



GUÍA PARA LA CAPTURA, REPRODUCCIÓN
Y APLICACIÓN ARTESANAL DE

MICROORGANISMOS

BENÉFICOS EN LA CAFICULTURA



GUÍA PARA LA CAPTURA, REPRODUCCIÓN Y
APLICACIÓN ARTESANAL DE
MICROORGANISMOS
BENÉFICOS EN LA CAFICULTURA

Unidad de Agroecología, Normas y Regulaciones del departamento de
“Centro de Investigaciones en Café -Cedicafé”



Ingeniera Agrónoma Yessenia Navarro
Especialista en agroecología, normas y regulaciones en café.
Centro de Investigaciones en Café - Cedicafé
Anacafé

Primera Edición
Marzo 2024

En Anacafé no hacemos diferencias entre hombres y mujeres, sin embargo, para facilitar la lectura de este documento, utilizamos el masculino genérico clásico para referirnos a todos los individuos, sin distinción de sexo.

**Junta Directiva
2023-2024**

PRESIDENTE

José Tulio González Escamilla

VICEPRESIDENTE

Ricardo Andrés Destarac Bardales

DIRECTORES PROPIETARIOS

Adolfo Boppel Archila
Gerardo Flores Castañeda
Francisco Adolfo Quezada Montenegro
Franz Shippers
Waldemar Pacay
Juan Roberto García Portillo
Samy López García
Guadalupe Alberto Reyes Aguilar

DIRECTORES SUPLENTE

Javier Cabrera Roperti
Fernando Castillo Cohen
Pedro Echeverría Falla
José Luis Quilo
Juan Carlos Estévez Calderón
Gunter Rafael Herman Castillo
German Esteban Ramírez
José David Oliva Ortiz
Ciriaco Pirique Raguay
Gabriela Delgado Stubbs

SECRETARIA DE JUNTA DIRECTIVA Y GERENTE GENERAL

Luisa Fernanda Correa Mancía

PRESENTACIÓN

En el contexto de la caficultura, los microorganismos benéficos desempeñan un papel crucial que no puede ser subestimado. Estos diminutos organismos, como bacterias y hongos, pueden ser agentes de cambio en la calidad y sostenibilidad de los cultivos de café.

Los microorganismos benéficos contribuyen a la salud del suelo. Estos microorganismos fomentan la actividad biológica en el suelo, mejorando su estructura y aumentando la retención de nutrientes, lo que conduce a un crecimiento más vigoroso de las plantas de café. Además, ayudan a controlar patógenos que podrían dañar los cultivos, reduciendo la necesidad de pesticidas químicos.

Estos microorganismos también tienen un papel significativo en la fijación de nitrógeno. Las bacterias fijadoras de nitrógeno pueden transformar el nitrógeno atmosférico en una forma asimilable por las plantas, proporcionando un importante nutriente para el crecimiento del café. Esto no solo disminuye la dependencia de fertilizantes nitrogenados, sino que también reduce la contaminación ambiental.

La interacción entre microorganismos beneficiosos y las raíces de las plantas de café mejora la absorción de nutrientes, especialmente fósforo y otros oligoelementos, lo que se traduce en un mejor rendimiento de los cultivos y una mejora en la calidad de

La incorporación estratégica de microorganismos benéficos en la caficultura no solo mejora la salud del suelo y la eficiencia de los nutrientes, sino que también fomenta una producción sostenible de café, reduciendo el impacto ambiental y mejorando la calidad del producto final. Estos microorganismos, por lo tanto, se convierten en aliados fundamentales para los productores de café comprometidos con la sostenibilidad y la excelencia en la producción.

La presente “Guía para la captura, reproducción y aplicación artesanal de microorganismos benéficos en la caficultura” busca que el productor de café tenga insumos que le permitan recolectar microorganismos de forma segura y eficiente. En esta guía se encontrarán conceptos básicos de microbiología, consejos prácticos y puntos clave para crear el entorno ideal para mantener y multiplicar los microorganismos, así como su forma de utilizarlos en beneficio del desarrollo y sustentabilidad de la producción cafetalera.

José Tulio González Escamilla
Presidente

ÍNDICE

1. Introducción	8
2. Aspectos generales sobre los microorganismos del suelo	10
2.1 Tipo de microorganismos que se encuentran en el suelo	11
2.2 Funciones de los microorganismos en el suelo	13
3. Procedimiento para la captura, reproducción y aplicación de microorganismos benéficos	15
Fase 1	
Elaboración y colocación de trampas para la captura de microorganismos benéficos	15
Paso 1: Fabricación de trampas de bambú	16
Paso 2: Colocación de las trampas de bambú en campo	16
Fase 2	
Elaboración del sustrato para reproducción y manejo inicial de los microorganismos capturados	21
Paso 1: Preparación del sustrato de reproducción de los microorganismos	21
Paso 2: Recolección de los canutos de bambú del campo	23
Paso 3: Manejo inicial de los microorganismos	24
Fase 3	
Multiplicación y aplicación de los microorganismos benéficos en la unidad productiva	25
Paso 1: Multiplicación a mayor escala: 200 ó 1000 litros	26
Paso 2: Almacenamiento	28
Paso 3: Aplicación de los microorganismos en el campo	28
4. Beneficios esperados de la reproducción y aplicación de los microorganismos en la unidad productiva cafetalera	29
5. Bitácora de seguimiento y formato de costos	31
6. Bibliografía	35

1. INTRODUCCIÓN

La vida del suelo está representada en gran parte por los microorganismos, los cuales se encargan de descomponer los residuos orgánicos y realizar múltiples funciones que son vitales para garantizar la vida de otros organismos de mayor tamaño que habitan el suelo y de las plantas que ahí se desarrollan.

En un ecosistema saludable, está presente una infinidad de especies de bacterias, hongos, virus, pequeños artrópodos, etc., que participan en procesos como la fijación del nitrógeno atmosférico, la solubilización de los fosfatos y la producción de sustancias que promueven el crecimiento vegetal. Además, las relaciones entre los diferentes grupos de organismos coadyuvan en el control biológico de plagas y enfermedades, siendo, por tanto, componentes importantes en la sostenibilidad del ecosistema cafetalero.

El estudio de los microorganismos benéficos permite que la ciencia y la tecnología converjan; cada vez es más evidente el valor de los microorganismos en la nutrición de las plantas, en la prestación de servicios ecológicos y en la biorregeneración de los suelos. Actualmente, muchos de los microorganismos benéficos son aislados y cultivados en laboratorios para la elaboración de productos comerciales. Sin embargo, es también factible su propagación artesanal, puesto que se encuentran presentes en ambientes sanos y microclimas especiales dentro de las fincas cafetaleras.

El objetivo de esta guía es difundir una técnica que se ha empleado durante mucho tiempo. Aunque su origen exacto es desconocido, se sabe que la captura de microorganismos benéficos en los cafetales es posible, económica y conlleva numerosos beneficios.

Se presentan las herramientas y conocimientos necesarios para aplicar la técnica y multiplicar los microorganismos autóctonos del lugar, asegurando su supervivencia

al momento de su aplicación. Esto se logra al capturarlos en el mismo ambiente donde se han desarrollado de manera natural, aprovechando así la diversidad y versatilidad de microorganismos que ya están adaptados a las condiciones de las unidades productivas.

2. ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO

Los microorganismos se encuentran en todas partes, y en especial en el suelo, donde convergen diferentes sustratos, gases, agua y sustancias vegetales que favorecen su desarrollo y establecimiento. Participan en la mineralización de los materiales orgánicos, aportando los compuestos inorgánicos asimilables por las plantas superiores; contribuyen a la continua descomposición, mineralización y humificación de la materia orgánica, asegurando el secuestro de carbono en el suelo (Martínez, Gutiérrez y Novo Sordo, 2010).

En el suelo, los microorganismos se encuentran adheridos a las partículas minerales y ocupando los microporos. El proceso de adsorción ocurre por fuerzas electrostáticas entre las partículas de arcilla, materia orgánica y paredes celulares bacterianas, aunque también hay interacciones sin estructuras de amarre como fimbrias y pili en las bacterias; esta organización forma biopelículas (biofilm) que se ubican en la interfase activa suelo y agua, regulando la disponibilidad de agua, gases y nutrientes en la solución del suelo, lo que permite el crecimiento normal de los microorganismos (Martínez, Gutiérrez y Novo Sordo, 2010).



Yucute, C. (2023) Estructura completa de hongo *Trichoderma* spp. extraído de suelos en el cultivo de café en laboratorio Analab, (Fotografía) Anacafé, Guatemala.

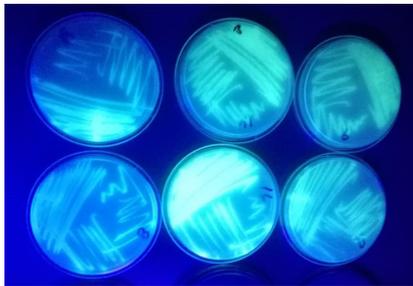
2.1 TIPO DE MICROORGANISMOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL SUELO

El aislamiento, recuento e identificación de los microorganismos del suelo representa un gran reto. Se requiere de diferentes métodos y herramientas para obtener solamente una aproximación a los microorganismos que están presentes en un suelo. Las características del suelo como pH, condiciones de humedad, alto contenido de materia orgánica, estratos de cada horizonte y los sistemas de cultivo ejercen un efecto de selección sobre el tipo y abundancia de los microorganismos presentes en un determinado agroecosistema.

Entre los diferentes grupos microbianos presentes en el suelo se encuentran las bacterias, hongos, levaduras, protozoarios y micro-algas (Moreira y Siqueira, 2006).

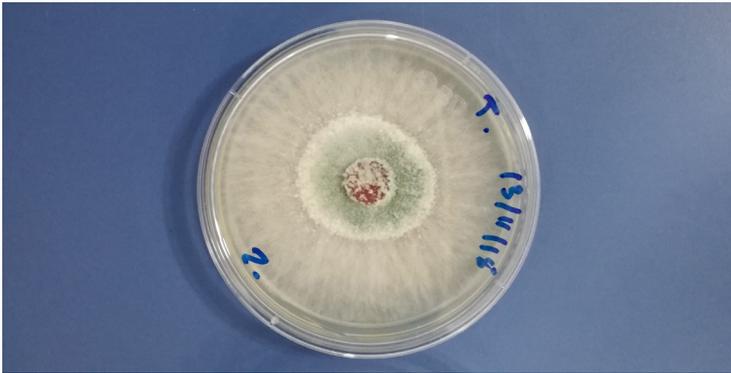
Bacterias: En el suelo se encuentran numerosos géneros de bacterias, organismos unicelulares que pueden vivir formando colonias. Entre ellos se reconocen como benéficos, diversas bacterias de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Nitrobacter*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, y diversos generos de rizobacterias como *Rhizobium*.

También acá se encuentran los actinomicetos, importantes en el control de fitopatógenos y descomposición de la materia orgánica; algunos de los géneros más conocidos son *Streptomyces*, *Frankia* y *Actinomyces*.



Yucute, C. (2023) Bacterias del género *Pseudomonas fluorescens* incubadas en medio selectivo B de King, prueba positiva de fluorescencia a luz ultra violeta, en laboratorio Analab, (Fotografía) Anacafé, Guatemala.

Hongos y levaduras: una de las funciones más importantes de los hongos es su participación en la degradación, mineralización y estabilización de la materia orgánica. En el suelo puede haber hongos fitopatógenos, pero otros son organismos benéficos como los que forman micorrizas los cuales viven en forma simbiótica en las raíces de las plantas; algunos son microscópicos y otros son visibles a simple vista. Las levaduras son organismos que fermentan carbohidratos y producen alcohol, el cual es utilizado por otros microorganismos como fuente de energía. Entre los géneros más importantes están *Saccharomyces* y el *Rhodotorula*.



Yucute, C. (2023) Medio de cultivo selectivo PDA para el crecimiento de micelio de *Trichoderma* spp, en laboratorio Analab (Fotografía) Anacafé, Guatemala.

Protozoarios: son organismos unicelulares, de mayor tamaño que las bacterias, de las cuales suelen alimentarse. Son importantes en la regulación de las poblaciones microbianas, incluso de fitopatógenos; liberan sustancias que son útiles para las plantas y aumentan la tasa de descomposición de los residuos.

Micro - algas: son organismos unicelulares que forman colonias o filamentos son capaces de elaborar su propio alimento fijando el CO₂ atmosférico y utilizando la energía solar. Son fuente de alimento para organismos de mayor tamaño constituyendo el primer eslabón de la red alimenticia del suelo.

2.2 FUNCIONES DE LOS MICROORGANISMOS EN EL SUELO

Por su capacidad metabólica, los microorganismos del suelo pueden ejercer diferentes funciones (Cardoso y Andreotti, 2016) como:

- **Fijación de nitrógeno atmosférico:** como la que ocurre entre las leguminosas y las bacterias del género *Rhizobium*. Otros ejemplos son *Azospirillum* en pastos y *Frankia* en algunos forestales.

- **Simbiosis benéfica entre plantas y hongos:** como la que ocurre con las micorrizas, en esta relación se da un intercambio de sustancias entre ambos organismos. En esta relación la planta aporta hidratos de carbono y el hongo facilita mayor superficie de absorción, tolerancia a estrés y control biológico frente a patógenos del suelo.



- **Promoción de crecimiento vegetal:** algunos microorganismos al asociarse a las plantas facilitan su crecimiento y desarrollo protegiéndolas o estimulando sus mecanismos de defensa frente a patógenos. *Rhizobium* sp., y *Bradyrhizobium* sp., aumentan el aporte de nitrógeno influyendo en crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas.

- **Control Biológico:** esto ocurre debido a las relaciones de antagonismo y predación que se dan entre algunas especies. Por ejemplo, algunos entomopatógenos son *Trichoderma* sp., hongo con capacidad de parasitar otros hongos, posee diferentes modos de acción para la supresión de patógenos, como producción de antibióticos, competencia por nutrientes, producción de enzimas degradadoras de la pared celular, estimula mecanismos de defensa de

la planta. *Bacillus thuringiensis* también es otro organismo que ha demostrado ser eficiente en el control de plagas.

- **Patogenicidad sobre plantas:** este es un aspecto perjudicial para las plantas. Algunos microorganismos actúan como patógenos afectando las raíces y otros tejidos vegetales como *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp., y bacterias como *Xanthomonas* sp., *Pseudomonas* sp., y *Erwinia* sp. Además de algunos virus transmitidos por nemátodos. Su impacto puede acabar con plantaciones enteras dejando campos infestados.

- **Hongos parásitos y predadores de nemátodos:** por ejemplo, hongos *Paecilomyces* sp. y *Arthrobotrys* sp., cuya fuente principal de nitrógeno la extraen de nemátodos del suelo, son denominados hongos nemátófagos. Los endoparásitos existen en el ambiente como esporas y deben alcanzar a los nemátodos por adhesión o ingestión.



Yucute, C. (2023) A la izquierda crecimiento de micelio color blanco con rosado *Fusarium* spp., a la derecha micelio color verde de *Trichoderma* spp., prueba dual para observar presencia de antagonismo en laboratorio Analab (Fotografía) Anacafé, Guatemala.

3. PROCEDIMIENTO PARA LA CAPTURA, REPRODUCCIÓN Y APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS

Según Coutinho de Andrade (2020), las técnicas relacionadas al uso de los microorganismos eficientes están fundamentadas en el método natural de formación del suelo. Se trata de comunidades de microorganismos encontrados naturalmente en ambientes sanos, que transforman la materia orgánica poniendo a disposición el alimento para producir plantas vigorosas y mantener la estabilidad del sistema.

Debido a la importancia de los microorganismos benéficos, a continuación, se describe una técnica de amplio conocimiento y sin específicamente conocer cuando y donde surgió, si se ha empleado para capturar y multiplicar microorganismos benéficos en los sistemas cafetaleros, la cual consta de los siguientes fases y pasos:

Fase 1: Elaboración y colocación de trampas para la captura de microorganismos benéficos

- **Paso 1:** Fabricación de trampas de bambú
- **Paso 2:** Colocación de las trampas de bambú en campo

Fase 2: Elaboración del sustrato para reproducción y manejo inicial de los microorganismos capturados

- **Paso 1:** Preparación del sustrato de reproducción de los microorganismos
- **Paso 2:** Recolección de los canutos de bambú del campo
- **Paso 3:** Manejo inicial de los microorganismos

Fase 3: Multiplicación y aplicación de los microorganismos benéficos en la unidad productiva

- **Paso 1:** Multiplicación a mayor escala: 200 ó 1000 litros.
- **Paso 2:** Almacenamiento
- **Paso 3:** Aplicación de los microorganismos en el campo.

Elaboración y colocación de trampas para la captura de microorganismos benéficos.

- **Paso 1:** Fabricación de trampas de bambú

Las trampas para la captura de microorganismos se elaboran con canutos de bambú, aunque también pueden utilizarse otros materiales como recipientes de plástico, botellas pet o tubos de PVC. En esta guía se recomienda utilizar canutos frescos de bambú, un insumo que está disponible en muchas unidades productivas, es biodegradable e inocuo. Entiéndase canuto de bambú como la parte del tallo comprendido entre dos nudos, dejando los extremos sellados por el nudo.



Navarro, Y. (2023). Bambú en unidades productivas de café (Fotografía) Anacafé, Guatemala.

Para elaborar la trampa de bambú este debe ser cortado, dejando tapados los extremos o nudos y se le hace un corte longitudinal cerca de la parte superior, dejando $\frac{1}{4}$ como tapadera y $\frac{3}{4}$ de bambú. Se marcan ambos cortes del canuto de bambú, de tal manera que no se mezclen las partes y funcione como una tapadera exacta.

El canuto de bambú debe ser verde, recién cortado de 8 a 12 cm de diámetro/ 40 cm de largo aproximadamente.

Es importante durante todo este proceso, lavarse muy bien las manos, utilizar utensilios limpios y desinfectados con alcohol al 70%, utilizar mascarilla todo el tiempo, para evitar contaminar el medio de cultivo (arroz) con otros microorganismos que no son de interés.

Los materiales para emplear en la fabricación de las trampas se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Materiales e insumos para elaboración de 1 trampa de bambú

Materiales e insumos	Cantidad
Bambú fresco de 8 a 12 cm de diámetro/ 40 cm de largo aprox.	1 unidad
Arroz blanco entero	1 libra
Olla para cocer el arroz	1 unidad
Cuchara o cucharón	2 unidades
Cubeta plástica de 20 litros aprox.	1 unidad
Alambre de amarre	60 centímetros
Pinzas	1 unidad



Corte longitudinal del canuto de bambú, dejando $\frac{1}{4}$ como tapadera y $\frac{3}{4}$ de bambú que es donde se colocará el arroz.

- **Paso 2:** Preparación del arroz a colocar en la trampa

El arroz constituye el sustrato para la reproducción de los microorganismos. La relación o rendimiento del arroz, aunque dependerá del tamaño de los canutos, es 1 a 1; una libra de arroz por un canuto de bambú. Se prepara de la siguiente manera:

Lavar el arroz con abundante agua limpia. Se coloca una olla al fuego con aproximadamente 2 litros de agua y se lleva a ebullición.

Cuando el agua está hirviendo, se agrega el arroz (1 libra por cada 2 litros de agua); se remueve. Si es necesario se completa con agua fresca hasta unos $\frac{6}{8}$ de la capacidad de la olla. Al hervir, se remueve para separar bien los granos.

Se deja cocinar durante 15 minutos aproximadamente tapando la mitad de la olla. El tiempo de cocción dependerá de la dureza del agua o la altitud, pero se verifica con una paleta que el arroz ya este cocido y suelto. No recocado. El arroz cocido se coloca en la cubeta plástica o recipiente de boca ancha para que se enfríe.

- **Paso 3:** Llenado del canuto de bambú

Con el uso de una cuchara grande o cucharón se procede a colocar el arroz dentro de los canutos de bambú. Una vez el arroz quede al ras del bambú, se procede a cubrir los canutos con sus partes correspondiente (tapadera). Se sujetan con alambre de amarre para evitar que se destapen los canutos.



Secuencia grafica del llenado con arroz de los canutos de bambú.

- **Paso 4:** Selección de puntos de trapeo.

En los cafetales los microorganismos se encuentran en microclimas favorecidos por las áreas bajo sombra, con humedad y abundante materia orgánica. Por tanto, para la captura de los microorganismos, el proceso se inicia observando el ambiente de la unidad productiva durante caminatas dentro de los lotes de producción, a las orillas de ríos o nacimientos de agua, bosques u otros cultivos como bambú, hule o incluso frutales. En estas caminatas, se detectan zonas con alto contenido de materia orgánica, presencia de micelios en las hojas del cafetal o entre la hojarasca, rica en biodiversidad. Es importante detectar zonas en donde el cafetal este sano, donde se tenga un historial positivo de resistencia o que esté libre de plagas y enfermedades. Una vez se detectan sitios con estas características deseables, se marcan y seleccionan como los sitios en donde se colocarán las trampas para la captura de los microorganismos. Para esto se debe tomar tiempo, mucha observación ya que de acá depende el éxito de lo que se capture.

- **Paso 5:** Colocación de las trampas de bambú en campo

La colocación del canuto de bambú en el campo es uno de los pasos cruciales para el éxito de la captura de microorganismos, como se mencionó anteriormente. Es necesario hacer una buena observación del entorno y de los microclimas de la unidad productiva; buscar lugares húmedos, con sombra y abundante materia orgánica en el suelo. Observar en las hojas del cafeto u otras plantas si hay presencia de micelios o estructuras de hongos benéficos como por ejemplo *Lecanicillium*

lecanii. Una vez determinado el lugar para colocar el canuto se procede a hacer un espacio entre la materia orgánica. Se entierra el canuto de bambú con una cubierta aproximada de 2 pulgadas de materia orgánica encima.

Seleccionar los sitios en donde se colocarán las trampas para la captura de los microorganismos, requiere mucha observación y escoger lo mejor, ya que de ello depende el éxito de lo que se capture.



Secuencia gráfica de cómo se colocan los canutos enterrados en el suelo con una cubierta ligera de materia orgánica encima.

Es importante identificar el sitio en donde se dejó el canuto enterrado, colocando una señal física y marcando el punto de georreferencia, para que posteriormente ayude a encontrar la trampa y se puedan elaborar mapas de la ubicación de los microorganismos en la unidad productiva.



Identificación física del lugar en donde se enterró la trampa de bambú.

Dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad en el ambiente, se deja el canuto entre 8 a 15 días. Es decir, si hay buena humedad, lluvia esporádica y abundantes microorganismos, en 8 días ya se tiene presencia de microorganismos en el arroz dentro del canuto de bambú. A condiciones de poca precipitación, poca materia orgánica y alta temperatura, se puede dejar 15 días o más para que los microorganismos colonicen el arroz.

FASE 2: Elaboración del sustrato para reproducción y manejo inicial de los microorganismos capturados

Posterior a la captura, los microorganismos deberán reproducirse en un sustrato adecuado y mantenerse en el ambiente ideal para favorecer su crecimiento y multiplicación. A continuación, se detallan los pasos a seguir para esta fase.

- **Paso 1:** Preparación del sustrato de reproducción de los microorganismos

Los materiales para la preparación del sustrato de reproducción de microorganismos se muestran en el cuadro 2. Como medio de cultivo se utiliza papa y camote debido a su alto contenido de vitaminas, minerales y antioxidantes.

Se procede lavando con abundante agua limpia la papa y el camote, se pican en pedazos de aproximadamente 2 centímetros, con cáscara y se colocan en ollas por separado, cubierto de agua, se cocina durante 15 a 20 minutos revisando hasta que esté bien cocido cada material.

Una vez cocidos la papa y el camote, se procede a enfriarlos, con ayuda de un colador, pero sin botar el agua de cocción. Ya frío se procede a licuar, usando el agua con la que se cocinó y agua fresca sin cloro. Se deja reposar para que se termine de enfriar. Se deberá obtener finalmente 1 litro de alimento de papa y 1 litro de camote.

Posteriormente se procede a introducir en un recipiente de galón: 1 litro de alimento de papa, 1 litro de alimento de camote y 250 ml de melaza, se tapa y se mezcla bien todo el producto.

El proceso de multiplicación de los microorganismos se realiza aumentando paulatinamente el volumen del sustrato; se mezclan en cantidades diferentes de acuerdo con el volumen a preparar: 15 libras de papa para 20 litros de alimento y, de igual manera 15 libras de camote para 20 litros de alimento. Con 30 libras de papa y camote, se preparan 50 litros de alimento.

Cuadro 2. Materiales e insumos para medio para reproducir los microorganismos capturados en 1 canuto

Materiales e insumos	Cantidades
Colador	1 unidad
Probeta 250 ml	1
Papa fresca	½ libra
Camote fresco	½ libra
Melaza	250 ml
Recipiente de galón limpio y con tapadera	1 unidad
Botella pet limpia para filtro de gas	1 unidad
Manguera de 0.05 cm de diámetro (de suero)	50 centímetros
Licudadora	1 unidad
Tabla para picar los materiales	1 unidad
Cuchillo	1 unidad
Olla o recipiente para cocer la papa y el camote.	2 unidades
Fogón de leña o estufa	1



Camote cocido y licuado, posteriormente, el alimento es colocado en recipientes plásticos de un galón de capacidad.

- **Paso 2:** Recolección de los canutos de bambú del campo

Se procede a ubicar el sitio en donde se dejó días antes el canuto de bambú, tomando como referencia la señalización colocada en el lugar. Con el uso de una pala y con mucho cuidado se procede a desenterrar el canuto.

Con el uso de una pinza se quita el alambre que sujeta la tapadera del canuto y se destapa cuidadosamente, es muy recomendable para esta labor utilizar mascarilla y tener las manos bien limpias para evitar que se contamine el producto de la trampa.

Al momento de destapar el canuto de bambú, se puede observar que hay estructuras de diferentes colores que corresponden a los microorganismos benéficos que ya estaban en la unidad productiva y que se establecieron dentro del sustrato de arroz. Al pasar aproximadamente 20 o 30 minutos los canutos expuestos al aire, es posible que los colores se acentúen o bien surjan nuevos colores, esto debido al aumento de oxígeno en contacto con los microorganismos.

Una recomendación para identificar lo capturado, solo mediante observación en campo es a través de los colores:

- Verde oscuro o verde musgo podría tratarse de *Trichocerma* spp (Antagónico benéfico)
- Blanco podría ser algún *Bacillus* sp (Antagónico benéfico)
- Rosado fuerte o rojo puede tratarse de *Fusarium* (Patógeno, no benéfico) desecharlo.
- Gris o negro intenso puede ser *Rhizoctonia* spp (Patógeno, no benéfico) desecharlo.

Con el uso de una cuchara y un embudo, se procede a introducir las estructuras de colores del arroz, dentro del recipiente de galón con el sustrato previamente preparado, se introduce la mayor cantidad de arroz colonizado, luego se tapa y se coloca la válvula para salida de gas. Los microorganismos permanecerán aquí entre 8 y 15 días.



Recolección de los canutos en el campo, obsérvese el aspecto del arroz colonizado por los diferentes tipos de microorganismos benéficos.

- **Paso 3:** Manejo inicial de los microorganismos

Debido a que los microorganismos producen dióxido de carbono (CO_2) durante su respiración, es necesario crear un mecanismo para la salida de este y evitar así la saturación con gases en el medio de crecimiento de los microorganismos. Por tanto, es necesario crear una bomba para la expulsión del gas, pero sin permitir que ingrese aire del exterior. Para ello, se realiza una perforación muy pequeña en la tapadera del envase de galón, con un barreno y broca de 6 milímetros para introducir la manguera. El otro extremo de la manguera deberá ir dentro de la botella pet que contiene agua limpia.

El galón con los microorganismos se coloca en un lugar fresco y oscuro, asegurándose que la válvula de escape de gas con la manguera este correctamente colocada sin fugas y con la salida correcta del gas para evitar que los recipientes se inflen demasiado y exploten al no poder expulsarlo.

En esta fase se espera que los microorganismos tengan mucha actividad puesto que tienen abundante alimento, en 8 o 10 días se puede llevar a cabo el siguiente paso.



Vista de los recipientes de multiplicación de los microorganismos benéficos con su respectiva bomba para salida del gas.

FASE 3: Multiplicación y aplicación de los microorganismos benéficos en la unidad productiva

• Paso 1: Multiplicación de los microorganismos

En esta fase se transfieren los microorganismos desde el recipiente de un galón a recipientes mayores, por ejemplo, de cinco galones. El alimento o sustrato se prepara de la forma antes descrita, solamente que los volúmenes que se emplean aumentan, como se muestra en el cuadro 3.

En un recipiente de cinco galones (caneca) y con el uso de un embudo, se introducen tres litros de papa licuada, tres litros de camote licuado y un litro de melaza, mezclando muy bien el material. Se mueve el material durante 10 minutos a manera de oxigenar el producto, si se cuenta con un oxigenador o soplante eléctrico este se introduce 10 minutos para oxigenar el material.

Se verifica que el galón que contiene los microorganismos, no presente mal olor o podredumbre ya que esto podría ser indicio de descomposición. Si este fuera el

caso, el material se tendría que desechar. De hallarse en buen estado, se colocan los microorganismos dentro del recipiente de cinco galones o caneca, completando con agua fresca sin cloro, hasta dejar aproximadamente 15 centímetros de la capacidad total de la caneca. Durante 8 a 10 días se observa que la bomba de gas presente actividad, generando burbujas.

En esta fase se espera que los microorganismos tengan mucha actividad puesto que tienen abundante alimento y en 8 a 15 días se puede hacer la siguiente fase de multiplicación. Se mueve el material durante 10 minutos a manera de oxigenar el producto, si se cuenta con un oxigenador o soplante eléctrico, este se introduce 10 minutos para oxigenar el material.

Cuadro 3. Materiales e insumos para la reproducción de microorganismos

Materiales e insumos	Cantidad
Alimento de Camote (preparado el mismo día)	3 litros
Alimento de papa (Preparado el mismo día)	3 litros
Melaza	1 litro
Envase limpio de 5 galones de capacidad o caneca	1
Envases de botella pet de 3 litros	1
Embudo grande	1
Manguera 0.05 cm de diámetro (de suero)	1 m
Silicón para sellar	1
Probeta 500 ml	1
Jarrilla plástica graduada con capacidad de 3 litros.	1
Soplante u oxigenador (opcional)	1

- **Paso 2** Multiplicación a mayor escala: 200 ó 1000 litros.

En esta fase la idea es darles a los microorganismos solamente un poco de alimento, para que se mantengan y con esto poder tener material disponible para

hacer aplicaciones en campo en cualquier momento durante al menos un año, dependiendo de la cantidad de microorganismos y área disponible.

El recipiente de 200 litros de capacidad puede ser nuevo o usado, pero bien limpio y que no haya contenido cloro ni plaguicidas. Con el uso de un embudo, se introducen tres litros de alimento de papa licuada, tres litros de alimento de camote licuado y dos litros de melaza, mezclando muy bien el material.

Se debe verificar que el recipiente de 5 galones que contiene los microorganismos tenga un olor agradable, predominando un olor dulce, similar al de la melaza. Luego, procedemos a transferir el material utilizando un embudo al tonel de 200 litros. Completamos el tonel con agua fresca, asegurándonos de que no contenga cloro, hasta que queden aproximadamente 20 centímetros por debajo de la capacidad total del tonel. Se mueve el material durante 10 minutos a manera de oxigenar el producto, si se cuenta con un oxigenador o soplante eléctrico, este se introduce 10 minutos para oxigenar el material. Mezclamos todo, dejamos reposar y después de 2 días, los microorganismos estarán listos para su aplicación en el campo. Si se cuenta con oxigenador, se puede oxigenar el material antes de aplicarlo a campo. Los materiales e insumos necesarios para la multiplicación de los microorganismos se detallan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Materiales e insumos para multiplicación y conservación de microorganismos

Materiales e insumos	Cantidad
Alimento de camote	3 litros
Alimento de papa	3 litros
Melaza	2 litros
Toneles de 200 litros de capacidad	1
Embudo grande	1
Jarrilla plástica graduada con 3 litros de capacidad.	1

Si se desea multiplicar los microorganismos a contenedores de 1000 litros y tener más disponibilidad de material, se recomienda agregar 5 litros de alimento de papa, 5 litros de alimento de camote, 4 litros de melaza e introducir los microorganismos a un contenedor de 1000 litros utilizando un embudo.



Recipientes utilizados para la reproducción en diferentes escalas y almacenamiento de los microorganismos.

• Paso 3: Almacenamiento

Los microorganismos pueden permanecer en los toneles de 200 litros o de 1000 litros hasta por un año, en un lugar seco y techado, si las condiciones de temperatura fueran bajas se pueden cubrir los recipientes con un plástico para evitar que el frío los dañe. Se recomienda realizar un escape del gas al menos una vez a la semana abriendo la tapadera de los recipientes.

24 horas antes de utilizar los microorganismos se recomienda oxigenar la muestra moviendo el material con una paleta por 10 minutos o bien con el uso de un oxigenador, inyectar oxígeno por 10 minutos 3 veces.

• Paso 4: Aplicación de los microorganismos en el campo

Los microorganismos benéficos se pueden aplicar de manera abundante al cafetal, asperjando sobre el follaje, al tronco o sobre el suelo, ya sea por medio de la tubería de riego o utilizando bomba de mochila o motor.

Los microorganismos se pueden aplicar directamente al campo con la bomba de mochila. Para evitar taponamientos en las boquillas, el material debe ser colado con el uso de una tela y por el colador de la bomba de aplicación. Utilizar una dosis de: 5 galones (1 caneca) de microorganismos y el resto de agua hasta completar un tonel de 200 litros por manzana.

También se puede mezclar con agua en una proporción de 50% de microorganismos y 50% de agua fresca, directamente con la bomba de mochila, siempre pasando la solución por el filtro de tela. Los microorganismos se pueden aplicar solos o en la mezcla de fungicidas, insecticidas o con la fertilización diluida.



Lopez, O. (2023) Polinizadores en flor de café (Fotografía) Anacafé, Guatemala

4. Beneficios esperados de la reproducción y aplicación de los microorganismos en la unidad productiva cafetalera

Los microorganismos van a contribuir a la diversidad y abundancia de especies, para fomentar el equilibrio en el ecosistema y fortalecimiento natural del mismo. Con estas aplicaciones se promueve la restauración de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del suelo y se aceleran los procesos de descomposición de la materia orgánica y mineralización de diferentes elementos.



Lopez, O. (2023) Vivero de café (Fotografía) Anacafé, Guatemala

Otra función de los microorganismos aplicados es la bioremediación de suelos contaminados con agroquímicos, favorecen la captura de CO_2 , activan el crecimiento radicular debido a la producción de ácidos orgánicos, hormonas vegetales, vitaminas, antibióticos y polisacáridos, que tienen positiva influencia directa e indirecta sobre el crecimiento de las plantas.



Lopez, O. (2023) Ecosistema café. (Fotografía) Anacafé, Guatemala

Algunas bacterias, ayudan al proceso de mineralización de los compuestos orgánicos, por lo que utilizado en conjunto con la fertilización ayudará a aprovechar y disminuir incluso, el empleo de fertilizantes sintéticos.

Se puede hacer la aplicación en combinación con agroquímicos. Sin embargo, se espera que la aplicación de los microorganismos, gracias a todos sus beneficios, vaya paulatinamente sustituyendo las aplicaciones de agroquímicos, lo que redundará en beneficios económicos y ambientales.

También pueden ser hechas aplicaciones en instalaciones de animales estabulados y en instalaciones sanitarias, como letrinas, ya que contribuye a eliminar los malos olores y evita la proliferación de moscas.

5. Bitácora de seguimiento y formato de costos

Etiqueta para identificar los microorganismos capturados	
Nombre de la unidad productiva	
Lote donde fue la captura	
Fecha de elaboración	
Observaciones	

Bitácora de seguimiento – Captura de microorganismos benéficos			
Unidad Productiva			
Nombre del aplicador responsable			
Nombre del producto			
Fecha de inicio de aplicaciones			
Aplicaciones / Fecha	1ra	2da	3ra
Observaciones/ Costos			

Formato para determinar costos

Coloque en la columna precio, de acuerdo a cuanto le cuesta conseguir el material o insumo en su localidad:

Estimación de costo de insumos para elaboración de 1 trampa de bambú

Materiales e insumos	Cantidad	Precio Q
Bambú fresco de 8 a 12 cm de diámetro/ 40 cm de largo aprox.	1 unidad	
Arroz blanco entero	1 libra	
Olla para cocer el arroz	1 unidad	
Cuchara o cucharón	2 unidades	
Cubeta plástica de 20 litros aprox.	1 unidad	
Alambre de amarre	60 centímetros	
Pinzas	1 unidad	
	TOTAL	

Estimación de costos de materiales e insumos para reproducir los microorganismos capturados en 1 canuto.

Materiales e insumos	Cantidad	Precio Q
Papa fresca	½ libra	
Camote fresco	½ libra	
Melaza	250 ml	
Recipiente de galón limpio y con tapadera	1 unidad	
Botella pet limpia para filtro de gas	1 unidad	
Manguera de 0.05 cm de diámetro (de suero)	50 centímetros	
Licuada	1 unidad	
Tabla para picar los materiales	1 unidad	
Cuchillo	1 unidad	
Olla o recipiente para cocer la papa y el camote	2 unidades	
Fogón de leña o estufa	1	
	TOTAL	

Estimación de costos de materiales e insumos para la reproducción de microorganismos

Materiales e insumos	Cantidad	Precio Q
Alimento de Camote (preparado el mismo día)	3 litros	
Alimento de papa (Preparado el mismo día)	3 litros	
Melaza	1 litro	
Envase limpio de 5 galones de capacidad o caneca	1	
Envases de botella pet de 3 litros	1	
Embudo grande	1	
Manguera 0.05 cm de diámetro (de suero)	1 m	
Silicón para sellar	1	
Probeta 500 ml	1	
Jarrilla plástica graduada con capacidad de 3 litros	1	
Soplante u oxigenador (opcional)	1	
	TOTAL	

Estimación de costos de materiales e insumos para multiplicación y conservación de microorganismos

Materiales e insumos	Cantidad	Precio Q
Alimento de camote	3 litros	
Alimento de papa	3 litros	
Melaza	2 litros	
Toneles de 200 litros de capacidad	1	
Embudo grande	1	
Jarrilla plástica graduada con 3 litros de capacidad.	1	
	TOTAL	

BIBLIOGRAFÍA



1. Cardoso, E.J.B.N.; Andreote, F. D., 2016. Microbiología do solo. 2ª. Ed. Piracicaba, ESALQ. 221 pag. Disponible para descargar en:
<https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/109/92/461-1>
2. Coutinho de Andrade, M. F. (2020). Caderno dos microrganismos eficientes (E.M.) 3ra. Edicao. Universidade Federal de Viçosa/Departamento de Fitotecnia.
3. Feijoo, M. A. L. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. Científica Agroecosistemas, 4 (2): 31-40.
4. Gliessman, S. R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible / Stephen R. Gliessman. — Turrialba, C.R. : CATIE, 359 p.
5. Martínez M, Gutiérrez V, Novo R. (2010). Microbiología aplicada al manejo sustentable de suelos y cultivos. Santiago, Chile: Editorial USM.
6. Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O., (2006) Microbiologia e bioquímica do solo. Editora da UFLA, Lavras, 729 p.
7. Morocho, T. M., Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro Agrícola, 46(2), 93-103. Recuperado en 02 de agosto de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es.
8. Ochoa, R., Ochoa, V. (2019). Aplicación de microorganismos y sus beneficios en suelos para la producción agrícola. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Tesis. Medellín, Colombia: Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA).

ANACAFÉ

GUATEMALA



Nos gustaría reconocer al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (www.undp.org) y al Fondo para el Medio Ambiente Mundial (www.thegef.org) por su apoyo y contribución financiera a esta publicación a través del Proyecto Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica Central en Guatemala.



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**

