

Aplicación de aminoácidos para el manejo de *Meloidogyne* spp. en zanahoria *Daucus carota* L. bajo cultivo protegido

Supply of amino acids for the management of *Meloidogyne* spp. in carrots *Daucus carota* L. in protected crops

Lourdes Madrigal Carmona^{1*}; Kolima Peña Calzada¹; Jorge Félix Melendrez Rodríguez¹

Recibido para publicación: 09 de enero de 2025 - Aceptado para publicación: 15 de junio de 2025

RESUMEN

El crecimiento exponencial de la población mundial plantea desafíos significativos en la producción de alimentos, lo que requiere la búsqueda de estrategias innovadoras y sostenibles. En este contexto, el uso de aminoácidos como bioestimulantes en la agricultura se presenta como una alternativa prometedora para mejorar la productividad de los cultivos y fortalecer su resistencia a plagas y enfermedades. Por lo que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del promotor del crecimiento a base de aminoácidos, VIUSID® agro en el manejo de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de zanahoria en sistemas de cultivos protegidos. El estudio se realizó con la variedad New Kuroda sembrada en una casa de cultivo de 540 m² de área. Se diseñó un experimento en bloque al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas. Fueron evaluadas cuatro dosis de la solución de aminoácidos Viusid® agro 0,1; 0,2 y 0,3 L ha⁻¹ y un control. Las principales variables evaluadas fueron escala de severidad, índice de infestación, longitud, área superficial, diámetro y masa de la raíz carnosa y rendimiento. Los resultados mostraron que la utilización aminoácidos con las dosis de 0,2 y 0,3 L ha⁻¹ tuvo efectos positivos en el manejo del índice de infestación con una reducción del 6 % y una disminución del 16 % de la escala de severidad, así como en las variables de crecimiento y se aumentó la producción en 10 % en relación al control. Los aminoácidos lograron disminuir el desarrollo del nemátodo patógeno y la secuencia de los daños a través del fortalecimiento de cultivo. Los resultados proporcionaron nuevas direcciones ambientalmente seguras para el manejo de *Meloidogyne* spp.

Palabras clave: Aminoácidos; Bioestimulantes; Tratamientos; Nemátodos; VIUSID® Agro.

¹Universidad de sancti Spiritus José Martí, Cuba.

*Autor para correspondencia: Lourdes Madrigal Carmona
Email: lourdesmadrigalcarmona@gmail.com

ABSTRACT

The exponential growth of the world's population poses significant challenges in food production, requiring the search for innovative and sustainable strategies. In this context, the use of amino acids as biostimulants in agriculture is presented as a promising alternative to improve crop productivity and strengthen their resistance to pests and diseases. Therefore, the objective of the research was to evaluate the effect of the amino acid-based growth promoter, VIUSID® agro, on the management of *Meloidogyne* spp. in carrot cultivation in protected cropping systems. The study was conducted with the New Kuroda variety planted in a 540 m² grow house. A randomized block experiment was designed with four treatments and three replicates. Four doses of the Viusid® agro amino acid solution were evaluated: 0.1, 0.2, and 0.3 L ha⁻¹, plus a control. The main variables evaluated were severity scale, infestation index, root length, surface area, diameter and mass of the fleshy root, and yield. The results showed that the use of amino acids at 0.2 and 0.3 L ha⁻¹ had positive effects on the management of the infestation index, with a 6% reduction and a 16% decrease in the severity scale, as well as on growth variables, and increased production by 10% compared to the control. The amino acids were able to reduce the development of the pathogenic nematode and the sequence of damage by strengthening the crop. The results provided new, environmentally safe directions for the management of *Meloidogyne* spp.

Key words: Amino Acids; Biostimulant; Treatments; Nematodes; VIUSID® Agro.

Cómo citar

Madrigal Carmona, L., Peña Calzada, K. y Melendrez Rodríguez, J. F. 2025. Aplicación de aminoácidos para el manejo de *Meloidogyne* spp. en zanahoria *Daucus carota* L. bajo cultivo protegido. Temas Agrarios 30(1): 42-53. <https://doi.org/10.21897/zbx6xn64>



Temas Agrarios 2025. Este artículo se distribuye bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>), que permite copiar, redistribuir, remezclar, transformar y crear a partir del material, de forma no comercial, dando crédito y licencia de forma adecuada a los autores de la obra.

Temas Agrarios. Enero - Junio 2025; Vol. 30. No. 1 pp. 43-54 | ISSN 2389-9182 | <https://doi.org/10.21897/zbx6xn64>

INTRODUCCIÓN

Los nematodos a nivel mundial pueden afectar a más de 5500 especies vegetales y ocasionar pérdidas mundiales superiores a 157 mil millones de dólares año (Zhao *et al.*, 2020). Los síntomas comúnmente observados son la reducción del crecimiento de las plantas, la reducción del área foliar y por tanto la fotosíntesis (Mousa *et al.*, 2024). Igualmente, los nematodos provocan daños en la parte subterránea, raíces, cormos y tubérculos, mientras que en la parte aérea de la planta se puede observar un crecimiento deficiente, clorosis, deficiencias nutricionales, marchitez y muerte de esta (Luo *et al.*, 2024). A pesar de esto, actualmente, muchos nematocidas han sido prohibidos o están siendo eliminados gradualmente en diferentes partes del mundo debido a preocupaciones ambientales y de salud humana; siendo importante, buscar métodos sostenibles y alternativos de control de nematodos para proteger los cultivos (M. Ali y Ohri, 2023; Sikder y Vestergård, 2020).

Entre los métodos alternativos para el manejo de los nematodos se destacan las enmiendas orgánicas, la fertilización con bioproductos, el control biológico y el calor (El-Eslamboly *et al.*, 2019). Otra estrategia es la siembra de las hortalizas en cultivos protegidos, con híbridos resistentes a nematodos; sin embargo, estos genotipos no son resistentes a todas las razas de *Meloidogyne* (Companioni *et al.*, 2019).

En la búsqueda de alternativas para el manejo de estos organismos los aminoácidos pueden ser una estrategia a tener en cuenta. La glicina, L-prolina y el L-triptófano fueron aplicados para el manejo de nematodos y se encontró que hubo una reducción de la población final de nematodos y fue promovido el crecimiento y la producción en hortalizas (El-Nuby, 2021). Por otra parte, otros hallazgos revelaron que todos los aminoácidos probados en

una concentración de 400 mg/ml redujeron significativamente tanto la eclosión de los huevos como la viabilidad de los juveniles en comparación con el control y promovieron el crecimiento de las plantas (Selim *et al.*, 2019). El promotor del crecimiento VIUSID® agro está compuesto fundamentalmente por aminoácidos (glicina 2,5%, arginina 2,4%, ácido aspártico 1,6% y triptófano 0,5%) por lo que pudiera ser una alternativa en este sentido. Se ha encontrado que este producto cuando se aplica foliarmente puede atenuar efectos del estrés abiótico como la salinidad, promover una mejor respuesta enzimática y favorecer la relación sodio/potasio (Peña Calzada *et al.*, 2022). Además, este producto beneficia el crecimiento y la productividad de los cultivos a través de la regulación de las tasas de crecimiento (Peña Calzada *et al.*, 2024; Pérez Díaz *et al.*, 2024). sin embargo, no hay información del uso de estos aminoácidos en el manejo de nematodos en zanahoria.

Por otro lado, la zanahoria (*D. carota*), debido a su alto valor nutricional, sus beneficios para la salud y su relevancia económica, se sitúa entre las diez principales verduras en la producción agrícola, sin embargo, es una especie que puede ser susceptible a las afectaciones por nematodos (Paparella *et al.*, 2024).

Por lo antes expuesto el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de una solución de aminoácidos, en el manejo de *Meloidogyne* ssp. en el cultivo de zanahoria en sistemas de cultivos protegidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y material vegetal utilizado

La investigación se llevó a cabo entre julio y octubre de 2024 en la Unidad Económica de Base (UEB) de Aseguramiento y Servicios Cultivos Protegidos La Quinta, perteneciente al Ministerio de la Agricultura en Sancti Spíritus, Cuba.

El experimento se realizó en la casa número 15, donde se sembró zanahoria de la variedad New Kuroda, con un ciclo biológico de 80 a 90 días. Se siguieron las normas establecidas para el cultivo, tal como se describe en el manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía protegida y semiprottegida. El marco de siembra utilizado fue de 0,90 x 0,25 m, lo que permite una densidad de plantas de aproximadamente 43,000 por hectárea (Rodríguez, 2007).

El suelo que predomina en la entidad es Pardo Sialítico con carbonato Hernández *et al.* (2015); Grisáceo (VI); mullido (H); sobre corteza de granodiorita o similar (19); eútrico (u); profundo (p2) de mediana profundidad de la capa arable (a3), poco humificado (h4), mediana erosión (e3), moderadamente bien

drenado (w4); de textura loam arenoso (4), medianamente profundo (45 cm); ondulado (t5).

Diseño experimental

El diseño experimental se estructuró en bloques al azar, con cuatro tratamientos y tres réplicas, lo que resultó en un total de 12 unidades experimentales. Cada bloque, con una superficie de 64 m², se dividió en 12 parcelas de 16 m² cada una. Para el área de cálculo, se seleccionaron al azar 10 plantas por parcela, sumando un total de 30 plantas por tratamiento. Se estimaron cuatro dosis de la solución de aminoácidos: 0,1; 0,2 y 0,3 L ha⁻¹, además de un control sin aplicación del producto. La composición declarada del producto se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de la solución aplicada VIUSID® agro. Fuente: Catalysis S.A., España.

Composición	% m/m
Aminoácidos libres	7,0
Glicina	2,5
Arginina	2,4
Acido aspártico	1,6
Triptófano	0,5
Agua destilada	100 ml

Forma e intervalo de aplicación.

Las aplicaciones se realizaron semanalmente, y se inició en la segunda fase fenológica del cultivo, conocida como la fase de crecimiento, que comienza aproximadamente a los 10 días después de la germinación. Esta etapa incluye el desarrollo del tallo, las hojas definitivas y el sistema radicular. Las aplicaciones se llevaron a cabo por la mañana, entre las 7:00 y las 8:30 a.m., con un pulverizador foliar Matabi de 16 litros, que fue calibrado previamente para asegurar su eficacia. El último tratamiento se realizó una semana antes de la cosecha, conforme a las recomendaciones del fabricante y los hallazgos de investigaciones previas sobre este producto (Peña-Calzada *et al.*, 2025 a).

Evaluaciones de las variables Muestras de raíces.

Para determinar la presencia de nemátodos fitoparásitos en el cultivo, el procedimiento realizado se llevó a cabo según el método de STEMERDING (1964). De la suspensión agua-nemátodos obtenida se tomaron 3 alícuotas de 5 ml, cada una en las que se cuantificó el número de individuos, en las raíces con presencia de agallas o nódulos (hembras adultas y ootecas) se extrajeron para su procesamiento según Procedimiento Normalizativo de Operaciones (PNO, 2022b). Se evaluó la severidad mediante la escala visual de cinco grados, Püntener y Zahner (1981) modificada, variante de 0-5 grados. Con estos datos se determinó el índice de

infestación según la fórmula de Townsend – Heuberger (CIBA - GEIGY, 1981).

$$I = \frac{n.v}{I.N} \times 100$$

Donde **v** = valor de la escala de severidad.

I = valor de la escala de severidad más alta.

n = número de plantas en cada escala de severidad.

N = número total de plantas evaluadas.

Muestras de suelo.

La presencia de nematodos en el suelo se confirmó por la determinación de juveniles estadio 2 (J2), lo cual indicó la reproducción de la especie en el área, esto se constató a partir de una porción de 100 g mediante el método de Decantación y Tamizado de Coob (1918) modificado por INIA (2017). Finalmente se procedió a realizar la limpieza de la suspensión por el método del embudo de Baermann según el Procedimiento Normalizativo de Operaciones (PNO, 2022b).

VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS.

Se escogió para la evaluación de los indicadores el momento de la cosecha del cultivo. Se determinó la longitud (cm) y el diámetro de la raíz (mm). Para la longitud se utilizó una cinta métrica marca Medid Star modelo B - 316 MP y el diámetro fue medido con un calibrador Vernier (pie de rey), se tuvo en cuenta colocar el instrumento en la zona más ensanchada de la raíz y así se realizó de forma homogénea en todas las muestras. El área superficial de la raíz (cm²) se calculó matemáticamente con los indicadores antes determinados. Además, se evaluó como la masa fresca de la raíz (g) con una balanza electrónica Sartorius (modelo BS 124S) con precisión de ± 0,01 g y el rendimiento kg m² (-¹).

Análisis de los datos

Se llevó a cabo un análisis de varianza para evaluar los grados medios de infestación por parcela y la efectividad de las variables

morfoagronómicas. Las medias obtenidas fueron comparadas utilizando el Test de Duncan, después de realizar los análisis de normalidad y homogeneidad de varianzas. Para verificar la normalidad, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, mientras que la homogeneidad de varianzas se evaluó mediante la prueba de Levene. Todo el análisis estadístico se realizó con el paquete STATGRAPHICS 5.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos de los tratamientos sobre la escala de severidad y el índice de infestación.

En la Figura 1A se recogen los resultados del efecto de la aplicación de la solución de aminoácidos en la escala de severidad en el cultivo de la zanahoria, donde todos los tratamientos difirieron significativamente entre ellos y del control. La respuesta más favorable se alcanzó con la dosis 0,3 L ha⁻¹, con una disminución del 16% en relación al control.

Asimismo, se evaluó el efecto de estas dosis en el índice de infestación, donde la nueva formación radicular del cultivo tiene una correlación positiva con la disminución del índice calculado. En la Figura 1B se presentan los análisis estadísticos, que revelan que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con aminoácidos. Sin embargo, se observaron diferencias relevantes en comparación con el control y el tratamiento T2. Los tratamientos T3 y T4 lograron reducir el índice de infestación en un 6% en relación con el grupo no tratado. Aunque esta reducción no es considerable, sí es estadísticamente significativa, lo que sugiere que el promotor del crecimiento puede ser una opción valiosa en las estrategias de manejo.

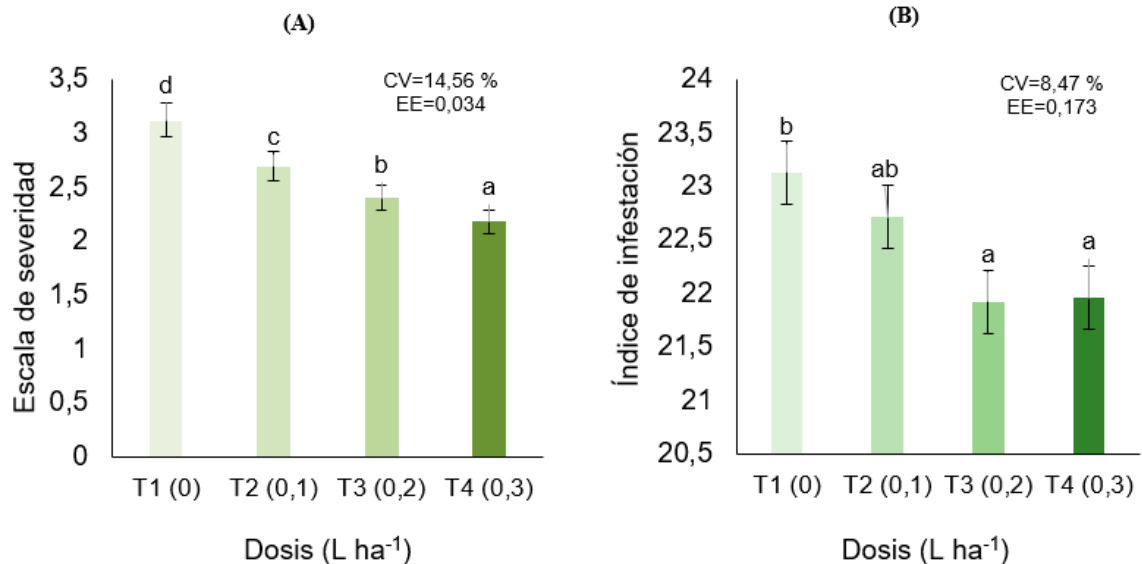


Figura 1. Efecto de los tratamientos en la escala de severidad (A) y el grado de infestación en porcentaje (B) en plantas de zanahoria cultivadas en ausencia de aminoácidos (T1) y en presencia de tres dosis de la solución de aminoácido VIUSID® agro T2 (0,1 L ha⁻¹), T3 (0,2 L ha⁻¹) y T4 (0,3 L ha⁻¹). Letras minúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan (p<0,05).

Este resultado en las raíces de las plantas fue atribuido al efecto de la solución de aminoácidos que provocó una emisión temprana de nuevas raíces. Esta emisión de raíces nuevas reprime el nemátodo y/o retrasa el establecimiento y desarrollo de células gigantes (El-Qurashi *et al.*, 2019). Por otra parte, El-Nuby y Alam (2020) obtuvieron resultados similares con la aplicación de aminoácidos, de los cuales sobresalen el Triptófano que constituye el precursor del ácido indolacético, el cual ayuda a promover la formación de raíces laterales y pelos radicales. Al aumentar el número de raíces sanas, el nematodo agallador *Meloidogyne* no tiende a completar su ciclo en la planta, debido a la rapidez de la emisión de un sistema radicular nuevo y sin daños. Estos autores concluyen que al concentrarse los aminoácidos cerca de las puntas de las raíces o los sitios de alimentación de los nemátodos, obstruyen en consecuencia las vías metabólicas en la planta y en el sitio de alimentación de los nemátodos.

Otros autores alcanzaron buenos resultados con el uso de esta solución de aminoácidos VIUSID® agro. Calero-Hurtado *et al.* (2025)

obtuvieron plántulas de *Solanum lycopersicom* L. con mayor longitud de las raíces y una mayor acumulación de biomasa fresca y seca. Estas mezclas proporcionan bloques de construcción fácilmente disponibles para la síntesis de proteínas, vitales para la rápida división celular y el desarrollo de tejidos en plantas jóvenes (Shahrajabian *et al.*, 2022). Estos aminoácidos pueden estimular el crecimiento de las raíces, mejorando la absorción de agua y nutrientes, mientras fomentan la elongación de los brotes y la expansión de las hojas, maximizando así la capacidad fotosintética (Kheir *et al.*, 2021). Además, los aminoácidos pueden funcionar como moléculas de señalización, iniciando respuestas fisiológicas beneficiosas y mejorando la resiliencia de las plántulas a condiciones ambientales desfavorables (Ban *et al.*, 2020).

Efecto de los tratamientos en las variables morfoagronómicas

En la Figura 2A se presenta el efecto de los tratamientos sobre el área superficial de la raíz. En términos generales, se observó

una respuesta positiva, ya que todos los tratamientos resultaron en un incremento de esta variable. El tratamiento T4 mostró un aumento significativo del 58% en comparación con el control, mientras que los tratamientos T2 y T3 también superaron significativamente al no tratado con el producto, con incrementos del 25% y 34%, respectivamente. Por otro lado, en relación con la longitud de la raíz (Figura 2B), los tratamientos que incluyeron el producto también mostraron resultados superiores al tratamiento de control, con aumentos del 10% para T2, 15% para T3 y 28% para T4.

En la Figura 2C se presenta el efecto de los tratamientos sobre el diámetro de la raíz. El tratamiento T4 ($0,3 \text{ L ha}^{-1}$) mostró el mayor diámetro de raíz, con un incremento significativo del 24% en comparación con el control. Además, los tratamientos T1 y T3 también mostraron aumentos significativos, alcanzando incrementos del 15% y 17%, respectivamente. En cuanto a la masa fresca de la raíz, los resultados fueron igualmente favorables con los tratamientos que incluyeron el promotor de crecimiento. Se observaron aumentos significativos en relación al tratamiento T1 (0), con incrementos del 15% para T2, 22% para T3 y 26% para T4.

La longitud, el diámetro, así como la masa fresca de la raíz, son indicadores de calidad para este cultivo (Paparella *et al.*, 2024). Se consideran variables cruciales a considerar, ya que influyen directamente en el rendimiento agrícola y en la reducción de los nódulos causados por los nematodos agalladores. Este efecto se debe al agrandamiento y multiplicación de las células, lo que retrasa la movilidad de los juveniles de segundo estadio (J2) en las nuevas células. Estos juveniles son la forma infectiva que penetra en las raíces y migra hacia el sistema vascular, donde inicia las interacciones con las plantas. Los sitios de alimentación de los nematodos se conocen

como células gigantes, debido a la hiperplasia que experimentan (Ali *et al.*, 2017; Rutter *et al.*, 2022).

Aunque no se han reportado estudios sobre la aplicación de este producto en el manejo de nematodos en este cultivo específico, otros autores han demostrado que los bioproductos ricos en aminoácidos derivados de algas pueden ser efectivos para el control de nematodos, logrando resultados satisfactorios en diversas variables de calidad, desde la semilla hasta la producción (El-nagdi *et al.*, 2017).

Igualmente, los bioestimulantes vegetales han demostrado tener un efecto supresor sobre estas plagas, siendo cada vez más utilizados en estrategias de control sostenible. Investigaciones han evidenciado que los bioestimulantes derivados de plantas y algas marinas y que son ricos en aminoácidos, suprimen eficazmente los nematodos, mientras que los microbianos presentan resultados variables. Un estudio reciente mostró que tratamientos con bioestimulantes como extracto de quillay, aceite de sésamo, algas marinas redujeron significativamente los nematodos y mejoraron el crecimiento en plantas hortícolas, sugiriendo su potencial en el manejo seguro de estas plagas (D'Addabbo *et al.*, 2019).

Por otra parte, este promotor del crecimiento en dosis similares a las usadas en este experimento, ha beneficiado la longitud, diámetro y masa fresca de la zanahoria en condiciones de organoponía semiprotegida (Cabrera-Julien y Peña-Calzada, 2021; Cabrera *et al.*, 2023). De igual manera en cultivos como la remolacha donde el fruto comercial es igualmente la raíz la solución de aminoácidos benefició la acumulación de masa fresca y seca y el traslado de fotoasimilados desde el órgano de producción hasta el de reserva (Peña Calzada *et al.*, 2024).

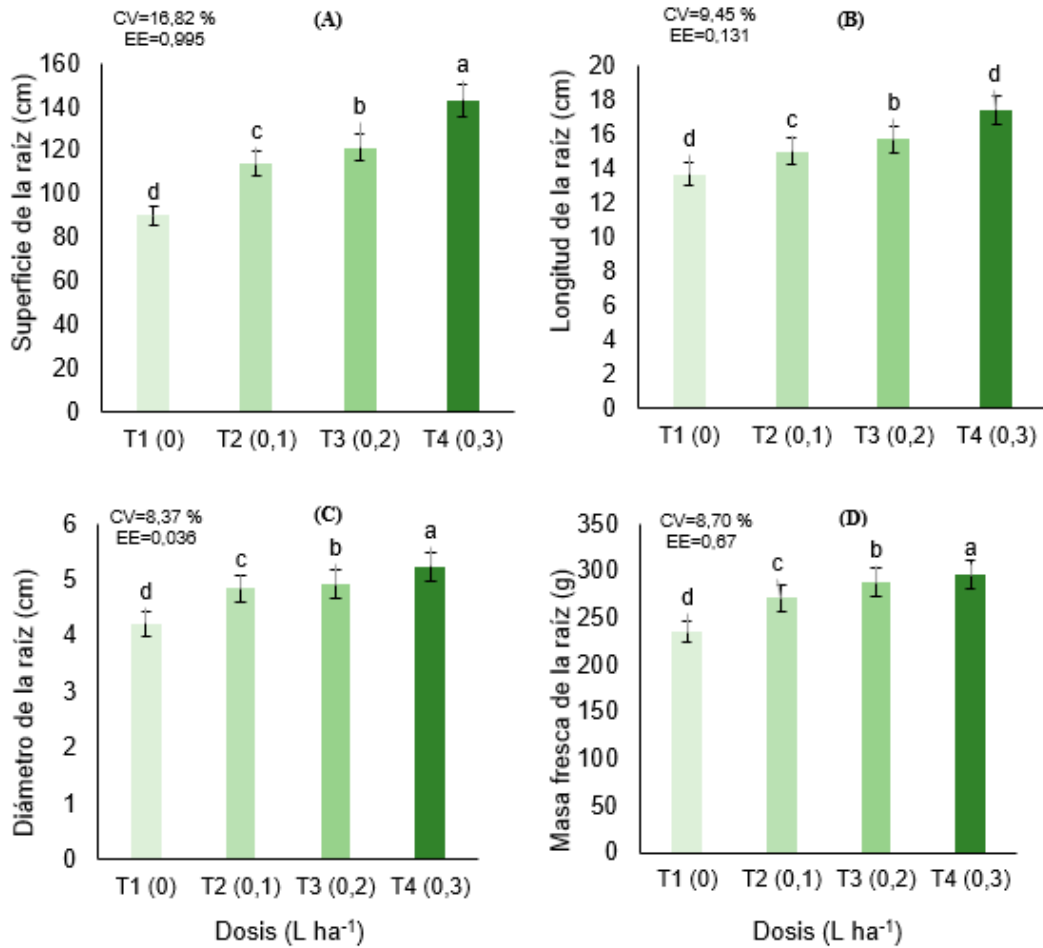


Figura 2. Efecto de los tratamientos en la superficie de la raíz (A), la longitud de la raíz (B), diámetro de la raíz (C) y masa fresca de la raíz (D) en plantas de zanahoria cultivadas en ausencia de aminoácidos (T1) y en presencia de tres dosis de la solución de aminoácido VIUSID® agro T2 (0,1 L ha⁻¹), T3 (0,2 L ha⁻¹) y T4 (0,3 L ha⁻¹). Letras minúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan ($p < 0,05$).

En *Raphanus sativus* y *Xanthosoma* spp. donde el órgano de reserva es el tallo la aplicación foliar del producto benefició las tasas de crecimiento y la acumulación de masa seca en el órgano de reserva (Peña-Calzada *et al.*, 2018; Peña-Calzada *et al.*, 2025b; Jiménez-Medina *et al.*, 2025). Los aminoácidos cuando se aplican foliar son transportados rápidamente del órgano fuente hasta el sumidero beneficiando el crecimiento de este (Dinkeloo *et al.*, 2018).

Efecto de los tratamientos en el rendimiento

En la Figura 3 se presenta el efecto de los tratamientos en el rendimiento agrícola. Se

observa que la aplicación de promotores de crecimiento tuvo un impacto positivo en esta variable, siendo más notable en las dosis más altas, mientras que los efectos fueron más discretos con las dosis menores. En comparación con el tratamiento de control sin promotor de crecimiento (T1: 0), se registraron incrementos del 7% para T2 (0,1 L ha⁻¹), del 9% para T3 (0,2 L ha⁻¹) y del 10% para T4 (0,3 L ha⁻¹). Aunque los aumentos en el rendimiento no fueron significativos en términos absolutos, se consideran resultados alentadores, especialmente al tener en cuenta que las plantas afectadas por nematodos pueden experimentar pérdidas de producción de hasta el 100% si no reciben tratamiento.

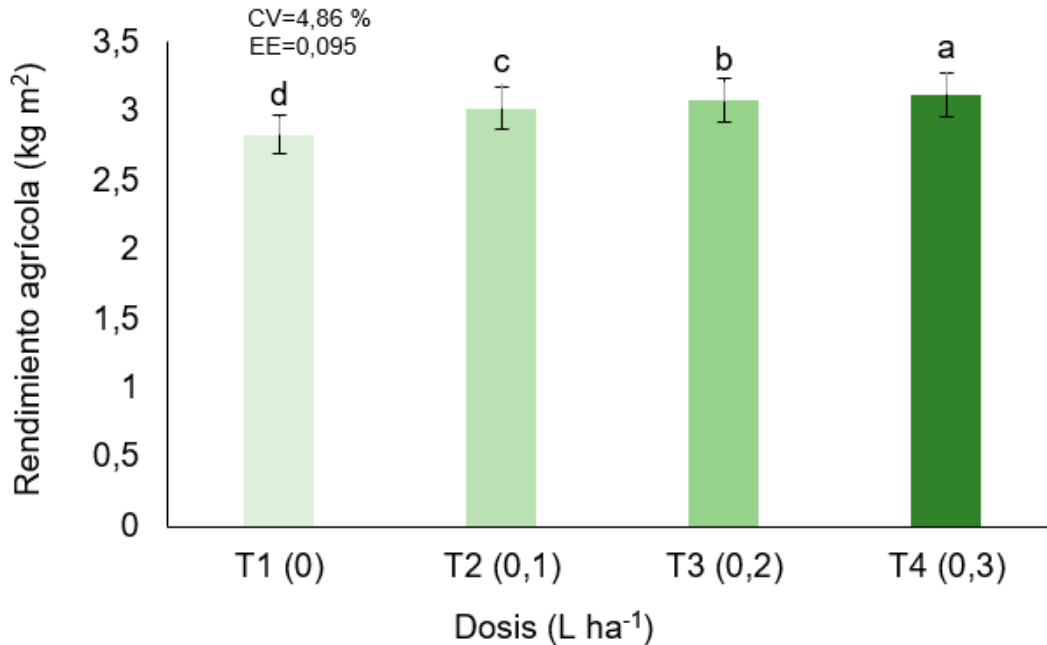


Figura 3. Efecto de los tratamientos en rendimiento agrícola (A), en plantas de zanahoria cultivadas en ausencia de aminoácidos (T1) y en presencia de tres dosis de la solución de aminoácido VIUSID® agro T2 (0,1 L ha⁻¹), T3 (0,2 L ha⁻¹) y T4 (0,3 L ha⁻¹). Letras minúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan ($p < 0,05$).

Es conocido el daño que causa para los cultivos la presencia de nematodos en el suelo, estos pueden resultar en una reducción considerable en el crecimiento, los pigmentos fotosintéticos, el intercambio de gases y los parámetros de fluorescencia de clorofila. Además, aumentan los niveles de malondialdehído (MDA) y peróxido de hidrógeno (H₂O₂), que son indicadores de estrés oxidativo en las plantas, lo que incide directamente en la reducción del crecimiento y la productividad de los cultivos (Shakeel *et al.*, 2023; Sikandar *et al.*, 2024)

Sin embargo, con la aplicación foliar de aminoácidos se provoca un rápido crecimiento de la raíz que dificulta la proliferación de los nemátodos (Rutter *et al.*, 2022). (Abokorah y Fathalla, 2022) encontraron que el triptófano cuando se aplica solo o combinado promueve el aumento del rendimiento en frutales afectados por nemátodos. Por otra parte, Peña *et al.* (2023) concluyen que la solución de aminoácidos estimula la formación de

raíces desde estadíos tempranos del cultivo con la posibilidad de garantizar, un suministro eficiente de agua y sales minerales y, por tanto, un mayor éxito en el crecimiento y la productividad de la planta. También se ha encontrado que el producto beneficia el rendimiento agrícola de cultivos hortícolas (Carmona y Melendrez, 2019).

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que la aplicación de una solución de aminoácidos VIUSID® agro a una dosis de 0,3 L ha⁻¹ se posiciona como el tratamiento más eficaz en comparación con las demás alternativas evaluadas, tanto en términos de la escala de severidad como en los índices de crecimiento y rendimiento del cultivo de zanahoria. Este hallazgo resalta la efectividad de los aminoácidos en la mejora del estado sanitario de las plantas y su capacidad para estimular el crecimiento vegetativo y aumentar la producción.

La incorporación de esta solución foliar en el manejo agronómico de la zanahoria representa una estrategia viable y sostenible, alineada con las prácticas agrícolas modernas que buscan minimizar el uso de insumos químicos y promover la salud del suelo y de los cultivos. A futuro, la implementación de soluciones a base de aminoácidos puede abrir nuevas líneas de investigación y desarrollo en el ámbito de la agricultura sostenible.

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Catalysis S.A. (España) por el apoyo con la donación del producto VIUSID® agro y a la UEB de Aseguramiento y Servicios Cultivos Protegidos “La Quinta” perteneciente al Ministerio de la Agricultura, por la ayuda brindada y la oportunidad de acceder al lugar y a los insumos para la realización de la investigación.

FINANCIACIÓN

La investigación recibió fondos del proyecto institucional: Universidad, agricultura urbana y comunidades rurales: un enfoque interdisciplinario para promover la soberanía alimentaria y la igualdad de género (AgroFuturo), código: NA223SS500-035.

CONFLICTOS DE INTERESES

El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, los que declaran que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

REFERENCIAS

Abokorah, M. y Fathalla, A. 2022. The nematicidal efficacy of fulvic acid, yeast fungus (*Saccharomyces cerevisiae*) and L-tryptophan on plant parasitic nematodes, growth, and yield of banana plants. *Egyptian Journal of Crop Protection* 17(1): 27–37. <https://doi.org/10.21608/ejcp.2022.132161.1005>

Ali, M. y Ohri, P. 2023. Deciphering the synergistic effect of Jasmonic acid and Spermine in mitigating root-knot nematode stress in tomato plants through enhancing growth and activity of antioxidant enzymes. *South African Journal of Botany* 161: 21–35. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.07.063>

Ali, M. A., Azeem, F., Li, H. y Bohlmann, H. 2017. Smart parasitic nematodes use multifaceted strategies to parasitize plants. *Frontiers in Plant Science* 8: 1–21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01699>

Ban, Y. J., Song, Y. H., Kim, J. Y., Cha, J. Y., Ali, I., Baiseitova, A., Shah, A. B., Kim, W.-Y. y Park, K. H. 2021. Un cambio significativo en los aminoácidos libres de la soja (*Glycine max* L. Merr) mediante la aplicación de etileno. *Molecules* 26(4): 1128. <https://doi.org/10.3390/molecules26041128>

Cabrera, J. N., M., L. C., Alonso, J. Y., Pérez, R. y González, T. L. 2023. Efecto de diferentes dosis de VIUSID agro en la respuesta morfológica y productiva de la zanahoria. En: Valdivia, Y. C. y Peña, C. K. (Eds.). *Soberanía Alimentaria y Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible: Aportes desde la Universidad de Sancti Spíritus José Marí Pérez* (pp. 176–187). <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/14163>

Cabrera-Julien, N. y Peña-Calzada, K. 2021. Efecto de dosis de VIUSID agro en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.). *Revista Infociencias* 25(1): 48–58. <http://www.infociencias.cu/index.php/infociencia/article/view/591/1836>

- Carmona, L. M. y Melendrez, J. F. 2019.** Efecto de dosis de VIUSID agro en el cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) en el municipio Taguasco. *Infociencias* 23(2): 60–70. <http://www.infociencias.cu/index.php/infociencia/article/view/374/1229>
- Cobb, N. A. 1918.** Estimating the nematode population of soil. United States Department of Agriculture (USDA), Washington, DC, p1–48.
- Companioni, B., Domínguez, G. y García, R. 2019.** Trichoderma: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Biocología Vegetal* 19(4): 237–248.
- D'Addabbo, T., Laquale, S., Perniola, M. y Candido, V. 2019.** Biostimulants for plant growth promotion and sustainable management of phytoparasitic nematodes in vegetable crops. *Agronomy* 9(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy9100616>
- Dinkeloo, K., Boyd, S. y Pilot, G. 2018.** Update on amino acid transporter functions and on possible amino acid sensing mechanisms in plants. *Seminars in Cell and Developmental Biology* 74: 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.semcd.2017.07.010>
- EI-Eslamboly, A. A. S. A., EI-Wanis, M. M. A. y Amin, A. W. 2019.** Algal application as a biological control method of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on cucumber under protected culture conditions and its impact on yield and fruit quality. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 29(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0122-z>
- EI-Nagdi, W. M. A., Youssef, M. M. A. y El-ghonaimy, A. M. 2017.** Efficacy of some bioproducts and plant defense elicitors against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* infesting dry common bean, *Phaseolus vulgaris*. *Scientia Agriculturae* 18(2). <https://doi.org/10.15192/pscp.sa.2017.18.2.3844>
- EI-Nuby, Asm. y Alam, E. A. 2020.** Phytochemical and nematicidal activity studies of some extracts of different. *International Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences* 11(1): 1–17.
- EI-Nuby, A. 2021.** Effect of some amino acids and yeast on root-knot disease on tomato plants. *Egyptian Journal of Agronomy* 20(1): 17–33. <https://doi.org/10.21608/ejaj.2021.134913>
- EI-Qurashi, M., EI-zawahry, A. M. I. y Hassan, M. I. 2019.** Occurrence, population density and biological control of root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* infecting pomegranate orchards in Assiut Governorate, Egypt. *Assiut Journal of Agricultural Sciences* 50(2): 90–91. <https://doi.org/10.21608/ajas.2019.41818>
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D. y Rivero, L. 2015.** Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos, AGRINFOR.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2017.** Instrucciones Técnicas Analíticas para la Determinación del Número de Nematodos en Suelos y Raíces – Método de Cobb y Baermann (modificación SGCL-INIA-IA-029). Ciudad Habana, 64 p.
- Jiménez-Medina, A., Morales, A., Galvez-Guerra, D., Calero-Hurtado, A., Peña-Calzada, K. y Kukurtcu, B. 2025.** Novel insights into botanical seed production of *Xanthosoma* spp. in Cuba. *Agronomy* 15(6): 1366. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061366>

- Kheir, A. M. S., Ding, Z., Gawish, M. S., Abou El Ghit, H. M., Hashim, T. A., Ali, E. F., Eissa, M. A., Zhou, Z., Al-Harbi, M. S. y El-Gioushy, S. F. 2021.** La aplicación exógena de micronutrientes y aminoácidos mejoró el rendimiento, el estado nutricional y la calidad del mango en regiones áridas. *Plants* 10(10): 2057. <https://doi.org/10.3390/plants10102057>
- Luo, X., Jin, Y., Shen, F. y Zhang, W. 2024.** Integrated analysis of the lncRNA-miRNA-mRNA expression profiles in response to *Meloidogyne incognita* in radish (*Raphanus sativus* L.). *Agronomy* 14(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy14081603>
- Mousa, E. M., Elbagory, M., Mahdy, M. E., Abo-Koura, H. A. y Omara, A. E. 2024.** Microencapsulation of *Bacillus megaterium* in humic acid-supplied alginate beads enhances tomato growth and suppresses the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* under greenhouse conditions. *Horticulturae* 10(12): 1284. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10121284>
- Paparella, A., Kongala, P. R., Serio, A., Rossi, C., Shaltiel-Harpaza, L., Husaini, A. M. y Ibdah, M. 2024.** Challenges and opportunities in the sustainable improvement of carrot production. *Plants* 13(15): 1–27. <https://doi.org/10.3390/plants13152092>
- Peña Calzada, K., Calero Hurtado, A., Peistrup, V., Mühlmann, I., Rodríguez Miranda, D., Rodríguez Coca, L. I., Rodríguez González, M. y Rodríguez Fernández, J. C. 2024.** Respuestas fisiológicas y productivas de plantas de remolacha tratadas con una solución de aminoácidos. *Temas Agrarios* 29(1): 113–125. <https://doi.org/10.21897/pkxmyw03>
- Peña Calzada, K., Olivera Vicedo, D., Habermann, E., Calero Hurtado, A., Lupino Gratão, P., De Mello Prado, R., Lata-Tenesaca, L. F., Martinez, C. A., Ajila Celi, G. E. y Rodríguez, J. C. 2022.** Exogenous application of amino acids mitigates the deleterious effects of salt stress on soybean plants. *Agronomy* 12(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy12092014>
- Peña Calzada, K., Trocones Boggiano, A. G., Delgado Fernández, L. A., Martínez Alonso, Y., Martín Conesa, Y., Calero Hurtado, A. y Rodríguez Fernández, J. C. 2024.** Promotor del crecimiento mejora calidad y reduce permanencia en vivero de *Acacia mangium* Willd. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 15(86): 52–76. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i86.1468>
- Peña-Calzada, K., Calero-Hurtado, A., Meléndrez-Rodríguez, J. F., Rodríguez-Fernández, J. C., Gutiérrez-Cádenas, O. G., García-González, M. T., Madrigal-Carmona, L. y Jiménez-Medina, A. 2025a.** Impacts of the biostimulant VIUSID® Agro on growth, productivity, and tolerance to salt stress in crops: A systematic review. *Horticulturae* 11(4): 407. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11040407>
- Peña-Calzada, K., Rodríguez-Miranda, D., Calero-Hurtado, A., García-González, M. T., Gato-Martínez, I. y Rodríguez-Fernández, J. C. 2025b.** Foliar application of amino acids improves growth and productivity of radish (*Raphanus sativus* L.). *Agro productividad* 18(4): 207–218. <https://doi.org/10.32854/rs9d8314>

- Peña-Calzada, K., Rodríguez, J. C., Viciado, D. O., Hurtado, A. C., Meléndrez, J. F. y Valdez, R. G. 2018.** Efecto de dosis de VIUSID agro® en el comportamiento morfo-fisiológico y productivo del rábano (*Raphanus sativus* L.). *Revista de La Facultad de Agronomía* 35: 293–317. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27278/27919>
- Pérez Díaz, Y., Calero Hurtado, A., Peña Calzada, K., Gutiérrez Díaz, J. L. y Rodríguez González, V. 2024.** Densidades de plantas y aplicación foliar de aminoácidos incrementan el rendimiento del ajonjolí. *Temas Agrarios* 29(1): 100–112. <https://doi.org/10.21897/w2sd1542>
- Procedimiento Normalizativo de Operaciones (PNO). 2022b.** Extracción de nemátodos de suelos y tejido vegetal por el método Embudo Baermann. SCG, Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, Sancti Spiritus. Protocolo de Diagnóstico (PD, 2022a).
- Püntener, — y Zahner, O. 1981.** Manual para ensayos de campo en protección vegetal. CIBA-GEIGY SA, Basilea, Suiza.
- Rodríguez, A., Companioni, N. E., Peña, P., Fresneda, J., Estrada, J. y Rey, R. 2007.** Manual técnico para organopónico, huertos intensivos y organoponía semiprottegida. Sexta edición. La Habana, 184 p.
- Rutter, W. B., Franco, J. y Gleason, C. 2022.** Rooting out the mechanisms of root-knot nematode-plant interactions. *Annual Review of Phytopathology* 60: 43–76. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021621-120943>
- Selim, M., Galal, N. y Mahdy, M. 2019.** The potential role of some amino acids with different concentrations, application types and times to manage *Meloidogyne javanica* on tomato plants. *Egyptian Journal of Crop Protection* 14(1): 11–24. <https://doi.org/10.21608/ejcp.2019.205594>
- Shahrajabian, M. H., Cheng, Q. y Sun, W. 2022.** Effects of amino acids, phenols and protein hydrolysates as biostimulants on sustainable crop production and alleviated stress. *Recent Patents on Biotechnology* 16(4): 319–328. <https://doi.org/10.2174/1872208316666220412133749>
- Shakeel, A., Khan, A. A., Sayed, S. y Karabulut, F. 2023.** Alleviation of *Meloidogyne incognita* induced biotic stress in *Daucus carota* by nitrogen: Insights into cellular viability and reactive oxygen species of the host. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 125. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.101999>
- Sikandar, A., Wu, F., He, H., Ullah, R. M. K. y Wu, H. 2024.** Growth, physiological, and biochemical variations in tomatoes after infection with different density levels of *Meloidogyne enterolobii*. *Plants* 13(2). <https://doi.org/10.3390/plants13020293>
- Sikder, M. M. y Vestergård, M. 2020.** Impacts of root metabolites on soil nematodes. *Frontiers in Plant Science* 10: 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01792>
- Townsend – Heuberger. 1981.** Manual para ensayos de campo en protección vegetal. CIBA-GEIGY SA, Basilea, Suiza.
- Zhao, J., Mejias, J., Quentin, M., Chen, Y., de Almeida-Engler, J., Mao, Z., Sun, Q., Liu, Q., Xie, B., Abad, P., Favery, B. y Jian, H. 2020.** The root-knot nematode effector MiPDI1 targets a stress-associated protein (SAP) to establish disease in Solanaceae and *Arabidopsis*. *New Phytologist* 228(4): 1417–1430. <https://doi.org/10.1111/nph.16745>