



Inoculante biológico
para cultivos de
papa, avena y lechuga

AGROSAVIA
EDITORIAL



Inoculante biológico para cultivos de **papa, avena y lechuga**

Fredy Mauricio Cruz Barrera
Ginna Milena Quiroga Cubides
Sandra Milena Barrios Candil
Martha Liliana Chaparro Rodríguez
Wilfrand Ferney Bejarano Herrera
María Camila Ortega Cepeda

Germán Andrés Estrada Bonilla
Daniel Ricardo Torres Cuesta
Carlos Alberto Marcillo Paguay
Martha Isabel Gómez Álvarez
Ruth Rebeca Bonilla Buitrago
Paola Emilia Cuartas Otálora

AGROSAVIA
EDITORIAL

TriEstimul®: Inoculante biológico para cultivos de papa, avena y lechuga. / Fredy Mauricio Cruz Barrera [y otros once] – Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2026.

48 páginas (Colección Prácticas Agropecuarias)
Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.
ISBN: 978-958-740-915-4
ISBN e-Book: 978-958-740-916-1

1. Solanum tuberosum 2. Avena sativa 3. Lactuca sativa 4. Cultivo 5. Biofertilizante 6. Inoculación.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Sede Central. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia
Centro de Investigación Tibaitatá. Kilómetro 14, vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia

Esta publicación es resultado del proyecto “Desarrollo de un inoculante biológico a base de un consorcio microbiano PGPB para mitigar estrés hídrico y nutricional en forrajes FASE 2” (ID1002871), financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Colección: Prácticas Agropecuarias

Tipología: Cartilla

Fecha de recepción: 21 de octubre de 2025

Fecha de evaluación: 4 de noviembre de 2025

Fecha de aceptación: 3 de marzo de 2026

Primera edición impresa y digital: agosto 2026

Impresión: DGP Editores S.A.S.

Editorial AGROSAVIA

Dirección editorial:

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición:

Jorge Enrique Beltrán Vargas

Corrección de estilo

Felipe Solano Fitzgerald

Adecuación pedagógica:

Nathalia Castañeda Aponte

Diseño editorial y diagramación:

Mónica Cabiati Daza

Ilustraciones

Gemini Versión 3, modo Nano Banana

Fotografías

Wilfrand Ferney Bejarano Herrera, Daniel Torres Cuesta, María Camila Ortega Cepeda y Carlos Alberto Marcillo Paguay

Citación sugerida: Cruz Barrera, F. M., Quiroga Cubides, G. M., Barrios Candil, S. M., Chaparro Rodríguez, M. L., Bejarano Herrera, W. F., Ortega Cepeda, M. C., Estrada Bonilla, G. A., Torres Cuesta, D., Marcillo Paguay, C. A., Gómez Álvarez, M. I., Bonilla Buitrago, R. R., & Cuartas Otálora, P. E. (2026). *TriEstimul®: Inoculante biológico para cultivos de papa, avena y lechuga*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7409161>

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 en relación con 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

5	Agradecimientos
7	Introducción
9	¿Qué es y qué no es TriEstimul®?
11	¿Cómo se crea el TriEstimul®?
18	¿Cuáles son las características técnicas del TriEstimul®?
20	El uso de TriEstimul® en el cultivo de papa
20	Resultados de las pruebas
24	Recomendaciones para el uso de TriEstimul® en papa
26	El uso de TriEstimul® en el cultivo de avena
26	Resultados de las pruebas
28	Recomendaciones para el uso de TriEstimul® en avena

A vertical line with dots at the top and bottom, and four circles containing page numbers (29, 36, 37, 44) at intervals. The circles are orange with blue numbers.

29

El uso de TriEstimul® en el cultivo de lechuga

29 Resultados de las pruebas

33 Recomendaciones para el uso de TriEstimul® en lechuga

36

Bibliografía

37

Autoría

44

Notas



Agradecimientos

Agradecemos el apoyo y la colaboración de estas instituciones y personas en el desarrollo de esta publicación:

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, por su liderazgo científico y compromiso con la transferencia tecnológica, y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), por financiar el proyecto “Desarrollo de un inoculante biológico a base de un consorcio microbiano PGPB para mitigar estrés hídrico y nutricional en forrajes FASE 2 (ID1002871)”, cuyos recursos públicos hicieron posible la investigación y desarrollo de TriEstimul®.

Al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) y al Sistema General de Regalías (BPIN2020000100702), por el apoyo 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”, que permitió validar la eficacia del bioinsumo en comunidades locales.

Al “Plan de vinculación de la oferta tecnológica de biofertilizantes y bioestimulantes de AGROSAVIA para cultivos de interés eco-

nómico y agroalimentario” (ID1002878), por facilitar la conexión entre la investigación y los productores agrícolas, con lo cual promueve la adopción de soluciones sostenibles.

A los miembros de los grupos de investigación: **Bioproductos y Bioprocesos Agropecuarios** y **Sistemas Agropecuarios Sostenibles** del Departamento de Bioproductos de AGROSAVIA, por su dedicación en el desarrollo técnico y científico de TriEstimul®, desde el aislamiento de bacterias hasta su escalamiento a nivel piloto (Proyecto MAPBIO ID 1002343).

A Pedro Esequiel Maigual Maigual y Ana Maigual, de la Cooperativa Multiactiva de Agricultores de Hortalizas del Sur (Coophsur), en el corregimiento de Gualmatán (Pasto, Nariño), por su colaboración en las pruebas de campo y su invaluable aporte desde la experiencia de los productores locales.

A los investigadores José Manuel Campo, Jhon James Borja y José Luis Benavides, del Centro de Investigación Obonuco, quienes formaron parte del Plan de Vinculación en cultivos de avena y papa.

A la editorial AGROSAVIA, liderada por Astrid Verónica Bermúdez, y a Jorge Enrique Beltrán, por su profesionalismo y apoyo en la edición, diseño y producción de esta cartilla, asegurando su calidad y accesibilidad para el público objetivo.



Introducción

La **agricultura moderna** enfrenta **desafíos** como el cambio climático, la sequía, los suelos degradados y las plagas, que afectan cultivos clave como los de **avena, papa y lechuga en zonas andinas**.

TriEstimul® es un **biofertilizante** desarrollado por AGROSAVIA con **tres bacterias benéficas** que fortalecen las raíces de la planta, mejoran la disponibilidad de nutrientes y aumentan su resistencia a la sequía.

Se trata de un **inoculante biológico en suspensión concentrada** que tiene más de 100 millones de células de bacterias por mililitro (1×10^8 Unidades Formadoras de Colonia - UFC/mL) y está compuesto por tres bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB, por su sigla en inglés): *Herbaspirillum frisingense* AP21, *Azospirillum brasilense* D7 y *Rhizobium leguminosarum* T88. Estas bacterias fijan nitrógeno del aire, solubilizan fósforo del suelo, facilitan el trasplante y aumentan la tolerancia al estrés hídrico, de manera que esta mezcla es perfecta para fortalecer los cultivos de avena, papa y lechuga en regiones andinas.



Con el uso de TriEstimul®:

- ▶ Reduces hasta en 50% el uso de fertilizantes químicos y, por ende, economizas en este rubro.
- ▶ Mantienes, o incluso mejoras, la productividad de tu cultivo.
- ▶ Mejoras el tamaño y la calidad de las cosechas.
- ▶ Mejoras la resiliencia de tus cultivos ante sequías y suelos pobres.
- ▶ Proteges el medioambiente y promueves una agricultura sostenible, pues el producto no genera residuos tóxicos y se evita contaminación en el suelo y el agua.



Por ello, en esta cartilla te explicamos el proceso para obtener TriEstimul®. **¡Descubre cómo esta herramienta puede transformar tu finca para que sea más rentable y sostenible!**

¿Qué es y qué no es TriEstimul®?

Antes de comenzar a hablar de cómo se crea el TriEstimul®, es importante aclarar que este biofertilizante no es un biopreparado. Para tu claridad, observa esta tabla que los compara.

Característica	TriEstimul®	Biopreparado
Composición	Consortio de tres bacterias específicas (<i>Herbaspirillum frisingense</i> AP21, <i>Azospirillum brasilense</i> D7, <i>Rhizobium leguminosarum</i> T88) con concentración verificable (1×10^8 UFC/mL).	Mezcla variable de microorganismos, materia orgánica, estiércol y residuos vegetales, sin concentración estandarizada.
Uso	Ideal para quienes buscan consistencia, concentración garantizada y respaldo científico.	Ventajoso por su bajo costo inicial, adaptabilidad local y promoción de la autogestión en la finca.
Producción	Proceso biotecnológico en biorreactores, con cepas aisladas y purificadas en laboratorio para garantizar pureza y eficacia.	Proceso artesanal o semiartesanal, con microorganismos no seleccionados, sujeto a variaciones por materiales o condiciones y problemas de inocuidad.



Característica	TriEstimul®	Biopreparado
Mecanismo de acción	Fija nitrógeno, solubiliza fósforo, produce compuestos bioestimulantes y mejora la tolerancia al estrés hídrico de forma específica.	Mejora las condiciones generales del suelo por descomposición orgánica, con efectos menos predecibles en fijación y solubilización de nutrientes o resistencia al estrés.
Consistencia	Resultados uniformes y predecibles, respaldados por pruebas científicas y de eficacia, con registro del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).	Efectos variables según preparación, aplicación y conservación del producto.
Aplicación	Suspensión líquida fácil de diluir (0.5 - 1 L/ha en 200 L de agua), ideal para riego o aplicación radicular en avena, papa y lechuga.	Aplicación más compleja, a menudo como enmienda sólida o líquida diluida, por lo que requiere mayor cantidad y frecuencia.
Estabilidad y almacenamiento	Estable hasta por 6 meses a < 20° C, incluyendo refrigeración, con excipientes que protegen las bacterias. Concentración > 10 ⁸ UFC/mL.	Vida útil corta. Propenso a contaminación o pérdida de eficacia si no se almacena correctamente.
Impacto ambiental	Sin residuos nocivos, reduce hasta 50% el uso de fertilizantes químicos, con lo cual promueve la sostenibilidad.	Ecológico, pero puede generar olores o requerir más recursos para producir grandes cantidades.
Costo-eficiencia	Reduce costos por menor uso de fertilizantes y alta eficacia en dosis bajas, hasta en 50%.	Bajo costo inicial.



¿Cómo se crea el TriEstimul®?

Para obtener correctamente TriEstimul®, es importante seguir este paso a paso:

¿ Cómo se crea TriEstimul®? De la ciencia de AGROSAVIA a tu cultivo

TriEstimul® no es un biopreparado artesanal, es un desarrollo tecnológico de AGROSAVIA que utiliza tres bacterias benéficas de suelos colombianos, multiplicadas en condiciones controladas de laboratorio para asegurar que cada gota del producto fortalezca las raíces y ahorre dinero al productor



Profundicemos en cada uno.

1. Alistamiento de las bacterias

Todo comienza en el suelo de tu finca, donde las raíces esconden aliados naturales. **Las bacterias de TriEstimul®** fueron encontradas en suelos de campos colombianos y, por eso, son perfectas para avena, papa y lechuga. ¡Conoce de dónde salen y descubre su función!

Bacteria	¿De dónde proviene?	¿Cuál es su función?
<i>Herbaspirillum frisingense</i> AP21	Raíces de especies forrajeras.	Ayuda a resistir las sequías.
<i>Azospirillum brasilense</i> D7	Suelos tropicales.	Fija nitrógeno como un “abono del aire”.
<i>Rhizobium leguminosarum</i> T88	Leguminosas.	Fija nitrógeno y contribuye a la disponibilidad de fósforo

En AGROSAVIA seleccionamos las bacterias con técnicas de laboratorio y en cultivos que desarrollamos en medios específicos para garantizar su calidad. Además, están adaptadas a regiones como **Cundinamarca, Boyacá y Nariño**, listas para fortalecer tus cultivos en suelos difíciles o con poca agua.

2. Selección y caracterización de cepas

Entre cientos de bacterias analizadas, escogimos las tres mejores para tus cultivos de avena, papa y lechuga.

Usamos **técnicas de laboratorio** (microplacas Biolog®) para saber qué nutrientes (carbono y nitrógeno) prefieren estas bacterias para crecer y, así, asegurarnos de que convivan sin competir.

Primero hacemos que *Herbaspirillum frisingense* AP21 y *Azospirillum brasilense* D7 crezcan juntas durante 24 horas, y después agregamos *Rhizobium leguminosarum* T88, con lo cual logramos más de 100 millones de bacterias por mililitro de unidades formadoras de colonia (1×10^8 UFC/mL). Estas bacterias son seguras y producen **nutrientes que fortalecen tus plantas.**

En tu finca, estas bacterias se instalan en las raíces y ayudan a tus cultivos a disponer de más nutrientes, incluso en suelos pobres o con sequía. Esto te permite obtener **cosechas más fuertes y saludables.**

3. Diseño del medio de cultivo

Para hacer TriEstimul® a gran escala, diseñamos una **“fórmula secreta” especial (medio de cultivo M10)** para que las tres bacterias crezcan juntas en beneficio de tus cultivos de avena, papa y lechuga.

En el laboratorio, encontramos los nutrientes ideales para su crecimiento: azúcares y compuestos ricos en nitrógeno que fortalecen su maquinaria enzimática.

El medio de cultivo M10 usa ingredientes económicos que fortalecen el crecimiento de las tres cepas a una temperatura de 30 °C durante 48 horas, junto con la adecuada agitación y aireación,



tanto en frascos desde 250 mL hasta en tanques de 200 L especializados con tecnología de punta, llamados **biorreactores**.

¿Qué es un biorreactor?

Es un tanque especial donde:



- Se agrega un caldo nutritivo que alimenta a las bacterias.



- Se controla la temperatura y la agitación para que las bacterias crezcan bien.

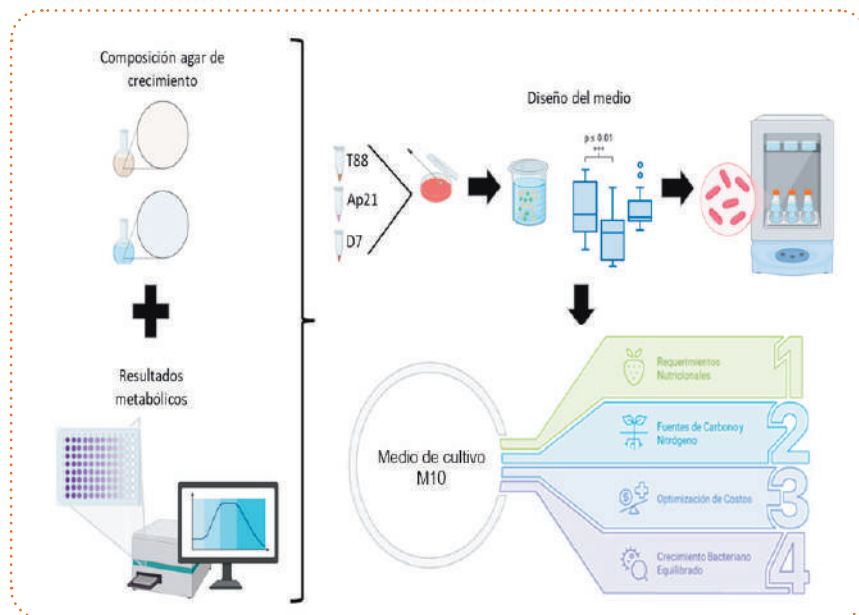


- Se les suministra aire para que respiren.



- Un agitador mueve el caldo, asegurando que las bacterias reciban los nutrientes y el oxígeno por igual.

En los biorreactores **controlamos todo lo que las bacterias necesitan para crecer**: oxígeno, agitación, pH, entre otros. Así, aseguramos como resultado cientos de millones de bacterias activas (mayor a 10^8 UFC/mL).



Diseñamos TriEstimul® con **ingredientes seguros, económicos y fáciles de encontrar**, como azúcares y fuentes de nitrógeno, para que sea accesible sin perder calidad. Esto permite que las tres **bacterias crezcan en equilibrio**, gracias a lo cual se crea un bio-fertilizante estable y listo para fortalecer tus cultivos de forma saludable y sostenible.

4. Pruebas iniciales del medio de cultivo

Una vez tenemos lista la “fórmula secreta”, el M10 pasa por unas pruebas específicas para asegurar que las tres bacterias de TriEstimul® se multipliquen.

a. Prueba de la concentración de carbono

Se probó cómo diferentes cantidades de la fuente de carbono afectaban el crecimiento de cada bacteria (AP21, D7 y T88) y del consorcio completo. Estos fueron los resultados:

- › AP21 y T88 mantuvieron un crecimiento estable, sin importar la cantidad de carbono.
- › D7 fue la única que mostró una leve disminución con el aumento de la fuente de carbono.
- › **La concentración inicial de la fuente de carbono es la adecuada para el crecimiento del consorcio.**

b. Prueba de tiempo de fermentación

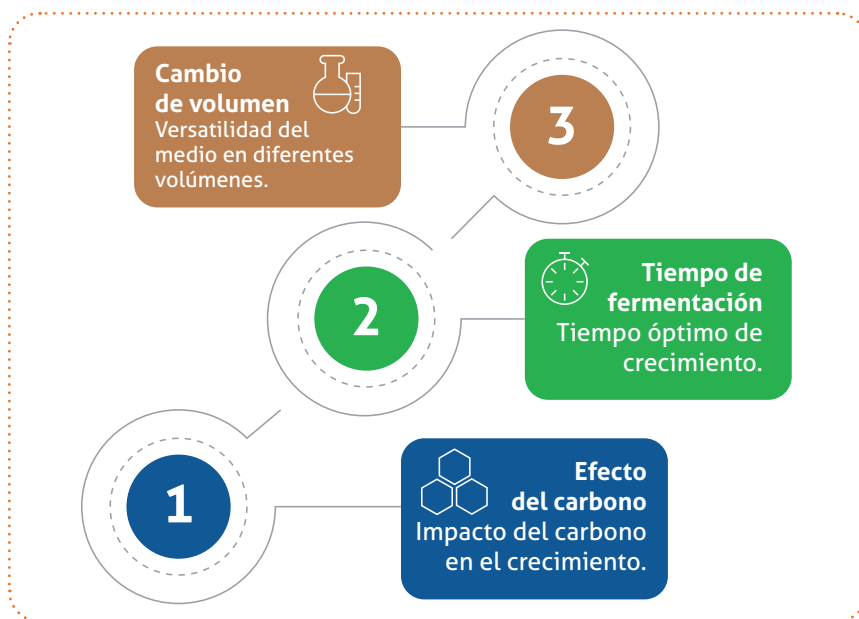
En este ensayo se encontró lo siguiente:

- › La fermentación óptima es de 48 horas, pues esto permite ahorrar energía y reducir costos sin perder rendimiento.
- › **La prueba demostró que la estrategia de fermentación desarrollada es reproducible.**
- › El medio M10 asegura que todas las bacterias del consorcio se mantengan fuertes y balanceadas, algo clave para la efectividad del biofertilizante.

5. Escalamiento en el biorreactor

Para que TriEstimul® llegue a tus cultivos de avena, papa y lechuga, trabajamos en producir muchas bacterias sin perder su calidad. En **fermentadores/biorreactores** con 8 litros de M10, en las condiciones de temperatura y oxígeno adecuadas, se obtuvieron **más de mil millones de bacterias por mililitro** (1×10^9 UFC/mL).

- ▶ En mayor volumen, AP21 alcanzó hasta 10^9 UFC/mL, lo cual muestra un excelente potencial de escalado.
- ▶ El medio M10 es confiable para pasar de pruebas de laboratorio a producción en mayor escala.
- ▶ **Las bacterias crecieron de manera rápida y saludable, con suficiente oxígeno y resultados consistentes** (variaciones menores al 8 %), ¡casi idénticos cada vez!



Un **biofertilizante con alta concentración**, como el TriEstimul®, significa que necesitas menos producto para ver buenos resultados en las plantas, pues los microorganismos se pueden establecer en el suelo y competir de manera exitosa con los que ya existen allí.



¿Cuáles son las características técnicas del TriEstimul®?

Para que sea fácil de usar, dure mucho y sea efectivo en tus campos, incluso en condiciones difíciles como la sequía, TriEstimul® se creó con características técnicas particulares:

Ingredientes protectores (excipientes)

Añadimos sustancias especiales, como azúcares y sales, que cuidan a las bacterias para que lleguen vivas y fuertes a tu finca, sin que afecten tus cultivos.

Prototipo líquido P8m

Hicimos pruebas para ver cómo se comporta TriEstimul® con el tiempo, como si lo dejaras guardado en tu bodega.

El prototipo ganador (P8m) combina el M10 con un azúcar, una sal y un material orgánico que mantiene las bacterias vivas y fuertes.

A temperaturas frescas (< 20° C), TriEstimul® se conserva perfecto durante 6 meses. A más de 30 °C, las bacterias empiezan a perder su actividad.



Estas condiciones técnicas dotan a TriEstimul® de algunas características favorables para el productor:

- ▶ TriEstimul® **es compatible con diversos fertilizantes químicos** como DAP, urea y Carrier. Entonces, es posible mezclarlo con otros productos, aunque es mejor aplicarlo antes que ellos.
- ▶ Ante la ausencia de nevera, TriEstimul® **puede mantenerse en un lugar fresco a temperatura ambiente por debajo de 20° C hasta por 6 meses**. Te recomendamos que veas la ficha técnica.

TriEstimul® es una innovación de AGROSAVIA que transforma tu producción, haciéndola más sostenible, resiliente y económica. Desde el aislamiento de las bacterias hasta el registro del bio-fertilizante, invertimos en ciencia para beneficiarte.

Además, ya cuenta con el **Registro de Venta ICA N.º 14294** (Resolución 00019827 de 2025).

Este innovador biofertilizante está oficialmente autorizado y ayuda a **reducir hasta 50 % los costos de fertilización** química nitrogenada y fosfatada en una amplia variedad de cultivos. Actualmente, la ficha técnica del producto avala su uso en **papa, avena, lechuga**, maíz, trigo, cebada, hortalizas de hoja (como repollo y brócoli) y pastos. Además, se está extendiendo su registro para tomate y, muy importante, para cacao en invernadero (primer bioinsumo con registro ICA para cacao).



El uso de TriEstimul® en el cultivo de papa

Resultados de las pruebas

Conocemos la importancia del cultivo de la papa en la economía de muchos departamentos de Colombia. Por ello, en 2025 establecimos una parcela demostrativa donde se evaluó el rendimiento de papa Diacol Capiro (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*) con la aplicación de TriEstimul® y cinco niveles de fertilización, en la finca de un productor ubicada en la vereda San Felipe, del corregimiento de Obonuco de la ciudad de **Pasto, Nariño**. El promedio de precipitación en el primer trimestre fue de 8,06 mm, 1,09 mm para el segundo trimestre y 5,8 mm para finalizar el ciclo del cultivo, con un valor promedio de precipitación general de 4,41 mm, valores excepcionalmente bajos.

También se realizaron pruebas de eficacia en campo en los departamentos de **Cundinamarca y Nariño** para mostrar cómo TriEstimul® ayuda a los cultivos. Específicamente, usamos dosis de 250, 500 y 1000 mL/ha combinadas con el 50 % de fertilizantes químicos convencionales (nitrógeno y fósforo), y las comparamos con el 100 % de fertilizantes químicos solos. Los resultados muestran el potencial de TriEstimul® para el cultivo de la papa.

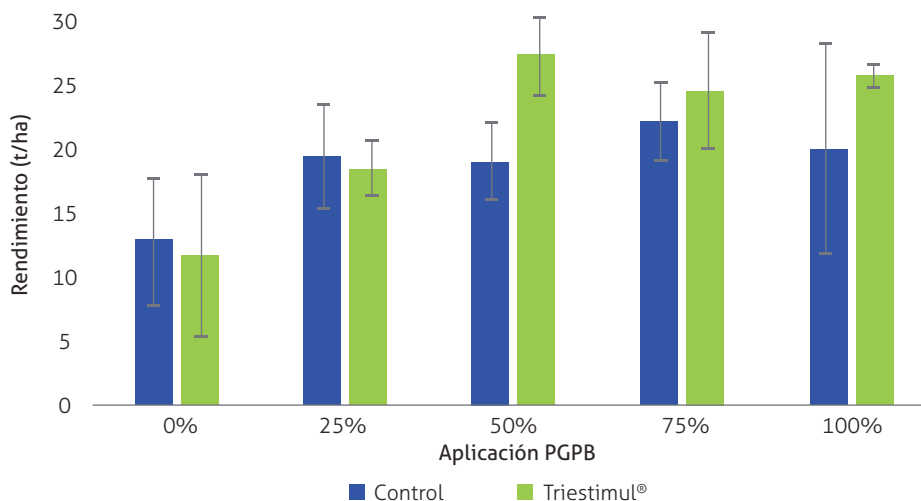
Estos fueron los resultados destacados en esas zonas:



TriEstimul® **permite reducir los fertilizantes químicos a la mitad sin perder rendimiento, gracias a una mejor disponibilidad de nutrientes y resistencia al estrés.** ¡Es una opción sostenible y rentable para tu finca!

En pruebas en Nariño (Pasto y Pupiales), TriEstimul® demostró ser un gran aliado para el cultivo de papa **aplicado al suelo (edáfica) en dos momentos:** la primera dosis durante la siembra o emergencia, y la segunda a los 45-60 días (inicio de tuberización).

En la parcela del productor, el uso de TriEstimul® **mejoró notablemente el rendimiento agronómico cuando se combinó con el 50 % y el 100 % de la dosis de fertilización de nitrógeno y fósforo recomendada**, con rendimientos de 27,2 t/ha y 25 t/ha, respectivamente.



Rendimiento de papa Diacol Capiro (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*) a la aplicación de TriEstimul® y cinco niveles de fertilización.



- **La integración de fuentes minerales y agentes biológicos en las recomendaciones de la fertilización del cultivo de papa puede generar mayores rendimientos**, a la vez que reduce los costos de fertilización y el impacto ambiental que causa la aplicación de insumos exógenos.
- A pesar de las condiciones de estrés hídrico y la baja precipitación que se presentaron en la parcela, se lograron rendimientos de hasta 27,2 t/ha. Este resultado refleja el papel crucial de TriEstimul® en **mejorar la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento vegetal**.
- TriEstimul® **puede emplear una o varias estrategias para influir directa o indirectamente en el desarrollo de las plantas**, de tal manera que permite una mejor adaptación y productividad, incluso en condiciones ambientales adversas.

En una finca de productor del municipio de **Soracá (Boyacá)**, se sembró una parcela de papa para evaluar la eficacia en la reducción del 20 % de la fertilización química en un cultivo destinado para la industria.

Estos fueron los resultados destacados en esta zona:

- Al momento de la cosecha, los tratamientos con TriEstimul® obtuvieron las mismas producciones que los tratamientos con fertilización 100 % química (60 t/ha en promedio). Sin embargo, se nota el **potencial de TriEstimul® para incrementar la producción de papa**.
- En cuanto a la diferenciación por tamaños de tubérculos, con TriEstimul® **se obtuvieron más de 7 t/ha respecto al tratamiento químico en papas tamaño cero y una producción similar en papas de tamaño primera** (23,5 t/ha en promedio).





Experimento en cultivo de papa variedad Diacol Capiro en Oicatá (Boyacá). **a.** Diferencias de producción entre surcos de tratamientos con aplicación de TriEstimul® (izquierda) y control químico (derecha). **b.** Tubérculos por planta completa en tratamiento con aplicación de control químico. **c.** Tubérculos por planta completa en tratamiento con aplicación de TriEstimul®.

- La aplicación de TriEstimul® **redujo en más de \$1.200.000 los costos de fertilización por hectárea:**



	Concepto	Convencional	TriEstimul®
Costos directos (\$)	Arriendo	1.050.000	1.050.000
	Insumos	6.310.000	5.048.000
	Semilla	7.150.000	7.150.000
	Riego	3.600.000	3.600.000
	Manejo fitosanitario productos	5.542.300	5.542.300
	Mano de obra	1.330.000	1.330.000
	Cosecha	13.500.000	13.340.000
Costos indirectos (\$)	Otros gastos	182.000	182.000
Costo total (\$)		38.664.300	37.242.300
Rendimiento (kg/ha/ciclo)		60.500	59.800
Costo unitario (\$/kg)		639	623
Precio promedio de venta (\$)		700	788
Ingreso total (\$)		42.350.000	47.122.400

Recomendaciones para el uso de TriEstimul® en papa

Sigue estas recomendaciones para potenciar el uso de TriEstimul® en tu cultivo de papa:



- ▮ Usa 500 mL/ha diluido en 200 L de agua:
 - ▮ Primera dosis en siembra o emergencia.
 - ▮ Segunda dosis a 45-60 días después de siembra (tuberización).
- ▮ Aplícalo directamente en el suelo o en las raíces para que las bacterias se instalen bien.
- ▮ Combínalo con el 50% de tus fertilizantes nitrogenados y fosfatados habituales para rendimientos iguales al 100% químico.
- ▮ Evita mezclarlo con fungicidas o herbicidas fuertes.
- ▮ Guárdalo en un lugar fresco (6-18° C) por hasta 6 meses.



"Mis papas crecieron más uniformes y resistieron el verano"
(Productora de Boyacá, septiembre de 2025)



El uso de TriEstimul® en el cultivo de avena

Resultados de las pruebas

Iniciamos en 2023 con un primer ensayo en **Nariño**, en el **Centro de Investigación Obonuco (AGROSAVIA)**, y luego validamos estos resultados en el **Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Lope (Pasto)**, con una parcela participativa.

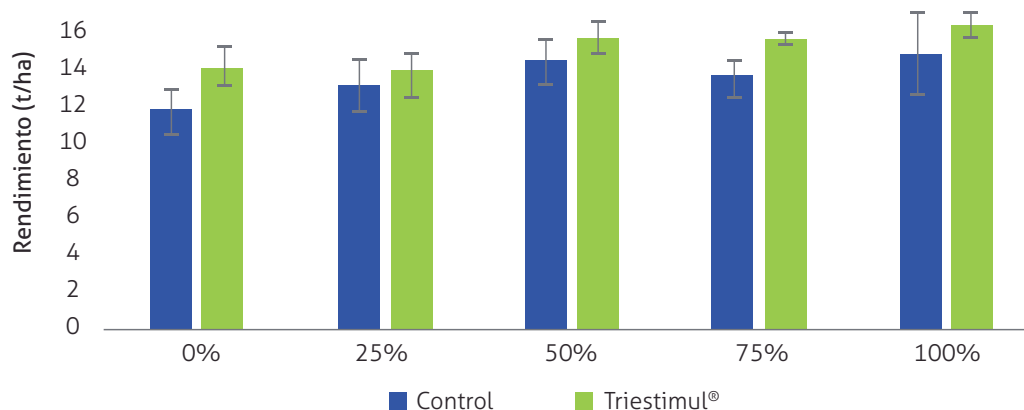
Para estar seguros de los resultados, sembramos parcelas de prueba y evaluamos cinco niveles de fertilizante (desde la total ausencia y hasta el 100 %), comparando siempre cómo funcionaban con y sin la ayuda del biofertilizante TriEstimul®. Además, usamos una densidad de 80 kg por hectárea sembrada al voleo. En total, el ensayo ocupó un lote de 1.050 metros cuadrados para garantizar que los datos fueran confiables.

Estos fueron los resultados:

- ▶ Con TriEstimul® **se elevó la altura de las plantas el 20 %, se fijó más nitrógeno (rendimiento +30 %) y las plantas toleraron mejor la sequía** (menor marchitamiento). Con esto se obtuvo un **ahorro en fertilizantes de hasta 50 %**.
- ▶ La semilla de avena forrajera mostró una **alta calidad**, con una emergencia entre 80 % y 90 %, y **sin evidencia de enfermedades** por bacterias, virus u hongos.



- Las plantas inoculadas con TriEstimul® mostraron una **menor incidencia de roya** en comparación con las parcelas no inoculadas.
- La inoculación con TriEstimul® demostró un **efecto beneficioso en la altura**. Los mayores promedios de altura se registraron en las parcelas inoculadas (100 % de fertilización con 1,47 cm; 25 % de fertilización con 1,45 cm; 50 % de fertilización con 1,42 cm).
- Los tratamientos con inoculación de TriEstimul® presentaron consistentemente **mayores valores promedio de peso seco** en comparación con los que no la tuvieron. Los mejores resultados estuvieron en las parcelas con el 50 % de la fertilización recomendada más la aplicación de TriEstimul®, donde obtuvimos el mayor promedio (531,58 g), seguidas por las de 25 % de fertilización más inoculación (467,77 g).



Análisis del peso seco de avena obtenido en la parcela experimental del C. I. Obonuco de AGROSAVIA durante 2023 con aplicación de diferentes dosis de TriEstimul®.



Recomendaciones para el uso de TriEstimul® en avena

Sigue estas recomendaciones para potenciar el uso de TriEstimul® en tu cultivo de avena:

- ▶ Aplica 500-1.000 mL/ha en riego o siembra para fijar el nitrógeno en el suelo y que la planta resista la sequía.
- ▶ Aplica desde el 50 % de la dosis de fertilizante que normalmente se recomienda. Esto significa un ahorro directo en tu bolsillo, al tiempo que mantienes la calidad del forraje.
- ▶ Dilúyelo en agua (0,5-1 L/ha de TriEstimul® en 200 L de agua) y usa equipos limpios.
- ▶ Evita mezclarlo con fungicidas o herbicidas fuertes.
- ▶ Guárdalo en un lugar fresco (6-18° C) por hasta 6 meses.



“La avena resistió el frío y la sequía; tuve una cosecha más abundante”:
Productor andino, agosto de 2025.

El uso de TriEstimul[®] en el cultivo de lechuga

Resultados de las pruebas

Se realizaron montajes experimentales en el **Centro de Investigación Obonuco (AGROSAVIA), en Nariño**. La selección de los diferentes cultivares que se evaluaron de cada especie se definió teniendo en cuenta la preferencia para siembra de los productores y la aceptación por los comercializadores. En este caso, se sembró la variedad de lechuga Coolguard.

Para definir la dosis de fertilizante químico se tuvo en cuenta que la fuente comercial prevaleciente en la región hortícola corresponde a una **relación de nitrógeno, fósforo y potasio de 1:2:0,45**. Específicamente, la **cantidad de fertilizante químico aplicada por planta fue de 15 g**. A partir de lo anterior, se calcularon las cantidades de nitrógeno y fósforo que se aplicarían en el experimento, que correspondieron a cinco niveles decrecientes a partir de la dosis de nitrógeno y fósforo del productor. Además, se aplicó mantenimiento de potasio y elementos menores:

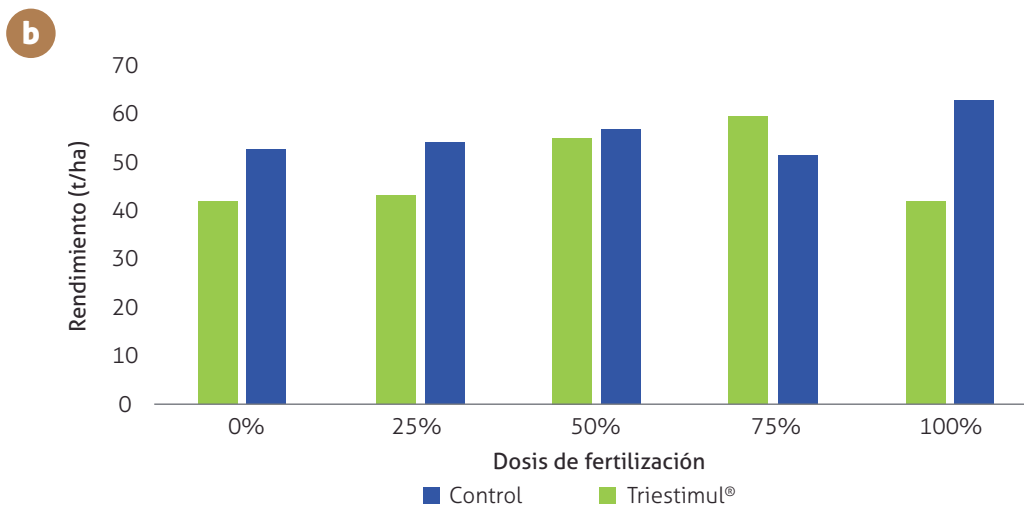
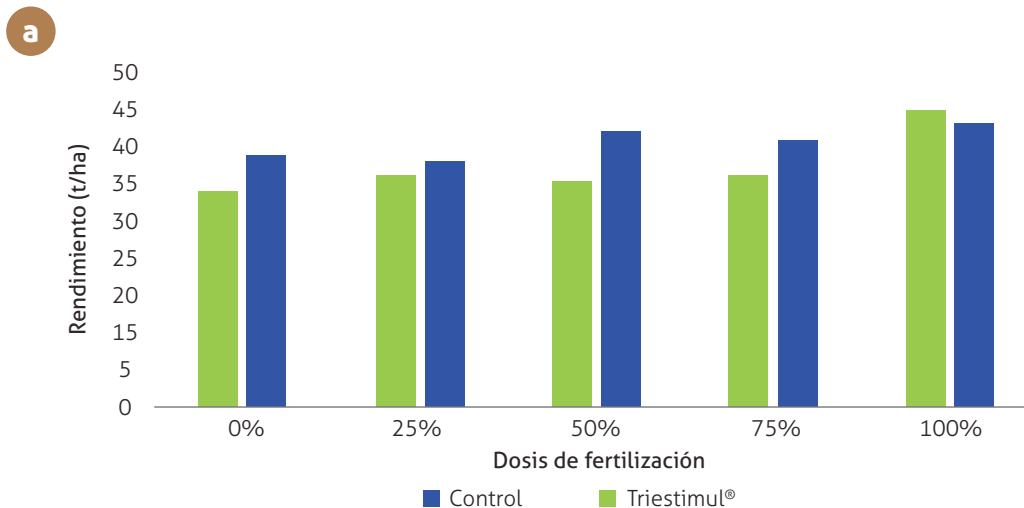


Dosis (%)	Cantidad de fertilizante (g) de relación 1:2:0,45 por planta
0	0
25	3,7
50	7,5
75	11,2
100	15

La **inoculación del TriEstimul®** se realizó en **dos épocas**: la primera luego de haber realizado el trasplante y la segunda, previa a la fertilización, es decir, 25 días después del trasplante (d. d. t.), utilizando una dosis de 2 L/ha. **La aplicación fue en drench**, dirigida a la base de las plantas, en las dos épocas definidas.

Además, para evaluar el efecto de TriEstimul® y las dosis de fertilización, se calcularon los rendimientos luego de haber cosechado las hortalizas analizadas, cuando las especies cumplieron con las condiciones necesarias para su comercialización. Los resultados muestran que, para el primer ciclo, los mejores rendimientos se obtuvieron en el tratamiento con TriEstimul® y 100 % de fertilización. En el segundo ciclo, estos se alcanzaron con los niveles del 50 % y 75 % y el consorcio bacteriano:





Rendimiento promedio de los tratamientos de fertilización con y sin la aplicación de TriEstimul® en lechuga Coolguard. **a.** Primer ciclo; **b.** Segundo ciclo.



Por otra parte, se debe señalar que, en la localidad **Gualmatán Alto**, el productor realizó el proceso de producción de plántulas en su unidad productiva, con inoculación de TriEstimul® en **vivero** en **dos aplicaciones**:

Primera	Segunda
Una vez se produjo la emergencia de las plantas, aplicando 3 mL del consorcio bacteriano por bandeja de 200 alveolos. En las otras unidades demostrativas se dejó la mitad de las bandejas sin inocular.	Quince días después de la primera. Las plantas inoculadas mostraron una mayor formación de raíces, lo cual facilitó su trasplante porque se pudo manejar mejor las plántulas con un sustrato firme gracias a la adecuada formación radicular.

En el cultivo de lechuga crespa de Gualmatán Centro se alcanzaron **cabezas de 466 g** cuando se realizó la **aplicación de TriEstimul®**, mientras que con la práctica del productor solo se alcanzaron 408 g. Cabe señalar que en esa parcela demostrativa **no se modificó la fertilización**, pues en la región esta variedad de lechuga se produce sin adicionar fertilizantes.

Estos fueron los resultados relevantes del uso de TriEstimul®:

- ▶ **Aceleró el desarrollo de la lechuga**, lo cual se validó con dos aplicaciones al suelo: una al momento de la siembra (trasplante) y otra cuando la planta tuvo 20 días en el campo.
- ▶ **Aumentó el diámetro de cabeza**, el número de hojas (hasta 44 por planta) y el peso fresco (hasta 25 % más).
- ▶ El peso **promedio de la cabeza se incrementó** o se mantuvo con respecto al testigo, con base en la fertilización de los productores.
- ▶ Con 500 mL/ha + 50 % de fertilizantes químicos se lograron **rendimientos** de 21,94 t/ha en Pasto y 22,43 t/ha en Pupiales,



lo cual es **igual o superior al 100 % de la producción que se obtiene solo con fertilizantes químicos** (21,38 t/ha y 21,32 t/ha, respectivamente).

- ▶ **Mejóro la tolerancia al estrés hídrico**, con hojas más crujientes y menos pérdidas.
- ▶ **Redujo hasta 50 % el uso de químicos**, de tal manera que promovió cultivos más sanos y sostenibles.

Recomendaciones para el uso de TriEstimul® en lechuga

Sigue estas indicaciones para potenciar el uso de TriEstimul® en tu cultivo de lechuga:

- ▶ Usa una dosis ideal de 500 mL/ha, diluido en 200 L de agua.
 - ▶ Primera dosis al trasplante.
 - ▶ Segunda dosis a los 15-20 días.
- ▶ Si puedes plantular, aplica 3 mL por bandeja de 200 alveolos a la emergencia de las plántulas; repite a los 15 días y haz una inoculación en campo al momento del trasplante.
- ▶ Cuando las plántulas no son inoculadas en vivero, aplica TriEstimul® al momento del trasplante y antes de la fertilización en una dosis total de 1 L/ha dividido en dos aplicaciones.
- ▶ Úsalo en riego radicular para facilitar el trasplante y fortalecer las raíces.



- Combínalo con el 50% de fertilizantes nitrogenados y fosfatados convencionales.
- Para la mayoría de las hortalizas evaluadas, se recomienda una disminución del 25% de la dosis de fertilización nitrogenada y fosfatada, con base en lo que aplica el productor, junto con la aplicación de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (1 L/ha).



"TriEstimul® aceleró el crecimiento de la lechuga"
(Productor nariñense, agosto de 2025)

¡Haga rendir su cosecha con TriEstimul®!



Con este producto de AGROSAVIA
puedes usar la mitad de fertilizante químico
en tu **papa, avena o lechuga**
sin que la producción baje.

*Es la mejor forma de cuidar tu suelo
y ahorrar dinero en cada siembra.*

Bibliografía

- 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>
- Chaparro-Rodríguez, M., Estrada-Bonilla, G., Rosas-Pérez, J., Gómez-Álvarez, M., & Cruz-Barrera, M. (2023). Hydrogel capsules as new approach for increasing drying survival of plant biostimulant gram-negative consortium. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107, 6671–6682. <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12699-7>
- Cruz-Barrera, M., Chaparro, M., Mendoza, J., Torres-Cuesta, D., Gómez, M., & Estrada-Bonilla, G. A. (2025). Hydrogel capsules as carriers for PGPB consortia enhance compost efficacy and nutrient uptake in Oat (*Avena sativa*) fertilization. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-025-07454-y>



Autoría

Fredy Mauricio Cruz Barrera

fcruz@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-9208-7902>

Ingeniero químico con maestría y doctorado en Bioprocesos. Cuenta con más de quince años de experiencia en desarrollo y escalamiento de bioproductos agropecuarios, entre los cuales se destaca la producción masiva y formulación de TriEstimul®. Sus líneas de investigación abarcan optimización de bioprocesos, respuesta metabólica al estrés, rendimientos de fermentación y efectividad de formulados. Tiene más de treinta publicaciones científicas y dos patentes. Actualmente, en AGROSAVIA, lidera proyectos para el desarrollo de inoculantes biológicos, transferencia tecnológica y alianzas internacionales. Además, participa en desarrollos como Tri-cotec® WP, Lecabiol® WG, Spobiol®, Rumitec®, Baculovirus®, Monibac® y Rhizobiol®, entre otros.

Ginna Milena Quiroga Cubides

gquiroga@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-2138-2776>

Ingeniera química. Magíster en Microbiología Avanzada. Especializada en Biotecnología Industrial y Ambiental. Su trabajo se enfoca en el diseño y desarrollo de proyectos de base biotecnológica, especialmente en la producción de bioinsumos y



en la optimización de procesos fermentativos. Ha participado en el desarrollo de bioproductos empleando bacterias, hongos, virus y metabolitos con fines de fertilización, promoción de crecimiento y control biológico. Posee experiencia en la caracterización ecofisiológica de microorganismos, el diseño de medios de cultivo y la configuración de sistemas de fermentación líquida y sólida. También ha trabajado en procesos de biorremediación de xenobióticos, aplicando enfoques biotecnológicos para la mitigación de contaminantes ambientales. Su trayectoria incluye la aplicación de diseños experimentales, así como el escalamiento y la formulación de bioproductos con potencial agrícola e industrial.

Sandra Milena Barrios Candil

sbarrios@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-2789-3622>

Bacterióloga con diez años de experiencia en control de calidad y más de seis años de apoyo en el desarrollo y el escalamiento de bioinsumos agropecuarios. Cuenta con conocimientos en procesos de fermentación líquida para la producción de bioinsumos en diversos proyectos de investigación, enfocados en mejorar la eficiencia de la producción de metabolitos y biomasa, para garantizar su eficacia en diferentes sistemas vegetales. Posee experiencia en el trabajo con hongos nematófagos, bacterias promotoras de crecimiento, bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo, así como en la formulación de metabolitos para el control biológico de plagas.



Martha Liliana Chaparro Rodríguezmlchaparro@agrosavia.co<https://orcid.org/0000-0003-3534-4551>

Microbióloga de la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, y magíster en Ciencias Farmacéuticas de la Universidad Nacional de Colombia. Tiene más de trece años de experiencia en el desarrollo y la elaboración de bioinsumos, como biofertilizantes, bioplaguicidas y productos de salud animal. También se ha desempeñado en manejo de producción, desarrollo de formulaciones y en seguimiento de proyectos de investigación y desarrollo de negocios de bioproductos. Actualmente es integrante del grupo de investigación “Bioproductos y Bioprocesos Agropecuarios”.

Wilfrand Ferney Bejarano Herrerawbejarano@agrosavia.co<https://orcid.org/0000-0002-9094-5125>

Doctor y magíster 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. Tiene experiencia como vicerrector de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de la Amazonía (Caquetá, Colombia). Ha trabajado 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.

María Camila Ortega Cepeda

mcortega@agrosavia.co

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

Bióloga de la Universidad del Valle, Colombia, y magíster en Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Tiene experiencia en el diagnóstico sanitario de diferentes cultivos andinos, como papa, achira, frijol y arveja, así como en la evaluación fisiológica y agronómica de biofertilizantes. También se ha desempeñado en la caracterización de entomofauna benéfica, en control biológico y en la construcción de indicadores de sustentabilidad a nivel de finca. Su experiencia combina la biología de campo con la investigación aplicada para optimizar sistemas agrícolas.

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. Magíster en Ciencias Agropecuarias (Fitotecnia) de la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro, Brasil, y microbiólogo de la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. 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.

Daniel Ricardo Torres Cuesta

dtorres@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-9101-0543>

Magíster en Suelos y Aguas, con énfasis en Suelos y Nutrición de Plantas, de la Universidad Nacional de Colombia. Agroecólogo de la Universidad Minuto de Dios, Colombia. Investigador en el área de agronomía pecuaria y microbiología de suelos en AGROSAVIA. Desarrolla proyectos en el área de suelo-microorganismo-planta-ambiente-animal, en los cuales busca mejorar la eficiencia de la fertilización en sistemas intensivos de producción y en la respuesta de los cultivos a la fertilización integral. Tiene experiencia en la evaluación agronómica de especies forrajeras y en cultivos agroindustriales, además del uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB, por su sigla en inglés) y de residuos orgánicos en cultivos intensivos y de interés comercial. Su objetivo es mejorar la competitividad y la sostenibilidad del sector agropecuario en Colombia.

Carlos Alberto Marcillo Paguay

cmarcillo@agrosavia.co

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

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Nariño, Colombia. Vinculado a AGROSAVIA como Profesional de Apoyo a la Investigación en el Centro de Investigación Obonuco, Nariño. Cuenta con experiencia en investigación en hortalizas y tubérculos, así como en



asistencia técnica en diversos cultivos de clima frío, frío moderado y medio del departamento de Nariño. Tiene conocimientos en fitotecnica y sistemas de producción de semilla de papa.

Martha Isabel Gómez Álvarez

mgomeza@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-4919-2747>

Investigadora Ph. D. Senior en Bioquímica y Farmacia, con máster en Formulación de Liposomas y especializaciones en Gerencia, Costos y Mercadeo. Cuenta con más de veinticinco años de experiencia en diseño, desarrollo, escalado, registro, mercadeo y transferencia de tecnología de bioproductos agrícolas y pecuarios. Trabajó en Newbiotechnic-España (2001-2007) como responsable de producción de agentes biológicos y desde 2008 en AGROSAVIA, Colombia. Experta en fermentación, formulación y registro de bioproductos, lidera estrategias de innovación y asesora entidades como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (Fontagro) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Ruth Rebeca Bonilla Buitrago

rbonilla@agrosavia.co

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

Magíster en Química Agrícola y Ph. D. en Ciencias Agrícolas, con énfasis en Microbiología de Suelos, de la Universidad de Agricultura de Varsovia, Polonia. Licenciada en Química y Biología.



Actualmente es Investigadora Emérita de AGROSAVIA. Cuenta con más de treinta y cinco 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 sesenta 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.

Paola Emilia Cuartas Otálora

pcuartas@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-6166-966X>

Microbióloga agrícola y veterinaria. Ph. D. en Biotecnología e Investigadora Ph. D. Asociada de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, entidad donde actualmente se desempeña como jefe del Departamento de Bioproductos desde el año 2019. Cuenta con más de quince años de experiencia en el desarrollo y registro de bioproductos para la integración en programas de manejo integrado, además lidera proyectos de investigación en áreas relacionadas principalmente con la producción de bioplaguicidas a base de virus y hongos, codesarrollos y actividades de validación, registro y transferencia. Cuenta con más de veinticinco publicaciones científicas y una patente. Ha participado en desarrollos como Spobiol®, Erytec®, Baculovirus®, Ecotispa®, Leptostop®, entre otros.



Notas

[illegible]



**TriEstimul®: Inoculante biológico
para cultivos de papa, avena y
lechuga** se terminó de imprimir en
los talleres de DGP Editores S.A.S.,
en agosto de 2026, en la ciudad de
Bogotá, Colombia.

TriEstimul® es la respuesta biotecnológica de AGROSAVIA a los factores que ponen en riesgo la sostenibilidad de cultivos estratégicos como la papa, la avena y la lechuga.

TriEstimul® es un biofertilizante líquido compuesto por tres bacterias promotoras del crecimiento vegetal —*Herbaspirillum frisingense* AP21, *Azospirillum brasilense* D7 y *Rhizobium leguminosarum* T88— seleccionadas de suelos colombianos y producidas en biorreactores de alta tecnología con más de 100 millones de células activas por mililitro.

Este producto fue desarrollado por los grupos de investigación Bioproductos y Bioprocesos Agropecuarios y Sistemas Agropecuarios Sostenibles, así como por el Departamento de Bioproductos de AGROSAVIA. TriEstimul® es el resultado de años de trabajo científico riguroso: desde el aislamiento y caracterización de cepas hasta el escalamiento piloto y la formulación estable.

Gracias a su respaldo científico (Registro ICA N.º 14294) y a las pruebas validadas en Cundinamarca, Boyacá y Nariño, TriEstimul® permite reducir hasta un 50 % el uso de fertilizantes químicos sin sacrificar rendimiento, mejora la tolerancia al estrés hídrico y promueve una agricultura más rentable y sostenible.

Esta cartilla explica, paso a paso y en lenguaje accesible, cómo se crea, cómo se usa y qué resultados reales ha dado TriEstimul® en campo. Una herramienta de AGROSAVIA para que cada agricultor produzca mejor con menos.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

