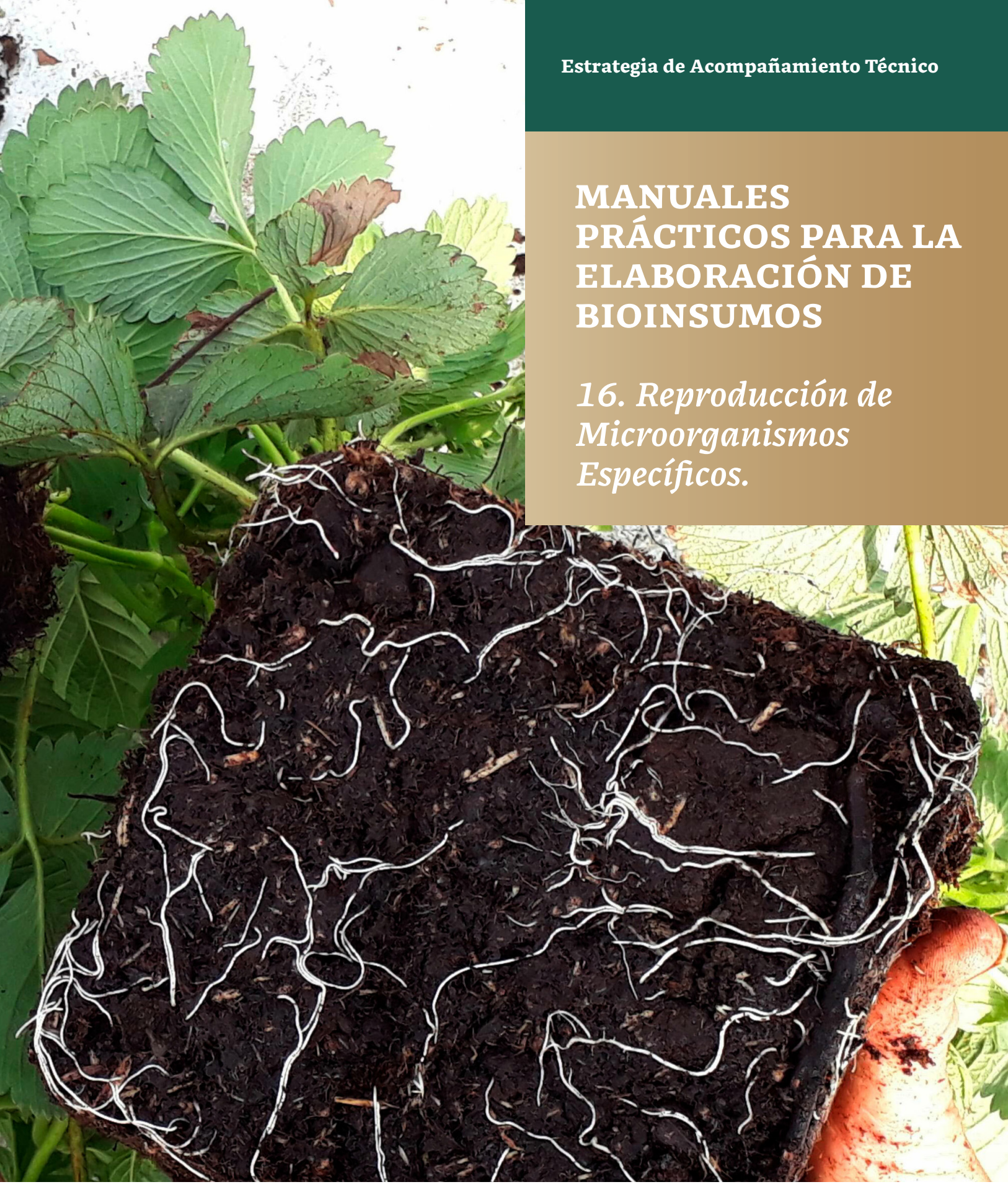
Estrategia de Acompañamiento Técnico

MANUALES PRÁCTICOS PARA LA ELABORACIÓN DE BIOINSUMOS

16. Reproducción de Microorganismos Específicos.



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

INIFAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Producción para el Bienestar

ÍNDICE

1. Presentación..... 1
2. Introducción..... 3
3. ¿Qué es la reproducción de microorganismos específicos?..... 6
   3.1. Funciones..... 6
   3.2. Ventajas..... 8
4. Un poco de historia..... 8
5. Proceso reproducción de microorganismos específicos..... 10
   5.1. Ingredientes necesarios..... 10
   5.2. Materiales y herramientas..... 11
   5.3. Proceso de elaboración..... 14
6. Características físicas y químicas del producto final..... 21
7. Forma de aplicación..... 22
8. Almacenamiento y caducidad..... 23
9. Recomendaciones generales..... 23
10. Bitácora de seguimiento..... 24
11. Evaluación..... 26
12. Diagrama del proceso de producción..... 27
13. Referencias bibliográficas..... 28

1. Presentación

"Todo es mejorable y perfectible, constantemente y más en el campo, en la agricultura, en donde están implicados miles de factores para su realización" [1]

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) a través de la Estrategia de Acompañamiento Técnico (EAT)[2] del Programa Producción para el Bienestar, difunde y refuerza prácticas agroecológicas para el mejoramiento de la productividad y a su vez promueve sistemas locales de producción y consumo de alimentos sanos, nutritivos, resilientes, competitivos y socialmente responsables.

"Producción para el Bienestar aumentará la producción y con apoyos entregados de forma previa a las siembras, propiciará la inversión y mayor productividad en granos como el maíz, arroz, frijol, trigo harinero, además de sostener el esfuerzo productivo en café y caña de azúcar. Los apoyos del programa llevan bienestar a ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios."[3] Y, para 2021, se integran productoras y productores de cacao y miel.

Dentro del reforzamiento de las prácticas agroecológicas, la EAT promueve el uso y producción de bioinsumos, actividades indispensables para avanzar en el proceso de transición agroecológica. Los bioinsumos son más baratos, efectivos e inocuos, permitiendo que la actividad agrícola sea rentable y económicamente justa. Para el cumplimiento de dicho objetivo, se han contratado los servicios de técnicos profesionales de diversas disciplinas, a quienes se les ha llamado Técnicos Agroecológicos (TA), porque su mayor función es promover la utilización de metodologías que aseguren un manejo sustentable de los cultivos. Estos TA reciben el apoyo de Técnicos Sociales (TS), que procuran y alientan la organización de las y los productores enfocándose en la autoproducción de insumos y en el desarrollo de conocimientos.

En este sentido y con base en el convenio entre Agricultura y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para el ejercicio presupuestal 2021, ponemos a su disposición una serie de 16 manuales preparados como documentos de referencia. En ellos se plasma una metodología estandarizada y se homologan técnicas y prácticas agroecológicas, con el objetivo de facilitar la autoproducción de bioinsumos, y se proporciona información detallada sobre todo el proceso de preparación, manejo, utilización y aplicación eficiente en campo.

---

[1]Frase atribuida a un técnico agroecológico de la EAT.
[2]La EAT tiene su origen a mediados del 2019 cuyo objetivo central es: incrementar las capacidades de los pequeños productores para transitar hacia un modelo agrícola mas sustentable, resiliente y productivo.
[3]https://www.gob.mx/produccionparaelbienestar

Estos manuales además habrán de servir de herramienta para las y los técnicos agroecológicos de la EAT del Programa Producción para el Bienestar, para que las y los productores puedan desarrollar y ampliar sus conocimientos para la producción de bioinsumos, y de esa manera mejoren y aumenten la producción de alimentos y eliminar gradualmente el uso de fertilizantes y herbicidas químicos para cumplir el objetivo de alcanzar la autosuficiencia alimentaria.

A lo largo de esta serie de 16 manuales abordamos algunas de las diversas técnicas y prácticas agroecológicas para la auto producción de insumos. Dichos insumos orgánicos contribuyen, según sea el caso, al mejoramiento del suelo, al aumento de la nutrición vegetal y al control de plagas y enfermedades.

Para el tema del mejoramiento de suelo y del cultivo en general, ponemos a su disposición los manuales de: **Bocashi, Composta, Reproducción de microorganismos de montaña, Reproducción de microorganismos específicos, Humus de lombriz convencional y Lixiviado de lombriz; para aumentar la nutrición vegetal: Supermagro, Té de composta, Solución Steiner e Inoculación de semillas; para el control de plagas y enfermedades: Agua carbonatada, Caldo sulfocálcico, Caldo bordelés, Agua de vidrio, Extractos vegetales, y Trampas.**

El presente manual que corresponde al número 16 de la serie, atañe a la técnica agroecológica **Reproducción de microorganismos específicos**. Este procedimiento consta de la reproducción de microorganismos benéficos para los cultivos agrícolas; actualmente es una técnica que está siendo utilizada por los productores, con resultados favorables en cuanto a sus rendimientos, calidad de cultivos, reducción de costos de producción, además de proporcionar materia orgánica a los suelos y aumenta la macro y microbiota de estos.

Incluye una breve historia y un concepto general del uso de este insumo; además, los ingredientes, herramientas y materiales necesarios para su preparación paso por paso, sumando recomendaciones muy específicas, así como las características físicas y químicas que aseguren la calidad y buenos resultados en su aplicación. Se anexa una bitácora sencilla de seguimiento al proceso y a las aplicaciones, para garantizar un registro que pueda ser llevado a un análisis, revisión y en su caso a una investigación para la mejora del insumo.

Al final del manual se agrega una evaluación con preguntas puntuales que refuercen lo aprendido y con ello puedan desarrollar diversas técnicas y prácticas agroecológicas a partir de la autoproducción de bioinsumos y contribuir al objetivo de alcanzar la autosuficiencia alimentaria, planteada por el Gobierno de la Cuarta Transformación.

2. Introducción

“Mejor sería no hacer nada, dijo uno de los filósofos optimistas, los problemas del futuro, el futuro los resolverá. Lo malo es que el futuro es ya hoy, dijo uno de los pesimistas”, José Saramago. *Las intermitencias de la muerte*. 2005[4]

“El país enfrenta una situación de alta dependencia alimentaria del exterior. Importamos casi la mitad de los alimentos que comemos y también la mayor parte de insumos, maquinaria, equipo, implementos y combustibles para la agricultura. El campo mexicano tiene potencial y capital humano –particularmente en productores de pequeña y mediana escala– para elevar producción y productividad y reducir esas importaciones”. [5]

Desde 1982 el sector rural, en particular la agricultura campesina, ha vivido una guerra sin cuartel “económica, política, social e ideológica provocando la mayor crisis social y alimentaria desde tiempos de la Revolución Mexicana de 1910 y afectando a millones de campesinos y pobladores rurales, así como a la gran mayoría de los mexicanos”. [6]

Las y los campesinos de México y el mundo comenzaron a experimentar nuevas formas de hacerle frente a las crisis estructurales del modelo agroindustrial, de revolución verde y transgénico. “Los tecnócratas contemporáneos ostentaron el falso o dudoso privilegio de tener un papel único y sin precedentes en el desarrollo de la agricultura industrial para el logro del bienestar humano; sin embargo, los mismos son la especie que más ha desarrollado el poder de cometer un suicidio colectivo y de destruir toda la vida en la tierra a partir del invento, la producción y aplicación de tecnología (máquinas, venenos, fertilizante, etc.) inadecuada y de origen bélico en los ecosistemas agrarios”. [7]

La agricultura en México tiene dos problemas centrales que se deben resolver de manera diferenciada.

Por un lado, los altos costos de producción, ya que la agricultura como actividad económica dejó de ser rentable para las y los pequeños productores, debido al encarecimiento de los insumos. El otro problema es el enorme deterioro de los suelos. Aproximadamente el 93 por ciento de los suelos cultivables expresan una pérdida considerable de su fertilidad y a este factor se agrega la pérdida física de suelo, por arrastre fluvial y por viento fuerte.

---

[4]Suárez, Víctor. *Políticas públicas para la agricultura*. 2011.
[5]*https://www.gob.mx/produccionparaelbienestar*
[6]Varios autores. *Nuevo proyecto de nación, por el renacimiento de México*. 2011.
[7]Restrepo, Jairo. *Manual práctico, el ABC de la agricultura orgánica y harinas de roca*. 2007.

La incorporación de insumos químicos durante los 30 años recientes casi ha acabado con la biota original de los suelos: con los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos etc.) y con las pequeñas especies (todo tipo de insectos y pequeños mamíferos y aves). La incorporación de elementos químicos solubles y asimilables por la planta no ha impedido la desmineralización paulatina del suelo, y es necesario incrementar la inducción de más minerales elementales químicos para poder obtener cosecha.

Uno de los aspectos más importantes para la producción de alimentos sanos, nutritivos e inocuos es el cuidado del suelo. Parecería algo elemental y obvio, sin embargo, durante todo el proceso de revolución verde, los suelos agrícolas fueron desechados, despreciados, así como las y los campesinos, bajo la lógica productivista y por la implementación de grandes cantidades de agrotóxicos y fertilizantes químicos. "Desde inicios del siglo XX, diversos estudios han afirmado que la fertilidad de los suelos determinaba el contenido de nutrientes de los alimentos y, por ende, la salud humana, dado que suelos que proveen un medio saludable rico en nutrientes, dan lugar a tejidos vegetales que contienen la mayoría de los elementos que el ser humano requiere". [8]

La autoproducción de insumos es una solución para suministrarlos en forma oportuna, con calidad y en cantidades suficientes. Se habla de autoproducir los requerimientos minerales y biológicos que necesitan los miles de pequeñas industrias biológicas que se ponen a trabajar cuando se siembran, a veces 45, 60 u 80 mil plantas. Microscópicas calderas (células) transforman minerales en compuestos moleculares y después en enzimas nutritivas y reactivas con la ayuda del agua de lluvia (o de riego) como reactivo poderoso y con la energía lumínica y el calor del sol.

"La calidad de los suelos ha sido resumida por Astier, Maass y Etchevers (2002) en tres principios: a) la productividad del ecosistema o agroecosistema, es decir la habilidad del suelo para seguir produciendo sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas; b) la calidad medioambiental entendida como la capacidad del suelo para atenuar contaminantes ambientales y patógenos y seguir proveyendo servicios como la reserva de carbono, el mantenimiento de la biodiversidad y la infiltración de agua, entre otros, y c) la capacidad de un suelo para producir alimentos sanos y nutritivos para los seres humanos y otros organismos.[9]

---

[8]Cotler, Helena, *Transiciones agroecológicas para recuperar la calidad del suelo. Revista LEISA.*
[9]*Ídem.*

El conocimiento integrado de las y los campesinos y de las y los científicos ha conseguido que las diversas prácticas y procesos sean efectivos para la recuperación de la fertilidad y vida del suelo con bajos costos, y con insumos disponibles en las parcelas, en el bosque y en la montaña. Con ello, es posible hacer frente al deterioro de los suelos por el excesivo uso de plaguicidas y fertilizantes químicos, cuyos efectos cada día son más evidentes en la contaminación de ríos, plantas y suelos y daños en la salud humana.

Es necesario escalar en el dominio del proceso para la elaboración de insumos orgánicos, pero eso solo es posible si se escala también en el conocimiento que se requiere para comprender los procesos productivos de las plantas, del suelo y de los ecosistemas. Para poder incidir en el desarrollo de un cultivo con eficiencia, se requiere información, y el suelo y la planta la pueden proporcionar a través de diferentes mediciones, incluyendo que al inicio del ciclo productivo se cuente con análisis físico-químicos y biológicos de ambos elementos, que proporcionarán los datos que dan las pistas para actuar, y cultivar eficientemente un planta o miles de ellas, evitando al mismo tiempo el deterioro de la fertilidad de los suelos.

La información es conocimiento, el conocimiento es solución, la solución es producción, la producción es ingreso económico, y un mayor ingreso es mayor garantía de vida digna. Una idea implícita en las investigaciones agroecológicas es que, entendiendo estas relaciones y procesos ecológicos, los agroecosistemas pueden ser manejados para mejorar la producción de forma más sustentable, con menores impactos negativos ambientales y sociales y un menor uso de insumos externos. En la conferencia número 20, "Experiencias Agroecológicas Internacionales", como parte del ciclo Autosuficiencia Alimentaria e Innovación Tecnológica con Prácticas Sustentables, que organiza la Secretaría de Agricultura, los expositores (Walter Jehn --Australia--, Vijay Kummar --India-- y Sebastiao Pinheiro --Brasil--) coincidieron en que "la revolución verde, que difundió la agricultura industrial, ha llegado a su saturación y su fin".[10]

La agroecología es una alternativa sostenible frente al modelo de revolución verde, transgénico y agroindustrial, y por ello es necesario sumar esfuerzos de todas y todos los actores comprometidos con el presente y futuro de la agricultura. El presente manual, y toda la colección, es una herramienta útil que se suma a este propósito.

---

[10] Gillet, Eliana, *Cómo la revolución verde llega a su saturación y su fin*. 2021. *https://mundo.sputniknews.com/opinion/202101291094277992-como-la-revolucion-verde-llego-a-su-saturacion-y-su-fin/*

3. ¿Qué es la reproducción de microorganismos específicos?

Es un proceso mediante el cual se realiza la reproducción de ciertos microorganismos benéficos para los cultivos agrícolas. Los microorganismos se pueden clasificar en: fijadores de nutrientes, solubilizadores, entomopatógenos, antagónicos y promotores; cada uno cumple un papel importante para el buen desarrollo de los cultivos. Su reproducción es importante, ya que se podrían aumentar las concentraciones en las parcelas de los agricultores mexicanos.

En el presente manual se propone un proceso para reproducir 8 tipos de microorganismos de acuerdo con la clasificación mencionada. El proceso de reproducción se realizará en tambos llamados biorreactores que deben cumplir con las especificaciones descritas para tener una reproducción efectiva de cada microorganismo.

3.1. Funciones

De acuerdo con su clasificación, las funciones de los microorganismos son:

- Fijadores de nutrientes: Estos microorganismos tienen la capacidad de fijar nitrógeno del aire circundante.
- Solubilizadores: Tienen la capacidad de solubilizar algunos macro y microelementos haciéndolos disponibles para que las plantas puedan aprovecharlos.
- Entomopatógenos: Tienen la capacidad de controlar enfermedades y plagas que afectan los cultivos al infestarlos o inhibir su sistema respiratorio.
- Antagónicos: Tienen la capacidad de controlar y dominar a otros microorganismos patógenos que afecten los cultivos.
- Promotores: Estos microorganismos tienen la capacidad de impulsar el desarrollo vegetativo y fenológico de las plantas.

En el siguiente cuadro se describe el dominio, género y especie de cada microorganismo de acuerdo con su función.Cada X indica qué tan alta es su capacidad de ejercer esta función.

Dominio	Género	Especies	Funciones				
			Nutrición		Manejo Fitosanitario		Promotor de crecimiento
			Fijador	Solubilizador	Entomopatógeno	Antagónico	
Bacteria	Bacillus	subtillis				XXX	X
Hongo	Trichoderma	sp				XXX	
Bacteria	Azospirillum	sp	N	PO3, K+, Mn,Mg			X
Hongo	Micorrizas	sp	N	P, K, Ca, Zn, Cu,	X	X	X
Hongo	Beauberia	bassiana			XXX		
Hongo	Metarhizium	sp			XXX		
Bacteria	Bacillus	thuringiensis			XXX		
Bacteria	Pseudomonas	fluorescens		P y K			
Hongo	Lecanicillium	lecanii			XXX	XX	X
Hongo	Paecilomyces	lilacinus			XXX	X	
Bacteria	Rhizobium	sp	N				
Bacteria	Pseudomona	putida					X

Otras funciones generales de los microorganismos son las siguientes:

- Garantizan mejores rendimientos por efecto de la acción de los microorganismos solubilizadores y promotores de desarrollo.
- Promueven mayor turgencia de tallos, hojas, frutos y raíces, ya que estimula el ciclo vegetativo de las plantas.
- Incrementan la resiliencia del cultivo debido a una mejor nutrición, tendrá una menor presencia de plagas y enfermedades en los cultivos.
- Incrementan la fertilidad del suelo paulatinamente si la inducción de microorganismos es periódica y consistente.
- Mejoran gradualmente la nutrición y la vitalidad de la tierra asociada a su macro y microbiología.
- Favorecen un mayor rendimiento del número de plantas por hectárea.
- Son una fuente constante de materia orgánica.
- Los suelos conservan la humedad y amortiguan mejor los cambios de temperatura, economizándose volumen de agua y números de riegos por cada cultivo.
- Aumentan la eficiencia de la absorción nutricional por las plantas, al tener éstas un mayor desarrollo en el volumen del sistema radical.

3.2. Ventajas

- Se evitan costos por aplicaciones de funguicidas pues la presencia y acción de microorganismos patógenos se disminuye y se inhibe a partir de la acción de los microorganismos de los antagónicos.
- Fáciles de usar.
- Eliminan factores de riesgo para la salud de los productores y los consumidores.
- Contribuyen al logro de cosechas más seguras y eficientes.
- Mayor rentabilidad económica por área cultivada.
- Permiten a los agricultores tener mayores opciones económicas y bajar los costos de producción.
- Protegen el medio ambiente, la fauna, la flora y la biodiversidad.

4. Un poco de historia

Los primeros habitantes de este planeta fueron los microorganismos y desde entonces han venido evolucionando y adaptándose a las diferentes características de suelos, climas y fenómenos abióticos, temperaturas, acidez y condiciones extremas.

Hoy se sabe que, si ellos no existieran, no existiría nada, pues se ha creado un universo de interrelaciones, intercambios e interdependencia que la vida en general se vería en aprietos para continuar. Recientemente se encontraron especímenes a 1000 metros por debajo de la Antártida.

En el humano, la situación no es la excepción, en una persona de 75 kilos, 3 kilos no son de huesos o carne u órganos, son 3,000 gramos de microorganismos que habitan prácticamente en todo su cuerpo, y que aunque se bañe y se restriegue aun seguirá siendo hospedaje de miles de millones de una muy gran variedad de formatos de vida que realizan una muy enorme diversidad de funciones en su organismo. En suma, somos un organismo compuesto de organismos diminutos, y sin ellos no viviríamos. A la par de esta realidad, existe la teoría de que la Tierra, nuestro planeta, es un gran ser vivo, creencia que viene desde los antiguos griegos quienes bautizaron a ese gran cúmulo de formas de vida como Gaia. Lo que propone la hipótesis Gaia es que dadas unas condiciones iniciales que hicieron posible el inicio de la vida en el planeta, ha sido la propia vida la que las ha ido modificando, y por lo tanto las condiciones resultantes son consecuencia y responsabilidad de la vida que lo habita. Para explicar cómo la vida puede mantener las condiciones químicas de Gaia, Margulis ha destacado la gran capacidad de los microorganismos para transformar gases que contienen nitrógeno, azufre y carbono.

La producción agrícola es esencial para el sustento de la vida humana. Muchos productos de uso cotidiano, como los alimentos, el vestido e incluso ciertos medicamentos, se obtienen a partir del cultivo de plantas. En esos ecosistemas, los microorganismos se relacionan entre sí y establecen interacciones con organismos superiores, como plantas y animales. En algunas de estas interacciones, dichos microorganismos son absolutamente esenciales para aquellos, mientras que en otros casos pueden afectarlos. En ambas situaciones, sean dañinas o benéficas, los microorganismos controlan en gran medida las actividades que ocurren en tales ecosistemas.

En las plantas se pueden identificar tres regiones en las que bajo ciertas condiciones se pueden establecer y desarrollar los microorganismos: la rizósfera, el rizoplano y la filósfera. La rizósfera es la región del suelo inmediata a la raíz. Es una zona donde la actividad microbiana es intensa. El rizoplano, a su vez, está constituido por la superficie de la raíz de la planta. En estas regiones es donde se localiza la mayor cantidad de microorganismos debido a que las raíces excretan cantidades considerables de azúcares, aminoácidos, hormonas y vitaminas. Por último, la filósfera es la superficie de la hoja de la planta. Bajo ciertas condiciones, los microorganismos que colonizan esa región suele ser muy abundantes y comprenden hongos y bacterias.

Los microorganismos que logran establecer alguna interacción con una planta se pueden clasificar como saprófitos, benéficos y patógenos. Los microorganismos saprófitos son los que se alimentan de materia inorgánica y materia orgánica en descomposición. Estos microorganismos desempeñan un papel crucial en muchos procesos de importancia ecológica, como los ciclos biogeoquímicos de los elementos y el catabolismo de la materia orgánica, esto es, la transformación de moléculas biológicas complejas en moléculas sencillas.

Se les llama microorganismos benéficos a los que favorecen el desarrollo de la planta con la que interactúan, lo que se refleja en su crecimiento, productividad y sanidad. En los espacios de comercialización se les conoce como biofertilizantes, fitoestimulantes y biopesticidas.

5. Proceso de reproducción de microorganismos específicos

Las cantidades que se proponen en este procedimiento para reproducir son suficientes para 250 hectáreas.

5.1. Ingredientes necesarios

De la ración alimenticia de los MOO:

Estas son las porciones para una ración de un biorreactor.

4 kilos de harina de maíz

1 kilo de fécula de maíz

2 kilos de miel de abeja

1 kilo de melaza

6 litros de suero de leche

De la sustancia base de reproducción: agua limpia.

- 500 litros de agua de pozo o natural (NO clorada), por cada biorreactor.

De las cepas activas de microorganismos específicos

- 30 litros de cepa activa nueva, por cada microorganismo específico a reproducir, es decir, 240 litros de cepa en total.

5.2. Materiales y herramientas

Instalaciones

- Un local amplio con piso o un tejabán grande, sólido y amplio.
- Un piso pulido firme, que se pueda sanitizar frecuentemente.

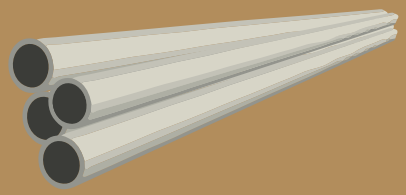
Adaptaciones previas

- Construir un tapanco, con material de construcción firme (cemento o madera) con un ancho de 1.20 metros, de un grueso de 8 centímetros y 10 metros de largo o dos tramos de 5 metros, construido en línea, en “L” (escuadra) o paralelos.
- Instalación eléctrica para habilitar un sistema de oxigenación, iluminación y toma de fuerza.

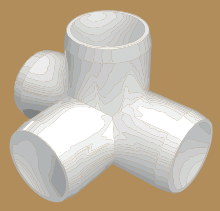
Biorreactores y el sistema de oxigenación.

- 8 tinacos del tipo Rotoplas de 600 o 750 litros aproximadamente, de color negro de preferencia, y de los que no son antibacteriales. A estos tinacos se les asignará el nombre de “biorreactores” para identificarlos en este manual.

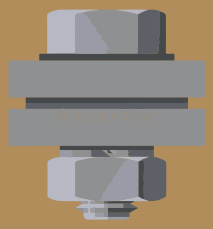
- 4 tubos de ½ pulgada de CPVC (para presión alta).



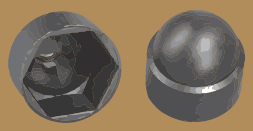
Conexiones de CPVC:



8 codos de 4 vías

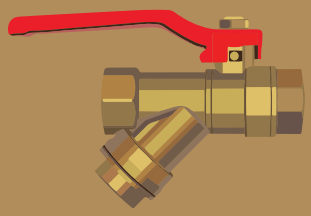


16 tuercas unión

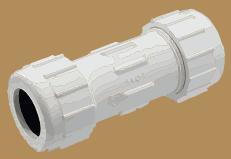


32 tapones

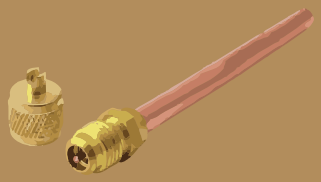
7 tees



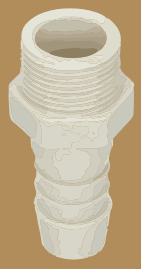
8 válvulas de paso



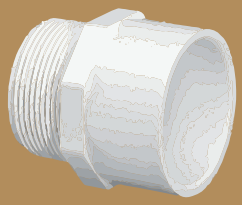
8 coples unión



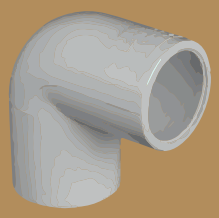
Válvulas de servicio



1 conector macho rosca externa

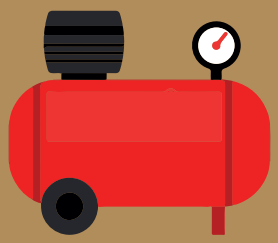


1 conector hembra rosca externa

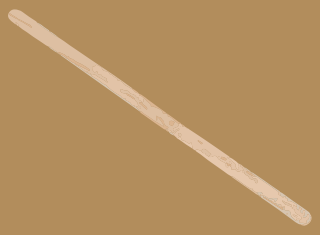


10 codos

8 válvulas check de no retorno



1 compresor de aire electromagnético de 160 PSI



1 removedor de madera (una tira de 1x1.5 x 1.5 m)

1 rollo de alambre galvanizado de cal 14 (30 m)

8 botellas de PET de refresco de 2 litros

8 metros de manguera transparente de ½”

1 tinaco de plástico de 100 litros

Equipos, materiales e instrumentos extras.

4 cubetas de plástico

1 tambo de 100 litros

1 tinaco de 1,000 litros, y si se puede más grande mejor

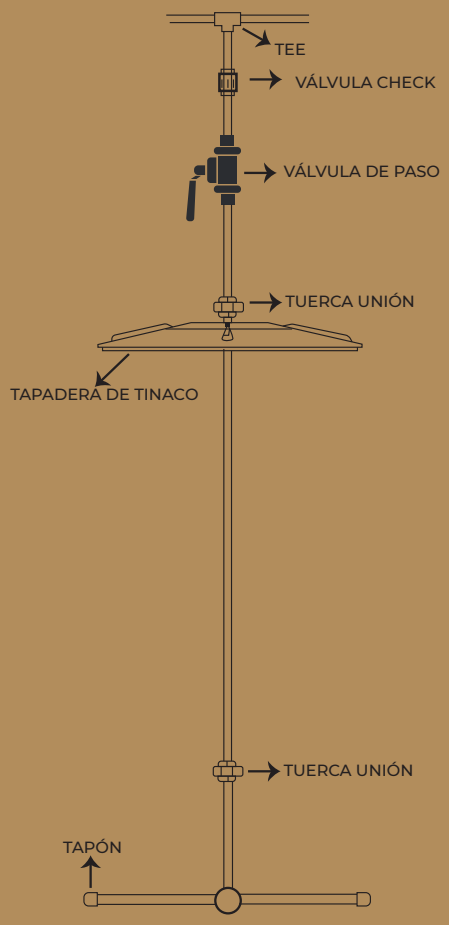
20 garrafones o más, para almacenar y envasar el producto

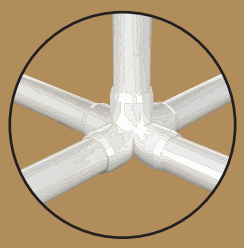
5.3 Proceso de elaboración.

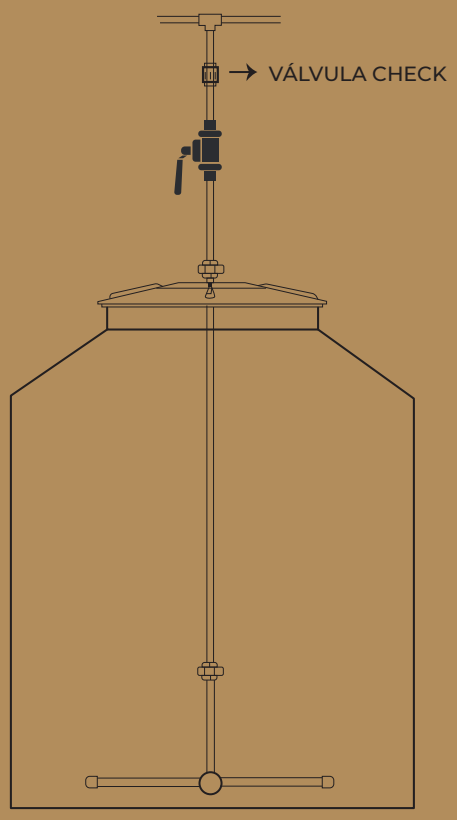
Sistema de oxigenación.

Paso 1. En cada tinaco biorreactor se le instala un aparato que sirve para oxigenar el contenido y se construye con tubería PVC. Tome como base el croquis que está enseguida:

Aparato de oxigenación

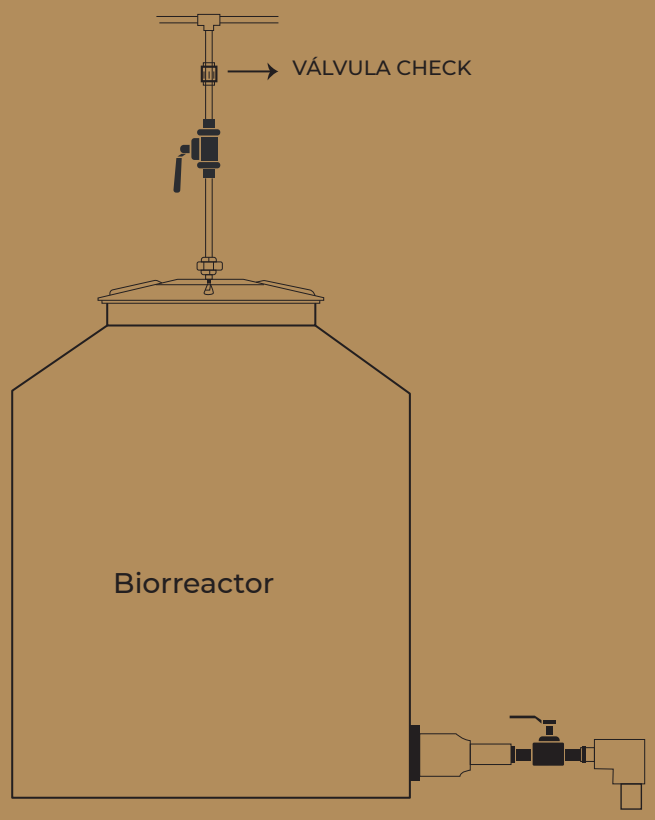






En la parte inferior, por debajo de la cruz, se hacen algunas perforaciones de 1/16“, cinco barrenos en cada brazo, y por cada uno saldrá el aire que oxigenará toda la mezcla. También se coloca una válvula check (antirretorno) después de la válvula que regula la llegada de aire al biorreactor, para impedir que el tanque no regrese nada por el conducto de oxigenación.

Paso 2. A cada tinaco biorreactor, se le coloca una válvula de paso para despachar el insumo.



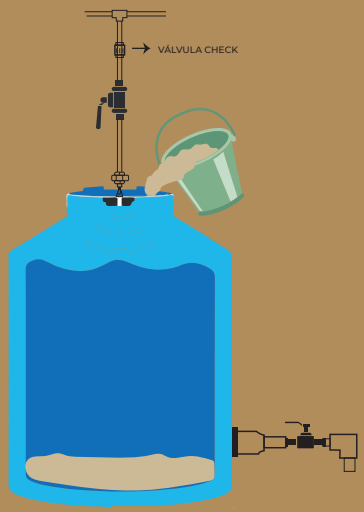
Paso 3. Se construye un tapanco con cemento, block para construcción o con tarimas de madera o con madera simple, con un ancho un poco mayor al diámetro del tinaco y con una altura de 50 a 70 cm, y encima de dicho tapanco se colocan los biorreactores, muy cercanos a la orilla de acceso para facilitar el despacho del insumo ya terminado, y se deja una separación entre los tinacos de 20 cm entre uno y otro, para facilitar su limpieza exterior.

Paso 4. Se hacen diferentes mediciones para saber el tamaño de los cortes del tubo de PVC que conectará en batería a todos los tinacos, tal como se muestra en la siguiente imagen.

Paso 5. Con las botellas de PET y la manguera transparente de ½", se fabrica una "válvula de alivio" que sirve para que los gases generados por la actividad microbiana tengan un escape.

Preparación del proceso de reproducción.

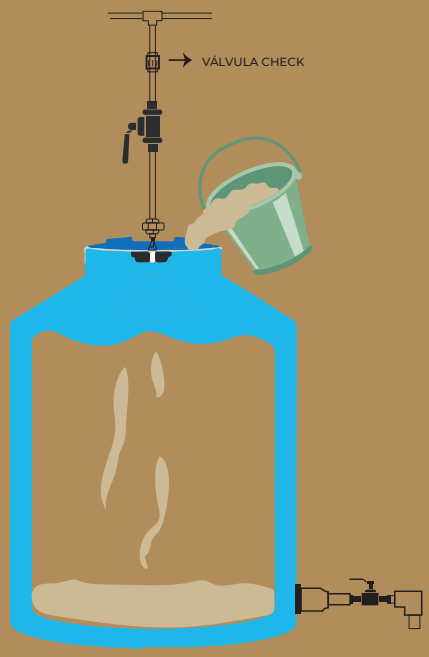
Paso 1. En cada biorreactor se suministran 500 litros de agua NO clorada



Paso 2. Se prepara la ración alimenticia y se vacía en el biorreactor, se revuelve en el agua que ya se había suministrado.

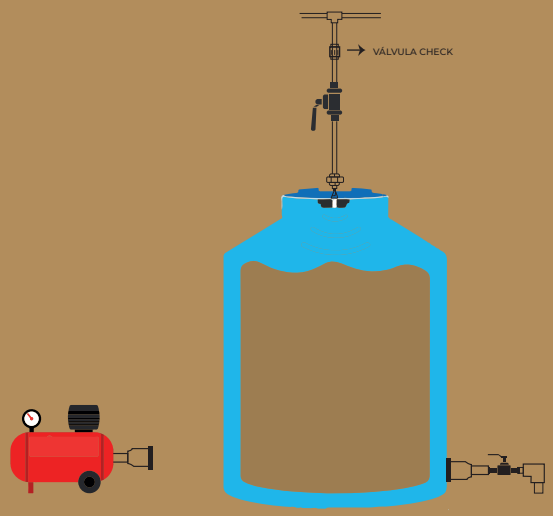
La mezcla alimenticia se compone de:

4 kilogramos de harina de maíz, 1 kilogramo de fécula de maíz, 2 kilogramos de miel de abeja, 1 kilogramo de melaza y 6 litros de suero de leche.

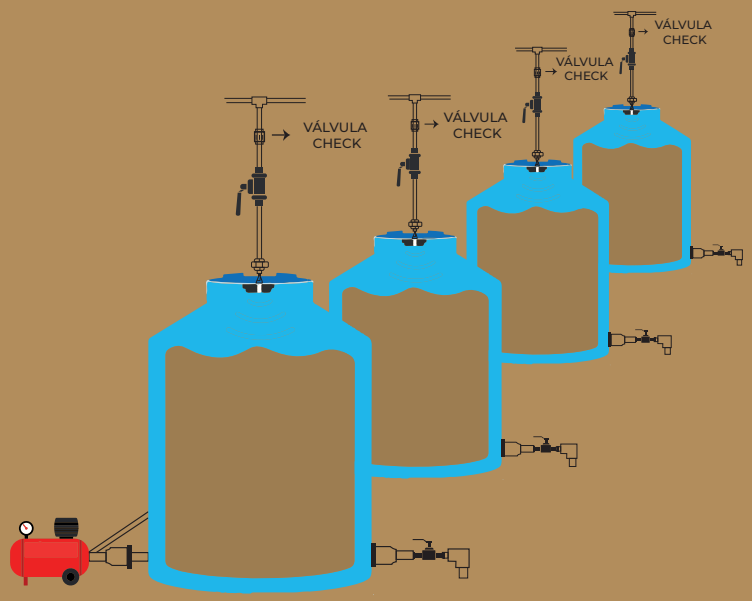


Paso 3. Una vez que la ración alimenticia quedó mezclada en el agua, dentro del biorreactor se agrega la cepa del microorganismo específico, y se revuelve por un minuto.

Nota: Se deberá etiquetar cada biorreactor con el nombre del microorganismo y la fecha de inoculación.

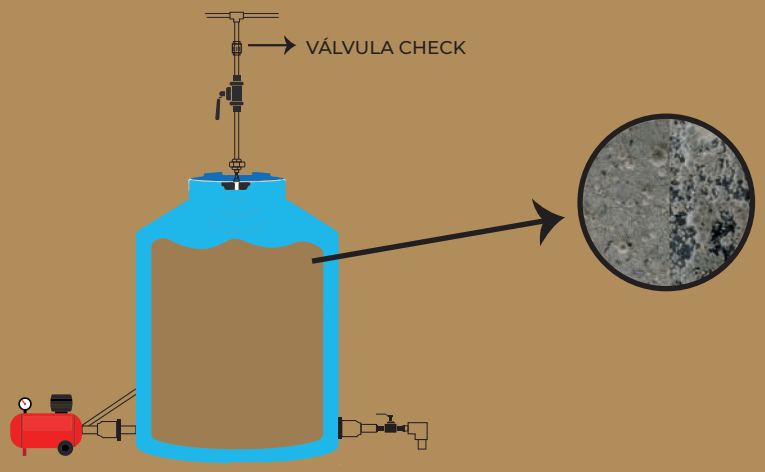


Paso 4. Una vez que la cepa quedó incorporada en la ración alimenticia se echa a andar el sistema de aireación el cual debe insuflar aire durante 4 minutos cada 4 horas.



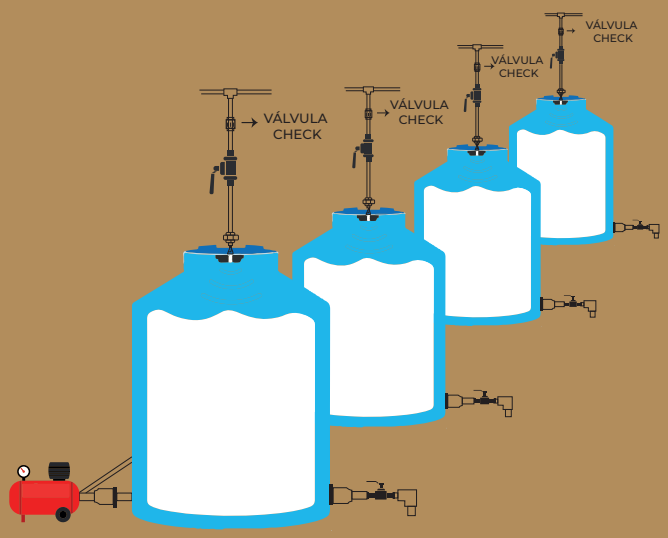
Paso 5. La aireación se hace en secuencia, es decir, primero un biorreactor después el siguiente y así hasta airear los 8 biorreactores.

La aireación se controla con las válvulas que están por encima de cada tinaco. El encendido de la bomba de aireación se puede controlar por medio de un TIMER (aparato que abre y cierra el circuito de encendido de la bomba) para no fallar en la secuencia de aireación.



Paso 6. Durante 20 días mantener la aireación, después de los cuales la reproducción de los microorganismos quedó terminada. El contenido del biorreactor se debe analizar para contabilizar la densidad del cultivo biológico, el conteo debe rondar un densidad de entre 10^8 y 10^{10}; esto puede hacerse mediante una cámara Neubauer y un microscopio, siempre es mejor que se haga en un laboratorio profesional, esto es solo para verificar que el cultivo fue realizado con éxito.

Nota: Es necesario que durante los 20 días el lugar donde se instaló el proceso mantenga una temperatura estable cercana a los 28 y 30 grados centígrados, esto para favorecer el medio ambiente y que la reproducción se realice con eficiencia.



Paso 7. Una vez que los biorreactores fueron vaciados, deberán ser lavados y sanitizados, para ello el aparato de aireación cuenta con dos tuercas unión que se pueden desenroscar para desarmarlo, y así el tinaco pueda bajarse del tapanco y lavarse muy bien.

Para lavar los tinacos, se deberá utilizar jabón o detergente biodegradable, y al final, enjuagarse con alcohol o agua oxigenada al 35%.

6. Características físicas y químicas del producto final.

- Al terminar el proceso de reproducción, la solución que se obtiene tendrá un color ámbar oscuro, con un ligero o mediano aroma a la melaza. Nunca deberá resultar con un aroma agrio o putrefacto; si esto sucede es que la aireación falló.
- La viscosidad del líquido resultante debe ser de alta fluidez.
- El pH del líquido deberá estar entre 6.8 y 7.8.
- El ORP deberá estar en -138 (negativo).

7. Forma de aplicación

Por hectárea se aplican 2 litros de cada microorganismo, los cuales se diluyen en agua, hasta aforar 200 litros.

Pueden mezclarse distintos tipos de microorganismos para ser aplicados al mismo tiempo, siempre y cuando la mezcla se realice a pie de parcela y se aplica inmediatamente. Se debe tener en cuenta que al momento de hacer la mezcla si se utiliza trichoderma éste deberá ser incorporado al final. La aplicación puede ser foliar o por el sistema de riego.

La época de aplicación preferentemente será dos meses antes de la siembra. Es importante que el suelo tenga una humedad promedio del 45% para lograr una mayor efectividad de los microorganismos.

Se recomienda que, 15 o 20 días antes de que se apliquen los microorganismos, aplicar 2 litros de agua oxigenada al 70; si no se cuenta con ella, no hay ninguna repercusión al momento de la aplicación de los microorganismos.

8. Almacenamiento y caducidad

El sobrante de microorganismos, se deberá almacenar en garrafones de 20 litros. Estos garrafones deberán ser de fácil manejo y ser guardados en un lugar fresco, seco y bajo sombra constante.
Es importante etiquetar los garrafones con el nombre y fecha de elaboración; no se deben combinar los microorganismos para su almacenamiento.
No es recomendable almacenarlos por más de 3 meses; si por alguna razón se pasa del tiempo, se recomienda aflojar la tapa cada 10 días para eliminar la presión de los gases.

9. Recomendaciones generales.

- No dejar pasar mucho tiempo para aplicar los microorganismos.
- La inoculación para la reproducción de los microorganismos debe ser con cepas puras y nuevas. NUNCA utilice de los microorganismos reproducidos para iniciar el proceso.
- Si es posible, tener una moto compresora de aire de gasolina, por si falla la energía eléctrica en la localidad, con la intención de que el proceso de aireación no se interrumpa por ningún motivo.
- En la composición de la ración alimenticia puede incorporar otros ingredientes, como cocimiento de papa, o sémola de arroz, piloncillo y sémola de trigo.

10. Bitácora de seguimiento

Tambo: _____ Microorganismo: _____

Fecha de inoculación: _____

Marcar con una (√) si el proceso de aireación funcionó adecuadamente.

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Temperatura ambiental																				
Aireación																				

Características del producto final: _____

Fecha de término: _____

Color: _____ Olor: _____ Aroma: _____

Garrafones obtenidos: _____ Volumen de cada garrafón: _____

Para aplicación:

_____

Extensión del área aplicada: _____ Hora de Aplicación: _____

Volumen aplicado: _____ Estado de la parcela: _____

Humedad: _____ Labores previas: _____

_____

Cultivo: _____

Observaciones y resultados:

_____

_____

11. Evaluación

Las siguientes preguntas servirán como reforzamiento del aprendizaje.

1. ¿Qué son los microorganismos benéficos?

2. ¿Qué tipo de interacciones pueden tener con el cultivo?

3. ¿A qué dominio pertenecen?

4. ¿Cuáles son los beneficios de que estén presentes en los suelos?

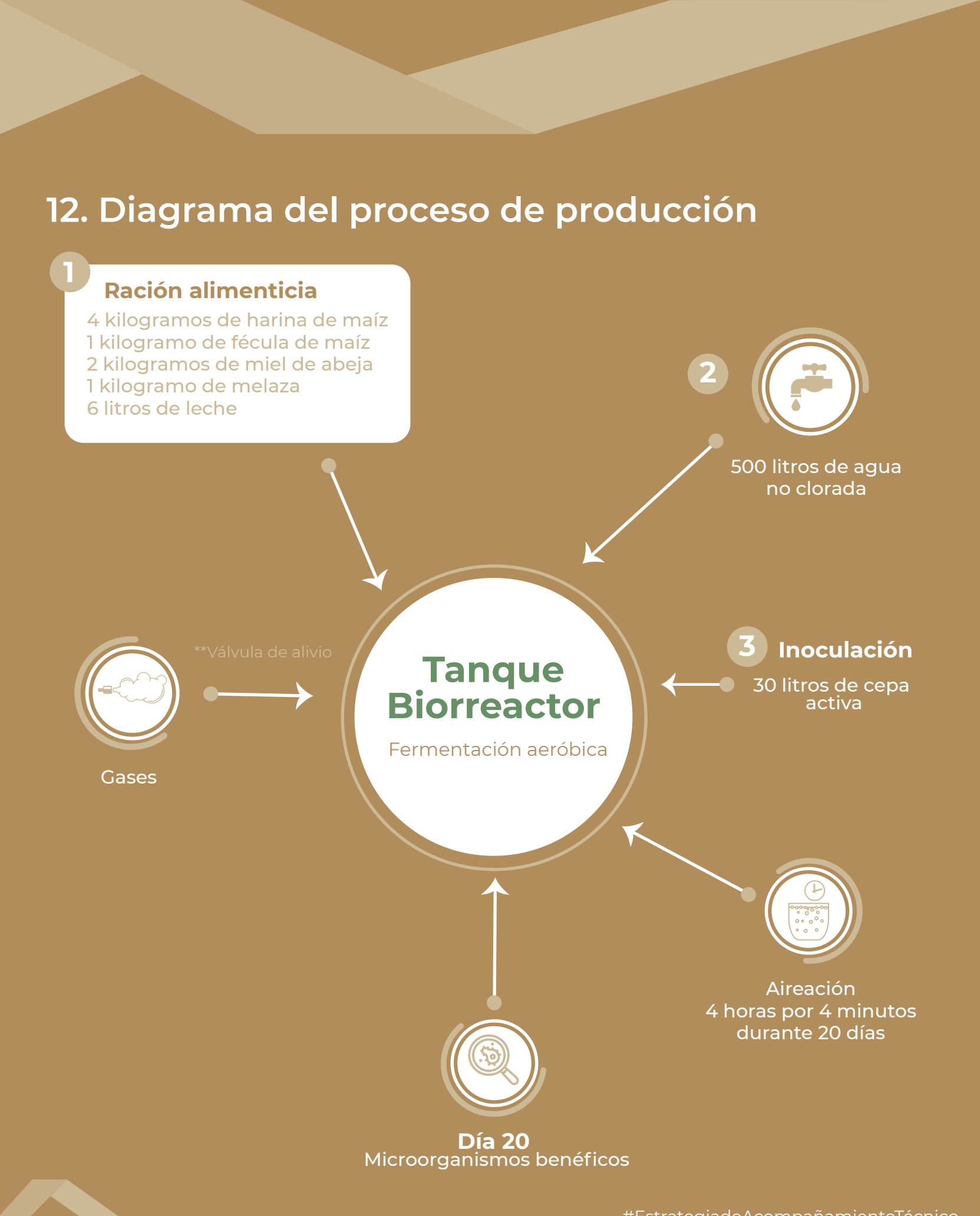
5. ¿En qué área de la planta pueden desarrollarse interacciones benéficas?

6. ¿Cuánto tiempo dura la reproducción de microorganismos en el biorreactor?

7. ¿Qué ingredientes son necesarios para hacer la ración alimenticia que se agrega al biorreactor?

8. ¿Cómo debemos almacenarlos?

12. Diagrama del proceso de producción



13. Referencias bibliográficas

- Dialnet-PracticasDeMicrobiologia-100835%20(3).pdf
- Lovelock. 1989/1995). Lovelock, James E. (1985). Gaia, una nueva visión de la vida sobre la
- Tierra. Ediciones Orbis. p. 15.
- J. Lovelock. Gaia. Un modelo para la dinámica planetaria y celular. 1989/1995. p 85.
- Simón, Federico (21 de junio de 2000). «GEOLOGÍA Enfoque multidisciplinar La hipótesis Gaia madura en Valencia con los últimos avances científicos». El País. Consultado el 1 de diciembre de 2013.
- American Geophysical Union. «General Information, Chapman Conference on the Gaia Hypothesis, University of Valencia, Valencia, Spain, June 19-23, 2000». AGU Meetings (página WebCache de Google, el original no se encuentra) (en inglés). Archivado desde el original el 4 de junio de 2012. Consultado el 1 de diciembre de 2013.
- Pujol Gebelli, Xavier (1 de diciembre de 1999). «El plancton contribuye a regular el clima marino». El País. Consultado el 1 de diciembre de 2013.
- Castro Carranza, Carlos (25 de agosto de 2013). Ecosistemas. Revisa Científica de Ecología y Medio Ambiente 22 (2). Consultado el 1 de diciembre de 2013.
- Las bacterias y sus interacciones con las plantas. José Leonardo Sánchez Tafolla y Ángel Rafael Trigos Landa.
- https://www.thermofisher.com/mx/es/home/life-science/cell-culture/microbiological-culture.html
- https://www.greenuniverseagriculture.com/los-microorganismos-en-la-agricultura.
- Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos... Leticia Andrea Fernández; Pablo Zalba; Marisa Anahí Gómez y Marcelo Antonio Sagardoy
- http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672005000100004.
- El papel de la solubilización de fósforo en los biofertilizantes microbianos. Maria Teresa Fernández, Hilda Rodríguez http://www.redalyc.org/pdf/2231/223120688005.pdf
- Biofertilización: aspectos Productivos, consecuencias en el manejo y conservación de la fertilidad del suelo. Ing. Gabriel M. Frontera. http://www.fertilizando.com/articulos/Biofertilizacion.asp
- Microorganisms that enhance plant growth and soil quality. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2010) 11(2), 155-164. http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/Microorganismos.pdf
- https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/1129-bacterias-aliadas-de-la-agricultura