

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

EVALUACIÓN DE UN INHIBIDOR DE LA NITRIFICACIÓN CON MICROORGANISMO EN EL CULTIVO DE SANDÍA *CITRULLUS LANATUS*

EVALUATION OF A NITRIFICATION INHIBITOR AND A NATURAL
BIOSTIMULANT IN WATERMELON (*CITRULLUS LANATUS*)
CULTIVATION

Tatiana Carolina Sánchez Macías

Universidad Técnica estatal de Quevedo, Ecuador

Nicole Andreina Conforme Anzules

Universidad Técnica estatal de Quevedo, Ecuador

Gicella Mariana Cabrera Zambrano

Universidad Técnica estatal de Quevedo, Ecuador

Jennifer Dayana Vera Chevez

Universidad Técnica estatal de Quevedo, Ecuador

Evaluación de un Inhibidor de la Nitrificación con Microorganismo en el Cultivo de Sandía *Citrullus Lanatus*

Tatiana Carolina Sánchez Macías¹

tatiana.sanchez2015@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-7523-8244>

Universidad Técnica estatal de Quevedo
Ecuador

Gicella Mariana Cabrera Zambrano

gicella.cabrera2015@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-5932-5171>

Universidad Técnica Estatal Quevedo
Ecuador

Nicole Andreina Conforme Anzules

nconformeanzules@gamail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1588-7199>

Universidad Técnica estatal de Quevedo
Ecuador

Jennifer Dayana Vera Chevez

jverac2@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-8611-2283>

Universidad Técnica Estatal De Quevedo
Ecuador

RESUMEN

Los inhibidores de nitrificación ayudan a disminuir la transformación de amonio en nitrato por microorganismos presentes en el suelo, en este sentido se evaluó el uso un inhibidor de la nitrificación con microorganismo en comparación a la fertilización química tradicional en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), mediante la medición de variables de crecimiento y producción, mediante un análisis en bloques azar con 2 tratamientos NOVATEC® SOLUB BS-Calcium) y testigo (fertilización completa), comparados mediante prueba de T de Student y usando el programa SPSS con un valor de $p < 0,05$. Los resultados muestran que el impacto del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium afectó significativamente el crecimiento de la planta, así como la formación de flores y frutos, los cuales se traduce en mejores rendimiento y mayores beneficios para los productores, además del valor agregado obtenido en el contexto ambiental a logrado reducir la lixiviación de nitrógeno producto de la nitrificación y por ende los riesgos de contaminación de agua subterránea, por lo que se recomienda el uso de este producto para lograr un aumento de la producción garantizado el desarrollo sostenible.

Palabras claves: fertilización, inhibidores, nitrógeno, sostenibilidad

¹ Autor principal.

Correspondencia: tatiana.sanchez2015@uteq.edu.ec

Evaluation of a Nitrification Inhibitor and a Natural Biostimulant in Watermelon (*Citrullus Lanatus*) Cultivation

ABSTRACT

Nitrification inhibitors help reduce the conversion of ammonium to nitrate by microorganisms present in the soil. In this regard, the use of a nitrification inhibitor was evaluated in comparison to traditional chemical fertilization in watermelon (*Citrullus lanatus*) cultivation, by measuring growth and production variables, using a randomized block analysis with two treatments (NOVATEC® SOLUB BS-Calcium) and a control (complete fertilization), compared using Student's t-test and the SPSS program with a p-value < 0.05. The results show that the impact of NOVATEC® SOLUB BS-Calcium fertilizer significantly affected plant growth, as well as flower and fruit formation, which translates into better yields and greater profits for producers. In addition, the added value obtained in the environmental context has reduced nitrogen leaching from nitrification and, therefore, the risks of groundwater contamination. Therefore, the use of this product is recommended to achieve increased production while ensuring sustainable development.

Keywords: biostimulant, fertilization, inhibitors, nitrogen sustainability

*Artículo recibido 20 octubre 2025
Aceptado para publicación: 15 noviembre 2025*



INTRODUCCIÓN

Los inhibidores de nitrificación son esenciales en la agricultura y el manejo de suelos, ya que ayudan a disminuir la transformación de amonio en nitrato por microorganismos presentes en el suelo, no obstante este puede ocasionar la pérdida de nutrientes y la contaminación de aguas subterráneas (Lakshmanan et al., 2025), por lo que la decisión de implementar inhibidores de nitrificación busca mejorar la disponibilidad de nitrógeno para que las plantas puedan absorber el mismo, mejorar la eficacia del uso de los fertilizantes nitrogenados y reducir el impacto en el medio ambiente (Woodward et al., 2021).

Se ha demostrado que la utilización de estos inhibidores es especialmente útil en suelo donde hay alta lixiviación y por lo tanto el nitrógeno puede ser arrastrado con facilidad por el agua de lluvia o el riego, afortunadamente al minimizar el proceso de nitrificación, se disminuye la cantidad de nitrato perdido, lo que maximiza el rendimiento de los cultivos y reduce los riesgos de contaminación de aguas subterráneas (Gao et al., 2021), adicionalmente, el uso de estos productos puede contribuir a controlar problemas como la eutrofización de cuerpos de agua, un problema que surge debido a la acumulación excesiva de nutrientes y que puede causar daños severos a la ictiofauna (Omoregie et al., 2025).

La eficacia de los inhibidores de nitrificación ha sido demostrada por investigaciones llevadas a cabo para crear nuevos inhibidores más eficaces y mejorar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados en cultivos de importancia comercial y de alto valor comercial (Bozal-Leorri et al., 2023). El uso de los inhibidores de nitrificación, pueden estar determinada por varios factores, como la temperatura y humedad del suelo, así como la presencia de ciertos microorganismos (Guo et al., 2022), en este sentido es necesario que su aplicación sea planificada y adaptada a las condiciones particulares para optimizar sus ventajas, por lo que su comportamiento debe ser determinado en condiciones contrastante de suelo en especial aquellos ácidos o arenosos donde los riesgos perdidas de nitrógeno por lixiviación son mayores (Cui et al., 2021).

Además de los inhibidores de la nitrificación, los microorganismos mejoraran el crecimiento y desarrollo de las plantas, los cuales actuando como un catalizador en de los procesos biológicos, producto de la acción de una variedad de sustancias como fitohormonas y bacterias promotoras de crecimiento, así como por la actividad de extractos de algas, microorganismos beneficiosos y



compuestos orgánicos que promueven la salud del suelo al cumplir funciones de solubilización de fosforo y fijación de nitrógeno (Castiglione et al., 2021).

Dada las ventajas de los inhibidores de nitrificación su uso se ha popularizado en la agricultura moderna, que busca combatir la degradación de suelos como consecuencia del cambio climático y la desertificación, ya que no solo favorecen el crecimiento vegetativo, sino que también ayudan a las plantas a resistir condiciones adversas, como sequías o enfermedades, donde la aplicación de estimulantes puede resultar en un aumento significativo en la producción agrícola, ya que optimizan la absorción de nutrientes y mejoran la estructura del suelo y que pueden actuar de forma sinérgica con los inhibidores de la nitrificación (Beeckman et al., 2024).

La sandía (*Citrullus lanatus*) es un cultivo cucurbitáceo conocido mundialmente por ser una refrescante fruta de verano (Tembo & Maphosa, 2025), es un rubro hortícola que se cultiva en climas cálidos y secos, a la cual se le atribuyen propiedades medicinales por su contenido de licopeno que puede prevenir el cáncer de próstata y las enfermedades cardiovasculares (Dahal et al., 2024). En Ecuador se cultiva en algunas regiones agrícolas donde los rendimientos son inferiores al promedio mundial, a pesar de que se han reportado en diversas investigaciones donde la aplicación de microorganismo ha sido positiva (Fernandes et al., 2023; Gomes et al., 2024).

Los inhibidores de nitrificación y los microorganismos, pueden contribuir reducir la necesidad de fertilizantes químicos que minimiza los costos y el impacto ambiental, cuya efectividad puede variar según el tipo de planta, las condiciones del suelo y el clima. Por lo tanto, es evaluar las ventajas y desventajas del mismo, por lo que el propósito de la investigación fue evaluar el impacto del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium, sobre el desarrollo vegetativo y el rendimiento del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) en condiciones de campo sobre las variables de crecimiento y producción en el cultivo de sandía y comparar los resultados obtenidos con los de un tratamiento testigo, con el fin de establecer la eficacia del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium.

METODOLOGÍA

Descripción del sitio de estudio

El experimento se realizó en la provincia de Los Ríos, cantón Ventanas, vía a Aguas Frías, sector La Yolanda, los suelos predominantes son de textura franca, con un contenido promedio de materia



orgánica de 3.1 %, los contenidos de fósforo (P) y potasio (K) en el suelo presenta valores bajos <434 mg kg⁻¹ de K y <8.4 mg kg⁻¹ de P. Las precipitaciones son fluctuantes entre 1250 a 3000 mm, temperaturas promedias entre 16 a 26 °C, humedad relativa 82 % y heliofanía de 968 horas luz/año (Hasang-Moran et al., 2021).

Descripción de los tratamientos

Se evaluaron 2 tratamientos el tratamiento con NOVATEC® SOLUB BS-Calcium (T1) el cual se agregó a los 22 días DDT en dosis de 5 Kg en conjunto con 2,5 Kg de Urea y fosfato diamónico (DAP) y un testigo (T2) donde se aplicó fertilizante químico (8-20-20) en conjunto con urea y DAP.

Material genético usado

El material genético utilizado fue sandía variedad Esmeralda la cual se recomienda por su resistencia a patógenos como la Antracnosis y al marchitamiento por Fusarium. El trasplante se realizó el día 28 de marzo de 2025 usando plántulas con tres hojas verdaderas con una distancia entre plantas de 0,5 m con 4 m entre camas con una densidad de plantación de 5000 plantas ha⁻¹ y 20 plantas por unidad experimental. Contó con 60 unidades experimentales de 4 m de ancho x 10 m de largo dando un área de 40 m².

Diseño de experimento

Los factores de estudio fueron NOVATEC® SOLUB BS-Calcium denominado (T1) y el control fertilización química con formula completa (T2), los tratamientos contaron con 10 repeticiones y se distribuyeron en campo al considerar un diseño experimental de bloques.

Manejo del ensayo

Se inició la preparación del terreno del área experimental, eliminando malezas, se niveló el terreno para asegurar un drenaje uniforme y condiciones óptimas para la siembra garantizando un espacio adecuado para el cultivo. Finalmente, se realizó delimitación del área.

Semillero

Las semillas de sandía fueron sembradas en bandejas germinadoras con 220 orificios, utilizando una mezcla de 50% de sustrato orgánico y 50% de suelo del terreno experimental como sustrato. Cada semilla se colocó a una profundidad de 5 mm, asegurando un riego constante y ubicando las bandejas en un lugar con acceso adecuado a la luz solar para favorecer la germinación.



Trasplante y siembra

El trasplante se realizó 20 días después de la siembra, cuando las plántulas tenían sus primeras hojas verdaderas, reduciendo el estrés en las plantas de sandía. Se regaron las parcelas antes del trasplante para un mejor establecimiento. La siembra se hizo con 3 metros entre hileras y 1 metro entre plantas, logrando una densidad de 3333 plantas por hectárea.

Control de maleza

Se realizó el control de malezas de manera manual y con machete, con el objetivo de prevenir posibles problemas de plagas y enfermedades en el cultivo, asegurando así la limpieza y el adecuado desarrollo del área experimental.

Riego

Para garantizar un suministro eficiente de agua durante el desarrollo del experimento, se instaló un sistema de riego por goteo utilizando goteros Katif con una descarga de 3,75 litros por hora. Este sistema fue diseñado para proporcionar una distribución uniforme del agua en el área experimental, asegurando un riego localizado que optimizara el consumo hídrico de las plantas.

Cosecha

La cosecha se realizó en el momento en que los frutos alcanzaron su madurez comercial, identificada por características como el cambio de color en la corteza y el sonido hueco al golpear el fruto. Los frutos fueron recolectados de manera manual, asegurando un manejo cuidadoso para evitar daños físicos.

Variables evaluadas

Durante el ensayo se realizaron mediciones en cinco oportunidades. En ellas se midieron, según correspondiera a la fase del cultivo, los siguientes parámetros de crecimiento y de productividad: Longitud de tallo a los 21, 28 y 35 días después del trasplante (DDT), la medición se la realizó desde el cuello de la planta hasta el ápice, con una cinta métrica. Para el Número de hojas se tomaron 10 plantas seleccionadas al azar a los 21, 28 y 35 DDT. El diámetro de tallo se evaluó en 10 plantas seleccionadas a los 21, 28 y 35 DDT y el número de guías se evaluó a los 28 y 35 DDT.



Número de flores, se contó el número de botones y flores abiertas, a los 28, 35, 43 y 49 DDT. El número de frutos se evaluó 35, 43 y 49 DDT. Para evaluar el rendimiento se pesaron todos los frutos, sin excluir ninguno de las primeras cosechas a los 90 DDT.

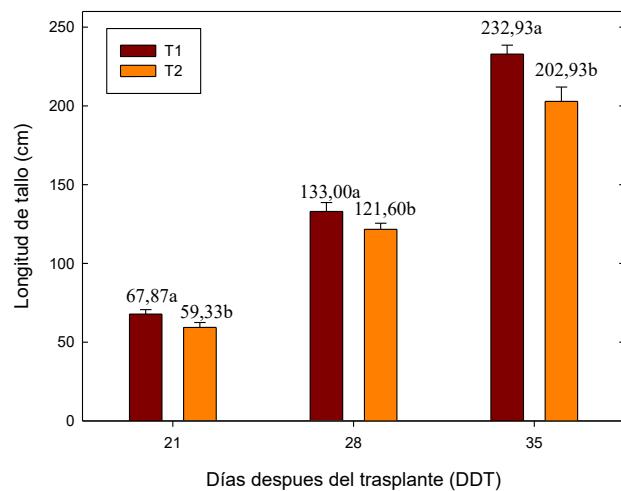
Análisis de datos

Los datos de las variables se analizaron con el programa estadístico SPSS 27.0, considerando significación estadística $p < 0,05$, realizando análisis de T de Student para encontrar si existen diferencias por la aplicación de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

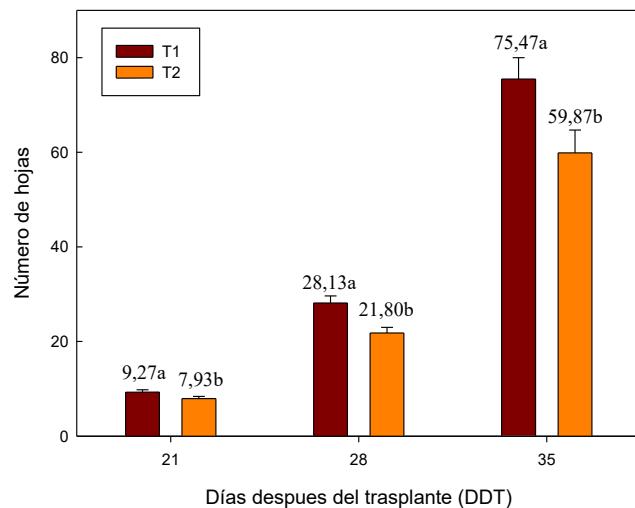
Uno de los parámetros más representativos del crecimiento y desarrollo de las plantas de sandía está constituido por la longitud de la tallo, cuyos resultados se muestran a continuación en la figura 1, donde se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), al comparar el uso del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium con microorganismos (T1) que combina el uso de inhibidores de nitrógeno con microorganismos en comparación al testigo (T2) que fue un fertilizante de formula completa, observado a partir de los 21 DDT.

Figura 1. Longitud de tallos en plantas de sandias fertilizadas con un abono a base de inhibidores de nitrógeno con microorganismos.



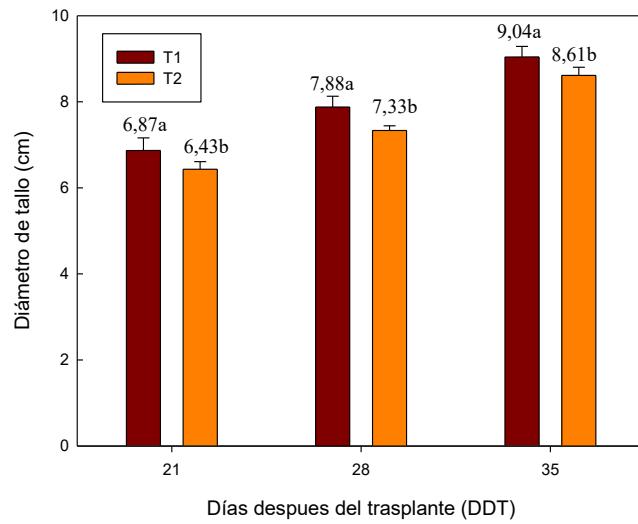
Igualmente, para el caso de la variable número de hojas los resultados que se muestran en la figura 2, evidencian diferencias significativas en el número de hojas ($p < 0,05$), al comparar el uso del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium con microorganismos (T1) en comparación al testigo que fue un fertilizante de formula completa (T2), las cuales fueron detectadas desde los 21 DDT.

Figura 2. Número de hoja en plantas de sandias fertilizadas con un abono a base de inhibidores de nitrógeno con microorganismos.



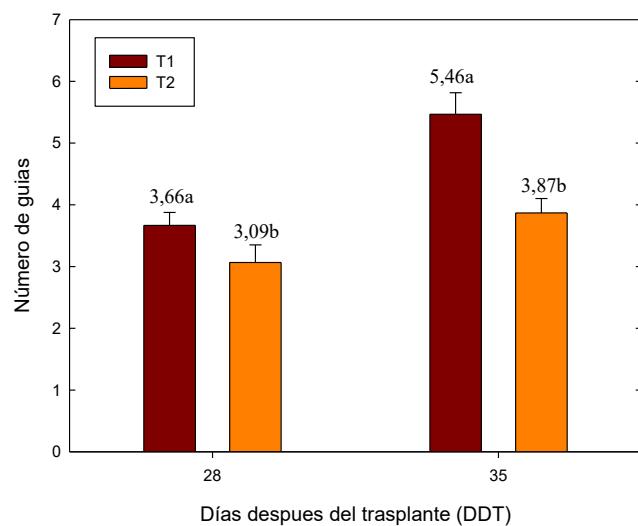
Mientras que para el diámetro de tallo cuyos resultados se muestran en la figura 3, se encontraron diferencias significativas para esta variable ($p < 0,05$), al comparar el uso del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium con microorganismos (T1) en comparación al testigo que fue un fertilizante de formula completa (T2), las cuales fueron detectadas desde los 21 DDT, tal como se reportó para el caso de las variables longitud de tallo y número de hojas.

Figura 3. Diámetro de tallo en plantas de sandias fertilizadas con un abono a base de inhibidores de nitrógeno.



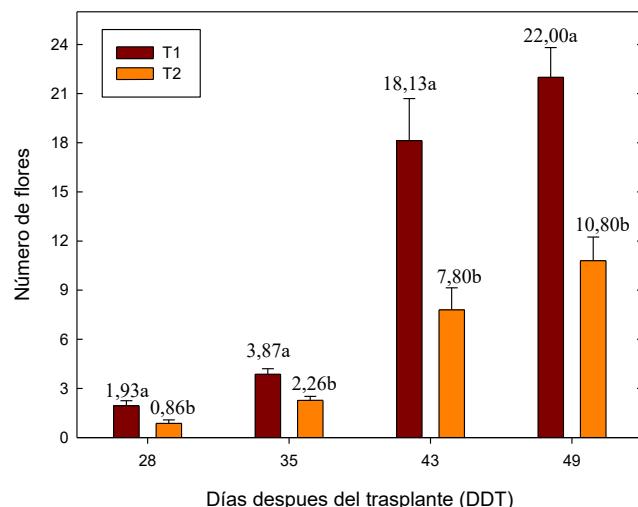
El fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium con microorganismos (T1) mostro una mayor longitud de tallo, número de hojas y diámetro de tallo en comparación al testigo que fue un fertilizante de formula completa(T2), para el caso de la variable número de guías el comportamiento es similar, como se puede observar en la figura 4, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$).

Figura 4. Número de guías en plantas de sandias fertilizadas con un abono a base de inhibidores de nitrógeno con microorganismos.



Con relación al número de flores, los resultados mostrados en la figura 5, se encontraron diferencias significativas para esta variable ($p < 0,05$), al comparar el uso del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium con microorganismos (T1) en comparación al testigo que fue un fertilizante de fórmula completa (T2), las cuales fueron detectadas desde la primera evaluación, similar a lo observado con las variables de crecimiento evaluadas (longitud de tallo, número de hojas, diámetro de tallo y número de guías).

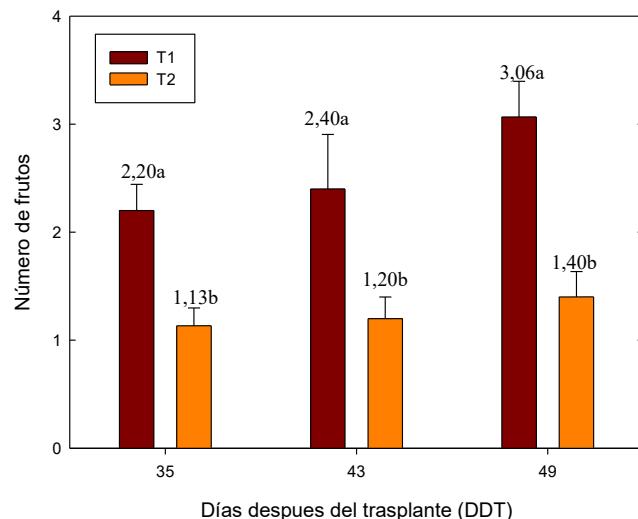
Figura 5. Número de flores en plantas de sandias fertilizadas con un abono a base de inhibidores de nitrógeno con microorganismos.



Cuando se determinó el número de frutos por planta (Figura 6) se observa la misma tendencia que para el número de flores, donde se encontraron diferencias significativas para esta variable ($p < 0,05$), al comparar el uso del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium con microorganismos (T1) en

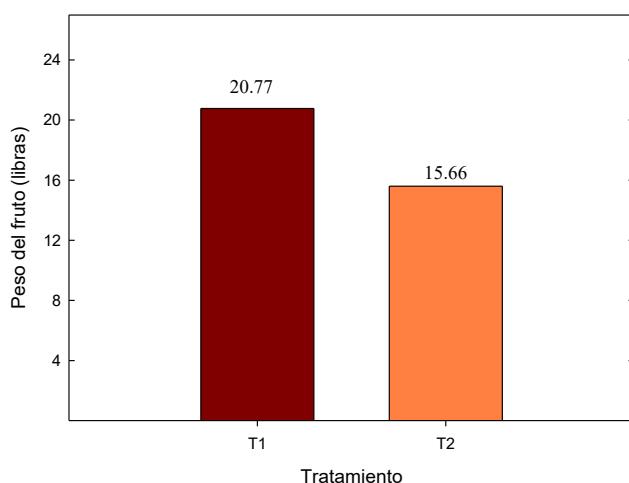
comparación al testigo donde se aplicó un fertilizante de fórmula completa (T2), las cuales fueron detectadas desde la primera evaluación, similar a lo reportado para el caso de las variables longitud de tallo, número de hojas, diámetro de tallo y número de guías.

Figura 6. Número de frutos en plantas de sandías fertilizadas con un abono a base de inhibidores de nitrógeno con microorganismos.



Finalmente, el peso promedio de los frutos (Figura 7) muestran diferencias significativas ($p < 0,05$), al comparar el uso del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium con microorganismos (T1) en comparación al testigo que fue un fertilizante de fórmula completa (T2), lo que es reflejo del comportamiento previamente reportado para el crecimiento vegetativo y reproductivo.

Figura 7. Pesos promedios de frutos por plantas de sandías fertilizadas con un abono a base de inhibidores de nitrógeno con microorganismos.



Los resultados muestran que NOVATEC® SOLUB BS-Calcium es un producto que actúa de manera sinérgica para el crecimiento y desarrollo de las plantas como se observó para las variables longitud de

tallos, número de hojas, diámetro de tallo y número de guías, producto de la acción de inhibidores de nitrógeno con microorganismos, cuyos resultados son promisorios superando la fertilización comercial y al uso de fertilizantes orgánicos e inhibidores nitrógeno de manera aislada, adicionalmente, se ha demostrado garantizan una liberación controlada de nutrientes, lo que permite a las plantas absorberlos de manera eficiente a lo largo del tiempo, siendo clave el aporte de calcio que cumple un papel crucial en la formación de las paredes celulares, contribuyendo así a la fortaleza y resistencia de las plantas frente a enfermedades y condiciones adversas (Avendaño-Morales et al., 2025; Fonseca-López et al., 2019).

Además del aporte de calcio, NOVATEC® SOLUB BS-Calcium también incorpora otros micronutrientes que son vitales para el metabolismo de las plantas, los cuales son esenciales para procesos como la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la regulación del crecimiento, lo que maximiza la eficacia del fertilizante y promueve un desarrollo saludable y vigoroso de las plantas, que se expresó en el caso de la investigación en un aumento en la producción de flores y frutos, debido al aporte de nutrientes, la inhibición de la nitrificación y la adición de sustancia promotoras del crecimiento por parte de los microorganismos (Gabriel-Ortega et al., 2024; Xiao et al., 2022).

Los resultados obtenidos demostraron que el uso de NOVATEC® SOLUB BS-Calcium optimiza la producción y el rendimiento de los cultivos, y aunque investigaciones previas lo atribuyen al aporte de calcio y micronutrientes, la eficiencia de este consorcio puede estar dado por su acción para la inhibición del proceso de nitrificación en especial en suelos ácidos y arenosos, lo cual minimiza las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y por la acción de los microorganismos que favorece la actividad biológica del suelo ayudando en el proceso de fijación de nitrógeno y solubilización de fosforo (Fallah & Khoshru, 2024).

En el caso de la fertilización de la sandía los elementos más importantes son el nitrógeno, el fósforo y el potasio (Moreno-Reséndez et al., 2024), destacando que al minimizar las pérdidas de nitrógeno como se busca con la aplicación del uso de inhibidores de nitrógeno, se logra que durante la fase de crecimiento vegetativo, el nitrógeno favorezca el desarrollo de hojas y tallos robustos, como se evidencia en la longitud de la planta, número de hoja y diámetros de tallo, sin embargo, desde la perspectiva ambiental es importante no excederse en su aplicación, ya que un exceso puede llevar



perdidas de lixiviación, con riesgo de contaminación de agua, lo cual puede lograrse con el uso de los inhibidores de la nitrificación (Folina et al., 2021).

Por otro lado, el fósforo es vital en las etapas iniciales, ya que estimula el desarrollo de raíces fuertes y saludables (Fathi & Mehdiniya, 2023), lo que a su vez mejora la absorción de agua y nutrientes, lo cual se puede lograr mediante el uso de NOVATEC® SOLUB BS-Calcium dado que gracias a su contenido de microorganismos poseen la capacidad de favorecer la activación de bacterias solubilizadoras de fósforo, la aplicación de este producto también fue importante la formación de los frutos, posiblemente por la activación de organismos capaces de mineralizar la materia orgánica lo que aumenta la disponibilidad de potasio, lo que lleva a un mayor número de frutos con mejor peso y calidad, en especial por el aporte de calcio, que favorecen al conformación del fruto (Soumare et al., 2023).

CONCLUSIONES

El uso del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium demostró tener un impacto significativo en el desarrollo vegetativo y el rendimiento del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) en condiciones de campo, debido al aporte nutrientes esenciales, que favorecen un crecimiento más robusto de las plantas, lo que se traduce en un aumento en la producción de frutos de mayor calidad y tamaño, además del beneficio logrado por la acción al maximizar el uso del nitrógeno que reducen las perdidas por lixiviación y solubilización del fósforo por parte de los microorganismos rizosféricos.

El impacto del fertilizante NOVATEC® SOLUB BS-Calcium en diversas características morfológicas del cultivo de sandía, específicamente en el crecimiento de la planta, la cantidad de hojas, el diámetro del tallo y el número de guías, lo que demuestra que la aplicación de estos fertilizantes puede influir significativamente en el desarrollo general de la planta, promoviendo un aumento en la longitud del tallo, lo que a su vez puede contribuir a una mayor capacidad de fotosíntesis y, por ende, a un mejor rendimiento del cultivo. Además, el incremento en el número de hojas es crucial, ya que una mayor área foliar permite una mejor absorción de luz y nutrientes, favoreciendo el crecimiento de la sandía con valores similares o superiores a los observados mediante la fertilización química tradicional e incluso del uso de abonos orgánicos y biofertilizantes por la acción sinérgica de inhibidores de nitrógeno y solubilización del fósforo.



El efecto del NOVATEC® SOLUB BS-Calcium sobre número de guías es esencial para la producción, ya que estas estructuras son responsables de la formación de flores y frutos, lo que impacta directamente en la cosecha final, lo cual fue observado al obtener un mayor número de flores, frutos y peso de los mismos, lo cual se traduce en mejores rendimiento y mayores beneficios para los productores, además del valor agregado obtenido en el contexto ambiental al lograr reducir la lixiviación de nitrógeno producto de la nitrificación y por ende los riesgos de contaminación del agua subterránea.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Avendaño-Morales, B., Hidalgo-Moreno, C. M., & Etchevers-Barra, J. D. (2025). De la Química al Campo: El Impacto de los Inhibidores de la Nitrificación. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.500>
- Beeckman, F., Annetta, L., Corrochano-Monsalve, M., Beeckman, T., & Motte, H. (2024). Enhancing agroecosystem nitrogen management: Microbial insights for improved nitrification inhibition. *Trends in Microbiology*, 32(6), 590-601. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2023.10.009>
- Bozal-Leorri, A., Corrochano-Monsalve, M., Arregui, L. M., Aparicio-Tejo, P. M., & González-Murua, C. (2023). Evaluation of a crop rotation with biological inhibition potential to avoid N₂O emissions in comparison with synthetic nitrification inhibition. *Journal of Environmental Sciences*, 127, 222-233. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.04.035>
- Cui, L., Li, D., Wu, Z., Xue, Y., Xiao, F., Zhang, L., Song, Y., Li, Y., Zheng, Y., Zhang, J., & Cui, Y. (2021). Effects of Nitrification Inhibitors on Soil Nitrification and Ammonia Volatilization in Three Soils with Different pH. *Agronomy*, 11(8), 1674. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081674>
- Dahal, B., Banjade, D., Shrestha, A., Khanal, D., & Regmi, P. (2024). Effects of Pinching on Growth, Yield, and Quality of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Varieties in Chitwan, Nepal. *Asian Journal of Research in Crop Science*, 9(2), 181-191. <https://doi.org/10.9734/ajrcs/2024/v9i2279>
- Fallah, A., & Khoshru, B. (2024). Potentials and challenges of biofertilizers in sustainable agriculture. *Soil Biology Journal*, 12(1). <https://doi.org/10.22092/sbj.2024.366090.265>



- Fathi, A., & Mehdiniya, J. (2023). Plant Growth and Development in Relation to Phosphorus: A review. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, 80(1), 1-7. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:2022.0012>
- Fernandes, Â., Polyzos, N., Mandim, F., Pereira, C., Petrović, J., Soković, M., & Petropoulos, S. A. (2023). Combined Effect of Biostimulants and Mineral Fertilizers on Crop Performance and Fruit Quality of Watermelon Plants. *Horticulturae*, 9(7), 838. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070838>
- Folina, A., Tataridas, A., Mavroeidis, A., Kourta, A., Katsenios, N., Efthimiadou, A., Travlos, I. S., Roussis, I., Darawsheh, M. K., Papastylianou, P., & Kakabouki, I. (2021). Evaluation of Various Nitrogen Indices in N-Fertilizers with Inhibitors in Field Crops: A Review. *Agronomy*, 11(3), 418. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030418>
- Fonseca-López, D., Vivas-Quila, N. J., & Balaguera-López, H. E. (2019). Técnicas aplicadas en la investigación agrícola para cuantificar la fijación de nitrógeno: Una revisión sistemática. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 1-19. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1342
- Gabriel-Ortega, J., Chilan-Mata, M., Narváez-Campana, W., Ayón-Villao, F., Merchán-García, W., Flores-Ramírez, H., & Burgos-López, G. (2024). Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento y la producción de pepino y melón en invernadero. *Agronomía Costarricense*, 157-166. <https://doi.org/10.15517/rac.v48i2.62553>
- Gao, J., Luo, J., Lindsey, S., Shi, Y., Sun, Z., Wei, Z., & Wang, L. (2021). Benefits and Risks for the Environment and Crop Production with Application of Nitrification Inhibitors in China. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(1), 497-512. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00378-9>
- Gomes, M. M. D. A., Costa, C. C., Pereira, U. D. S., Sousa, M. E. D., Sousa, C. A. A. D., Lopes, K. P., Diniz, G. L., & Silva, G. C. D. (2024). Foliar biostimulant application on the growth and development of *Citrullus lanatus* seedlings grown in salinized substrate. *Caderno Pedagógico*, 21(9), e8350. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n9-322>



- Guo, Y., Naeem, A., Becker-Fazekas, S., Pitann, B., & Mühling, K. H. (2022). Efficacy of four nitrification inhibitors for the mitigation of nitrous oxide emissions under different soil temperature and moisture[#]. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 185(1), 60-68. <https://doi.org/10.1002/jpln.202000367>
- Hasang-Moran, E. S., García-Bendezú, S. J., Carrillo-Zenteno, M. D., Durango-Cabanilla, W. D., & Cobos-Mora, F. J. (2021). Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(1), 26-40. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090100026>
- Lakshmanan, S., Thambusamy, S. D., Muthunalliyappan, M., Subramani Krishnaraj, R., Narayanasamy, S., Elumalai, V., & Uthandi, S. (2025). Nitrification a Boon or Curse to the Ecosystem: Nitrification Inhibitors and their Potential for Greener Agriculture. *Indian Journal of Microbiology*, 65(2), 820-833. <https://doi.org/10.1007/s12088-025-01462-3>
- Moreno-Reséndez, A., Reyes-Carrillo, J. L., López-Salazar, R., Espinoza-Banda, A., & Márquez-Guerrero, S. Y. (2024). Rendimiento y Desarrollo de *Citrullus lanatus* Thunb., con Acolchado Plástico y Vermicompost como Fuente Nutritiva. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 42. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1580>
- Omeregie, A. I., Silini, M. O. E., Wong, L. S., & Rajasekar, A. (2025). Nitrogen Eutrophication in Chinese Aquatic Ecosystems: Drivers, Impacts, and Mitigation Strategies. *Nitrogen*, 6(4), 92. <https://doi.org/10.3390/nitrogen6040092>
- Soumare, A., Sarr, D., & Diédhiou, A. G. (2023). Potassium sources, microorganisms and plant nutrition: Challenges and future research directions. *Pedosphere*, 33(1), 105-115. <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.06.025>
- Tembo, L., & Maphosa, M. (2025). Estimation of yield and yield-related genetic parameters in citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *Citroides*). *Cogent Food & Agriculture*, 11(1), 2543962. <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2543962>
- Woodward, E. E., Edwards, T. M., Givens, C. E., Kolpin, D. W., & Hladik, M. L. (2021). Widespread Use of the Nitrification Inhibitor Nitrapyrin: Assessing Benefits and Costs to Agriculture,



Ecosystems, and Environmental Health. *Environmental Science & Technology*, 55(3), 1345-1353. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05732>

Xiao, F., Li, D., Zhang, L., Du, Y., Xue, Y., Cui, L., Gong, P., Song, Y., Zhang, K., Zhang, Y., Li, Y., Zhang, J., & Cui, Y. (2022). Effect of Urease Inhibitors and Nitrification Inhibitors Combined with Seaweed Extracts on Urea Nitrogen Regulation and Application. *Agronomy*, 12(10), 2504. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102504>

