

Efecto de microorganismos eficientes y enmiendas orgánicas en plantas de *Dioscorea alata* clon Chino Blanco

Efecto de microorganismos eficientes y enmiendas orgánicas en plantas de *Dioscorea alata* clon Chino Blanco

Efeito de microrganismos eficientes e emendas orgânicas em plantas de dioscorea alata clone 'Chino Blanco'

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.451>

Leydis González Milán

lgonzalezm@udg.co.cu

Misterbino Borges García

misterbinoborgarcia@gmail.com

Dailé Dolores Cabrera Rodríguez

dcabrerar@udg.co.cu

Jorge Liusvert Pérez Pérez*

liusvert2021@gmail.com

Juan José Silva Pupo

jsilvapupo@gmail.com

Yanet Hernández Jeréz

yhernandezj@udg.co.cu

Universidad de Granma. Bayamo-Granma, Cuba

Artículo recibido: 7 de noviembre 2025 / Arbitrado: 26 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

Los biofertilizantes a base de microorganismos y materia orgánica, representan una alternativa innovadora y sostenible en el ámbito agrícola. El estudio tuvo como objetivo evaluar la sinergia entre microorganismos eficientes y enmiendas orgánicas (materia orgánica o cachaza) sobre la supervivencia y desarrollo morfológico de plantas in vitro de *Dioscorea alata* clon Chino Blanco durante la aclimatización. Se emplearon cuatro tratamientos: T1 (inmersión 1 % ME 5 min), T2 (inmersión 1 % ME 5 min + riego 5 % ME), T3 (riego 10 % ME) y T4 (control sin ME). A los 45 días de cultivo se determinó el porcentaje de supervivencia, número de hojas, yemas y raíces, largo y ancho foliar, longitud y grosor del tallo. Los tratamientos con ME y materia orgánica incrementaron la supervivencia en más de un 85 % y fue superior al 90 % al emplear cachaza, así como todos los parámetros morfológicos respecto al control con una mortalidad inferior al 40 %. La cachaza favoreció la longitud y grosor del tallo, duplicando la altura de las plantas tratadas con un 10 % de microorganismos eficientes en el agua de riego. No se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos con empleo de microorganismos eficientes en las dimensiones foliares, atribuidas al genotipo y fertilidad del sustrato. La combinación más eficaz fue cachaza + ME 10 % en riego alterno. En conclusión, los microorganismos eficientes al 10 %, potencian la absorción de nutrientes y mejoran el establecimiento de plantas de ñame, siendo la cachaza la enmienda más favorable.

Palabras clave: Biofertilizante; Cachaza; Materia orgánica; Ñame; Sustrato

ABSTRACT

Biofertilizers based on microorganisms and organic matter represent an innovative and sustainable alternative in agriculture. This study aimed to evaluate the synergy between efficient microorganisms and organic amendments (organic matter or bagasse) on the survival and morphological development of in vitro plants of *Dioscorea alata* clone Chino Blanco during acclimatization. Four treatments were used: T1 (1% ME immersion for 5 min), T2 (1% ME immersion for 5 min + irrigation with 5% ME), T3 (10% ME irrigation), and T4 (control without ME). After 45 days of cultivation, the percentage of survival, number of leaves, buds, and roots, leaf length and width, and stem length and thickness were determined. The treatments with ME and organic matter increased survival by more than 85%, and it exceeded 90% when using bagasse, as did all morphological parameters compared to the control, with mortality below 40%. The bagasse favored the length and thickness of the stem, doubling the height of the plants treated with 10% efficient microorganisms in the irrigation water. No statistically significant differences were observed between the treatments using efficient microorganisms in leaf dimensions, which can be attributed to the genotype and substrate fertility. The most effective combination was bagasse + 10% ME (Efficient Microorganisms) in alternate irrigation. In conclusion, efficient microorganisms at 10% enhance nutrient absorption and improve yam plant establishment, with bagasse being the most beneficial amendment.

Key words: Biofertilizer; Filter cake; Organic matter; Yam; Substrate

RESUMO

Biofertilizantes à base de microorganismos e matéria orgânica representam uma alternativa inovadora e sustentável na agricultura. Este estudo teve como objetivo avaliar a sinergia entre microorganismos eficientes e adubos orgânicos (matéria orgânica ou bagaço de cana) na sobrevivência e desenvolvimento morfológico de plantas in vitro do clone Chino Blanco de *Dioscorea alata* durante a aclimatização. Foram utilizados quatro tratamentos: T1 (imersão em ME a 1% por 5 min), T2 (imersão em ME a 1% por 5 min + irrigação com ME a 5%), T3 (irrigação com ME a 10%) e T4 (controle sem ME). Após 45 dias de cultivo, foram determinados a porcentagem de sobrevivência, o número de folhas, gemas e raízes, o comprimento e a largura das folhas, e o comprimento e a espessura do caule. Os tratamentos com ME e matéria orgânica aumentaram a sobrevivência em mais de 85%, e esta ultrapassou 90% quando se utilizou bagaço de cana, assim como todos os parâmetros morfológicos em comparação ao controle, com mortalidade inferior a 40%. O bagaço favoreceu o comprimento e a espessura do caule, dobrando a altura das plantas tratadas com 10% de microorganismos eficientes na água de irrigação. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nas dimensões foliares entre os tratamentos com microorganismos eficientes, o que pode ser atribuído ao genótipo e à fertilidade do substrato. A combinação mais eficaz foi bagaço de cana + 10% de microorganismos eficientes em irrigação alternada. Em conclusão, a aplicação de 10% de microorganismos eficientes melhora a absorção de nutrientes e o estabelecimento da planta de inhame, sendo o bagaço de cana o aditivo mais benéfico.

Palavras-chave: Biofertilizante; Cachaza; Matéria orgânica; Inhame; Substrato

INTRODUCCIÓN

El ñame (*Dioscorea* spp.) es un cultivo de gran importancia económica y alimentaria en diversas regiones del mundo (1). Su tubérculo es una fuente valiosa de carbohidratos, micronutrientes y compuestos bioactivos (2), lo que le confiere relevancia tanto en la alimentación humana como en la industria farmacéutica y agroalimentaria.

La propagación eficiente y la producción sostenible de plantas de ñame son fundamentales para garantizar su cultivo y satisfacer las demandas de los mercados nacionales e internacionales (3). En este sentido la micropropagación mediante cultivo *in vitro* ha demostrado ser una técnica eficaz para obtener plantas de ñame libre de patógenos, facilita su difusión genética y la conservación de germoplasma (4).

No obstante, uno de los eslabones críticos de esta técnica es la fase de aclimatización, en la cual las plántulas deben adaptarse a condiciones ambientales menos controladas que las del laboratorio (5,6). En este escenario, la incorporación de microorganismos eficientes se perfila como una alternativa biotecnológica prometedora. Estos constituyen consorcios de microorganismos benéficos capaces de mejorar la nutrición de las plantas, estimular el desarrollo del sistema radicular, modular las respuestas fisiológicas frente a condiciones adversas y promover la salud general del cultivo (7).

Paralelamente, el uso de enmiendas orgánicas, tanto provenientes de residuos agroindustriales como la cachaza, un subproducto del central azucarero (8), como la materia orgánica, han mostrado beneficios en la mejora de las propiedades físicas y químicas del sustrato, incrementando su capacidad para retener agua y nutrientes lo cual resulta favorable durante la aclimatización (9,10). Estas enmiendas también contribuyen a la proliferación microbiana en el suelo y a la liberación gradual de nutrientes (11,12).

La literatura ha documentado que la combinación de microorganismos eficientes con enmiendas orgánicas puede generar sinergias beneficiosas para las plantas, contribuyendo a un mejor equilibrio nutricional y un ambiente microbiano favorable en el sustrato (13,14). Sin embargo, estas interacciones dependen de las especies vegetales, los tipos específicos de microorganismos y las características de las enmiendas (13).

En el caso del ñame (*Dioscorea alata* L.) clon Chino Blanco, un material genético con características agronómicas específicas, existe una carencia de estudios que investiguen de manera integrada el efecto combinado de microorganismos eficientes y enmiendas orgánicas durante la fase crítica de aclimatización en condiciones de cultivo *ex vitro*. Dado que esta etapa condiciona de forma directa el éxito global de la micropropagación,

resulta fundamental indagar cómo estas intervenciones pueden mejorar la supervivencia y las variables morfológicas de las plantas.

Por lo tanto, en la búsqueda de información relevante que permita optimizar los protocolos de micropropagación y promover prácticas agrícolas más sostenibles, se realizó el presente estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la sinergia entre microorganismos eficientes y dos tipos de enmiendas orgánicas (materia orgánica y cachaza) sobre la supervivencia, crecimiento y desarrollo morfológico de plantas *in vitro* de ñame clon Chino Blanco durante la aclimatización.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología Agrícola y en el Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal (CEBVEG), pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Granma, Cuba.

Material vegetal

Como material vegetal se emplearon plantas procedentes del cultivo *in vitro* de ñame clon Chino Blanco. Tras completar la etapa de enraizamiento *in vitro*, se realizó el trasplante de las plantas procedentes del cultivo *in vitro* a condiciones de cultivo *ex vitro*.

Sustrato

El sustrato consistió en una mezcla de tres partes de suelo Vertisol (15) y una de enmienda orgánica. Se emplearon dos tipos de enmiendas orgánicas, una constituida por materia orgánica de origen bovino; y otra de Cachaza, un residuo del proceso de producción de azúcar en el central azucarero “Arquímedes Colina” en la localidad de Mabay, Bayamo, Granma, Cuba. La mezcla fue tamizada para eliminar impurezas y garantizar una uniformidad en el tamaño de las partículas.

Las plantas fueron tratadas con diferentes tratamientos, donde el Microorganismo Eficiente utilizado fue previamente elaborado por (16):

- T1: Inmersión de plantas *in vitro* en solución de ME 1 % durante cinco minutos.
- T2: Inmersión de plantas *in vitro* en solución de ME 1 % durante cinco minutos, seguida de la aplicación de ME al 5 % en el agua de riego
- T3: Aplicación de ME al 10 % en el agua de riego
- T4: Control sin aplicación de Microorganismos Eficientes

Condiciones de cultivo

Tanto las plantas tratadas con microorganismos eficientes como las del control fueron transferidas a bandejas de polieturano con alveolos de 120 cm³ para el sustrato. Durante el período de

aclimatización, las plantas se mantuvieron bajo condiciones semicontroladas de cultivo *ex vitro*, con iluminación solar indirecta y un fotoperíodo de 11 a 12 horas. La densidad del flujo de fotones fotosintéticos fue de $60\text{--}80\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$, la temperatura ambiente se mantuvo en $28 \pm 2,0\ ^\circ\text{C}$ y la humedad relativa entre 70 y 80 %. La intensidad luminosa fue medida con un luxómetro (Extech®, modelo 401025, EUA).

Para reducir la pérdida de agua por evapotranspiración y mantener alta humedad, las plantas fueron cubiertas con frascos de vidrio durante los primeros 15 días hasta su endurecimiento. El riego se realizó manualmente con un volumen de cinco mililitros por planta en días alternos. Todos los riegos, salvo el del control, contenían las concentraciones respectivas de microorganismos eficientes. A los 45 días de cultivo en fase de aclimatización, se determinó la supervivencia, largo y ancho de las hojas, longitud del tallo, grosor del tallo; número de hojas, yemas y raíces.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado y se aplicó un análisis de varianza clasificación simple. Los supuestos de normalidad de los datos fueron verificados

mediante la prueba de Shapiro-Wilks modificado, y homogeneidad de varianza según la prueba de Levene ($p > 0,05$).

Cuando se cumplieron ambos supuestos se realizó la prueba de Tukey ($p < 0,05$); en caso contrario, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y la comparación de medias según la prueba de Conover con un nivel de significancia $p < 0,05$, con el paquete estadístico InfoStat versión 2020. Para la variable supervivencia, se realizó la comparación de proporciones por el método Few Test ($p < 0,05$) del paquete estadístico CompaProWin_2.0.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas tratadas con microorganismos eficientes combinados con enmiendas orgánicas en el sustrato, como la materia orgánica de origen bovino o la cachaza, mostraron un color verde intenso en sus hojas, y un mayor desarrollo morfológico en todas las variables evaluadas. Por el contrario, fue visible clorosis en las hojas y menor desarrollo morfológico en las plantas cultivadas en el tratamiento control sin aplicación de microorganismos eficientes e independientemente del tipo de enmienda orgánica, Figura 1.

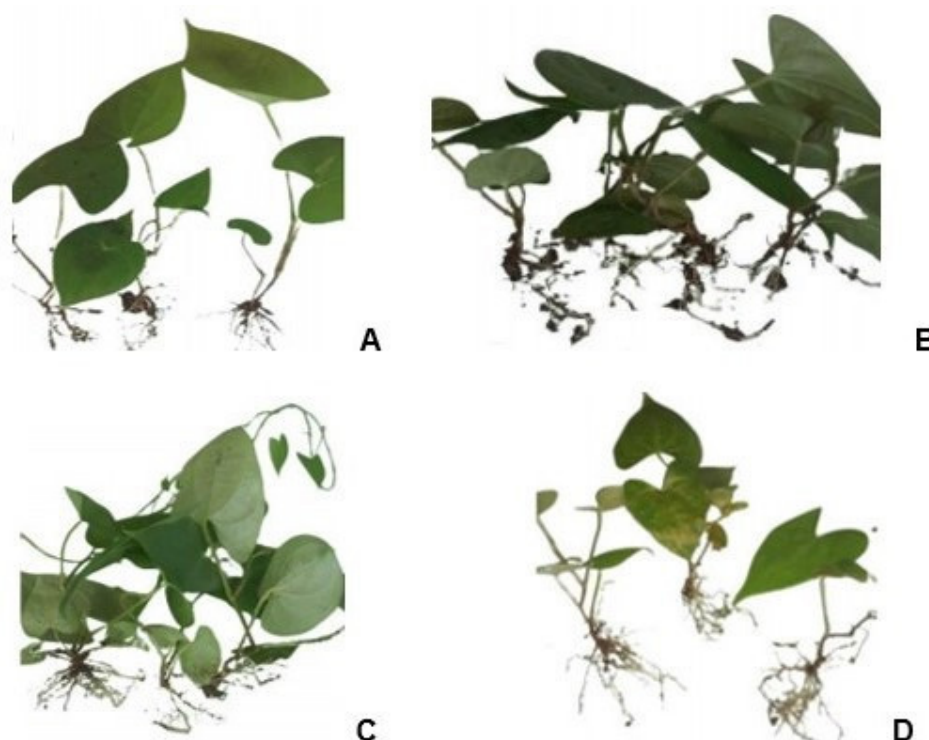


Figura 1. Morfología de las plantas *in vitro* de *Dioscorea alata* clon Chino Blanco tratadas con microorganismos eficientes y cachaza en fase de aclimatización a los 45 días de cultivo. a) Inmersión en ME 1 % cinco minutos; b) Inmersión en ME 1 % cinco minutos y aplicación de ME 5 % en el agua de riego; c) ME 10 % en el agua de riego; d) Control sin ME

También el uso de microorganismos eficientes favoreció la supervivencia de las plantas *in vitro* de ñame, con valores significativamente superiores al control. El empleo de la cachaza, incrementó los valores medios en comparación con las plantas tratadas con materia orgánica, excepto en el tratamiento dos (ME 1 % 5 minutos + Riego ME 5 %), las cuales mantuvieron igual resultado en ambas fuentes de enmiendas orgánicas.

La concentración de microorganismos eficientes al 10 % en el agua de riego aplicado

en días alternos, mostró la mejor respuesta con valores de supervivencia superior al 85 % con materia orgánica y más del 90,0 % con la aplicación de cachaza en el sustrato. Por el contrario, sin el uso de microorganismos eficientes e independientemente del tipo de enmienda orgánica, más de un tercio de las plantas murieron alcanzando hasta un 40 % de mortalidad en el tratamiento control que contenía materia orgánica en el sustrato, Tabla 1.

Tabla 1. Efecto de los microorganismos eficientes en el índice de supervivencia de plantas *in vitro* de ñame clon Chino Blanco en fase de aclimatización en sustrato con materia orgánica o cachaza a los 45 días de cultivo.

Tratamientos	Supervivencia (%)	
	Materia orgánica	Cachaza
1. ME 1 % 5 min.	66,0 c	73,0 c
2. ME 1 % 5 min. + Riego ME 5 %	80,0 b	80,0 b
3. Riego ME 10 %	86,0 a	93,0 a
4. Control sin ME	60,0 d	66,0 d

Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente según la comparación de proporciones mediante el método de Few Test ($p < 0,05$).

En las variables morfológicas relacionadas con el número de hojas, tallos y raíces, se evidenció un efecto beneficioso en los tratamientos con empleo de microorganismos eficientes principalmente en el agua de riego, con una respuesta similar entre el tratamiento 2 (ME 1 % 5 minutos + Riego ME 5 %) y el tratamiento 3 (Riego ME 10 %) en todas las variables morfológicas en estudio.

No obstante, el tratamiento control no tuvo diferencias estadísticas en comparación con

el tratamiento con la menor concentración de microorganismos eficientes, excepto en el número de raíces en presencia de cachaza, y el número de yemas en plantas cultivadas con materia orgánica, en los cuales los valores fueron inferiores en las plantas del tratamiento control, lo que indica que las plantas requieren de una mayor concentración de microorganismos eficientes y mayor periodo de contacto de este con las plantas (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de microorganismos eficientes y enmiendas orgánicas en el número de raíces, hojas y yemas en plantas *in vitro* de ñame en fase de aclimatización a los 45 días de cultivo.

Tratamientos	Raíces (U)		Hojas (U)		Yemas (U)	
	M.O	Cachaza	M.O	Cachaza	M.O	Cachaza
1. ME 1 %, 5 min.	6,33 b	7,27 b	3,89 ab	3,55 b	3,30 a	3,36 ab
2. ME 1 %, 5 min. + Riego ME 5 %	8,60 a	8,55 ab	4,00 a	3,55 b	3,50 a	3,45 ab
3. Riego ME 10 %	9,25 a	10,00 a	4,25 a	5,14 a	3,56 a	4,36 a
4. Control	6,17 b	4,90 c	3,67 b	3,60 b	2,33 b	3,00 b

Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente según la prueba de Conover ($p < 0,05$).

Respecto al resto de las variables morfológicas también se alcanzaron diferencias altamente significativas a favor del empleo de los microorganismos eficientes. En cuanto a las variables largo y ancho de las hojas no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos 1

al 3 en ninguna de las enmiendas orgánicas. No obstante, a pesar de la presencia de enmiendas orgánica en el sustrato, en ambas variables los valores medios fueron similares lo que puede estar atribuido a un efecto del genotipo y a la fertilidad del sustrato, Tabla 3.

Tabla 3. Efecto de microorganismos eficientes y enmiendas orgánicas en el largo y ancho de las hojas en plantas *in vitro* de ñame en fase de aclimatización a los 45 días de cultivo

Tratamientos	Largo de las hojas (cm)		Ancho de las hojas (cm)	
	M. Orgánica	Cachaza	M. Orgánica	Cachaza
1. ME 1 % 5 min.	5,12 a	4,25 b	3,54 a	3,35 ab
2. ME 1% 5 min. + Riego ME 5 %	5,39 a	4,88 ab	3,95 a	4,01 a
3. Riego ME 10 %	5,56 a	5,79 a	3,96 a	4,04 a
4. Control sin ME	3,32 b	4,02 b	2,65 b	3,16 b
± EE	0,27	0,28	0,17	0,20

Letras iguales en una misma columna no difieren significativamente según la prueba de Tukey (p<0,05).

Al igual que en las variables anteriores, en el grosor y largo de los tallos, hubo incrementos en los valores medios a favor de la cachaza en comparación con los registrados con materia orgánica. La aplicación de microorganismos eficientes 10 % en el agua de riego combinado con cachaza en el sustrato. Incrementó significativamente el largo del tallo de las plantas

que prácticamente duplicó el crecimiento de las plantas cultivadas con materia orgánica. Mientras que en la variable grosor del tallo este tratamiento también fue favorable donde se mantuvo entre 0,25 a 0,64 mm de grosor con el uso de la cachaza y entre 0,21 a 0,28 mm con materia orgánica excepto en el control que tuvo un valor inferior, Tabla 4.

Tabla 4. Efecto de microorganismos eficientes y enmiendas orgánicas en el largo y grosor del tallo en plantas *in vitro* de ñame en fase de aclimatización a los 45 días de cultivo.

Tratamientos	Largo del tallo (cm)		Grosor del tallo (mm)	
	M.O	Cachaza	M.O	Cachaza
1. ME 1 % 5 min.	5,32 ab	6,19 b	0,21 ab	0,25 b
2. ME 1 % 5 min. + Riego ME 5 %	5,80 a	6,30 b	0,25 a	0,25 b
3. Riego ME 10 %	5,90 a	10,04 a	0,28 a	0,34 a
4. Control	4,51 b	5,88 b	0,17 b	0,26 b

Letras iguales en una misma columna no difieren significativamente según la prueba de Tukey (p<0,05).

Esta respuesta en ambas variables puede estar relacionado, con la aplicación de enmiendas orgánicas, lo cual crea condiciones favorables para la actividad de los microorganismos, que necesitan de un sustrato orgánico para su metabolismo, lo que contribuye a una mayor interacción entre las plantas y los microorganismos.

Discusión

Los resultados corroboran que los microorganismos eficientes ejercen un marcado efecto beneficiosos sobre la nutrición de plantas, los que unido a las enmiendas orgánicas que aportan micronutrientes y macronutrientes esenciales, favorecen el crecimiento de las plantas.

Al respecto, Sené *et al.* (17) refieren que los biofertilizantes que emplean microorganismos benéficos y materia orgánica representan una innovadora y sostenible alternativa en el ámbito agrícola, siendo una práctica amigable con el medio ambiente. En este sentido, varias investigaciones han documentado que la cachaza es ampliamente conocido su uso para mejorar algunas propiedades físicas del suelo, elevar el pH y/o en el manejo de suelos afectados por sales, como abono orgánico es rica en fósforo, calcio y nitrógeno; también es una fuente importante de zinc, boro, materia orgánica y baja en potasio (18).

Esta combinación de nutrientes a la vez que mejoró la porosidad de suelo, pudo haber

favorecido la supervivencia y crecimiento de las plantas, cuya coloración verde de las hojas está dado por la síntesis de biomoléculas claves en el proceso fotosintético. Este resultado demuestra un incremento en las variables morfológicas de plantas tratadas con los microorganismos eficientes en combinación con cachaza, respecto al uso de la materia orgánica y el tratamiento control, lo que pudiera estar asociado al aporte de fósforo a partir de la cachaza. En la literatura científica se ha documentado que el fósforo favorece la división y alargamiento celular (19).

Los resultados alcanzados con el uso combinado de microorganismos eficientes y cachaza, concuerdan con lo planteado por Abreu *et al.* (19) quienes corroboraron la hipótesis de que la utilización de cachaza enriquecida con biofertilizantes, puede jugar un papel fundamental para la actividad microbiana en los suelos agrícolas a corto plazo, al incrementar el número de bacterias solubilizadoras de fósforo en el suelo.

Por otro lado, se demuestra el efecto positivo del uso de los microorganismos eficientes en el desarrollo del sistema radical lo que permite obtener plantas con una mejor arquitectura, y mayor capacidad para la absorción de nutrientes al ser plantadas en condiciones de campo. La respuesta en el grosor y largo del tallo, también estuvo favorecida por la cachaza, lo cual crea condiciones favorables para la actividad de los

microorganismos, que necesitan de un sustrato orgánico para su metabolismo, contribuyendo a una mayor interacción entre las plantas y los microorganismos.

Así investigaciones realizadas (7), documentan que la presencia de microorganismos eficientes al estar en contacto con la materia orgánica, aceleran la metabolización de esta y genera que los macro y micronutrientes se encuentren más disponibles para la planta, se liberan ácidos orgánicos, minerales quelatados y sustancias antioxidantes, facilitando la descomposición de la materia orgánica, aumentando el contenido de humus, y modificando la micro y macro flora de los suelos.

Estos resultados pueden estar relacionados con las características químicas de la cachaza, ya que presenta nitrógeno en su composición, además de su solubilidad y la interacción con los microorganismos eficientes, pues esos son factores que influyen en la eficiencia de la fertilización fosfatada asociada a la adición de microorganismos (20). Estos mismos autores agregan la existencia de interacción entre las fuentes de fósforo y la cachaza para los microorganismos solubilizadores de fósforo a los 30 y 60 días de cultivo, donde la aplicación de cachaza, independientemente del enriquecimiento o no con biofertilizante, generó colonias más grandes de microorganismos solubilizadores de fósforo en comparación con el control.

De esta manera el empleo de microorganismos eficientes combinado con enmiendas orgánicas como la cachaza, constituyen una alternativa amigable con el medio ambiente y con efectos beneficiosos para el proceso de aclimatización de plantas *in vitro* de ñame clon Chino Blanco.

CONCLUSIONES

El empleo de microorganismos eficientes solo o combinado con enmiendas orgánicas, favorece la supervivencia, número de hojas, yemas y raíces; altura de la planta, grosor del tallo, longitud de la raíz, largo y ancho de las hojas durante la aclimatización en plantas de ñame clon Chino Blanco. La aplicación de cachaza combinada con el pool de microorganismos eficientes al 10 % en el agua de riego en días alternos, mostró la mayor respuesta en todos los parámetros morfológicos evaluados.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

1. Tareen M, Saeed N, Sultan M, Xianqiang C, Jie L, Shoulei Y. Yam as functional food: bioactive properties, health benefits, and applications. *Food, Nutrition and Health*, 2025;2:16. <https://doi.org/10.1007/s44403-025-00022-3>
2. González J, Rodríguez Y. Yam's potentials as basis of nutritional security programs in underdeveloped tropical regions. *Biomed J Sci & Tech Res.*, 2019; 20(4):15149-53. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2019.20.003474>

3. Borges M, Reyes D. Mejoramiento de la tecnología del cultivo del ñame (*Dioscorea alata* L.) clon criollo en campo. *Revista Científica Agroecosistemas*, 2022; 10(3):159-166. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/574>
4. Rayas R, López J, Medero VR, Basail M, Santos A, Martínez M. Conservación in vitro de cultivares de ñame (*Dioscorea alata* L.) bajo condiciones de crecimiento mínimo. *Revista Agricultura Tropical*, 2020; 6(1):33-40.
5. Rueda K, Durango E. Aplicación de biofertilizante en la propagación de plantas in vitro y convencional de ñame espinoso cultivar Botón *Dioscorea rotundata* Poir. Sincelejo: Corporación Universitaria del Caribe – CECAR; 2019. <https://repositorio.cecar.edu.co/handle/cecar/2681>
6. Espitia A, Pérez S, Támara R, Díaz A, Regino S, García J, García J. Manual técnico de producción de semilla de ñame (*Dioscorea* spp.) de calidad. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA; 2021. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36971>
7. Morocho M, Leiva M. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 2019; 46(2):93-103.
8. Dotaniya M, Datta S, Biswas D, Dotaniya C, Meena B, Rajendiran S, Regar K, Lata M. Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.*, 2019; 5:185-94. <https://doi.org/10.1007/s40093-016-0132-8>
9. Fernández K, Linares S, Sulbarán J, Arias K. Influencia de sustratos en la aclimatación de plantas in vitro de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo un Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH) modificado. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 2025; 7(2):17-38. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14630031>
10. Macias U, Pérez B, Espinoza C, Samaniego S, Castillo J, Guadarrama R. Abono orgánico Bocashi: aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales de la zona sur de Tamaulipas. *Biotecnia*, 2025; 27: e2546. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2546>
11. Santoyo G, Moreno G, Orozco C, Glick B. Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiol. Res.*, 2016; 183:92-9. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.008>
12. Tellez T, Orberá T. Efecto estimulador del crecimiento de dos biopreparados biotecnológicos en cultivos de remolacha (*Beta Vulgaris* L.). *Rev. Cubana Quím.*, 2018;30(3):483-94. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212018000300008&lng=es&tlng=es.
13. Murillo S, Mendoza A, Fadul C. La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 2020; 7(1):58-68. <https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
14. Crespo J, Suquilanda M, Carranza C, Arellano K, Vera L. Caracterización morfológica y optimización de bio-insumo a base de microorganismos eficientes. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 2016; 29(126):89-99. <https://doi.org/10.47460/uct.v29i126.925>
15. Hernández A, Pérez J, Bosch D, Castro N. Clasificación de los suelos de Cuba. La Habana: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
16. Pérez A, Jiménez M. Generalización de la aplicación de bioproductos en semilleros de lechuga (*Lactuca sativa* L.) para la obtención de posturas de calidad. *Revista Estudiantil de la Universidad de Granma*, 2020; 2(4): 439-453. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/reudgr/article/view/2055/3866>
17. Sené C, Guardiola C, Pacheco A. Evaluación de biofertilizantes a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta en cultivos de interés económico en México. *Agro Productividad*, 2019; 12(3). <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1348>
18. Del Campo Y, Romero A, Barrera A. Efecto fertilizante de Costras Biológicas del suelo y Cachaza, sobre el Cultivo de Maíz (*Zea mays*, L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 2022; 10(2), 6-14. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

- 19.** Abreu M, Castellanos L, de Mello R, Parets E. Fuentes de Fósforo (p) más Cachaza con y sin Azotofos sobre los microorganismos del suelo. Revista Científica Agroecosistemas, 2022;10(1):65-9. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/519>
- 20.** Silva C, Mello R, Castellanos L, Abreu M, Rosatto L. Fuentes de fosfato asociadas a la cachaza y el biofertilizante sobre los microorganismos solubilizadores de fósforo y su contenido en el suelo. Cultivos Tropicales, 2016; 37(1):22-7. https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000100003