



Publicación Miscelánea

007

GUÍA

para la aplicación de un biofertilizante en el cultivo de maíz de la Sierra ecuatoriana

2023

GUÍA PARA LA APLICACIÓN

de un biofertilizante en el cultivo de maíz

ISBN: 978-9942-44-396-0



9 789942 443960



Créditos

GUÍA NO. 007 Guía para la aplicación de un biofertilizante en el cultivo de maíz de la Sierra ecuatoriana.

**KOrea Partnership for Innovation of Agriculture
KOPIA Ecuador Center**

Instituto Nacional de Investigaciones de Agropecuarias - INIAP

KOPIA : Ana Pincay, Chang Hwan Park, Javier Albuja

INIAP: José Luis Zambrano, Carlos Sangoquiza, Cristian Subía

Fotografías : Ana Pincay, Javier Albuja

Diseño y Diagramación: Javier Albuja

Ilustraciones: Javier Albuja

Impresión: 2023

Tiraje: 500 ejemplares

Revisores Internos:

Mgs. Cristina Tello; Mgs Diego Peñaherrera; Dra. Sandra Garcès

Cita Recomendada:

Pincay, A., Zambrano, J., Sangoquiza, C., Subía, C., Park, C. (2023). Guía para la aplicación de un biofertilizante en el cultivo de maíz de la Sierra ecuatoriana. INIAP, Publicación Miscelánea No. 007 Quito, Ecuador. 44p

Esta publicación se realizó con fondos de la República de Corea del Sur en el marco del proyecto colaborativo **“Desarrollo de tecnologías para el cultivo de maíz con aplicación de bioinoculantes y mulching en la sierra del Ecuador. Fase II”**.

Los lectores están autorizados a citar o reproducir este material en sus propias publicaciones, respetando los derechos de autor





Prólogo

En el Ecuador la estructura agraria, está dividida entre la Agricultura Empresarial (AE) que requiere de importante proporción de capital fijo en tierra y maquinaria para la explotación de la tierra y obtener ganancia a partir de la exportación de productos agrícolas; y la Agricultura Familiar Campesina (AFC) que en su mayoría hacen uso de prácticas y saberes ancestrales y la mayor parte de su producción se destina para el mercado interno o para autoconsumo.

Aunque la mayoría de pequeños agricultores de la Sierra ecuatoriana utilizan en sus terrenos fertilizantes orgánicos de origen animal y vegetal sus terrenos solo ocupan el 20% de la superficie total, mientras que el 80% restante ha sido sometido a una presión productiva con uso intensivo de plaguicidas, fertilizantes químicos y tecnificación inadecuada. Todo esto ha provocado la compactación del suelo, disminución de microorganismos benéficos, deficiencia de nutrientes y con ello una baja fertilidad del suelo que se ve reflejada con los bajos rendimientos y altos costos de producción.

A pesar del gran progreso en la productividad agrícola de la actualidad, la pérdida de biodiversidad y baja productividad de los suelos en las últimas décadas generan preocupación. Por esta razón se buscan métodos que tengan bajo impacto ecológico en el microbioma del suelo, y que a la vez sean seguros para la salud humana, permitiendo la explotación sostenible de los recursos naturales; en este sentido, el uso de microorganismos benéficos, como insumos para la producción agrícola, se presenta como una alternativa asequible y que fomenta una adecuada nutrición de los cultivos y mantiene la salud del suelo.

De esta manera, el Centro KOPIA Ecuador y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, presentan esta Guía para la aplicación de un biofertilizante en el cultivo de maíz de la Sierra ecuatoriana, como un aporte para fomentar un desarrollo sostenible de la agricultura en el país. Esto es el resultado del continuo esfuerzo de investigación y desarrollo de estas instituciones por mejorar las condiciones de los productores del Ecuador.



Contenido

Cinco claves, Buenas Prácticas Agrícolas	10
Fertibacter Maíz	
- Modo de uso	11
Introducción	12
Fertilizantes Orgánicos	14
- Principales fertilizantes orgánicos	15
- Ventajas y desventajas del uso de fertilizantes orgánicos	17
Importancia de los microorganismos	18
Microorganismos utilizados como biofertilizantes	20
- Fijadores de nitrógeno	21
- Solubilizadores de fósforo	22
- Productores de fitohormonas	23
Fertibacter Maíz	24
- Composición del Fertibacter	25
- Incompatibilidad con agroquímicos	26
Recomendaciones para la aplicación de Fertibacter Maíz	28
- Épocas de siembra	30
- Selección de semilla de calidad en las zonas de producción	31
- Aplicación del biofertilizante Fertibacter Maíz	32
- Fertilización de maíz utilizando Fertibacter Maíz	33
- Resultados de ensayos en campo con Fertibacter Maíz	35
- Desafíos del uso de biofertilizantes	36
Glosario	37
Bibliografía	39



1. CALIDAD

- Utilizar semillas o plantines certificados.
- Realizar una buena preparación y desinfección de suelos.
- Reducir el uso de agroquímicos y fertilizantes.
- Llevar un registro de las labores de campo: fecha de siembra, aplicaciones de plaguicidas y/o bioinsumos, fertilización, condiciones climáticas.
- Llevar un registro de las capacitaciones y charlas técnicas.
- Llevar un registro de gastos.



BPA (buenas prácticas agrícolas) son un conjunto de principios, normas y recomendaciones aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientadas a asegurar la protección de la higiene, la salud humana y el medio ambiente, mediante métodos ecológicamente seguros, higiénicamente aceptables y económicamente factibles.

2. INOCUIDAD

- Utilizar agua de riego proveniente de fuentes limpias.
- Almacenar los agroquímicos y fertilizantes en la bodega, de forma ordenada y verificando que estén vigentes.
- Realizar la última aplicación de plaguicidas al menos ocho días antes de la cosecha.
- No usar bokashi y estiércol fresco para la fertilización del suelo.
- No permitir el paso de animales de la granja y domésticos por el cultivo.



4. SEGURIDAD LABORAL

- Ubicar un botiquín de primeros auxilios cerca de la puerta de la bodega, en la parte exterior.
- Utilizar plaguicidas y fertilizantes vigentes y seguir las recomendaciones de la etiqueta según su uso o recomendación de un técnico profesional agrónomo.
- Usar un equipo de protección personal durante la aplicación de fertilizantes y agroquímicos.
- Bañarse después del trabajo en el campo.



3. HIGIENE

- Disponer de servicios sanitarios y áreas de lavado de manos con jabón para los trabajadores.
- Ubicar los servicios sanitarios a una distancia de 100 m de la parcela, como mínimo.
- Desinfectar las herramientas utilizadas en el cultivo.
- No ingerir alimentos dentro de la parcela del cultivo.
- Utilizar gavetas plásticas para la cosecha.
- Utilizar ropa limpia durante las labores de cosecha.



5. MEDIO AMBIENTE

- Optimizar el uso de agua con sistemas de riego.
- Reforestar las áreas alrededor de ríos; no talar árboles.
- Rotar los cultivos y dejar descansar el suelo con cultivos de cobertura.
- No quemar basura, bosques y rastrojos.
- Programar labores culturales con énfasis en la fertilización, incluyendo la orgánica y siguiendo indicaciones técnicas apropiadas sobre uso de abonos orgánicos.
- Programar el manejo integrado de plagas y enfermedades, que cause el mínimo impacto ambiental y garantice la seguridad de los trabajadores.
- Realizar el triple lavado de los envases vacíos de agroquímicos, no botarlos en el campo o en fuentes de agua, llevarlos al distribuidor más cercano.





FERTIBACTER MAÍZ



MODO DE USO

01 Colocar

en un recipiente 30kg de semillas y aplicar 1 Litro de Fertibacter Maíz



02 Mezclar

con la ayuda de guantes, hasta que toda la semilla quede cubierta



03 Reposar

durante 15 minutos en un lugar fresco y sin exposición solar



04 Sembrar

la cantidad de semilla recomendada para cada variedad



Ventajas



Disminuye

la contaminación ambiental causada por el uso de fertilizantes inorgánicos.



Reduce

la fertilización química al 50% de lo habitual



Facilita

la absorción de nutrientes como nitrógeno y fósforo a la planta



Acelera

la germinación de la semilla de maíz



Mejora

los rendimientos del cultivo y reducen los costos de producción



Incrementa

la población de microorganismos benéficos en el suelo.

Recomendaciones para el manejo de desechos

1



Después

de usar el producto, agregue 1/4 de agua y agítelo por 30 segundos.

2



Vierta

el contenido resultante en su terreno.

3



Reciclar

el envase para uso agrícola

Introducción



Un factor importante en la producción agrícola sostenible es la calidad y salud de los suelos, evidenciada en la presencia de una gran diversidad de microorganismos que facilitan la descomposición y mineralización de la materia orgánica, haciendo que nutrientes esenciales estén disponibles en el suelo, lo que permite conservar la estructura y fertilidad del mismo en el largo plazo.

Normalmente, los cultivos absorben entre un 20 a 40% del fertilizante aplicado, el resto se pierde por diversos mecanismos, generando pérdidas económicas, contaminación del suelo y del agua, destrucción de comunidades microbianas, reducción de la fertilidad del suelo y aumento de la susceptibilidad a las enfermedades.

Ha sido ampliamente demostrado que la mala práctica agrícola no selecciona comunidades microbianas eficientes, al contrario favorece comunidades oportunistas.





La utilización de microorganismos benéficos como biofertilizantes ha demostrado ser importante para el sector agrícola, debido a su papel potencial en la seguridad alimentaria y la producción sostenible de los cultivos, ya que disminuyen el uso de fertilizantes químicos, mejoran la permeabilidad de los suelos, incrementan la disponibilidad de nutrientes para las plantas, generan resistencia inducida, producen fitohormonas que contribuyen con el desarrollo de la planta.

Fertilizantes orgánicos



Los fertilizantes orgánicos se obtienen de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, entre otros) que por acción de los microorganismos presentes en el medio digieren los materiales, transformándolos en moléculas que aportan nutrientes al suelo y por tanto a las plantas que crecen en él.



Contienen nitrógeno mineral, potasio, calcio, magnesio y cantidades significativas de otros elementos que originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, mejoran la capacidad de retención de humedad, la infiltración de agua, la estructura del suelo, así como promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas; sin embargo, para su elaboración se requiere de espacio, tiempo y dedicación.



Principales fertilizantes orgánicos

Abonos verdes

Son plantas que se cultivan para ser enterradas en el suelo con el fin de incrementar la materia orgánica del mismo, se usan principalmente leguminosas (chocho, trébol, arveja, haba, frijol), aunque también gramíneas (avena, cebada) y crucíferas (nabo).



Estiércoles

Son excrementos de animales de granjas (ganado bovino, porcino, equino, caprino, ovino y de aves), puede presentarse mezclado con material vegetal como paja, heno o material de cama de los animales.



Compostas

Se producen a partir de la mezcla de materiales orgánicos como los residuos agropecuarios (estiércol, paja y hierbas) y de los alimentos del hogar, que por procesos de fermentación se convierten en material de alto contenido nutricional para las plantas. Para obtener un compost de calidad se requiere controlar temperatura, luz y humedad; el tiempo para obtener compost maduro es de 5 o 6 meses y pasa por 3 fases (descomposición, termófila y maduración).

A estas compostas se les puede agregar lombrices que se alimenten de excrementos y materia orgánica en descomposición. Tanto la lombricomposta como sus lixiviados cumplen con las mismas funciones de la composta y es más rápido de obtener (entre 2 y 3 meses).



Biofertilizantes

Es una preparación que contiene células vivas o latentes provenientes del suelo, que mejoran la asimilación de nutrientes por parte de las plantas. A diferencia de los fertilizantes sintéticos, los biofertilizantes tienen microorganismos que no son una fuente de nutrientes por sí mismos, pero permiten el acceso de los nutrientes disponibles en la rizosfera.

Contienen concentrados de microorganismos promotores de crecimiento (PGR) bacterias, hongos, que pueden ser aplicados a las semillas, a la superficie del suelo para colonizar la rizósfera e incluso en la superficie de la planta.

Son considerados como una alternativa biotecnológica atractiva, factible y sostenible para aumentar el rendimiento de los cultivos, incrementar la biodiversidad del suelo, mejorar la tolerancia al estrés biótico y abiótico de las plantas, restaurar la fertilidad del suelo, estimular el crecimiento de las plantas mediante la producción de fitohormonas, fijación de nitrógeno o solubilización de nutrientes del suelo, reducir los costos de producción y el impacto ambiental asociado con la fertilización química. Los géneros bacterianos más utilizados son: *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*.



Ventajas y desventajas del uso de fertilizantes orgánicos

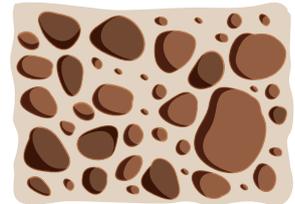
Ventajas



Permiten aprovechar residuos orgánicos.



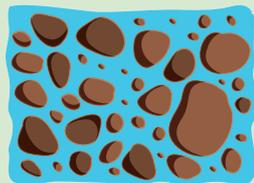
Recuperan la materia orgánica del suelo.



Mejoran la estructura del suelo.



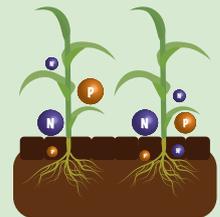
Mejoran la permeabilidad del suelo.



Mejoran la retención de humedad del suelo.



Disminuyen la contaminación ambiental causada por el uso de fertilizantes inorgánicos.



Aportan nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio entre otros elementos indispensable para el desarrollo de plantas.

Desventajas



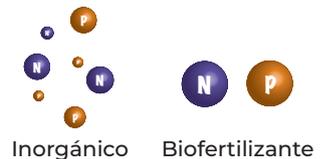
La liberación de nutrientes depende de las condiciones ambientales.



El tiempo de efectividad, ya que el proceso de liberación de nutrientes no se da de forma ágil.



El fertilizante orgánico o el compost incompleto o mal preparado puede dejar ciertos tipos de patógenos en la materia orgánica.



Si comparamos con un fertilizante inorgánico la concentración de macronutrientes es menor

Importancia de los microorganismos



En el suelo existen consorcios microbianos, generalmente hongos y bacterias que interactúan con las raíces de las plantas y los elementos presentes en el suelo, beneficiando la nutrición y crecimiento de las plantas, incrementando la resistencia al estrés e incluso induciendo a la resistencia sistémica inducida (RSI) contra patógenos, como por ejemplo del género *Fusarium*.



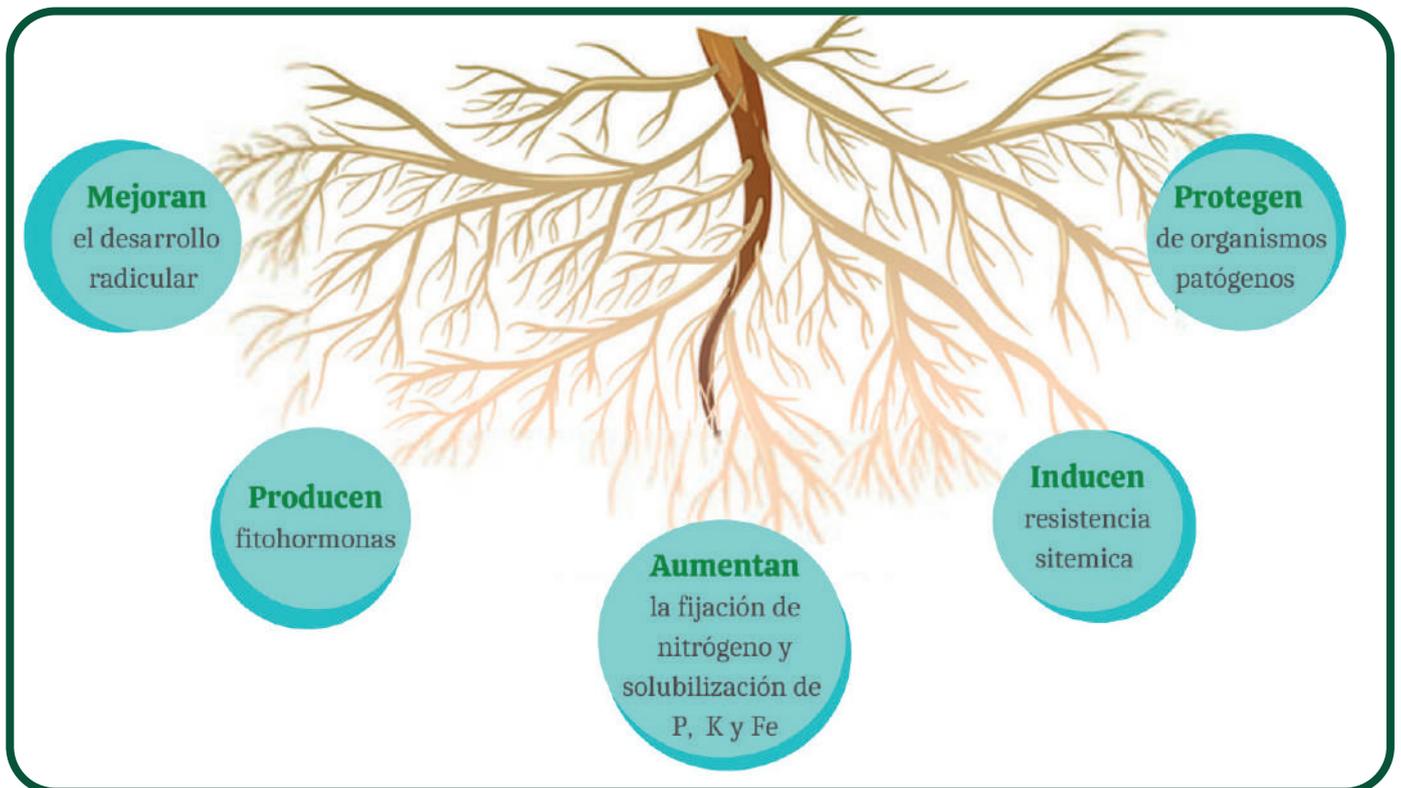


Figura 1: Beneficios de los microorganismos promotores de crecimiento vegetal
Elaborado por: Pincay, 2022
Fuente: Tazarona, 2021

Los microorganismos pueden facilitar de manera directa o indirecta, la disponibilidad de determinados nutrientes tales como: nitrógeno, fósforo, potasio, agua, etc.; además pueden producir fitohormonas que promueven el crecimiento vegetal, también interactúan como agentes de control biológico ya sea por competencia de nutrientes, producción de antibióticos o enzimas e inducción de resistencia en la planta. Por todos estos beneficios el uso de bio-fertilizantes o abonos biológicos constituye una alternativa para mejorar las condiciones del suelo y reducir la contaminación provocada por los agroquímicos. reducir la contaminación provocada por los agroquímicos.





Microorganismos utilizados como biofertilizantes

Existe una diversidad de microorganismos usados para la elaboración de biofertilizantes que debido a su capacidad promotora de crecimiento son mayormente estudiados y aplicados en diferentes cultivos, entre los géneros más destacados están:

Bacillus, Pseudomonas, Azotobacter, Azospirillum, Rizobium, Klebsiella, Enterobacter, Burkholderia y micorrizas; según su metabolismo, podemos clasificarlos en:

- Fijadores de nitrógeno
- Solubilizadores de fósforo y
- Productores de fitohormonas (hormonas vegetales)

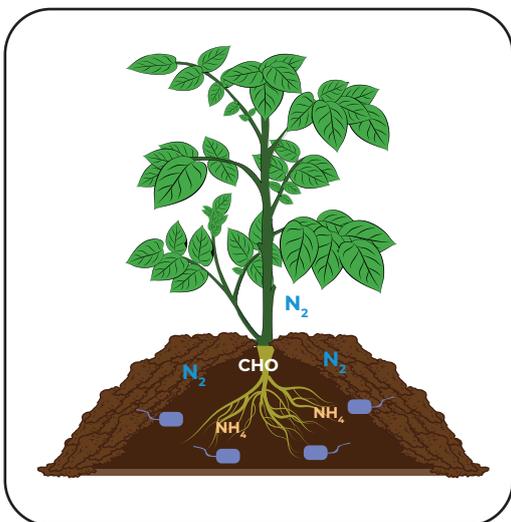




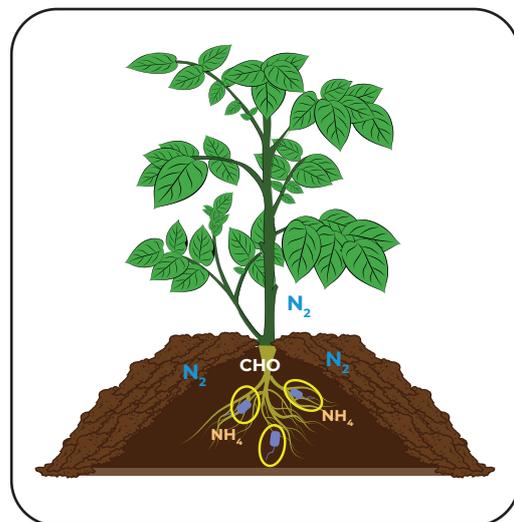
Fijadores de nitrógeno

Los microorganismos fijadores de nitrógeno constituyen un grupo taxonómico diverso, la única característica que comparten es la presencia de la enzima nitrogenasa que reduce el nitrógeno (N_2) a amonio (NH_4). Podemos clasificarlos en dos grupos:

- Microorganismos que fijan nitrógeno en forma no simbiótica o de vida libre como los del género *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y otras.
- Microorganismos que fijan el nitrógeno en forma simbiótica, es decir habitan en el interior de las raíces y le proveen nitrógeno a la planta a cambio de carbono y de un hábitat de protección como *Rhizobium* y micorrizas.



Fijación no simbiótica



Fijación simbiótica

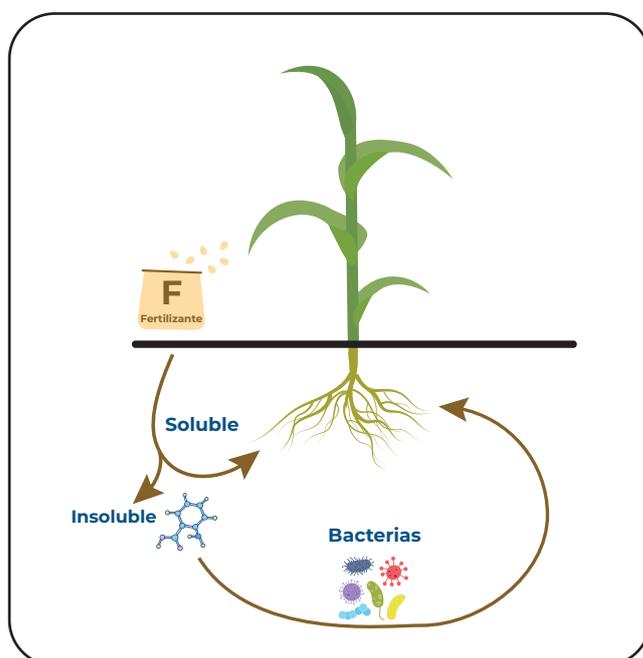


Solubilizadores de fósforo

Tienen la capacidad de solubilizar fosfatos insolubles en formas solubles por medio de producción de ácidos como el ácido butírico, oxálico, succínico, málico, glucónico, acético, láctico, cítrico, entre otros, que actúan como quelantes de los cationes de calcio (Ca^{2+}) principalmente, aunque también hierro (Fe), aluminio (Al) y magnesio (Mg), que acompañan a la liberación de fosfatos a partir de compuestos fosfáticos insolubles.

Otro método de obtención de fosfatos, especialmente en suelos que tienen déficits de éste elemento, es mediante la producción de enzimas fosfatasas producidas por determinados tipos de bacterias. Estas enzimas son capaces de solubilizar mediante hidrólisis el fósforo orgánico procedente de materia orgánica.

Microorganismos del género *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Microbacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Trichoderma* y micorrizas, han sido reportados como solubilizadores de fósforo.

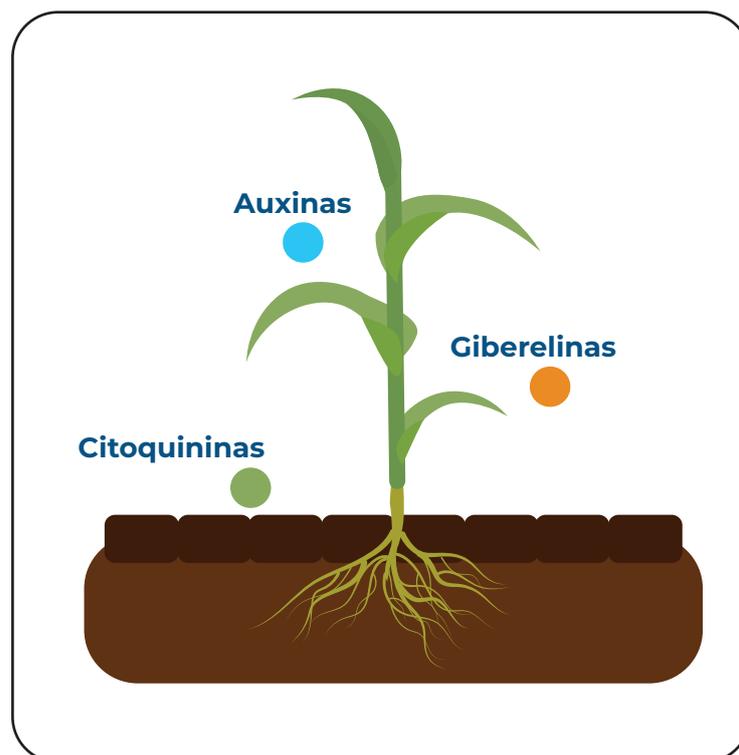




Productores de fitohormonas

Tienen capacidad de sintetizar sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, como auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido indolacético, etileno y ácido abscísico, que aceleran la germinación de las semillas y estimulan el crecimiento de la planta.

Entre los microorganismos más estudiados están *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum* sp y *Trichoderma* sp.

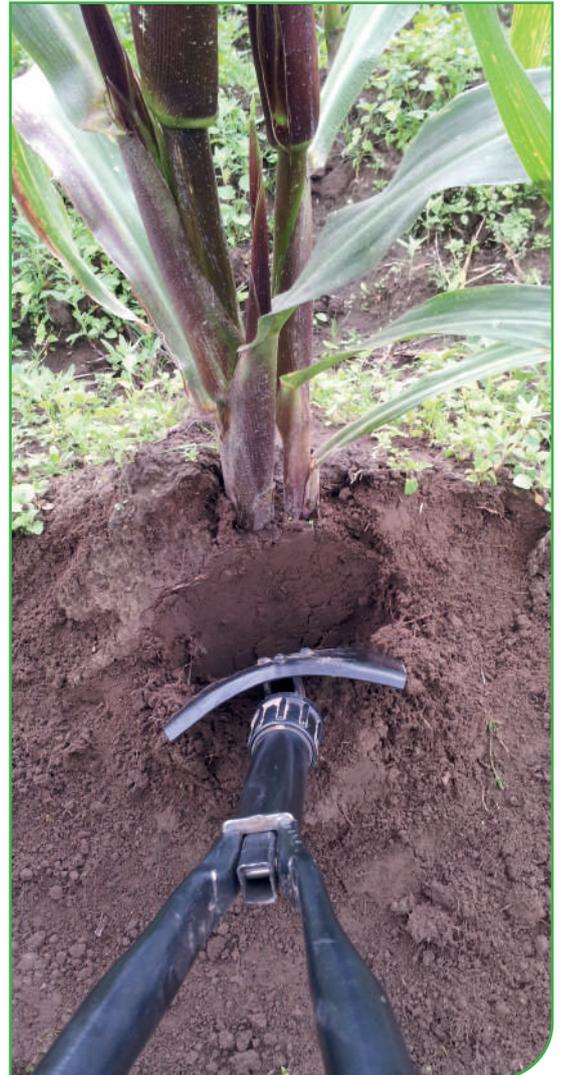


Fertibacter Maíz



Es un biofertilizante elaborado a base de bacterias de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas*, que aportan múltiples beneficios al suelo y sobre todo a la nutrición de las plantas.

Para obtener estos microorganismos se realizaron varias colectas de la rizósfera de cultivos de maíz de todas las provincias de la Sierra ecuatoriana; mediante pruebas de laboratorio e invernadero, se seleccionaron las mejores cepas para ser evaluadas en campo y de los resultados obtenidos en esta última evaluación se seleccionaron las cepas que mejoraron el rendimiento del cultivo, para posteriormente elaborar el biofertilizante Fertibacter Maíz.



Composición de Fertibacter Maíz

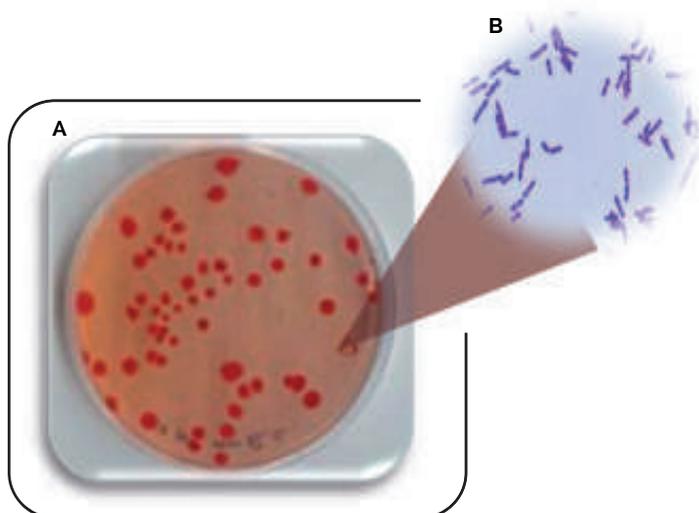
Ingredientes	Concentración
Microorganismos (<i>Bacillus subtilis</i> y <i>Pseudomonas fluorescens</i>)	10 ⁹ UFC/ml
Melaza	2%



Tabla 1: Composición del biofertilizante Fertibacter Maíz

Para la identificación de género y especie de los microorganismos usados en la elaboración de Fertibacter Maíz se realizaron pruebas bioquímicas y moleculares.

Bacillus subtilis



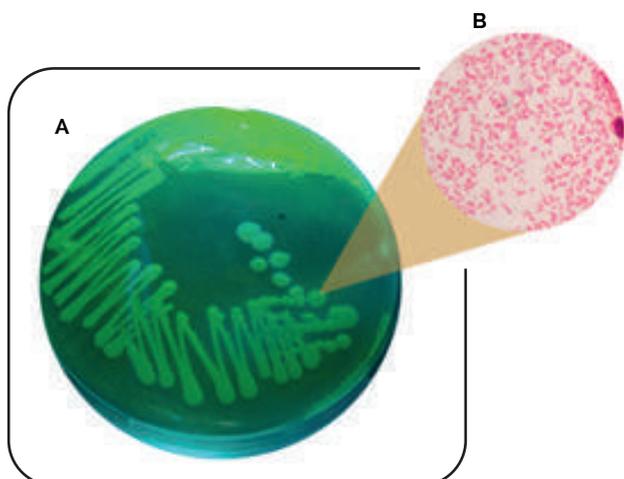
Clase: Bacilli
Orden: Bacillales
Familia: Bacillaceae
Género: *Bacillus*
Especie: *Bacillus subtilis*

Figura 3: A) Colonias de *Bacillus subtilis* sembradas en medio agar rojo Congo.
B) Observación en el microscopio a 100X, morfología celular: bacilos Gram positivos.
Fuente: Carrera, 2012

Son bacilos Gram positivos, aerobio/anaerobio facultativo, con movilidad flagelar, tienen la habilidad para formar endosporas, característica que les confiere resistencia y potencia su aislamiento en diversos hábitats; sin embargo, el suelo es el principal reservorio de este género bacteriano, debido a que pueden utilizar la gran diversidad de sustratos orgánicos presentes en el suelo.

Su crecimiento óptimo ocurre a pH neutro, presentando un amplio intervalo de temperaturas de crecimiento; su diversidad metabólica asociada a la promoción del crecimiento vegetal, producción de sideróforos, fitohormonas y control de patógenos la hacen una bacteria muy usada en la elaboración de biofertilizantes.

Pseudomonas fluorescens



Clase:	Gammaproteobacteria
Orden:	Pseudomonadales
Familia:	Pseudomonadaceae
Género:	<i>Pseudomonas</i>
Especie:	<i>Pseudomonas fluorescens</i> Migula

Figura 4: A) Colonias de *Pseudomonas* sembradas en agar King B.
B) Observación en el microscopio a 100X, morfología celular: bacilos Gram negativos
Fuente: Pincay, 2014

Son bacilos Gram negativos, tienen movilidad flagelar, producen pigmentos fluorescentes, son microorganismos de vida libre en el suelo o agua, capaces de utilizar un sinnúmero de sustratos para crecer, toleran un amplio rango de temperatura (10°C a 42°C), es una de las especies más estudiadas, pues produce metabolitos como sideróforos, antibióticos, compuestos volátiles, enzimas y fitohormonas que promueven el crecimiento vegetal.

Incompatibilidad con agroquímicos

El uso de agroquímicos con efectos bactericidas reducen la viabilidad de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*, estudios demostraron que el uso de Atrazina y Paraquat disminuye en más de un 90% la población de estos microorganismos, mientras que, el uso de glifosato tiene un bajo impacto sobre estos microorganismos.





Recomendaciones para la aplicación de Fertibacter Maíz



En la Sierra ecuatoriana el cultivo de maíz es uno de los más importantes, debido a la superficie destinada para su cultivo y al papel que cumple como componente básico de la dieta de la población ecuatoriana.

Es importante tener en cuenta que una producción eficiente de maíz no inicia el día de la siembra, sino varios meses atrás. El nuevo ciclo debe empezar el día siguiente de la cosecha.

A continuación, se mencionan de manera rápida los 13 pasos que se deben seguir para incrementar la productividad del cultivo de manera sostenible:



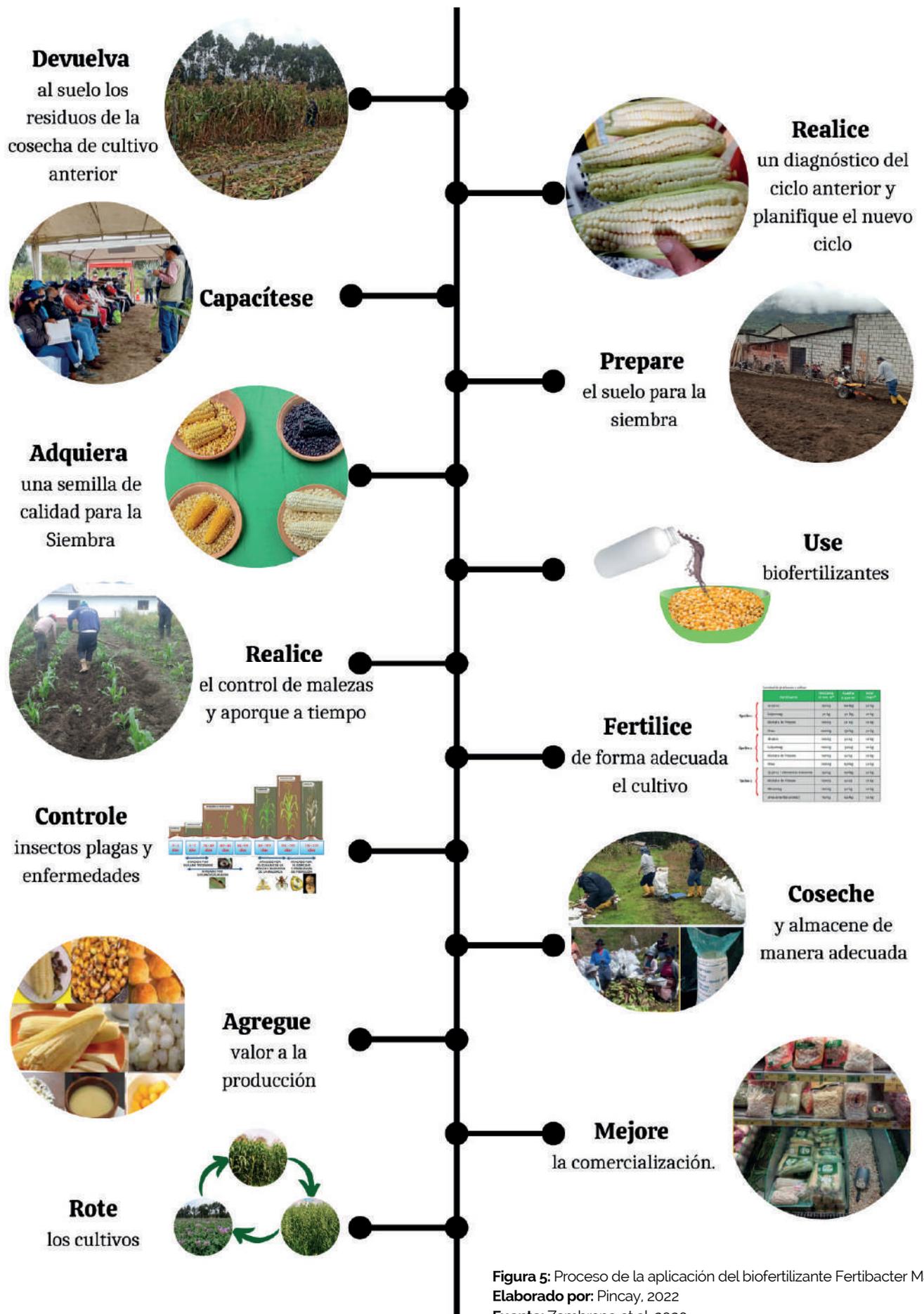


Figura 5: Proceso de la aplicación del biofertilizante Fertibacter Maiz
Elaborado por: Pincay, 2022
Fuente: Zambrano et al. 2020.

*Los pasos detallados se encuentran en la Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana, 2011.



Épocas de siembra

Las épocas de siembra se definen por factores climáticos, mercado, costumbres e incluso por creencias religiosas; así por ejemplo, en la provincia de:

- Bolívar, Azuay y Cañar, la época de siembra coincide con el inicio de las lluvias, es decir, desde septiembre, octubre y pueden llegar hasta diciembre.
- Imbabura, en el cantón Urcuquí inicia la siembra en el mes de junio, en la parte baja del cantón Antonio Ante que cuenta con riego se siembra en el mes de julio y agosto; el cantón Otavalo inicia las siembras con las primeras lluvias de septiembre y octubre; mientras que, las comunidades altas del cantón Ibarra inician las siembras en el mes de noviembre.
- Cotopaxi tiene fechas especiales de siembra relacionadas con festividades religiosas, como el 30 de agosto (Santa Rosa), 31 de agosto (San Ramón), 4 de octubre (San Francisco), 24 de septiembre (Virgen de la Merced) y 2 de noviembre (Santos Difuntos).
- En Chimborazo, se siembra desde el mes de junio (7 %), julio (5 %), agosto (10 %), septiembre (12 %), octubre (32 %), noviembre (32 %) y diciembre (2 %).



Selección de semilla de calidad en las zonas de producción

Es fundamental identificar la semilla que se adapte al lugar y utilizar una densidad adecuada de siembra. Se recomienda usar semilla que cumpla con los cuatro atributos de calidad que son: genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios, es decir semilla certificada; la semilla campesina (local o nativa) se puede usar siempre que sea previamente seleccionada, fresca (germinación sobre el 90%), sin señales de plagas o enfermedades y que haya sido validada en su comunidad.

En la provincia de Bolívar, las variedades más cultivadas son las de grano blanco harinoso, del tipo Guagal y Blanco de leche. Cuentan con muy poca semilla certificada, pero existe un comercio importante de semilla campesina.

En Imbabura, las variedades más cultivadas son la variedad local Manzano Guarangui y Chaucho mejorado INIAP-122, casi todos los agricultores de la provincia utilizan semilla campesina.

En Cotopaxi, las variedades más cultivadas son: Tusilla (maíz amarillo harinoso de grano muy suave), maíz amarillo "Bola o Bolón", maíz blanco, morocho, maíz negro, chulpi.

En Chimborazo, las principales variedades que se cultivan son: Chazo, Maíz de Licto, Racimo de Uva INIAP-199 (variedad mejorada) y Blanco Blandito INIAP-102 (variedad mejorada). Los agricultores utilizan semilla campesina ante la inexistencia de semilla certificada de las variedades que se cultivan en esta provincia.

En Azuay, se cultivan variedades nativas de las razas: Kcello, Zhima, Morochón, Blanco Blandito y Blanco Harinoso Dentado.

En Loja, se siembra semilla campesina de variedades locales como: Morochón, Blanco Harinoso Dentado, Tusilla, Uchima, Blanco Blandito, Blanco Dentado, Sabanero y Kcello.

En Cañar, se siembra principalmente la variedad Zhima, Maíz Morocho y el Maíz Suave.



Semilla registrada INIAP



Maíz Negro - INIAP 199 "Racimo de uva"



Maíz Chulpi - INIAP 193 "Crocantito"

Aplicación del biofertilizante Fertibacter Maíz



Figura 6: Proceso de la aplicación del biofertilizante Fertibacter Maíz

Elaborado por: Pincay, 2022

Fuente: Sangoquiza, 2017.

Este biofertilizante ha sido únicamente evaluado en el cultivo de maíz con aplicación directa a la semilla, por lo que para su uso se recomienda colocar en un recipiente 500ml de Fertibacter Maíz y 15 kg de semilla de maíz o 1litro en 30 kg de semilla; con el uso de guantes mezclar bien el producto con la semilla, dejar reposar por 15 minutos y realizar la siembra, de preferencia sembrar en las primeras horas de la mañana del mismo día que se aplica el producto en la semilla.



Fertilización de maíz utilizando Fertibacter Maíz

El maíz en la Sierra del Ecuador extrae del suelo por hectárea y ciclo, nitrógeno (80 a 160 kg), fósforo (15 a 40 kg), potasio (70 a 140 kg), azufre (5 a 20 kg), magnesio (10 a 25 kg), dependiendo de la variedad de maíz, clima, manejo y otras características propias del suelo.

Una fertilización eficiente debe devolver al suelo lo que la planta extrae. El análisis químico del suelo es recomendable para un manejo integral de la fertilización. La dosis del fertilizante a utilizar deberá estar en función de la dosis óptima económica para el cultivo. Consulte a un técnico sobre la dosis óptima a aplicar de acuerdo a su zona de producción y producto a cosechar.

De manera general, para una fertilización química en maíz se recomienda aplicar entre 100 a 120 kg/ha de nitrógeno (N), entre 30 a 40 kg/ha de fósforo (P₂O₅) y entre 80 a 100 kg/ha de potasio (K₂O); mientras que, para una fertilización con Fertibacter Maíz se requiere aplicar la mitad de fertilización química, es decir, 50 a 60 kg/ha de nitrógeno, entre 15 a 20 kg/ha de fósforo y entre 40 a 50 kg/ha de potasio. A continuación les presentamos tres opciones de fertilización química más Fertibacter Maíz.

Opción 1

Fertilización Química + Fertibacter Maíz por hectárea (Sacos de 50 Kg)

	Fertibacter Maíz	10 - 30 - 10	Sulpomag	Muriato de Potasio	Úrea
 Siembra	 1 Litro				
 3 a 4 hojas 35 a 45 días					
 6 a 8 hojas 65 a 80 días					

Opción 2

Fertilización Química + Fertibacter Maíz por hectárea (Sacos de 50 Kg)

	Fertibacter Maíz	18 - 46 - 00	Sulpomag	Muriato de Potasio	Úrea
 Siembra	 1 Litro				
 3 a 4 hojas 35 a 45 días					
 6 a 8 hojas 65 a 80 días					

Opción 3

Fertilización Química + Fertibacter Maíz por hectárea (Sacos de 50 Kg)

	Fertibacter Maíz	15-30-15 + EM	Muriato de Potasio	Nitromag	Úrea amarilla (amida)
 Siembra	 1 Litro				
 3 a 4 hojas 35 a 45 días					
 6 a 8 hojas 65 a 80 días					

Figura 7: Combinación de la fertilización Química y Biológica recomendada para la aplicación del biofertilizante Fertibacter Maíz
Elaborado por: Pincay, 2022
Fuente: Zambrano et al, 2020.

Resultados de ensayos en campo con Fertibacter Maíz

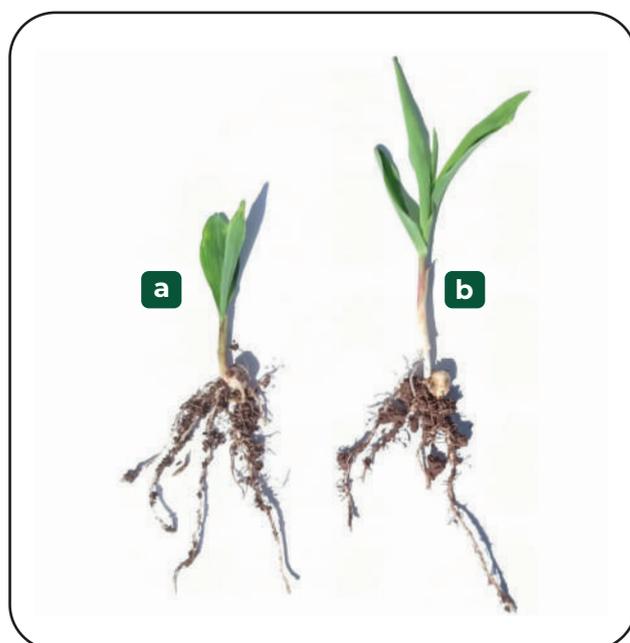
Estudios realizados por el Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina han demostrado mediante ensayos en invernadero y campo que el uso de Fertibacter Maíz aumentó el tamaño de la raíz, el porcentaje de materia seca, el contenido de N y P-total, y el rendimiento de las cosechas. En ensayos en campo se obtuvo un mejor rendimiento de maíz (choclo) variedad INIAP- 101 en aquellas parcelas con Fertibacter Maíz + fertilización química al 50% de lo recomendado según el análisis de suelo, obteniéndose 19,70 t/ha en relación con el control químico que fue de 17,12 t/ha y el testigo absoluto que fue inferior a todos con 13,58 t/ha.

En 2019 se inició la validación del biofertilizante Fertibacter Maíz con agricultores de las provincias de Imbabura, Chimborazo y Bolívar, financiado por KOPIA. Se utilizaron variedades locales, los resultados de nueve localidades han demostrado que el uso del biofertilizante más el 50% de la fertilización química recomendada, aumentó en promedio un 30% del rendimiento, en comparación con la parcela del agricultor, y redujo el costo de producción por kg de grano producido en un 21%



a) Cultivo sin fertibacter (testigo)

b) Cultivo utilizando fertibacter



a) Planta de maíz sin fertibacter

b) Planta de maíz con fertibacter



Desafíos del uso de biofertilizantes

El uso de biofertilizantes es una buena alternativa para una producción agrícola sostenible, sin embargo, su aplicación para aumentar los rendimientos agrícolas tiene varios desafíos que aún deben resolverse ya que las variaciones de las condiciones ambientales (temperatura, lluvia, tipo y biodiversidad de suelo) disminuyen la eficacia de los mismos; además, los biofertilizantes actúan lentamente en comparación con los fertilizantes sintéticos, ya que el inóculo tarda en adaptarse y colonizar la raíz.

Otro desafío de los biofertilizantes es su vida útil corta (aprox. 6 meses, bajo 20°C), debido a que contienen células microbianas vivas su almacenamiento y transporte requieren cuidados y precauciones adicionales, que incrementan el costo del producto y a menudo no están disponibles en tiendas de insumos agrícolas.

La disponibilidad de biofertilizantes de calidad en el mercado es otra de las principales limitaciones para mejorar la producción de los cultivos y asegurar la efectividad de los mismos; en el Ecuador la entidad encargada de la regulación y control de la sanidad del sector agropecuario desde el año 2016 es la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario – AGROCALIDAD.

Es importante mencionar que los biofertilizantes no reemplazan por completo a los fertilizantes químicos, pero pueden complementarlos y reducir su uso.



Glosario



Aerobio: Organismo que necesita respirar oxígeno para vivir o desarrollarse.

Anaerobio: Organismo que es capaz de vivir o desarrollarse en un medio sin oxígeno.

Anaerobio facultativo: Organismo que es capaz de crecer en presencia y ausencia de oxígeno.

Auxinas: Son un grupo de hormonas vegetales que ayudan al crecimiento y desarrollo de la planta.

Bacteria: Organismo microscópico unicelular, carente de núcleo, que se multiplica por división celular sencilla o por esporas.

Citoquinas: Son un grupo de hormonas vegetales que promueven la división y la diferenciación celular.

Control Biológico: Utilización de enemigos naturales que controlan los organismos que causan daño en el cultivo (plagas).

Descomposición: Reducción del cuerpo de un organismo vivo a formas más simples de materia.

Endoesporas: Son células especializadas, no reproductivas, que sirven para asegurar la supervivencia del microorganismo ya que son resistentes a la radiación solar, a la desecación, al calor, a los desinfectantes químicos y a trituración mecánica.

Enzimas: Proteína soluble producida por las células, que favorece, regula e incluso aceleran las reacciones químicas.

Estrés abiótico: Es el impacto negativo de factores no vivos en los organismos vivos como la temperatura, la luz solar, el viento, la salinidad, las inundaciones y la sequía.

Estrés biótico: Es el estrés que se produce como resultado del daño causado a un organismo por otros organismos vivos, como bacterias, virus, hongos, parásitos, insectos, malezas.

Fermentación: Proceso bioquímico por el que una sustancia orgánica se transforma en otra, generalmente más simple, por la acción de un fermento.

Fertilizante: sustancia o mezcla química natural o sintética que contenga uno o más elementos nutritivos para el cultivo.

Fitohormonas: También conocidas como hormonas vegetales, son moléculas de señalización producidas por células vegetales y actúan sobre otras células como mensajeras químicas con el fin de estimular el crecimiento vegetal.

Giberelinas: Son hormonas vegetales que regulan multitud de procesos fisiológicos tales como germinación, elongación del tallo.

Hidrólisis: Descomposición de sustancias orgánicas por acción del agua.

Hongo: Es un tipo de microorganismo caracterizado por un comportamiento saprófito o parásito.

Latente: Que existe sin manifestarse o exteriorizarse, que se mantiene a la espera de entrar en funcionamiento o que en apariencia, se encuentra inactivo.

Microorganismo: Organismo que solo puede verse bajo un microscopio. Los microorganismos incluyen las bacterias, los protozoos, las algas y los hongos.

Patógeno: Es toda aquella entidad biológica capaz de provocar una enfermedad infecciosa en un huésped.

Resistencia sistémica inducida: Todos los tipos de respuestas que incitan a las plantas a protegerse de las plagas, incluyendo tanto respuestas locales como sistémicas.

Rizósfera: Es la parte del suelo adyacente a las raíces de la planta.

Simbiosis: Relación de ayuda o apoyo mutuo que se establece entre dos organismos de especies diferentes para beneficiarse mutuamente en su desarrollo vital.

Termófila: Organismo que requiere temperaturas elevadas para su desarrollo normal.

UFC: Unidad Formadora de Colonias es una unidad de medida que se emplea para la cuantificación de microorganismos, es decir, para contabilizar el número de bacterias o células fúngicas vivas en una muestra líquida o sólida.



Bibliografía

Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. (2020). Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola. Registro Oficial Ecuador.

Atieno, M., Herrmann, L., Nguyen, H., Phan, H., Nguyen, N. Srean, P., Lesueur, D. (2020). Assessment of biofertilizer use for sustainable agriculture in the Great Mekong Region. *Journal of environmental management*, 275, 111300.

Armenta, A.García, C., Camacho, J., Apodaca, M., Gerardo, L., Nava, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51-56.

Carrera, A. (2012). Caracterización Bioquímica, molecular y funcional del banco de cepas de *Azospirillum* spp. del INIAP aisladas de la rizósfera del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) de la sierra ecuatoriana. Tesis de pregrado. Quito.

Duchicela, J., Schultz, P., Kaonongbua, W., Middleton, E., & Bever, J. (2012). Nonnative plants and soil microbes: potential contributors to the consistent reduction in soil aggregate stability caused by the disturbance of Nort American grasslands. *New Phytologist*, 196(1), 212-222.

Espinosa L. (2004). Caracterización y selección de la bacteria diazotrófica *Azospirillum* spp., asociada con el maíz de altura (*Zea mays* L). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador

Fao, C. (2020). Ecuador: nota de análisis sectorial. Agricultura y desarrollo rural.

Grageda, O., Díaz, A., Peña, J., Vera, J. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1261-1274.

Hernández, L., Munive, J., Sandoval, E., Martínez, D., Villegas, M. (2013). Efecto de las prácticas agrícolas sobre las poblaciones bacterianas del suelo en sistemas de cultivo en Chihuahua, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(3), 353-365.

MAG (2020): Resumen Ejecutivo de los Diagnósticos Territoriales del Sector Agrario. Ministerio de Agricultura y Ganadería – Coordinación General de Planificación y Gestión Estratégica. Quito – Ecuador

Molina, S. (2006). Desarrollo de un biofertilizante a partir de cepas de *Azospirillum* spp. para el cultivo de maíz (*zea mays*L.), variedad INIAP 102 con dos fertilizaciones químicas y dos fertilizaciones orgánicas Sibambe-Chimborazo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Cotopaxi

Moreno, A., Carda, V., Reyes, J., Vásquez, J., Cano, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 68-83.

Ortiz, G. (2010). Evaluación del efecto de cuatro métodos de inoculación de dos cepas de *Azospirillum*spp., en el cultivo de maíz (*zea mays*L.), variedades Iniap 122 y 102, en las provincias de Imbabura y Pichincha. Tesis Ingeniería en Bioquímica. Universidad Técnica de Ambato

Pallo, Y, Velasteguí, R. (2013). Evaluación de soportes sólidos y líquidos, para la producción de un biofertilizante a base de *Azospirillum* spp. aplicable al cultivo de maíz (*zea mays*, L). *Alimentos, Ciencia e Ingeniería* 22:32-9

Patiño, C., Sanclemente, O. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. *Entramado*, 10(2), 288-297.

Pincay, A. (2014). Caracterización y evaluación de bacterias *Pseudomonas* sp. solubilizadoras de fósforo, presentes en la rizósfera de maíz (*Zea mays* L) de los ensayos experimentales del INIAP de las provincias de Imbabura, Bolívar, Chimborazo y Pichincha. Tesis Ingeniería en biotecnología. Universidad de las Fuerzas Armadas

Ramos, D., Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 35(4), 52-59.

Román, P., Martínez, M., Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultorexperiencias en américa latina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Roy A. (2021). Biofertilizantes para la sustentabilidad agrícola: estado actual y desafíos futuros. *Tendencias Actuales en Biotecnología Microbiana para la Agricultura Sostenible*, Springer. pág. 525-53

Sangoquiza C, (2017). Evaluación de *Azospirillum* sp. y *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de maíz de la sierra del Ecuador. Tesis. Universidad de Gramma, Cuba.

Tejera, B., Rojas, M., Heydrich, M. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 42:131-138

Tarazona A. (2021). La importancia de los microorganismos en la agricultura. <https://www.antoniotarazona.com/blog/agricultura/la-importancia-de-los-microorganismos-en-la-agricultura/>

Tobar, C. (2021). Efecto de la aplicación de herbicidas en la población de bacterias presentes en un biofertilizante aplicado al maíz de altura, Cutuglagua, Pichincha.

Zambrano C. (2010). Evaluación de biofertilizante a base de cepas de *Azospirillum* spp. en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad INIAP 101, en el sector Ainche, provincia de Chimborazo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Estatal de Bolívar

Zambrano J, Sangoquiza C, Campaña D. (2020). Informe Anual KOPIA. Quito, Ecuador

Zambrano, J.L., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortíz, R., León, J., Campaña, D., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Sanmartín G., Pintado, P., Yáñez, C., Racines, M. (2021). Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana. INIAP, Manual No. 122. Quito, Ecuador

Zambrano, J., Sangoquiza, C., Campaña, D., Yáñez, C. (2021). Use of Biofertilizers in Agricultural Production. *Technology in Agriculture*, 193.

GUÍA PARA LA APLICACIÓN

de un biofertilizante en el cultivo de maíz



2023

La Agencia de Corea para la Innovación de la Agricultura KOPIA y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP , a través del Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina, ponen a disposición de agricultores, extensionistas y promotores agrícolas la **Guía para la aplicación de un biofertilizante en el cultivo de maíz de la Sierra ecuatoriana.**



ISBN: 978-9942-44-396-0



@kopiaecuador



KOPIAEcuador



kopia_ecuador

Agencia de Corea para la Innovación de la Agricultura KOPIA
Panamericana Sur Km 1, dentro de la Estación Experimental
Santa Catalina. Sector Cutuglahua
Teléfono: + (593 2) 3076 648
Correo electrónico: kopiaecuador@outlook.com
www.rda.go.kr