.4. Producción de bioinsumos

Los bioestimulantes son compuestos que, como su nombre lo dice, estimulan procesos naturales en las plantas, mejorando la absorción y eficiencia de nutrientes, y aumentando el rendimiento en los cultivos. Los Bioestimulantes incluyen una variedad de componentes, tales como ácidos húmicos y fúlvicos, hidrolizados de proteínas con péptidos, aminoácidos y otros compuestos ricos en nitrógeno,

extractos de algas y de plantas, elementos benéficos y sus sales como silicio, calcio, potasio, fósforo y magnesio, además de hongos benéficos como las micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno y endofíticas.

Cabe mencionar que todos los productos incluyen una fuente de nitrógeno, que puede ser estiércol de vaca o, en su defecto, microorganismos de montaña fase sólida con pasto fermentado (FECCEG, Manual de biofábricas enfocados a pequeños productores orgánicos, 2002).

VI

● **Enraizador:** Este producto se formula a partir de los biofertilizantes: **Bio-Fósforo, Bio-Magnesio y Bio-Silicio.**

La formulación de este producto promueve el desarrollo radicular al activar y estimular los microorganismos, que al ser combinados con los biofertilizantes aportan elementos como el fósforo, se activan fitohormonas como las auxinas y se inoculan los sistemas radiculares con microorganismos simbiotes micorríticos, que se activan naturalmente durante el proceso de fermentación de microorganismos de montaña (Lynn & Dorian, 2022).

VII

● **Prefloración:** Este producto se formula a partir de de los biofertilizantes: **Bio-Zinc, Bio-Boro, Bio-Potasio y Bio-Humi.**

La etapa de floración de las plantas, es un indicador de la cantidad y la calidad de los frutos que se obtendrán en la cosecha. Por lo tanto, es fundamental garantizar un flujo constante de macronutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio antes de la etapa de floración.

Este producto es la combinación de 4 biofertilizantes que, cuando son aplicados al suelo, aseguran un suministro natural de estos elementos a las plantas. Además, la adición de ácidos húmicos estimula la multiplicación de los microorganismos de montaña en la capa radicular de la planta, lo que garantiza una disponibilidad constante de nutrientes. Los aminoácidos producidos de manera natural durante los procesos de fermentación y la acción de la microfauna de los biofertilizantes mejoran el poder germinativo de los granos de polen, la elongación del tubo polínico y aumentan la tolerancia a momentos de estrés hídrico (INTAGRI, 2022).

VIII

Postfloración: Este producto se formula a partir de de los biofertilizantes: **Bio-Calcio, Bio-Zinc, Bio-Boro y Bio-Humi.**

La etapa de floración de las plantas, es un indicador de la cantidad y la calidad de los frutos que se obtendrán en la cosecha. Por lo tanto, es fundamental garantizar un flujo constante de macronutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio antes de la etapa de floración.

Este producto es la combinación de 4 biofertilizantes que, cuando son aplicados al suelo, aseguran un suministro natural de estos elementos a las plantas. Además, la adición de ácidos húmicos estimula la multiplicación de los microorganismos de montaña en la capa radicular de la planta, lo que garantiza una disponibilidad constante de nutrientes. Los aminoácidos producidos de manera natural durante los procesos de fermentación y la acción de la microfauna de los biofertilizantes mejoran el poder germinativo de los granos de polen, la elongación del tubo polínico y aumentan la tolerancia a momentos de estrés hídrico (INTAGRI, 2022).

IX

Postfloración: Este producto se formula a partir de de los biofertilizantes: **Bio-Calcio, Bio-Zinc, Bio-Boro y Bio-Humi.**

La etapa de floración de las plantas, es un indicador de la cantidad y la calidad de los frutos que se obtendrán en la cosecha. Por lo tanto, es fundamental garantizar un flujo constante de macronutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio antes de la etapa de floración.

Este producto es la combinación de 4 biofertilizantes que, cuando son aplicados al suelo, aseguran un suministro natural de estos elementos a las plantas. Además, la adición de ácidos húmicos estimula la multiplicación de los microorganismos de montaña en la capa radicular de la planta, lo que garantiza una disponibilidad constante de nutrientes. Los aminoácidos producidos de manera natural durante los procesos de fermentación y la acción de la microfauna de los biofertilizantes mejoran el poder germinativo de los granos de polen, la elongación del tubo polínico y aumentan la tolerancia a momentos de estrés hídrico (INTAGRI, 2022).

X

Maduración de fruto: Este producto se formula a partir de los biofertilizantes: **Bio-Potasio, Bio-Zinc, Bio-Boro, Bio-Azufre y Bio-Humat.**

Su objetivo es estimular la fase final de la formación de frutos en las plantas. El Bio-Potasio contribuye a la transformación de azúcares en almidón mediante procesos metabólicos, lo que favorece el llenado de fruto y su peso. Por otro lado, el Bio-Zinc y el Bio-Boro previenen y minimizan la caída de frutos, mientras que el Bio-Azufre contribuye a la formación de enzimas, fenoles y lípidos en los frutos, mejorando la fertilidad del embrión en formación. El uso de Bio-Humat favorecerá la proliferación de microorganismos del suelo en el sistema radicular, lo cual asegura la disponibilidad de nutrientes biológicamente elaborados e inmediatamente disponibles para las plantas. (Portalfruticola, 2017)

Para la formulación de cada bioestimulante es importante seguir las siguientes recomendaciones:

BIOESTIMULANTE – ENRAIZADOR

BIOFERTILIZANTE	NOMENCALTURA	CANTIDAD LT
Bio-Calcio	BCa	20
Bio-Fósforo	BP	20
Bio-Potasio	BK	20
Bio-Zinc	BZn	20
Bio-Magnesio	BMg	20
Bio-Boro	BB	20
Bio-Silicio	BSi	20
Bio-Humi	BH	20

Instrucciones formulación Enraizador

- I Se toman los 20 litros de cada biofertilizante para realizar una mezcla general el día que se realizará la aplicación en campo.
- II Llenar la bomba de mochila de 16 litros a la mitad.
- III En una cubeta de 5 litros de agua incorporar 1.5 litros de mezcla general e incorporar la solución a la bomba de mochila de 16 lt y aplicar al drench (tronco de la planta).
- IV Nunca mezclar los biofertilizante hasta antes de la aplicación al suelo.

BIOESTIMULANTE - PRE-FLORACIÓN

BIOFERTILIZANTE	NOMENCALTURA	CANTIDAD LT
Bio-Potasio	BK	20
Bio-Zinc	BZn	20
Bio-Boro	BB	20
Bio-Humi	BH	20

Instrucciones formulación Enraizador

- I Se toman los 20 litros de cada biofertilizante para realizar una mezcla general el día que se realizará la aplicación en campo.
- II Llenar la bomba de mochila de 16 litros a la mitad.
- III En una cubeta de 5 litros de agua incorporar 1.5 litros de mezcla general e incorporar la solución a la bomba de mochila de 16 lt y aplicar al drench (tronco de la planta).
- IV Nunca mezclar los biofertilizante hasta antes de la aplicación al suelo.

BIOESTIMULANTE - POST-FLORACIÓN

BIOFERTILIZANTE	NOMENCALTURA	CANTIDAD LT
Bio-Calcio	BCa	20
Bio-Zinc	BZn	20
Bio-Boro	BB	20
Bio-Humi	BH	20

Instrucciones formulación Enraizador

- I Se toman los 20 litros de cada biofertilizante para realizar una mezcla general el día que se realizará la aplicación en campo.
- II Llenar la bomba de mochila de 16 litros a la mitad.
- III En una cubeta de 5 litros de agua incorporar 1.5 litros de mezcla general e incorporar la solución a la bomba de mochila de 16 lt y aplicar al drench (tronco de la planta).
- IV Nunca mezclar los biofertilizante hasta antes de la aplicación al suelo.

BIOESTIMULANTE - CRECIMIENTO DEL FRUTO

BIOFERTILIZANTE	NOMENCALTURA	CANTIDAD LT
Bio-Calcio	BCa	20
Bio-Potasio	BK	20
Bio-Magnesio	BMg	20
Bio-Humi	BH	20

Instrucciones formulación Enraizador

- I Mezclar Bio-Humi, Bio-Potasio y Bio-Magnesio y fermentar 5 días para su uso.
- II Llenar la bomba de mochila de 16 litros a la mitad.
- III En una cubeta con 2 litros de agua incorporar $\frac{1}{4}$ o 250 ml de Bio-Calcio y mezclar.
- IV Después de fermentar Bio-Humi, Bio-Potasio y Bio-Magnesio, mezclar Bio-Calcio por 5 minutos.
- V En una cubeta de 5 litros de agua incorporar 1.5 litros de mezcla general e incorporar la solución a la bomba de mochila de 16 lt y aplicar al drench (tronco de la planta).
- VI Nunca mezclar los biofertilizantes hasta antes de la aplicación al suelo.

BIOESTIMULANTE - MADURACIÓN DEL FRUTO

BIOFERTILIZANTE	NOMENCALTURA	CANTIDAD LT
H. Bio-Potasio	BK	20
I. Bio-Zinc	BZn	20
K. Bio-Boro	BB	20
L. Bio-Azufre	BA	20
N. Bio-Humi	BH	20

Instrucciones formulación Enraizador

- I Se toman los 20 litros de cada biofertilizante para realizar una mezcla general el día que se realizará la aplicación en campo.
- II Llenar la bomba de mochila de 16 litros a la mitad.
- III En una cubeta de 5 litros de agua incorporar 1.5 litros de mezcla general e incorporar la solución a la bomba de mochila de 16 lt y aplicar al drench (tronco de la planta).
- IV Nunca mezclar los biofertilizante hasta antes de la aplicación al suelo.

8. Biochar: Estructurador de suelos

8.1. Introducción

El Biochar es un proceso de producción de carbón vegetal a partir de residuos de cosecha, madera o residuos agrícolas, producidos al implementar prácticas agronómicas como podas, en el cultivo de café. La producción de este carbón vegetal no se emplea como combustible, sino como un complemento para el mejoramiento de suelos o en la producción agrícola extensiva.

En los procesos de manejo del café, bajo el modelo de los Sistemas Agroforestales Multiestrato (SAFM), los procesos de manejo de sombra y los residuos del manejo de tejido productivo en el establecimiento de ciclos son un claro ejemplo de aprovechamiento de material vegetal para la producción sostenible de carbón o Biochar.

8.2. Biomasa

El proceso de pirólisis es la conversión de biomasa en un compuesto mineral a base de carbono. La biomasa incluye cualquier compuesto orgánico que puede utilizarse como fuente de energía. Para este proceso, la biomasa de interés está compuesta por lignina, celulosa y hemicelulosas (azúcares, etanol, cetonas, aldehídos, furanos, fenoles y ácido fórmico) y sus derivados oxigenados.

La celulosa es un hidrato de carbono complejo y es el componente principal de la pared de las células vegetales. En la planta, se combina con sustancias leñosas, grasas o gomosas y comprende entre el 40 % y 50% del contenido de madera seca. La hemicelulosa o poliosa constituye entre el 25% y 35% de las plantas y forma la matriz de la superestructura de la celulosa, que es un polisacárido compuesto por glucosa, manosa, galactosa, xilosa, arabinosa y residuos galactorónicos.

Por ultimo, la lignina es el tercer componente de la madera, representando el 33% de la madera suave y el 25% de las maderas duras. Es una resina amorfa y su estructura molecular no es exacta, es la responsable de la aglomeración de las fibras celulósicas y funciona como escudo contra los microorganismos patógenos, pues evita que puedan acceder a las fibras y cumple con una función estructural (Fajardo, 2011).

8.3. Proceso de pirólisis

El proceso de pirólisis es una reacción térmica que implica la separación de compuestos gaseosos y la formación de residuos sólidos a temperaturas que oscilan entre 300°C a 600°C, bajo condiciones de presión atmosférica normal. Se caracteriza por una alta transferencia de calor y tasas de calentamiento elevadas de la biomasa, en un reactor adecuado, el proceso de pirólisis puede alcanzar hasta 500°C.

El resultado de la pirólisis es un proceso endotérmico que genera compuestos gaseosos condensables y no condensables, así como productos carbonosos porosos (Müller, 2013).

8.4. Elaboración de biochar

El proceso de elaboración de Biochar se lleva a cabo mediante diversos métodos. Este documento describe el método de horno artesanal utilizando un tonel o bidón metálico de 220 litros.

● **Recolección de biomasa:**

Recolectar la biomasa provenientes de las actividades agrícolas del café y del sistema agroforestal multiestrato. Se incluyen las ramas y la madera que se obtienen de las podas para el manejo de sombra del café, también las ramas y tallos cortados del manejo de tejidos productivos en la parcela de café, los residuos de cosecha del maíz como lo son el rastrojo y olote, la pulpa de café secada al sol y el cascabillo de café (Life, 2021).

● **Preparación de la biomasa en el horno:**

Depositar el material vegetal en trozos de no más de 50 cm de longitud, colocando los más gruesos en la parte inferior y los más ligeros y delgados en la parte superior (Life, 2021).

● **Encendido del horno:**

Se enciende el horno y coloca una chimenea para permitir que se produzca el proceso de pirólisis. Durante este proceso, no debe haber emisión de humo ni gases visibles.

● **Apagado del horno:**

Una vez que se ha completado el proceso, se apaga el horno con abundante agua. Este paso favorece la generación de poros en el carbón debido a la reacción térmica. Luego, se permite que escurra y enfrie.

● **Inoculación con microorganismos de montaña:**

Después de 72 horas de haber apagado el horno, se procede a macerar el material y a inocularlo con los microorganismos de montaña u otro compuesto líquido para su aprovechamiento (Penton & Gertrudis, 2021).

● **Utilización abonos sólidos:**

El biochar puede utilizarse en una proporción de 1 parte de biochar por 3 partes de compost.



Referencias bibliográficas

Association, S. I. (1995). *Manual de fertilizantes para la horticultura*. México D.F.: Editorial Limusa, S.A. de C.V.

Balasubramanian, A. (Febrero de 2017). *Soil microorganisms*. Obtenido de Reserchgate: https://www.researchgate.net/publication/314499993_Soil_Microorganisms

CICEANA, C. (Marzo de 2000). *Centro de información y comunicación ambiental de Norte America A.C.* Obtenido de CICEANA: <http://www.divulgacion.ccg.unam.mx/panel/5/el-ciclo-del-nitr%C3%B3geno-ciceana>

Dumroese, R. K., Luna, T., & Landis, T. D. (2009). *Nursery manual for native plants: Beneficial microorganisms [Chapter 14]*. Obtenido de United States Forest Service: <https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/33082>

FECCEG. (2002). *Manual de biofábricas enfocados a pequeños productores orgánicos*. Quetzaltenango, Guatemala: FECCEG.

FECCEG. (2022). *Manual de bio-fabrica, enfocado a pequeños productores orgánicos*. Quetzaltenango, Guatemala: FECCEG.

Ferrera, R. (2007). *Microbiología Agrícola*. Ciudad de México: Editorial Trillas.

INTAGRI, I. p. (2022). *Bioestimulación en floración de los cultivos hortifrutícolas*. Obtenido de Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulacion-de-la-floracion-en-cultivo-hortofruticolas#:~:text=Mezclas%20balanceadas%20con%20nitr%C3%B3geno%2C%20f%C3%B3sforo,de%20potasio%20inducen%20la%20floraci%C3%B3n>.

Lynn, M., & Dorian, S. (2022). *El proceso de nutrición de las plantas*. Obtenido de Mheducation.es: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180895.pdf>

Méndez, A. S. (Octubre de 2014). *Evaluación de inóculo de tres niveles de concentración de Lactobacillus acidophilus y licor ruminal, obtenidos a partir del contenido ruminal de bovinos faenados, aplicados al ensilado de napier (Pennisetum purpureum var. Schum), Chiquimula, Chiquimula.* Obtenido de usac.edu.gt: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4252/1/19%20Z%20TG-2340-1762.pdf>

Portalfruticola. (Mayo de 2017). *Fisiología, crecimiento y maduración de frutos.* Obtenido de Portalfruticola.com: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/05/28/fisiologia-del-crecimiento-y-maduracion-de-frutos/#:~:text=El%20crecimiento%20y%20maduraci%C3%B3n%20del%20fruto%20es%20consecuencia%20de%20la,un%20desarrollo%20notorio%20del%20fruto.>

Restrepo, J. (2007). *El abc de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra.* Obtenido de infoagronomo.net: <https://drive.google.com/file/d/1HMSw6KnTTHcXnL0jsS1ZmtCNrmg cdVn8/view>

Santa Fe, M. d. (2019). *Guía Básica para la Planificación y Manejo Agroecológico de Cultivos.* Obtenido de www.fao.org: <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1608323/>

Santillas, I. (Octubre de 2020). *El ciclo del carbono: qué es, cómo funciona y su importancia.* Obtenido de Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/el-ciclo-del-carbono-que-es-como-funciona-y-su-importancia-2999.html#:~:text=El%20ciclo%20del%20carbono%20se,transformaci%C3%B3n%20en%20mol%C3%A9culas%20m%C3%A1s%20complejas.>

Zeballos, M. F. (Noviembre de 2017). *Caracterización de microorganismos de montaña (MM) en biofertilizantes artesanales.* Obtenido de Universidad Zamorano: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/32881915-2d77-496a-b7cd-00bffb2a2eff/content>