



**Solución sostenible
para la producción
de crucíferas en**
Nariño

AGROSAVA
EDITORIAL



Solución sostenible para la producción de crucíferas en

Nariño

Autoría:

Wilfrand Ferney Bejarano Herrera | Carlos Alberto Marcillo Paguay
María Camila Ortega Cepeda | José Manuel Campo Quesada
Jenny Milena Moreno Rodríguez | Lady Rocío Molano Chávez
German Andrés Estrada Bonilla | Ruth Rebeca Bonilla Buitrago

AGROSAVIA
EDITORIAL

TriEstimul : solución sostenible para la producción de crucíferas en Nariño. / Ruth Rebeca Bonilla Buitrago [y otros siete] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2025.

52 páginas (Colección Prácticas Agropecuarias)
Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.
ISBN: 978-958-740-816-4
ISBN e-Book: 978-958-740-817-1

- | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|-------------------|
| 1. <i>Brassicaceae</i> | 2. Hortalizas | 3. Aplicación de abono | 4. Biofertilizante | 4. Sostenibilidad |
| 5. Biotecnología vegetal | 6. Manejo del cultivo | 7. Nariño (Colombia). | | |

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Obonuco
Km 5 vía Pasto-Obonuco, Nariño. Código postal 520038.

Esta publicación es resultado del proyecto “Plan de vinculación de la oferta tecnológica de biofertilizantes y bioestimulantes de AGROSAVIA para cultivos de interés económico y agroalimentario” (ID- 1002878) y su publicación fue financiada gracias a los recursos públicos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR.

Colección: Prácticas Agropecuarias

Tipología: Cartilla

Fecha de recepción: 3 de febrero de 2025

Fecha de evaluación: 14 de abril de 2025

Fecha de aceptación: 10 de junio de 2025

Primera edición impresa y digital: julio 2025

Tiraje: 200 ejemplares

Impresión: DGP Editores S.A.S.

Editorial AGROSAVIA

Dirección editorial:

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición:

Jorge Enrique Beltrán Vargas

Corrección de estilo

Mario Cruz

Adecuación pedagógica:

Nathalia Castañeda Aponte

Diseño editorial y diagramación:

Mónica Cabiativa Daza

Ilustración

Luz Patricia Colorado Correa y Vecteezy.com

Fotografías

María Camila Ortega, Carlos Alberto Marcillo, Wilfrand Bejarano Herrera y Banco de fotos AGROSAVIA.

Citación sugerida: Bejarano Herrera, W. F., Marcillo Paguay, C. A., Ortega Cepeda, M. C., Campo Quesada, J. M., Moreno Rodríguez, J. M., Molano Chávez, L. R., Estrada Bonilla, G. A., & Bonilla Buitrago, R. R. (2025). *TriEstimul: solución sostenible para la producción de crucíferas en Nariño*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7408171>.

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno con relación a los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente:

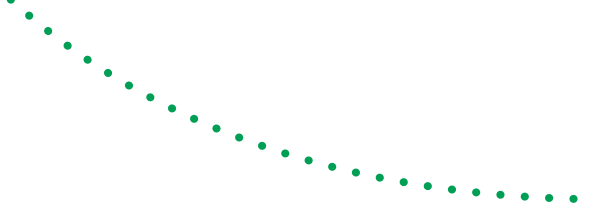
018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co

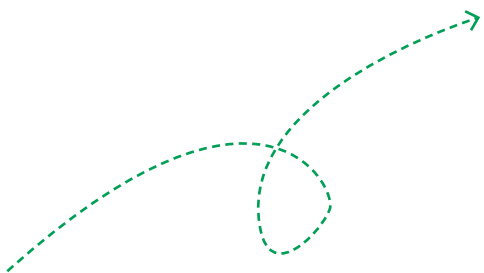


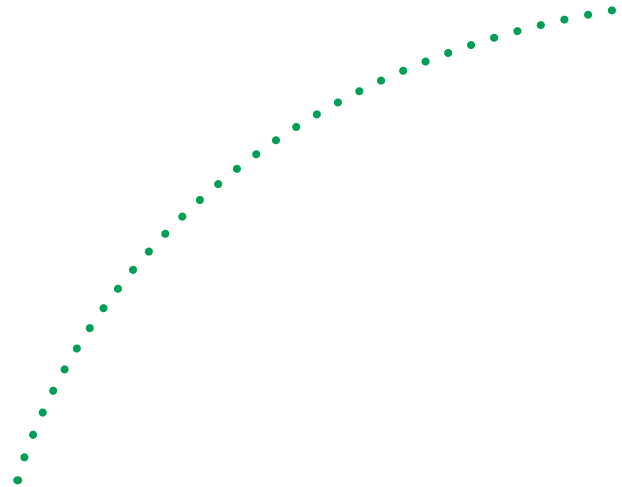
<https://co.creativecommons.net/tipos-de-licencias/>



Contenido

4	Agradecimientos
6	Presentación
9	Las crucíferas en Nariño y sus desafíos
12	Los bioinsumos: la alternativa sostenible
15	Los biofertilizantes
18	TriEstimul®, un bioproducto que marca la diferencia
20	Recomendaciones de uso de TriEstimul® según el tipo de propagación
21	Aplicación de TriEstimul® en vivero
21	Respuesta de las plántulas a la inoculación con TriEstimul®
24	Mecanismo de acción de TriEstimul® en crucíferas
27	Aplicación de TriEstimul® en campo
28	Respuesta de las plantas al TriEstimul®
33	Estudio de caso en el corregimiento de Gualmatán (Pasto, Nariño)
36	Recomendaciones para el uso de TriEstimul®
38	Consumo Bioinsumo
44	Bibliografía
46	Autoría
50	Notas





Agradecimientos



A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), financiada con recursos públicos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), y al proyecto “Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina familiar y comunitaria tendiente a mejorar los medios de vida de la población vulnerable frente a los impactos del COVID-19 en la subregión Centro del departamento de Nariño”, financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) y el Sistema General de Regalías (BPIN2020000100702).

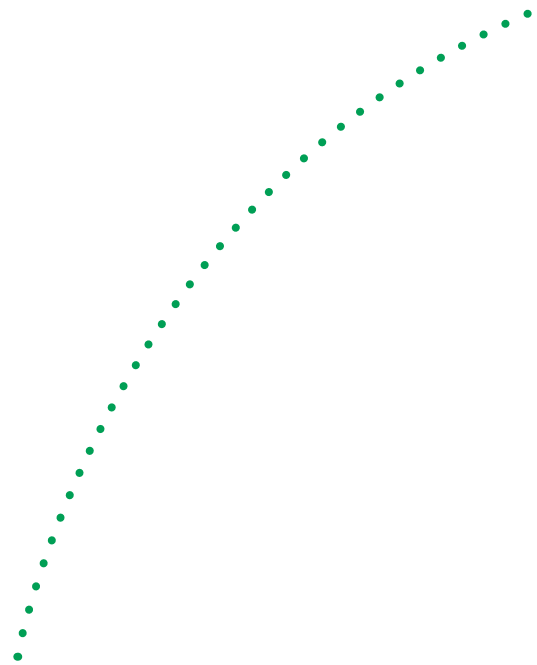
Al Plan de vinculación de la oferta tecnológica de biofertilizantes y bioestimulantes de AGROSAVIA para cultivos de interés económico y agroalimentario (ID- 1002878).

A los miembros del grupo de Investigación Sistemas Agropecuarios Sostenibles y al Departamento de Bioproductos de AGROSAVIA.

A Pedro Esequiel Maigual Maigual y Ana Maigual, de la Cooperativa Multiactiva de Agricultores de Hortalizas del Sur (COOPHSUR), del corregimiento de Gualmatán (Pasto, Nariño).

A la Editorial AGROSAVIA, liderada por Astrid Verónica Bermúdez, y a Jorge Enrique Beltrán por el apoyo en la edición de esta cartilla.





Presentación

El desarrollo de agroecosistemas sostenibles tiene como objetivo la producción de cultivos hortícolas bajo esquemas de uso racional de agroquímicos y la utilización progresiva de agroinsumos alternativos, principalmente de origen biológico, buscando la adopción de buenas prácticas agrícolas por parte del productor, en coherencia con el enfoque integral de “Una sola salud”, que reconoce la interdependencia entre la salud del suelo, del aire, de las plantas, de los animales y de los humanos.

AGROSAVIA, como entidad líder en Colombia en investigación y desarrollo tecnológico agropecuario ha concentrado sus esfuerzos durante los últimos diez años en la formulación de un biofertilizante seguro y eficaz: **TriEstimul®**. Este insumo biológico está compuesto por un consorcio de tres cepas bacterianas seleccionadas: *Herbaspirillum frisingense* (AP21), *Azospirillum brasilense* (D7) y *Rhizobium leguminosarum* (T88).

El propósito de esta cartilla es promover el uso del biofertilizante TriEstimul® entre los productores de hortalizas del departamento de Nariño y otras zonas agroecológicas similares. TriEstimul® se presenta como una alternativa biotecnológica eficiente, avalada por estudios científicos, que actúa como complemento a la fertilización nitrogenada y fosfórica convencional. Su eficacia ha sido comprobada en diversos cultivos, incluyendo maíz, arroz, soya, algodón, pasturas y hortalizas, donde ha permitido reducir hasta en un 50 % el uso de fertilizantes de síntesis nitrogenada y fosfórica, manteniendo la productividad y la calidad de los cultivos.

El contenido de esta cartilla destaca la importancia del cultivo de hortalizas orgánicas en el país, utilizando herramientas biotecnológicas como el uso de los biofertilizantes. Se abordan aspectos fundamentales como la caracterización de TriEstimul®, recomendaciones técnicas para su aplicación en vivero y en campo, y se comparten experiencias y resulta-



dos obtenidos con productores hortícolas del departamento de Nariño. Se espera que este material, junto con los recursos pedagógicos que lo complementan, constituya una herramienta útil para asistentes técnicos, productores, estudiantes y demás actores del sector agropecuario interesados en la implementación de tecnologías innovadoras y sostenibles en el cultivo de hortalizas.

Es importante resaltar que sus resultados dependen de una articulación activa entre agricultores, técnicos, académicos y científicos, basada en la colaboración, el intercambio de conocimientos y el respeto por los procesos naturales. Solo así, integrando la ciencia con el saber del campo y las dinámicas del entorno, podremos desarrollar sistemas productivos más resilientes, proteger el medioambiente y ofrecer alimentos más sanos y sostenibles para productores y consumidores.





Las crucíferas en Nariño y sus desafíos

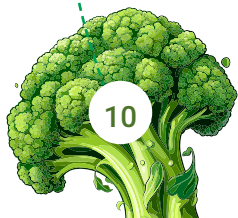
En Colombia, la producción de hortalizas se concentra en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Norte de Santander, Antioquia y **Nariño**. Este último **representa el 15 % del área cultivada y un 8 % de la producción nacional**. En el año 2021, en este departamento se cosecharon 119,5 hectáreas de brócoli, 138 de coliflor y 124,7 de repollo.

El 75 % de la producción nacional de hortalizas se desarrolla en predios que no superan las tres hectáreas, y el 40 % en predios menores a una. Esto hace que esta producción emerja como una actividad agrícola de gran importancia en la agricultura campesina en Nariño.



Pedro, ¿y cuáles son los problemas que genera la fertilización mineral en nuestros cultivos de hortalizas?

Pues doña Ana, por ejemplo, la degradación del suelo, la contaminación de las fuentes de agua y la disminución de la biodiversidad.



La producción hortícola en Colombia enfrenta **desafíos** significativos relacionados con la fertilización de los cultivos. Esto se debe a que, tradicionalmente, los agricultores han dependido en gran medida de la **fertilización mineral** para mejorar el rendimiento de sus cosechas. Sin embargo, este enfoque ha generado diversas problemáticas.

A estos problemas ambientales se suman los económicos y sociales. Entre 2021 y 2022, los precios de los fertilizantes experimentaron **aumentos considerables**: fertilizantes como la urea, el fosfato diamónico (DAP) y el cloruro de potasio (KCl) subieron 134 %, 99,8 % y 112,5 %, respectivamente. El alza en los precios **incrementa los costos de producción** de los alimentos, lo cual perjudica a los productores, porque hace difícil el acceso o la disponibilidad de los insumos. Esto provoca una disminución en la cantidad aplicada o en el área productiva destinada a la agricultura.





Los bioinsumos:
la alternativa
sostenible

Los **bioinsumos** emergen como una **alternativa sostenible y prometedora**. Estos bioproductos buscan imitar los procesos naturales para proteger y restaurar ecosistemas, ofreciendo una alternativa sostenible a las prácticas agrícolas tradicionales. Según el Comité Asesor en Bioinsumos de Uso Agropecuario (CABUA), “los bioinsumos son cualquier producto biológico utilizado en la agricultura para mejorar la salud del suelo y de las plantas”.

Bioinsumos: Son productos de ocurrencia natural o bioquímicos, que están elaborados de forma masiva a partir de microorganismos vivos, virus o macroorganismos, y que se emplean para el manejo integrado de plagas o para la mejora de la productividad de los cultivos y el suelo.

Pedro, cuénteme cuáles son los beneficios de usar bioinsumos en nuestros cultivos.

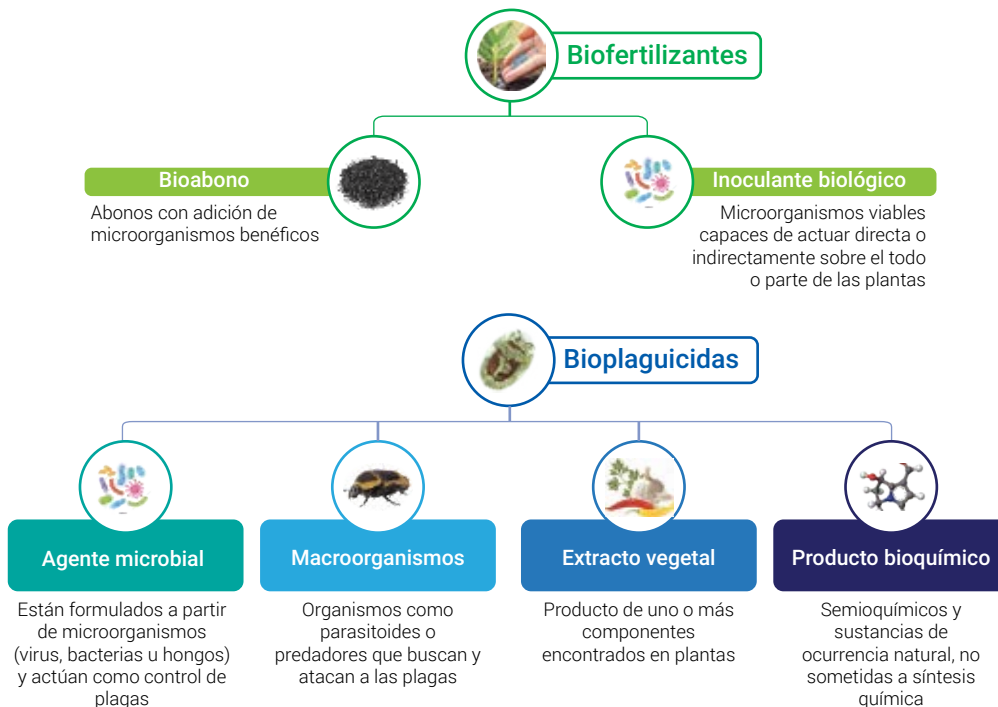


- ✓ Aumentan la biodiversidad y la resistencia de los sistemas agrícolas al cambio climático
- ✓ Reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del agua y del suelo
- ✓ Promueven el crecimiento de las plantas, aumentan la fertilidad del suelo y ayudan a controlar plagas y enfermedades de manera más sostenible
- ✓ Contribuyen a la reducción de la dependencia de los agroquímicos sintéticos y mejoran la salud de las plantas y el suelo
- ✓ Pueden generar beneficios económicos y mejorar la calidad y la seguridad alimentaria



Los **bioinsumos** constituyen un pilar esencial para el desarrollo de la **bioeconomía**, que plantea una forma diferente de ver la conexión entre los agricultores, los consumidores, la academia y las empresas, lo que promueve un modelo de crecimiento sustentable.

Los bioinsumos se dividen en dos grandes grupos: **biofertilizantes** y **bioplaguicidas**. Estos, a su vez, se clasifican según su actividad biológica.



▲ Clasificación de los bioinsumos





Los biofertilizantes

Si bien los fertilizantes minerales han ayudado a aumentar la producción de alimentos, su uso excesivo ha generado graves problemas ambientales. Por el contrario, los biofertilizantes, al estar **elaborados a partir de microorganismos nativos debidamente caracterizados**, no solo mejoran la fertilidad del suelo de manera natural, sino que también promueven el crecimiento saludable de las plantas y aumentan la resistencia a enfermedades.

Por eso, la aplicación de tecnologías de fertilización biológica que complementen la fertilización mineral con base en microorganismos como las bacterias promotoras de crecimiento vegetal es una **solución para las pequeñas áreas productivas** de la agricultura campesina.

Al aplicar biofertilizantes, se promueven **interacciones benéficas en la zona de la raíz**, donde se encuentran los microorganismos, lo cual deriva en la mejora de la salud del suelo y la productividad del cultivo. Esto ocurre a través de mecanismos directos e indirectos:



◀ **Mecanismos directos e indirectos de los microorganismos presentes en los biofertilizantes y la rizosfera**



También es importante tener en cuenta que el éxito de la aplicación de los biofertilizantes depende de la **interacción suelo-microorganismo-planta** y medioambiente, que ha sido debidamente estudiada y validada antes de que los productos sean registrados para su venta. Factores como el pH, la salinidad y la disponibilidad de nutrientes del suelo determinan la viabilidad y actividad de estos microorganismos.

Biofertilizantes fijadores de N: **Microorganismos:** *Rhizobium* spp., *Azospirillum* spp., *Herbaspirillum* spp. y *Azotobacter* spp. **Actividad / Efecto:** Fijan el N_2 del aire y lo convierten en formas inorgánicas disponibles para las plantas.

Biofertilizantes solubilizadores de fosfatos: **Microorganismos:** *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. y *Herbaspirillum* spp. **Actividad / Efecto:** Solubilizan y mineralizan formas insolubles de P en el suelo.

Biofertilizantes movilizadores de P: **Microorganismos:** Micorrizas
Actividad / Efecto: Captan fosfatos de las capas del suelo y movilizan P insoluble en el suelo al que se aplican.

Biofertilizantes promotores del crecimiento de las plantas: **Microorganismos:** *Pseudomonas* spp., *Azospirillum* spp. y *Herbaspirillum* spp. **Actividad / Efecto:** Producen hormonas y metabolitos que favorecen el crecimiento de la raíz, lo que aumenta captación de agua y nutrientes del suelo.

Biofertilizantes solubilizadores de K: **Microorganismos:** *Bacillus* spp. y *Aspergillus niger*. **Actividad / Efecto:** Solubilizan silicatos y producen ácidos orgánicos, lo que deja disponible el K para las plantas.

Biofertilizantes movilizadores de K: **Microorganismos:** *Bacillus* spp. **Actividad / Efecto:** Movilizan formas inaccesibles de K (silicatos) en el suelo.

Biofertilizantes oxidantes de S: **Microorganismos:** *Thiobacillus* spp.
Actividad / Efecto: Oxidan el S a sulfatos que son utilizables por las plantas.

▲ **Clasificación de biofertilizantes.** Adaptado de Bonilla Buitrago et al. (2021)





*Tri*Estimul

un bioproducto
que marca la
diferencia



Pero, entre tanta oferta de bioinsumos,
¿cuál debemos escoger?

Doña Ana, precisamente
AGROSAVIA ha estado trabajando en
biofertilizantes que contienen bacterias
promotoras de crecimiento, lo cual
permite optimizar el uso de nutrientes
aplicados por fertilización mineral.



¡Qué bueno! ¡Eso nos ayuda a reducir los
costos del uso de esos productos y sus
impactos ambientales!

Además, mejoran los procesos biológicos
en el suelo y contribuyen a la respuesta
de las plantas al estrés de tipo abiótico.



Pedro, ¿y cuál producto nos
recomienda AGROSAVIA?

Se llama TriEstimul®.
Conozcamos más sobre él.



El  **TriEstimul** es un **bioestimulante** que se basa en un **consorcio microbiano de las bacterias** *Rhizobium leguminosarum*, *Herbaspirillum frisingense* y *Azospirillum brasilense*, las cuales **mitigan el efecto de la falta de agua, promueven la reducción de fertilizantes nitrogenados y fosfatados e incrementan el rendimiento y la calidad nutricional en diversos cultivos**.

En condiciones de invernadero y campo en hortalizas, fríjol y otras especies forrajeras, los resultados de su aplicación han demostrado gran potencial para la producción agrícola, **disminuyendo el impacto negativo ambiental, social y económico**.

Por eso, la adopción de este tipo de bioinsumos en los sistemas productivos es una alternativa con alto potencial en términos de productividad agrícola, por lo cual resulta viable y atractivo para los agricultores con el objetivo de posicionarse en **mercados verdes con un valor agregado**.

Recomendaciones de uso de TriEstimul® según el tipo de propagación

Las crucíferas pueden propagarse de dos maneras:

	Siembra directa	Trasplante de plántulas
Semillas	Se siembran directamente en el suelo, a una profundidad de 1-2 cm aproximadamente.	Se siembran en semilleros o bandejas de germinación.
Época	Depende del clima, pero debe evitarse la siembra en las épocas secas.	El trasplante al suelo se hace cuando las plántulas, bajo condiciones semicontroladas, alcanzan un tamaño adecuado.



Aplicación de TriEstimul® en vivero

La producción hortícola se distingue por la propagación de plantas en viveros, donde se mantienen **condiciones adecuadas para la germinación y el crecimiento de las plántulas**. Este proceso inicia con la siembra en bandejas de germinación con un sustrato que mantenga la humedad, libre de patógenos para prevenir enfermedades y que proporcione algunos nutrientes que favorezcan el desarrollo de las plántulas hasta alcanzar el tamaño adecuado para su trasplante a campo.

Según la especie, pueden encontrarse diversas variedades de semillas o híbridos. Estos últimos tienen un precio elevado en el mercado con respecto a las variedades. Se recomienda utilizar semillas certificadas para garantizar que las plántulas desarrollen un **buen vigor** y estén **libres de enfermedades** para asegurar su rentabilidad.

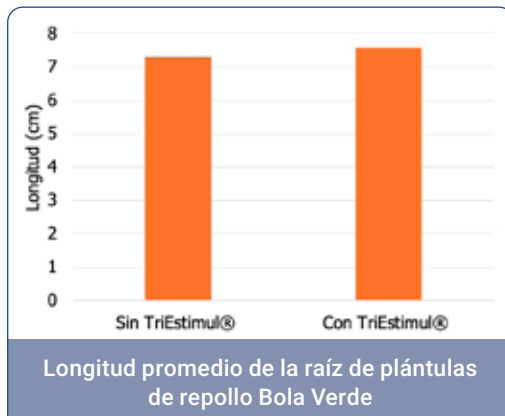
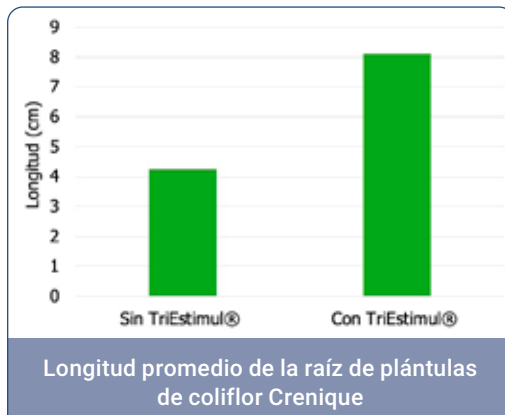
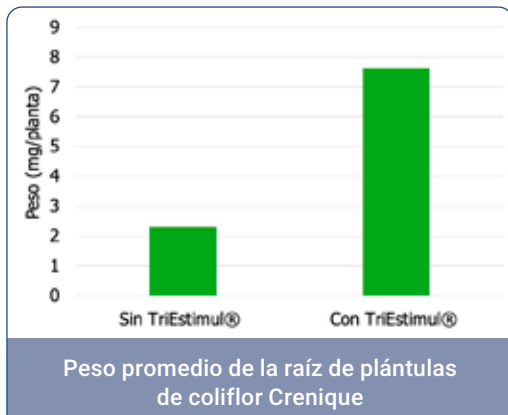
Respuesta de las plántulas a la inoculación con TriEstimul®

Se implementaron experimentos en condiciones de vivero, evaluando diferentes dosis de **TriEstimul®** por bandeja de germinación de 200 alvéolos. **La aplicación de TriEstimul® por bandeja resultó ser la más favorable para la producción de plántulas de repollo** (variedad Bola Verde) **y coliflor** (híbrido Crenique), al generar un mayor desarrollo en el peso y la longitud de las raíces de las plántulas.

La propagación de las crucíferas se realiza principalmente en viveros, debido a que sus semillas son generalmente pequeñas.



En coliflor, la aplicación de **TriEstimul® incrementó el peso de la raíz** de la plántula en 5,3 mg de materia seca **y la longitud de su raíz** en 3,87 cm con respecto a plántulas sin la aplicación del bioestimulante (control). En repollo, los aumentos fueron menores, con una diferencia de 1,67 mg en el peso de la raíz y 0,27 cm en la longitud.



Los resultados demuestran el impacto positivo en la reducción del estrés de las plántulas durante el trasplante, lo que favorece su adaptación a campo y mejora su desarrollo en las condiciones del cultivo, al tener un mayor tamaño de raíz para iniciar la exploración del suelo.



Triestimul®, un bioproducto que marca la diferencia

▲ Actividad del TriEstimul® en las crucíferas



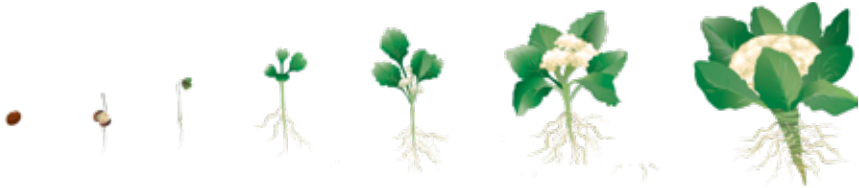


Mecanismo de acción
de TriEstimul[®]
en crucíferas

Tener una raíz más desarrollada permite un sustrato firme, lo que facilita el trasplante y la extracción de las plántulas de las bandejas de germinación.



La dosis recomendada se aplica en la emergencia de las plántulas y 15 días después.



Germinación (BBCH 0-12)	Trasplante (BBCH 10-12)	4 hojas verdaderas (BBCH 13-19)	Formación de la cabeza (BBCH 41-45)	50% de la cabeza (BBCH 45-49)
Aplicación sugerida en vivero : 2 aplicaciones cada 15 días; 5 mL por litro de agua. La primera aplicación se realiza con la aparición de cotiledones.		En campo (dosis para 1 ha): Mezclar 1 L de TriEstimul® en 200 L de agua. Aplicación en <i>drench</i> 5 días antes de iniciar la fertilización edáfica.		



▲ Estados fenológicos de aplicación en crucíferas



Para la aplicación sugerida en vivero, los 5 mL de TriEstimul® se distribuyen mezclados con agua (generalmente para una bandeja de 200 alvéolos se utilizan 400 mL de la mezcla usando agua lluvia o sin tratamiento con cloro) sobre la bandeja de germinación. Esto garantiza que:

- ✓ El sustrato se humedezca
- ✓ No se aplique agua en exceso
- ✓ No haya pérdidas de producto por **lixiviación**

Lixiviación: Proceso por el cual se pierden nutrientes del sustrato debido al arrastre.



Plántulas de crucíferas emergidas para la primera aplicación de TriEstimul® en vivero



Plántulas de crucíferas emergidas para la segunda aplicación de TriEstimul® en vivero



Aplicación de TriEstimul® en campo

Los productores de crucíferas deben realizar **dos aplicaciones en campo** mezclando 1 L del TriEstimul® con 200 L de agua.

La **primera aplicación** se realiza **5 días después del trasplante**, mientras que la **segunda** se hace **antes de la fertilización**, aproximadamente 25 días después del trasplante, 5 días antes de la fertilización edáfica. Ambas aplicaciones se llevan a cabo mediante **drench**.

Drench: Técnica de fertilización que consiste en aplicar fertilizantes disueltos en agua directamente en el suelo, cerca de las raíces de las plantas.



Primera aplicación en *drench* de TriEstimul®, después del trasplante en campo.



Segunda inoculación en *drench*, antes de la fertilización.



Respuesta de las plantas al TriEstimul®

Para realizar la validación de la aplicación del producto en campo, se desarrollaron experimentos en el departamento de Nariño, en el centro de investigación Obonuco de AGROSAVIA. Los cultivares evaluados se definieron teniendo en cuenta la **preferencia para siembra de los productores y aceptación por los comercializadores**.

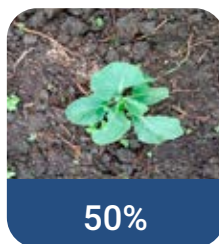
Cultivo	Cultivar
Repollo	Variedad Bola Verde
Brócoli	Híbrido Legacy
Coliflor	Híbrido Crenique

Se empleó un **fertilizante homogenizado con una relación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)** de 1:2:0,45. En el campo, los productores aplican una dosis aproximada de 25 g por planta. A partir de esta cantidad, se establecieron **cinco niveles de nitrógeno y fósforo**. Asimismo, se efectuaron **aplicaciones de mantenimiento de potasio y elementos menores**.

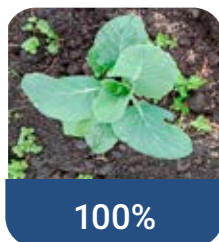
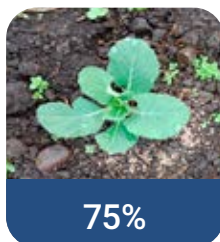
Dosis	g/ planta de fertilizante
0 %	0
25 %	6,2
50 %	12,5
75 %	18,7
100 %	25

Al finalizar el ciclo de cultivo, **se cosechó el producto comercial y se calcularon los rendimientos para cada tratamiento**.

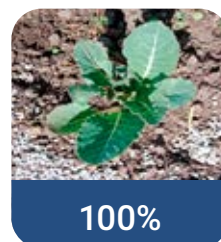
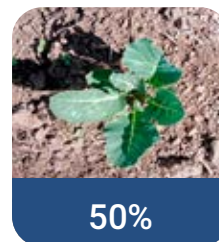
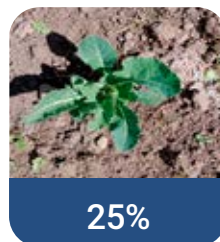


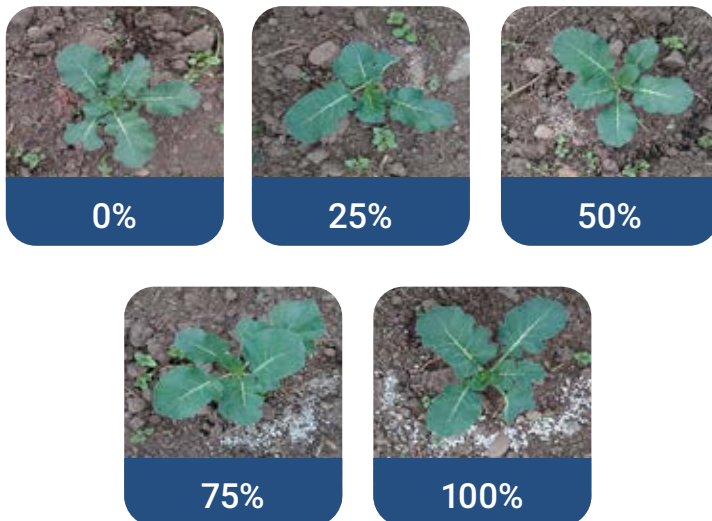


Este es el estado de desarrollo y la cantidad de fertilizante que AGROSAVIA aplicó en cada tratamiento de repollo Bola Verde.



Y este fue el experimento con coliflor Crenique.





Y así se ve el
tratamiento de
fertilización que se
aplicó en **brócoli
Legacy**.

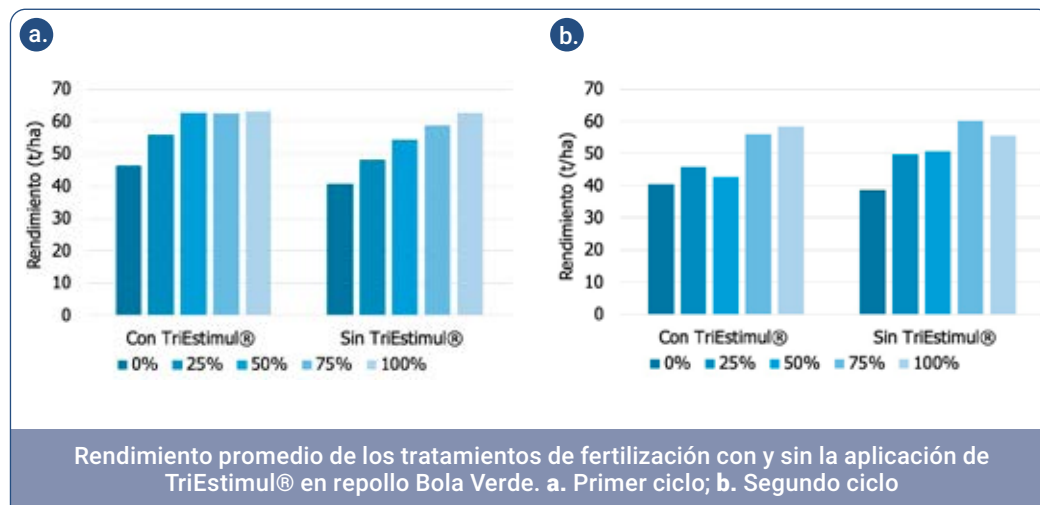


Repollo

El **primer ciclo** de evaluación mostró que las dosis de fertilización acompañadas de la aplicación de TriEstimul® generaron **mayores rendimientos**. Además, se observó que al aplicar el producto con una dosis de fertilización de 18,7 g/planta, se alcanzó una **producción similar** a la obtenida con los 25 g/planta aplicados comercialmente por el productor.

En el **segundo ciclo** se mantiene el mismo comportamiento, donde las producciones de las dosis del 75 % y 100 % **igualan o superan a los tratamientos sin aplicación**.



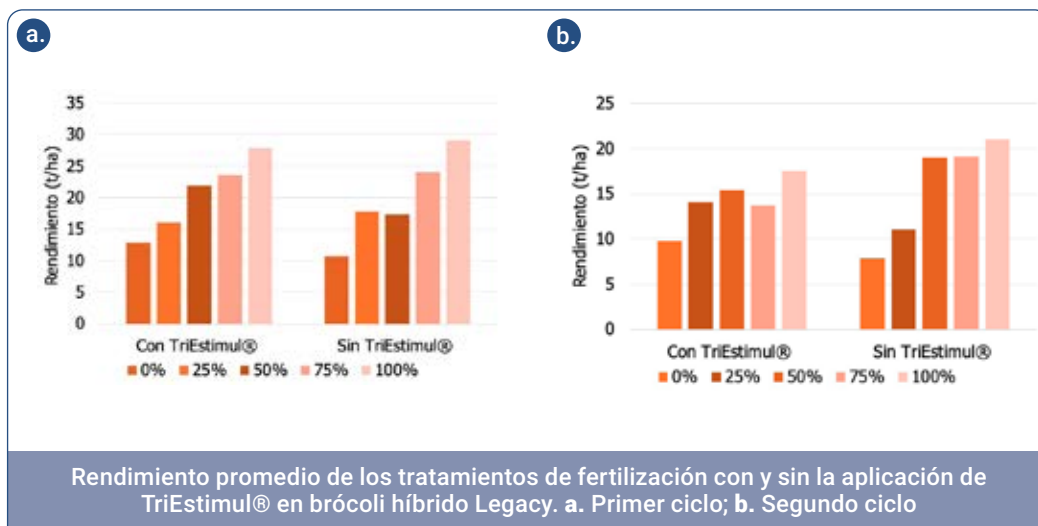


▲ Experimento de repollo Bola verde en el Centro de Investigación Obonuco, Nariño.



Brócoli

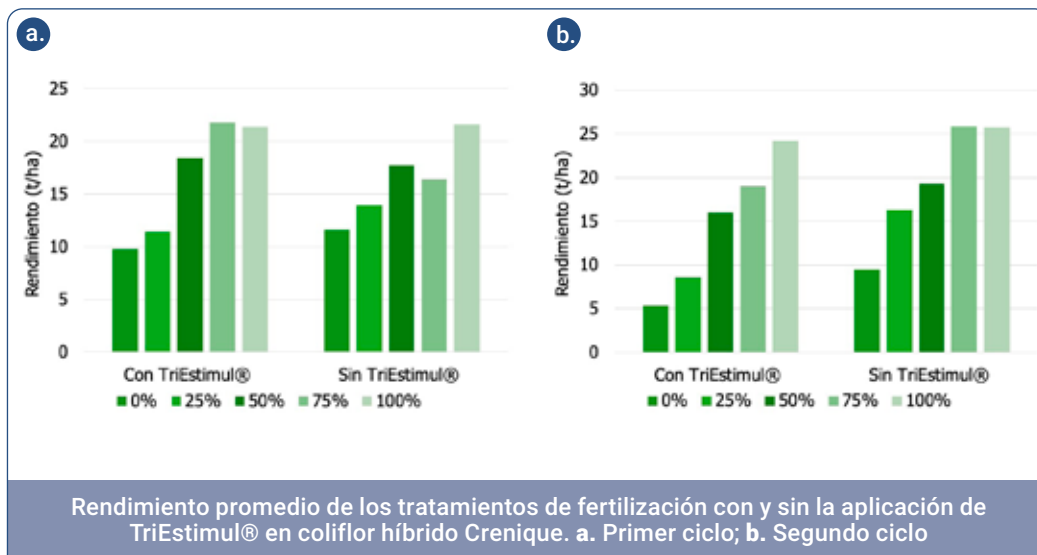
En el primer ciclo, los tratamientos con aplicación de **TriEstimul®** tuvieron **mayor rendimiento promedio**. En el segundo ciclo, los rendimientos con los niveles del **0 % y 25 % fueron mayores**.



Coliflor

Los rendimientos en el **primer ciclo** en el que se aplicó TriEstimul® fueron **superiores** a partir de la dosis del 50 %, mientras que en el **segundo ciclo** se evidenció un **mayor efecto** del nivel del 100 % con la aplicación del producto.





Estudio de caso en el corregimiento de Gualmatán (Pasto, Nariño)

Una vez terminada la evaluación de las diferentes dosis de fertilización y la aplicación de TriEstimul®, se establecieron **unidades de aprendizaje en el corregimiento de Gualmatán (Pasto, Nariño)**. Se sembraron cultivos de brócoli híbrido Legacy, coliflor híbrido Crenique y repollo variedad Bola Verde.

Los resultados del análisis de suelos del predio seleccionado indicaron un pH de 5,09, materia orgánica de 7,48 % y fósforo disponible mayor a 90 mg/kg⁻¹.

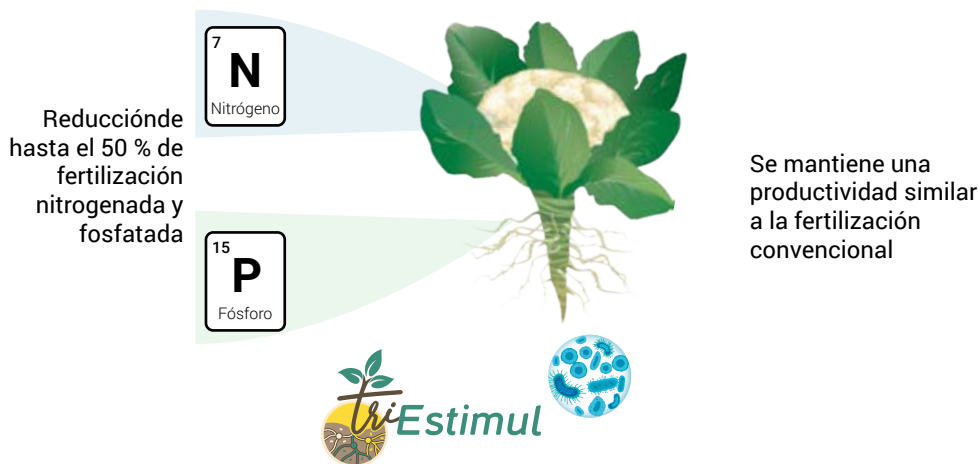
Siguiendo la metodología previamente descrita, se realizaron las **aplicaciones de TriEstimul® en vivero, trasplante y antes de la fertilización**.



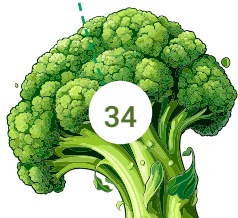
Para cada unidad de cultivo, se subdividió el área proporcionada por los productores en dos partes: **una recibió la cantidad estimada de fertilizantes de acuerdo con el análisis de suelo** (control), y en **la otra se aplicó el 80 % de la fertilización recomendada junto con TriEstimul®**.

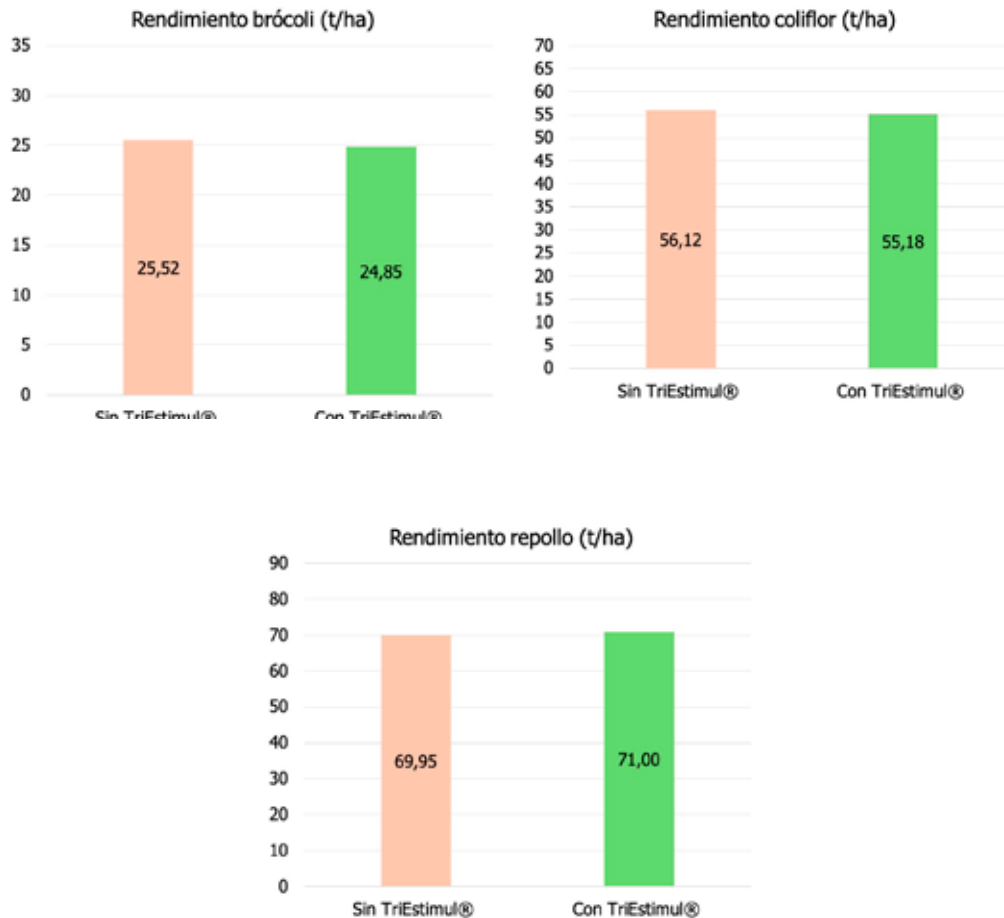
Las labores de cultivo como manejo sanitario, distancias de siembra, época de fertilización y cosecha se desarrollaron de acuerdo con las prácticas propias de cada productor.

Al final del ciclo de cultivo, se registró el peso de la cabeza. Para las tres crucíferas evaluadas, la aplicación de TriEstimul® generó una sinergia de la fertilización mineral complementada con la biológica, que permitió que la productividad fuera similar a la fertilización convencional. Los parámetros exigidos para la comercialización se cumplieron con la fertilización integrada, **reduciendo la aplicación de fertilizantes**.



▲ Efectos del TriEstimul® en productividad y reducción de fertilizantes minerales





Efecto de la inoculación de TriEstimul® sobre la productividad de brócoli, repollo y coliflor, con una reducción del 20 % de la fertilización recomendada de N y P



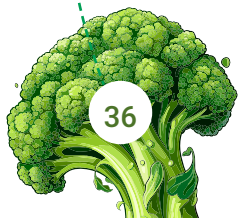
Recomendaciones para el uso de TriEstimul®



Utilizar equipos limpios, que no hayan sido empleados previamente para la aplicación de insumos agrícolas como fungicidas, insecticidas, herbicidas y, en especial, bactericidas, ya que estos productos pueden afectar a las bacterias presentes en el bioproducto.

Al igual que en la plantulación, el agua no debe ser tratada con cloro. En caso de no disponer de agua sin tratamiento, se puede utilizar agua de lluvia como alternativa.

Para 1 hectárea, se recomienda realizar una primera aplicación de 1 litro de TriEstimul® 5 días después del trasplante de las plántulas, en *drench* (1 L de TriEstimul® por cada 200 litros de agua). La segunda aplicación de 1 litro de TriEstimul® 5 días antes de iniciar la fertilización edáfica en los cultivos.



Para el uso en vivero, se sugiere aplicar 5 mL de TriEstimul® por litro de agua (para una bandeja de 200 alvéolos se utilizan 400 mL de la mezcla usando agua lluvia o sin tratamiento con cloro).

TriEstimul® reduce de manera efectiva la dosis y el número de aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados de síntesis química hasta en un 50%.

Se debe tener en cuenta que los suelos donde se desarrollaron las unidades de aprendizaje tuvieron altos contenidos de fósforo, por lo que contar con un análisis de suelos es fundamental para ajustar la dosis de fertilización y el uso de TriEstimul®.





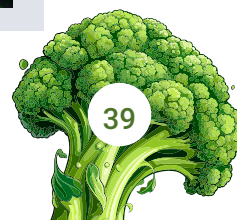
CON\$UM
BIOINSUM



Consumo Bioinsumo es una campaña cuyo objetivo es dar a conocer los **bioinsumos**, sus características, beneficios y formas de acción, para que los productores de todo el país cuenten con información oportuna para tomar decisiones frente al manejo de la fertilización, de insectos plaga y de enfermedades en sus cultivos.

De esta manera, se busca incentivar el uso de estas **biotecnologías** como **alternativa sostenible** para el aprovechamiento de la diversidad propia del país, y disminuir el impacto ambiental y los riesgos en la salud.

Consumo cuidado elijo productos que han sido obtenidos preservando el medioambiente



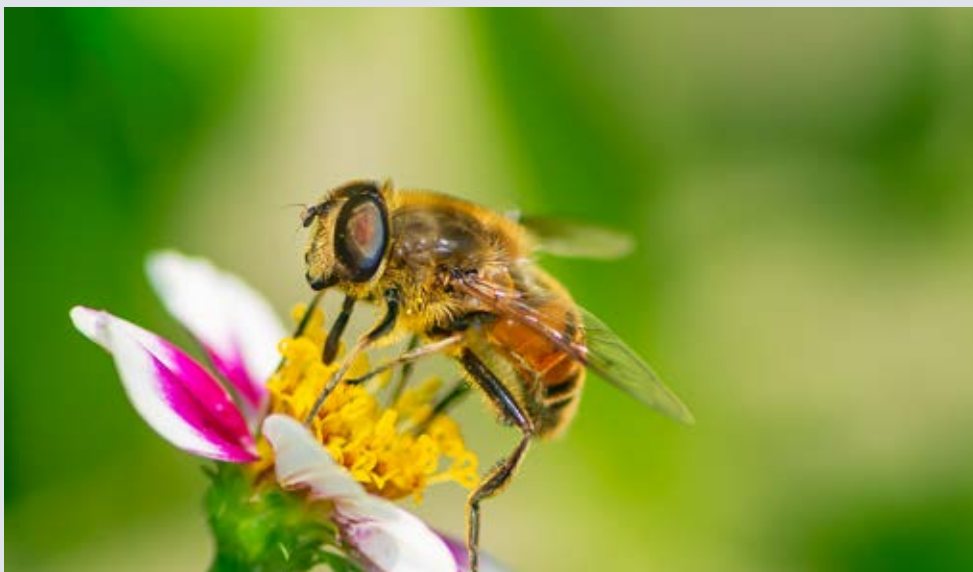
- ✓ La aplicación de fertilizantes en exceso al suelo puede contaminar el agua con nitratos y fosfatos.
- ✓ El uso excesivo de fertilizantes puede alterar la fertilidad del suelo al aumentar su acidez.
- ✓ Los fertilizantes contribuyen en gran medida a la emisión de gases de efecto invernadero.

Sumo a mi salud cuando prefiero aplicar productos a mi cultivo que no afectan mi salud ni la de los trabajadores



- ✓ El uso de plaguicidas puede causar riesgos para la salud como cáncer y enfermedades crónicas, especialmente en niños.
- ✓ Los nitratos y otras sustancias presentes en los fertilizantes pueden afectar las aguas subterráneas y las que se usan para beber.
- ✓ Algunos fertilizantes pueden aportar cantidades significativas de metales pesados, como el cadmio o el mercurio.

Sumo al medioambiente y contribuyo significativamente a la mitigación y adaptación de la agricultura al cambio climático



- ✓ Los bioplaguicidas no afectan a los polinizadores.
- ✓ Impactan positivamente en la biodiversidad del suelo.



- ✓ Son biorremediadores de metales pesados como cadmio, plomo y arsénico.
- ✓ Generan respuestas positivas al cambio climático al aliviar el estrés abiótico.

Sumo a mi bolsillo y uso tecnologías más precisas, que ayudan a mejorar la productividad



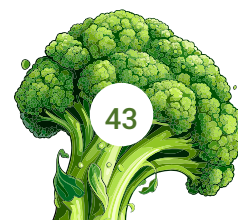
- ✓ Al usar bioinsumos, se reduce el costo asociado a la aplicación de agroquímicos.
- ✓ Hay mayores rendimientos, superiores al 30 % en diversos de cultivos.



Sumo valor con una agricultura limpia, que permite que mis productos ingresen a nuevos mercados



- ✓ Acceso a certificaciones ambientales.
- ✓ No hay contaminación poscosecha, lo que permite aumentar las exportaciones.
- ✓ Contribución con agricultura orgánica y con el comercio justo.
- ✓ Productos sustentables más valorizados.

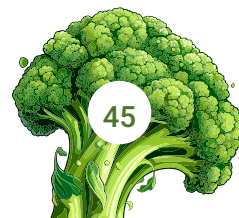


Bibliografía

- Arruda, B., Bejarano-Herrera, W. F., Ortega-Cepeda, M. C., Campo-Quezada, J. M., Toro-Tobón, G., Estrada-Bonilla, G. A., Silva, A. M. M., & Ferrari Putti, F. (2023). Bioinput Inoculation in Common Beans to Mitigate Stresses Caused by a Period of Drought. *Stresses*, 3(4), 842-857. <https://doi.org/10.3390/stresses3040057>
- Bejarano-Herrera, W. F., Marcillo-Paguay, C. A., Rojas-Tapias, D. F., & Estrada-Bonilla, G. A. (2024). Effect of Mineral Fertilization and Microbial Inoculation on Cabbage Yield and Nutrition: A Field Experiment. *Agronomy*, 14(1), 210. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010210>
- Bonilla Buitrago, R., González de Bashan, L. E., & Pedraza, R. O. (2021). *Bacterias promotoras de crecimiento vegetal en sistemas de agricultura sostenible*. AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7405019>
- Cortés-Patiño, S., Vargas, C. D., Álvarez-Flórez, F., & Estrada-Bonilla, G. (2022). Co-Inoculation of Plant-Growth-Promoting Bacteria Modulates Physiological and Biochemical Responses of Perennial Ryegrass to Water Deficit. *Plants*, 11(19), 2543. <https://doi.org/10.3390/plants11192543>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2023). *Boletín Técnico N° 128 Insumos y factores de la producción agropecuaria*. DANE.
- Hungria, M., Antonio, M., & Silva, R. (2016). Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 221, 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.024>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2020). Cadena de las hortalizas. En MADR (Ed.), *Dirección de cadenas agrícolas y forestales*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2020-06-30>



- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2022). *Boletín de precios de insumos agropecuarios No. 4 de 2022*. MADR.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2023). *Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo*. MADR. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Moreno Galván, A. E., Cortés Patino, S. L., Mendoza Labrador, J. A., & Bécquer Granados, C. J. (2021). Aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal en la mitigación de estreses. En AGROSAVIA (Ed.), *Bacterias promotoras de crecimiento vegetal en sistemas de agricultura sostenible* (pp. 106–139). AGROSAVIA.
- Pardo-Díaz, S., Romero-Perdomo, F., Mendoza-Labrador, J., Delgadillo-Duran, D., Castro-Rincó, E., Silva, A. M. M., Rojas-Tapias, D. F., Cardoso, E. J. B. N., & Estrada-Bonilla, G. A. (2021). Endophytic PGPB Improves Plant Growth and Quality, and Modulates the Bacterial Community of an Intercropping System. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.715270>
- Santos-Torres, M., Romero-Perdomo, F., Mendoza-Labrador, J., Gutiérrez, A. Y., Vargas, C., Castro-Rincón, E., Caro-Quintero, A., Uribe-Vélez, D., & Estrada-Bonilla, G. A. (2021). Genomic and phenotypic analysis of rock phosphate-solubilizing rhizobacteria. *Rhizosphere*, 17, 100290. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100290>
- Torres-Cuesta, D., Mora-Motta, D., Chavarro-Bermeo, J. P., Olaya-Montes, A., Vargas-García, C., Bonilla, R., & Estrada-Bonilla, G. (2023). Phosphate-Solubilizing Bacteria with Low-Solubility Fertilizer Improve Soil P Availability and Yield of Kikuyu Grass. *Microorganisms*, 11(7), 1748. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071748>



Autoría

Wilfrand Ferney Bejarano Herrera

wbejarano@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-9094-5125>

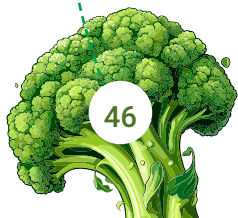
Doctor y máster en Agronomía, con énfasis en suelos y nutrición de plantas de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de la Universidad São Paulo, Brasil, e ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia. Experiencia como Vicerrector de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de la Amazonía (Caquetá, Colombia). Tiene experiencia en las áreas de fertilidad de suelos tropicales, evaluación de la salud del suelo, desarrollo de fertilizantes fosfatados y potásicos y biofertilización. Su objetivo es optimizar el uso de nutrientes en sistemas productivos tropicales.

Germán Andrés Estrada Bonilla

gaestrada@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-8742-5957>

Doctor en Agronomía, con énfasis en suelos y nutrición de plantas de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de la Universidad São Paulo, Brasil. Máster en Ciencias Agropecuarias (Fitotecnia) de la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro y microbiólogo de la Pontificia Universidad Javeriana. Investigador en el área de microbiología de suelos en AGROSAVIA y presidente de la Asociación Latinoamericana de Rizobiología (ALAR) en Colombia. Desarrolla proyectos en el área de suelo-microorganismo-planta-ambiente, buscando mejorar la eficiencia de la fertilización y modular la respuesta de los cultivos



al estrés abiótico. Tiene experiencia en el uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB, por su sigla en inglés) y de residuos orgánicos en cultivos agroindustriales. Su objetivo es mejorar la competitividad de la agricultura en Colombia.

María Camila Ortega Cepeda

mcortega@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-8271-3175>

Profesional en Biología y magíster en Ciencias Ambientales, con experiencia en el diagnóstico sanitario de diferentes cultivos andinos, como papa, achira, fríjol, arveja; en la evaluación fisiológica y agronómica de biofertilizantes; en la caracterización de entomofauna benéfica; y en la construcción de indicadores de sustentabilidad a nivel de finca.

Carlos Alberto Marcillo Paguay

cmarcillo@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-9100-2463>

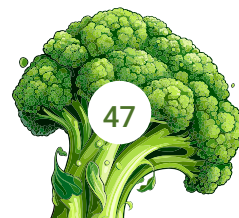
Ingeniero agrónomo de la Universidad de Nariño. Vinculado a AGROSAVIA como profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Obonuco, con experiencia en investigación en hortalizas y tubérculos y asistencia técnica en diversos cultivos de clima frío, frío moderado y medio del departamento de Nariño. Tiene conocimientos en fitotecnia y sistemas de producción de semilla de papa.

José Manuel Campo Quesada

jcampoq@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-9927-6629>

Ingeniero Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia, con más de diez años de experiencia en AGROSAVIA. Ha trabajado en proyectos de in-



vestigación participativa en el departamento de Nariño, enfocados en la conservación de suelos y agua, fertilización de cultivos (papa, pasturas y hortalizas) y el desarrollo de escuelas de campo. Su experiencia incluye el estudio de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en campo y laboratorio, así como la transferencia de tecnologías orientadas a sistemas agrícolas sostenibles de clima medio y frío.

Ruth Rebeca Bonilla Buitrago

rbonilla@agrosavia.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2542-0194>

Ph. D. en Ciencias Agrícolas con énfasis en microbiología de suelos de la Universidad de Agricultura de Varsovia. Máster en Química Agrícola de la misma universidad y licenciada en Química y Biología. Actualmente es investigadora emérita de AGROSAVIA. Cuenta con más de 35 años de experiencia en el área de investigación de biofertilizantes con base en principios activos de microorganismos nativos asociados a cultivos de interés económico del país. Ha formulado y desarrollado proyectos de investigación y transferencia nacionales e internacionales. Tiene más de 60 publicaciones en revistas de alto impacto y ha generado productos que son patrimonio social del sector agropecuario y productos biotecnológicos como Monibac® para algodón y pastos. Ha sido tutora de numerosos trabajos de investigación, es revisora de varias revistas científicas de prestigio internacional (Springer y Frontiers, entre otras) y es integrante del Comité Científico de Porkcolombia..

Lady Rocío Molano Chávez

lmolano@agrosavia.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8640-4051>

Administradora de empresas con especialización en Agronegocios. En la actualidad se desempeña como profesional de apoyo en investigación en



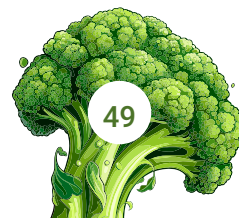
AGROSAVIA. Tiene más de 15 años de experiencia en el seguimiento administrativo y financiero de proyectos de investigación a nivel nacional y de cooperación técnica internacional asociados al uso de herramientas biotecnológicas para el desarrollo de biofertilizantes. Cuenta con conocimientos en redacción científica, elaboración de inventarios de colecciones bacterianas, montajes experimentales en laboratorio-invernadero-campo, revisión de artículos sobre bacterias promotoras de crecimiento vegetal y proceso de obtención de registros ICA.

Jenny Milena Moreno Rodríguez

jmoreno@agrosavia.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3444-4836>

Química industrial con maestría en Ingeniería de Producción, un MBA en gestión de negocios y mercados y es especialista en logística. Su trayectoria laboral en I+D+i en el sector agropecuario está basada en investigación de mercados, formulación y dirección de proyectos, generación de estrategias de transferencia de tecnología y planes de mercadeo para bioinsumos, servicios y desarrollo de nuevas tecnologías. Además, ha trabajado en control de calidad, laboratorios, en estrategias para la reducción de pérdidas, poscosecha, aprovechamiento de subproductos y optimización de cadenas de abastecimiento agroalimentarias.





Nariño |

Notas

[illegible]





**TriEstimul: solución sostenible para la
producción de crucíferas en Nariño** se
terminó de imprimir en los talleres de DGP
Editores S.A.S., el 12 de julio de 2025, en la
ciudad de Bogotá, Colombia.

TriEstimul® es un biofertilizante innovador, diseñado para fortalecer la productividad y sostenibilidad en el cultivo de crucíferas. Su formulación se basa en un consorcio de tres cepas nativas de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (*Azospirillum brasilense*, *Herbaspirillum frisingense* y *Rhizobium leguminosarum*), seleccionadas por su capacidad de actuar de manera conjunta para mejorar la eficiencia del uso de nutrientes y potenciar la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico.

TriEstimul® promueve el desarrollo radicular e incrementa la absorción de nitrógeno y fósforo, lo que favorece el buen funcionamiento de la planta, incluso bajo condiciones adversas como sequía o baja disponibilidad de nutrientes. Su aplicación permite reducir de forma significativa el uso de fertilizantes de síntesis química, sin comprometer el rendimiento ni la calidad de los cultivos. Esta cartilla presenta resultados obtenidos en condiciones de vivero y de campo con la aplicación de dosis reducidas de fertilizantes, en los que se evidenció un aumento en la producción y mejoras en atributos clave como el tamaño, la uniformidad y la calidad poscosecha en cultivos de brócoli, coliflor y repollo.

Por ser un producto biológico, TriEstimul® se alinea con los principios de la agricultura sostenible, la producción limpia y las certificaciones ecológicas, lo que aporta un valor agregado frente a mercados cada vez más exigentes. Su aplicación es sencilla, compatible con programas de manejo integrado y representa una alternativa rentable e innovadora para productores hortícolas comprometidos con la sostenibilidad ambiental.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

