

MEJORAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DEL CULTIVO DEL ÑAME (*DIOSCOREA ALATA* L.) CLON CRIOLLO EN CAMPO

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF YAM CROP (*DIOSCOREA ALATA* L.) CRIOLLO CLONE IN FIELD

Misterbino Borges García¹

Email: misterbinobgarcía@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2052-7294>

Diana María Reyes Avalos²

Email: dreyesa@udg.co.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2305-387X>

¹Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba.

²Centro Universitario Municipal Jiguaní. Universidad de Granma, Granma, Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Borges García, M., Reyes Avalos, D. M. (2022). Mejoramiento de la tecnología del cultivo del ñame (*dioscorea alata* L.) clon criollo en campo. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 159-166. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

A pesar de los avances alcanzados en los últimos 30 años en las investigaciones en el cultivo del ñame en Cuba, la tecnología de producción en gran escala de este cultivo es susceptible de ser mejorada. El presente trabajo tuvo como objetivo incrementar la producción sostenible de ñame (*Dioscorea* spp.) mediante el mejoramiento de la tecnología del cultivo en condiciones de campo para el clon Criollo (*Dioscorea alata* L.) en la Provincia Granma. La investigación fundamental se basó en la mejora de la tecnología de producción con el uso de surcos en camellón a diferentes distancias de plantación (1x1 m y 1x0.5 m) con relación a la tradicional de montículo mediante la plantación (1x1 m) de bulbillos mayores de 80 g de clon Criollo (*D. alata* L.) provenientes de plantas *in vitro* cultivadas durante un primer ciclo de cultivo en campo. Se demostró que la tecnología de producción con el uso de cantero a una distancia de plantación de 1x0.5 m es significativamente superior desde el punto de vista sostenible a la tecnología tradicionalmente utilizada de montículo (1x1 m) con rendimientos agrícolas de 63 t/ha.

Palabras clave:

Bulbillos, germoplasma, montículo, producción sostenible, surcos en camellón

ABSTRACT

In spite of the advances reached in the last 30 years in the investigations in the yam crop in Cuba, the production technology in great scale of this cultivation is susceptible of being improved. In this research, to increase the sustainable production of yam (*Dioscorea* spp.) by means of the improvement of the technology of the cultivation under field conditions for the clone Criollo (*Dioscorea alata*) in the Granma Province was carried out. The fundamental investigation was based on the improvement of the production technology with the use of furrows in ridge at different plantation distances (1x1 m and 1x0.5 m) in relation to the mound traditional by means of the bulbils plantation (1x1 m) bigger than 80 g of clone Criollo (*D. alata* L.) coming from *in vitro* plants cultivated during a first cultivation cycle in field. It was demonstrated that the production technology with furrows in ridge at a distance of plantation of 1x0.5 m is significantly superior from the sustainable point of view to the traditionally used mound technology (1x1 m) with field yields of 63 t/ha.

Key words:

Bulbils, ridge, germplasm, mound, sustainable production

INTRODUCCIÓN

El cultivo del ñame del género *Dioscorea* perteneciente a la familia de los Dioscoraceae comprende más de 600 especies, de las cuales 60 son comestibles y de estas solo 12 son cultivadas (Valencia, 2017). *Dioscorea* spp. es un tubérculo plantado por los pequeños productores en el trópico (Andres *et al.*, 2017). Posee un alto valor alimenticio y constituye una fuente de energía significativa en la dieta humana (Akinrinola y Adeyemo, 2018; Raphiou *et al.*, 2019).

Para los pequeños productores, la producción de ñame constituye una importante fuente de alimentos y de ingresos, y también juega un rol vital en su vida sociocultural (Iddi *et al.*, 2018). Sin embargo, la producción y comercialización de ñame a nivel mundial está dirigido a la exportación como producto fresco, siendo esta categoría la más demandada por los mercados internacionales (Vargas, 2019).

La falta de material de plantación para la producción del cultivo, el riesgo de diseminación de virus y enfermedades en el sistema tradicional de producción de semillas de ñame refleja la real necesidad para el mejoramiento del sistema de producción, especialmente para la alta producción y consumo (Raphiou *et al.*, 2019).

Dioscorea alata L. es una especie de multiplicación vegetativa, cuyo cultivo en campo tiene diferentes inconvenientes tales como una baja tasa de multiplicación y problemas fitosanitarios. Además, una parte importante de la cosecha (35%) es utilizada como semilla (Borges *et al.*, 2018). La producción de ñame ha estado limitada, entre otras causas, por la escasez de semilla sana, baja fertilidad del suelo, incidencia de plagas y enfermedades en los sistemas tradicionales de cultivo, poca disponibilidad de material vegetal de plantación con calidad fisiológica y sanitaria. También se debe, fundamentalmente, a que los tubérculos, que constituyen la parte útil de la planta para la alimentación, tienen que ser utilizados como material vegetal de plantación (Balogun *et al.*, 2014).

Normalmente en la región oriental los productores/as de manera tradicional plantan el ñame en trincheras de 50 a 80 cm de profundidad, este proceder es laborioso lo que no facilita el desarrollo sostenible del cultivo y hace engorroso el momento de la cosecha de los tubérculos. Por otro lado, en la región central se cultiva con el uso de montículos de hasta 50 cm de altura (MINAG, 2008), es un método más eficiente y productivo, pero aun es laborioso y susceptible de ser mejorado.

Tomando en consideración lo antes planteado la presente investigación tuvo como objetivo mejorar la tecnología del cultivo de ñame en condiciones de campo en relación a la forma de preparación del suelo con el uso de surcos en camellón a diferentes distancias de plantación (1x1 m y 1x0.5 m) con relación a la tradicional de montículo mediante la plantación (1x1 m) de bulbillos mayores de 80 g de clon Criollo Blanco (*Dioscorea alata* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal (CEBVEG) de la Universidad de Granma y en áreas de cultivo del polo productivo Cautillo-Bejuquero de la Empresa Agropecuaria Bayamo, municipio Bayamo, provincia Granma.

Mejoramiento de la tecnología de producción sostenible del cultivo del ñame con relación a la forma de preparación del suelo y distancia de plantación

Material vegetal

Se utilizaron bulbillos aéreos mayores de 80g de masa fresca de la especie *Dioscorea alata* L. del clon Criollo (Figura 1), colectados de un primer ciclo de cultivo en campo (10 meses) de plantas procedentes del cultivo *in vitro* establecidas en el banco de germoplasma del CEBVEG.



Figura 1. Bulbillos aéreos de *Dioscorea alata* L. clon Criollo mayores de 80 g de masa fresca colectados de plantas *in vitro* durante un primer ciclo de cultivo en campo (10 meses)

El experimento tuvo como objetivo evaluar el mejoramiento de la tecnología tradicional de producción sostenible del cultivo del ñame con relación a la forma de preparación del suelo y distancia de plantación.

Se aplicó un diseño experimental en bloques al azar con tres tratamientos (Tabla 1). Los tratamientos consistieron en plantación tradicional en montículos de 40-50 cm con un plato de 0.15 a 0.20 m a una distancia de plantación 1.0 m x 1.0 m (testigo) (tratamiento 1); plantación en surcos en camellón de 40-50 cm con un plato de 0.15 a 0.20 m a una distancia de plantación 1.0 m x 1.0 m (tratamiento 2) y 1.0 m x 0.50 m (tratamiento 3). Se utilizaron tres replicas por tratamiento con 50 plantas para un total de 150 plantas. Las parcelas estuvieron conformadas por tres hileras de montículos de 50 m de longitud y 1 m de separación entre montículo (tratamiento 1) y las demás parcelas (tratamiento 2 y 3) se conformaron por tres en camellón de 50 m de longitud y 1 m de separación entre cantero, para un área de 150 m² por parcela, una separación de 2 m entre parcelas para un área total experimental de 468 m².

Tabla 1. Tratamientos de mejoramiento de la tecnología con relación a la forma de preparación de suelo y distancia de plantación

Tratamientos	Clon	Material de plantación
Montículos 1.0 m x1.0 m, (testigo).	Criollo Blanco	bulbillos aéreos > 80g
Surcos en camellón 1.0 mx1.0 m	Criollo Blanco	bulbillos aéreos > 80g
Surcos en camellón 1.0 m x 0.5 m	Criollo Blanco	bulbillos aéreos > 80g

La plantación se realizó en un suelo Fluvisol. Se emplearon como tutores varetas de *Leucaena leucocephala*, de 3 a 4 m de longitud.

Al momento de la plantación se realizó una aplicación de 3 kg de materia orgánica por planta. Y a los 90 días se realizó una aplicación de fertilizante mineral de la fórmula 9 - 5 - 16.5 con una relación de nutrientes 2 - 1 - 3, una dosis de 7 t/cab, 0.52 t/ha a razón de 0.05 kg/planta (MINAG, 2008).

Los valores registrados de las variables climáticas durante el experimento fueron: temperatura, 33 ± 2°C; humedad relativa, 70 - 80% y fotoperiodo de 13 horas luz.

El riego, las demás atenciones culturales y el control fitosanitario se realizaron según el Instructivo Técnico del Cultivo del Ñame (MINAG, 2008).

El riego se suspendió 30 días antes de la cosecha, la que se realizó en el mes de enero, para favorecer el almacenamiento y conservación de los tubérculos y los bulbillos colectados.

Porcentaje de supervivencia

A los 30 días de la plantación se determinó en la población total, el porcentaje de supervivencia, aplicando la siguiente fórmula matemática:

$$\% S = \frac{B \times 100}{T}$$

Dónde:

%S = Porcentaje de supervivencia

B = Cantidad de semillas que brotaron

T = Total de semillas plantadas

Indicadores agronómicos

La cosecha se efectuó de forma manual a los nueve meses (enero) de efectuada la plantación. Se realizó una excavación profunda usando pico, coa y pala para evitar daños en los tubérculos cosechados.

Se seleccionaron treinta plantas por tratamiento y se determinaron los siguientes indicadores agronómicos:

Número de tubérculos por planta: Se realizó el conteo del número total de tubérculo por cada planta

Masa fresca de tubérculos por planta (kg): Se determinó la masa fresca total de tubérculos por planta

Rendimiento toneladas por hectárea (t/ha)

Por cada tratamiento se determinó el rendimiento agrícola (Ra) en toneladas por hectárea (t/ha), mediante la multiplicación de la masa fresca tubérculo por planta en kg (MFTP), por el total de plantas que lleva una hectárea según la distancia de plantación (CP/ha) entre 1000 kg (1 tonelada) como se muestra en la siguiente ecuación matemática.

$$Ra (t/ha) = \frac{MFTP (kg) \times CP/ha}{1000 kg}$$

Se hicieron observaciones sistemáticas sobre la incidencia de plagas y enfermedades y el desarrollo vegetativo de las plantas.

Análisis estadístico

Se utilizó un análisis de varianza de clasificación doble con prueba de comparación múltiples de medias de Tukey al 5 % de probabilidad del error. Para comprobar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov - Smirnov y para la homogeneidad de varianzas la prueba de Levene. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mejoramiento de la tecnología de producción sostenible del cultivo del ñame con relación a la forma de preparación del suelo y distancia de plantación

A partir del año 2018 como parte de la necesidad de incrementar la producción sostenible de ñame se desarrollan en el CEBVEG de la Universidad de Granma investigaciones para el mejoramiento de la tecnología a escala productiva, principalmente en los aspectos relacionados con la forma de preparación de suelo y la distancia de plantación en montículo o surcos en camellón, con el uso de bulbillos de masa fresca mayor de 80 g, en particular para el clon Criollo, que es un germoplasma endógeno de la región oriental y de gran interés agrícola y comercial para su extensión agrícola sostenible.

Los porcentajes de supervivencia a los 30 días fueron de 100 % sin diferencias significativas con relación al tratamiento control (datos no mostrados). Esto demuestra que las plantas de ñame clon Criollo plantadas a partir de bulbillos aéreos poseen alta capacidad de supervivencia, lo que coincide con lo señalado por Borges *et al.*, (2018) en la respuesta a la producción sostenible de ñame clon Criollo a partir de bulbillos aéreos procedentes de plantas

in vitro como fuente de semilla donde alcanzaron 100% de supervivencia para las dos localidades evaluadas.

Por otro lado, Borges *et al.*, (2015) al evaluar la respuesta en campo de plantas *in vitro* de *D. alata* clon 'Caraqueño' en distintos momentos de plantación en campo mostraron altos porcentajes de supervivencia para todos los tratamientos a los 30 días de cultivo sin diferencias significativas ($p < 0.05$) con el control de tubérculos, obtuvieron valores de 98.5% de supervivencia en junio, 98.0% en julio, 96.5% en agosto, 98.5% en septiembre, 97.0% en octubre y 96.5% en noviembre, mientras que para el control fue de 99.5%. Estos autores demostraron que las plantas de ñame clon 'Caraqueño' procedentes del cultivo *in vitro* presentaron una respuesta satisfactoria de adaptación en campo en las condiciones experimentales descritas, lo que brinda la posibilidad de contar con material vegetal de buena calidad para su plantación satisfactoria desde junio hasta noviembre.

Resultados inferiores han sido descritos por Cabrera *et al.*, (2010), quien obtuvo 86,5% de supervivencia a los 42 días de establecidas en campo las plantas aclimatizadas de ñame clon Pacala Duclos.

El efecto de la comparación de la tecnología de plantación en montículo con la de surcos en camellón a distintos marcos de plantación en los indicadores agronómicos de plantas de ñame clon Criollo Blanco provenientes de bulbillos con masa fresca mayor a 80 g, cosechadas a los 270 días de establecidas en campo (Tabla 2). Como se aprecia no existe diferencias significativas ($P < 0,05$), para el número de tubérculos, entre el testigo, tratamiento 1 (montículo) y los tratamientos 2 y 3 (surcos en camellón). Esto es debido a que este parámetro es característico de cada genotipo, por lo tanto, no cambia con los tratamientos aplicados.

Valores similares para el número de tubérculos de 1.6 fueron obtenidos por Borges *et al.* (2018) al evaluar la producción sostenible de ñame clon Criollo a partir de bulbillos aéreos procedentes de plantas *in vitro* como fuente de semilla durante un primer ciclo de cultivo en campo.

Resultados superiores para el número de tubérculos por planta fueron logrados en el cultivo en campo de plantas *in vitro* previamente aclimatizadas de *D. alata* por Arnolin, (1985) con 4,25; Cabrera *et al.* (2010) con 2.56 cuando utilizó plantas *in vitro* de *D. alata* durante el primer ciclo de cultivo en campo del clon Pacala Duclos y Borges *et al.*, (2015) durante distintos momento de plantación (junio a noviembre) en un rango de 2 a 3.3.

Tabla 2. Número de tubérculos y masa fresca de tubérculos por planta de ñame clon Criollo Blanco provenientes de bulbillos mayores de 80 g y cosechadas a los 270 días de establecidas en campo en la tecnología de plantación en montículo en comparación con la de surcos en camellón a distintos marcos de plantación

Tratamientos		Número de tubérculos por planta	Masa fresca de tubérculos por planta (kg)
1	Montículo 1m x 1m (testigo)	1,5	2,80 b
2	Cantero 1m x 1m	1,6	3,20 a
3	Cantero 1m x 0.5 m	1,5	3,15 a
	Error estándar		0.06

Medias con letras distintas por columnas difieren significativamente para $p < 0.05$ según prueba de Tukey

Sin embargo, para la masa fresca de tubérculos por planta (Tabla 2, Figura 2) fue significativamente superior para la tecnología de plantación en surcos en camellón con valores de 3,2 y 3,15 para los tratamientos 2 y 3 respectivamente. Esto nos indica que la plantación en cantero es factible de uso pues asegura mejores propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo tales como mayor humedad, disponibilidad de nutrientes y transformación de la materia orgánica por la actividad microbiana.



Figura 2. Tubérculos de ñame (*Dioscorea alata* L.) clon Criollo procedentes de plantas obtenidas de bulbillos mayores de 80 g de masa fresca a los nueve meses de cosecha

También es necesario señalar que adicionalmente la tecnología en surcos en camellón ofrece otras ventajas con relación a la forma de preparación de suelo, ya que se puede realizar de modo semimanual (tracción animal) o mecanizada con respecto a la tecnología de montículo que solo es posible realizar de manera manual.

Valores inferiores obtenidos por Borges *et al.* (2018) para la masa fresca de tubérculos por planta se encontraron entre 2.6 y 2.74 al evaluar la producción sostenible de ñame clon Criollo a partir de bulbillos aéreos (60 a 80 g) procedentes de plantas *in vitro* como fuente de semilla durante un primer ciclo de cultivo en campo.

Sin embargo, Rodríguez *et al.* (2017) al evaluar diferentes densidades de plantación en el cultivar de ñame Belep (*Dioscorea alata* L.) y su efecto en la producción de tubérculos alcanzaron resultados semejantes para la variable masa fresca de tubérculos por montículo donde los mayores valores se constataron en los tratamientos con tres y cuatro semillas (bulbillos de 60 – 80 g de masa fresca) por montículos, con 2,81 kg y 3,33 kg por plantas respectivamente. El valor más elevado correspondió al tratamiento con una semilla por montículo con 1,86 kg de masa fresca por tubérculo. Estos resultados constituyen una valiosa herramienta para dar respuesta a las demandas de los consumidores, en relación al tamaño y masa fresca de tubérculos, una vez cosechados para su comercialización.

Una respuesta similar para la masa fresca de tubérculos por planta se mostró para el rendimiento agrícola, los tratamientos en canteros arrojaron valores significativamente al tratamiento tradicional en montículo. Se aprecia que para el tratamiento 3, formado por el de surcos en camellón a una distancia de plantación de 1 x 0.5 m, se alcanzan valores que incrementan los rendimientos agrícolas tradicionales del cultivo, lo cual se atribuye a que en este tratamiento se duplica el número de plantas sin afectar sus indicadores agronómicos con un mayor aprovechamiento de la tierra y la consiguiente duplicación de los rendimientos agrícolas del cultivo.

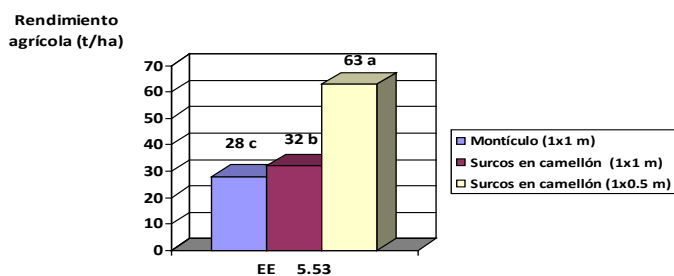


Figura 1. Rendimientos agrícolas de ñame clon Criollo Blanco provenientes de bulbillos mayores de 80 g y cosechadas a los 270 días de establecidas en campo en la tecnología de plantación en montículo en comparación con la de surcos en camellón a distintos marcos de plantación. Medias con letras distintas por columnas difieren significativamente para $p < 0.05$ según prueba de Tukey, EE, error estándar

Los rendimientos alcanzados por hectárea en la presente investigación, en función de la masa fresca de tubérculos

por planta para el clon Criollo (2,8 a 3,2 kg), se consideraron de normales a buenos para esta especie durante un primer ciclo de cultivo en condiciones naturales, lo que concuerda con los resultados de rendimiento obtenidos a partir de material convencional de *D. alata* en condiciones de campo por Degras *et al.*, (1986), quienes mostraron que el rendimiento potencial de esta especie es superior a 5 kg/planta (6 a 8 Kg/planta), los buenos rendimientos están en el orden de 4 kg/planta y los normales entre 1,5 a 2,5 kg/planta.

Estos resultados no coinciden con los planteados por MINAG (2008), donde señalan que la tecnología más apropiada para la producción de ñame es el uso del montículo con una distancia de plantación de 1x1 m.

La tecnología de surcos en camellón demostró que posee mayor sostenibilidad con relación al montículo, dentro de las principales ventajas se destacan:

1. Mejor aprovechamiento del suelo.
2. Rápida preparación de forma mecanizada o con tracción animal.
3. Menor desecación del suelo.
4. Protege mejor el sistema radical de la planta.
5. Facilita el desarrollo de los tubérculos.
6. Facilita la plantación y cosecha de los tubérculos con tracción animal y/o mecanizada.
7. Considerable ahorro de tiempo y fuerza de trabajo.
8. Ahorro de herbicida por cierre más rápido del campo.
9. Disminución de los gastos por concepto de limpia.
10. Facilita las atenciones culturales permitiendo mecanizar el riego y la fertilización.
11. El riego se realiza de modo más eficiente con el consiguiente ahorro de agua.
12. Mejor distribución y aprovechamiento del agua.
13. El uso de tutores puede ser sustituido, por el uso intercalado de cultivos como el maíz, la yuca (de ciclo largo), quimbombó, canavalia y otras plantas.
14. La tecnología es aplicable tanto a pequeñas parcelas como a grandes áreas de cultivo.
15. Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas con un aprovechamiento más de los indicadores de sostenibilidad del agroecosistema.

Las referencias de estudios anteriores en la bibliografía consultada son muy limitadas. A pesar de ello los resultados de la presente investigación coinciden con lo señalado por Milián *et al.*, (2013) que plantearon que “la labor de surca en camellón se impone en las tierras compactas, facilitando la salida del agua en exceso y también en los suelos pobres porque a través de ellas se acumula la tierra alrededor de la planta, logrando así el aumento del espesor de ese suelo”.

Por otro lado, también es coincidente con lo planteado por Leyva, (2017) sobre el cultivo de raíces y tubérculos, cultivo del boniato, la papa y el ñame; plantar en la parte superior del camellón permite lograr altos rendimientos, porque permite una mejor aireación, disminuye la compactación, facilita las labores de cultivo, facilita el drenaje y el desarrollo adecuado de las raíces tuberosas y tubérculos.

Milián *et al.*, (2013) consideraron que la plantación debe de hacerse en camas bien conformadas (camellones), que permitan un buen drenaje del agua. La cama (camellón) debe de ser de 40 a 50 cm de altura y estar separados entre 1.3 y 1.5 m, la plantación se realiza sobre la cama a 10 cm de profundidad. Por su parte Ávila, (2013) en el manejo integrado del ñame, (Colombia), plantea que, debido, a que el ñame no soporta encharcamientos (exceso de humedad en el suelo) se realiza la aporcada del terreno cuando los terrenos son planos, para realizar la plantación en la parte alta del camellón

Borges et al., (2020) al evaluar la reducción de pérdidas mediante el manejo de tubérculos de *Dioscorea* spp. durante su cosecha y almacenamiento postcosecha, describieron un conjunto de medidas de manejo del cultivo dentro de la cual fue considerada como esencial para disminuir dichas pérdidas efectuar la plantación en canteros de 50 cm de altura (0,5x1m) para de esta manera evitar o reducir posibles daños mecánicos durante el momento de la cosecha y su posterior almacenamiento.

Es importante declarar que la reproducción asexual del cultivo del ñame, implica que el material de plantación envejece fisiológicamente por los reiterados ciclos de cultivo en campo y se deteriora por la acumulación de plagas y enfermedades, lo que disminuye de forma considerable el potencial de rendimiento del cultivo, de modo que resulta imprescindible establecer un esquema de certificación de material de plantación que combine de manera efectiva los métodos biotecnológicos y convencionales para la producción acelerada de semillas categorizadas, aspecto que en la actualidad constituye la principal limitante para la producción y diversificación sostenible de este cultivo en Cuba y el mundo.

Con relación a ello Rodríguez *et al.*, (2018) plantearon que a pesar de los progresos alcanzados en la producción de semilla de ñame (*Dioscorea* spp.) tanto por métodos tradicionales como biotecnológicos, la escasez de material vegetal de plantación con calidad fisiológica y sanitaria continúa limitando la producción a gran escala de este cultivo.

También Vargas, (2019) al evaluar el comportamiento productivo de materiales de siembra de ñame (*Dioscorea alata* L.) en la región Huetar Norte de Costa Rica, señaló que el productor de ñame acostumbra a usar material no comercial de la cosecha como semilla, el cual no siempre reúne las condiciones óptimas para este fin. El ñame al propagarse vegetativamente (rizomas o secciones de estos o esquejes de tallos), favorece la trasmisión de plagas, lo cual afecta la calidad de la semilla y por ende la

producción. El uso de herramientas biotecnológicas para producir plantas libres de plagas, es una estrategia propuesta para reducir la incidencia y trasmisión de plagas, así como para incrementar la producción. Dentro de estas técnicas, el cultivo de meristemos, la micropropagación y la producción in vitro de minirizomas son algunas herramientas que se pueden utilizar para mejorar la calidad de la semilla de este cultivo.

Por otro lado, Aighewi *et al.*, (2015) evaluaron la necesidad de nuevas tecnologías de producción semilla ñame principalmente para la obtención de semillas de calidad con la utilización combinada de métodos de propagación mejorados basados en técnicas biotecnológicas y convencionales de propagación rápida de semillas para incrementar la productividad del ñame (*Dioscorea rotundata* Poir.) y transformar el sistema informal de semilla de ñame y desarrollar un sistema formal como fuente de material plantación certificado para reemplazar progresivamente la semilla enferma y con deterioro fisiológico empleada de manera tradicional por los productores de este cultivo. Sólo un esquema de multiplicación integrada que combine dos o más métodos de propagación acelerada de semilla de ñame debe adoptarse para construir y sostener un sistema viable de producción de semilla de ñame. Sin embargo, estos autores recomiendan que las técnicas de cultivo de tejidos deben formar parte principal de cualquiera de los esquemas de producción de semilla de ñame debido a su importancia en la producción y mantenimiento de un núcleo de material limpio.

No se presentó incidencia de plagas y enfermedades en el 100 % de las plantas establecidas en campo a partir de los bulbillos aéreos, durante el monitoreo sistemático en las distintas fases fenológicas del cultivo por observación directa y la certificación del material vegetal por los especialistas y el laboratorio provincial de sanidad vegetal de Granma.

Estos resultados son muy valiosos para la producción sostenible del cultivo del ñame y en particular para el clon Criollo que es un clon de buena productividad y rusticidad, resistente al ataque de plagas y enfermedades, tolerante a la sequía, así como de alta aceptación, buena presentación culinaria y consumo por la población; donde la disponibilidad actual de semilla de ñame es muy reducida, de manera que la producción acelerada de bulbillos aéreos de excelente calidad fisiológica y fitosanitaria potencia la producción de semilla básica proveniente de cultivo *in vitro* con todas las ventajas y beneficios agronómicas que esta tecnología ofrece.

En este sentido Ramos, (2022) al evaluar la reproducción sostenible del cultivo del ñame (*Dioscorea* spp.) en condiciones de montaña en el municipio del Tercer Frente en la provincia de Santiago de Cuba señalaron que la posibilidad de los clones de *D. alata* de producir bulbillos aéreos de excelente calidad fisiológica y fitosanitaria potencia la producción de semilla categorizada en la especie más cultivada y consumida en Cuba, donde la disponibilidad actual de semilla es muy reducida, de manera que la producción acelerada de bulbillos aéreos provenientes de

tubérculos sanos provenientes de plantas *in vitro*, constituye una alternativa viable y sostenible como fuente de semillas sanas en la producción y diversificación de esta especie al alcance de todo los productores.

Aunque los recientes avances en la búsqueda de procedimientos rápidos de propagación de ñame, han llevado al uso y promoción de esquejes como una fuente alternativa de material de plantación (Balogun et al., 2014), el uso de tubérculos y bulbillos aéreos sigue siendo el único medio de propagación para millones de pequeños agricultores (Aighewi et al., 2020).

En resumen, esta investigación demostró que los bulbillos aéreos sanos con un peso mayor de 80 g aseguran una alta productividad y rendimientos sostenibles estables en surcos en camellón a una distancia de plantación de 1 x 0,5 m de 63 t/ha, mejora la tecnología de cultivo del ñame a pequeña y grande escala productiva extensiva. Además de evidenciar la factibilidad agronómica de los bulbillos aéreos del clon Criollo con relación a los tubérculos tradicionales, también se muestra su factibilidad técnica, económica y comercial, pues permite el aprovechamiento total de los tubérculos para su consumo.

CONCLUSIONES

Se mejoró de manera significativa y sostenible la tecnología del cultivo de ñame en condiciones de campo para el clon Criollo (*D. alata*) mediante su plantación en surcos en camellón a una distancia de plantación de 1 x 0.5 m con el empleo de bulbillos aéreos como material de propagación mayor a 80 g de masa fresca provenientes de las plantas *in vitro* cultivadas en campo durante un primer ciclo de cultivo en campo, el cual duplicó los rendimientos agrícolas tradicionales del cultivo de esta clon a 63 t/ha.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la cooperación internacional brindada por el proyecto Flemish Interuniversity Council (VLIR-UOS); University Gent, Belgium “*Biotecnología in vitro de plantas para el incremento de la seguridad alimentaria en la región oriental de Cuba*” en especial al Prof. Dr. Stefaan Werbrouck, director Lab. Applied In Vitro Plant Biotechnology y al proyecto de desarrollo local *Implementación de la tecnología de producción acelerada de semilla categorizada de ñame (Dioscorea spp.) a nivel local en el municipio Jiguaní* “.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aighewi, B.A.; Asiedu, R.; Maroya, N. & Balogun, M. (2015). Improved propagation methods to raise the productivity of yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). *Food Security*, 7 (4): 823-834.
- Aighewi, B.A.; Maroya, N.G; Asiedu, R.; Aihebor, D.; Balogun, M. & Mignouna, D. (2020). Seed yam production from whole tubers versus minisetts. *Journal of Crop Improvement*, DOI: 10.1080/ 15427528.2020. 1779157. Université de Provence, Aix - Marseille 1, 97 pp.
- Akinrinola O.O. & Adeyemo A.O. (2018). The Impact of Agricultural Technology Adoption on Poverty: The Case of Yam Minisetts Technology in Ekiti State, Nigeria. *Journal of Agricultural Research*. 3(9): 000195.
- Andres, C.; Adeoluwa, O.O. & Bhullar, G.S. (2017). “Yam (*Dioscorea spp.*),” in *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, Vol. 3., eds B. Thomas, B. G. Murray, and D. J. Murphy (Waltham, MA: Academic Press),435–441.
- Arnolin, R. (1985). Reactions différentes de l'igname (*Dioscorea* L.) au bouturage *in vitro*, selon le cultivar. À. L. Degras, éditeur, 7^{ème} Symposium de la Société Internationale pour les Plantes à Tubercule Tropicales. INRA, Guadeloupe, Gosier, FRA. p. 341-352.
- Ávila M. (2013). Manejo integrado del Cultivo del Ñame Espino. *Labores Culturales del ñame en Colombia*. Sistematización de experiencias Paquetes tecnológicos Corporación PBA.
- Balogun, M.O.; Maroya, N. & Asiedu R. (2014). Status and prospects for improving yam seed systems using temporary immersion bioreactors. *Afr. J. Biotech.* 13:1614-1622.
- Borges, M.; Gómez, R.; Estrada E.; Reyes, D.; Malaurie, B. & Destrada, R. (2015). Respuesta en campo de plantas *in vitro* de *Dioscorea alata* L. clon ‘Caraqueño’ en distintos momentos de plantación. *Biotecnología Vegetal* 15(3):137-142.
- Borges, M.; Reyes, D; Leyva H & Salgado A. (2018). Producción de ñame clon criollo a partir de bulbillos aéreos. *Agro. Mesoam.*, 29(1):75-84.
- Borges, M.; Sánchez, Y. & Reyes D. (2020). Manejo de tubérculos comerciales de ñame (*Dioscorea spp.*) durante la cosecha y almacenamiento post cosecha. *Agrisost*, 26(2), 1-11. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/e3261>.
- Degras, L. (1986). L'igname, techniques agricoles et productions tropicales. Maisonneuve et Larose, Paris.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M. & Robledo, C.W. (2017). InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- Iddi, F.Y.; Donkoh, S. A.; Danso-Abbeam, G.; Karg, H. & Akoto-Danso, E. K. (2018). Marketing efficiency analysis of yam value chain in the northern region of Ghana. *UDS International Journal of Development*. Volume 5 No. 1.
- Leyva, H. (2017). Banco de semilla categorizada y mejoramiento de la tecnología del cultivo de ñame (*Dioscorea spp.*) en la provincia Granma. [Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas], Universidad de Granma, pp. 90-92.

- Milián, M. D.; Rodríguez, S.; Morales, A.; Espinosa, E.; Ventura, J.; Figueroa, Y.; Rodríguez, D.; Rodríguez, Y.; Beovides, Y.; Basail, M.; Cruz, J. A.; Ruiz, E.; González, L. & Arredondo I. (2013). Identificación de cultivares comerciales resilientes a los efectos del cambio climático. Oficina para las Naciones Unidas PNUD, Cuba, 87 pp.
- MINAG. (2008). Instructivo Técnico del Cultivo del Ñame. Castellanos, P. (Ed.). SE. DGRI/AGRINFOR, Ciudad de La Habana.
- Ramos Y. (2022). Reproducción sostenible del cultivo del ñame (*Dioscorea* spp.) en condiciones de montaña. [Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas], Universidad de Oriente, 69 pp.
- Raphiou, M.; Siaka, K.; Kouami, N.; Nebambi, L. & Bello, S. (2019). Effect of the Soil and Sawdust Substrates on the Sprouting Rates of Yam Minisettes Varieties in the Guinea Sudan Zone of Benin. *International Invention of Scientific Journal. Volume 03 Issue 01*.
- Rodríguez, Y.; Rodríguez, S.; Milian, M.; Arce, R.; Figueroa, Y.; Morales, A. & Lima, M. (2017). Densidades de plantación en el cultivar de ñame Belep (*Dioscorea alata* L.) y su efecto en la producción de tubérculos. *Agricultura Tropical. Vol. 3. No. 1*.
- Rodríguez, D.; López, J.; Bermúdez, I.; Montano, N.; Rayas, A.; Basail, M.; Santos, A.; Gutiérrez, Y.; Medero, V. & Beovides, Y. (2018). Regeneración de plantas de *Dioscorea cayenensis* subsp. *Rotundata* Poir cultivar Blanco de Guinea a partir de embriones somáticos. *Biotecnología Vegetal, 18 (3): 175-180*.
- Valencia, H. (2017). Implementación de un sistema de producción de 10.000 m² de ñame (*Dioscorea alata*) asociado con maíz. (*Zea mays*) en el municipio de Montelíbano Córdoba, con fines de comercialización https://ciencia.lasalle.edu.col/ingenieria_agronomica/97
- Vargas, A. (2019). Comportamiento productivo de materiales de siembra de ñame (*Dioscorea alata*) en la región Huetar Norte, Costa Rica. [Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía]. Tecnológico de Costa Rica. Campus Tecnológico local San Carlos, Costa Rica.