

Efecto de la densidad poblacional sobre el rendimiento de ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir.) tipo exportación

Effect of population density on the yield of export-type white yams (*Dioscorea rotundata* Poir.)



DAIRO JAVIER PÉREZ P.^{1, 2}

RODRIGO ORLANDO CAMPO A.¹

Planta ñame espino.

Foto: R.O. Campo A.

RESUMEN

Entre los limitantes del cultivo de ñame con destino al mercado de exportación, se encuentran los bajos rendimientos por unidad de superficie y la producción de tubérculos deformes y de gran tamaño que son rechazados por este mercado, ocasionando grandes pérdidas al pequeño productor. Con el fin de incrementar la competitividad de ñame tipo exportación, se evaluó el efecto de la densidad poblacional sobre el rendimiento de ñame espino cv. Brasileiro. En la granja experimental de la Universidad de Córdoba se estableció un experimento bajo un diseño de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones en las siguientes densidades de población (tratamientos): 10.101, 22.727, 30.303 y 45.454 plantas/ha, donde el primer tratamiento correspondió a la densidad poblacional usada por los productores (testigo). En cada tratamiento se evaluaron los componentes de rendimiento: número, forma, peso, dimensión y producción de tubérculos tipo exportación y no exportación; asimismo, se realizó un análisis económico de los tratamientos para evaluar su impacto de adopción. La producción tipo exportación se incrementó con el aumento de la densidad de población, alcanzando el máximo rendimiento con 30.303 plantas/ha, superando al testigo en 197,75%; siendo esta misma población la de mayor rentabilidad con 116,67%. La forma, peso y dimensión de los tubérculos no fueron afectados por la densidad de población, donde la forma cilíndrica fue la más frecuente. Se concluye que el aumento poblacional de ñame espino cv. Brasileiro respondió significativamente al triplicar el número de tubérculos tipo exportación por área de siembra, al igual que su rentabilidad.

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería Agronómica y Desarrollo Rural, Universidad de Córdoba, Montería (Colombia)

² Autor para correspondencia. dairoperez81@hotmail.com

Palabras clave adicionales: fisiología, pequeño productor, producción, rentabilidad.

ABSTRACT

The limitations for yam crops destined for the export market include low yields per unit area and the production of deformed and overly large tubers that are rejected by the market, causing huge losses for small farmers. In order to increase the export competitiveness of yams, the effect of population density on the yield of white yams (*D. rotundata* cv. Brasileiro) was evaluated. On the experimental farm of the Universidad de Córdoba, an experiment was conducted with a randomized complete block design and three replications using the following densities (treatments): 10,101; 22,727; 30,303 and 45,454 plants/ha, where the first treatment corresponded to the density used by producers (control). The following yield components were evaluated each time: number, shape, weight, size and production of export-type and non-export-type tubers. In addition, an economic analysis of the treatments was carried out to assess the impact of adoption. The export-type production increased as the population density increased, achieving the maximum yield with 30,303 plants/ha, surpassing the control by 197.75%; this population was also the most profitable, 116.67%. The shape, weight and size of the tubers were not affected by the population density; the cylindrical shape was the most frequent. It was concluded that the white yam cv. Brasileiro population increase significantly influenced the number of export-type tubers per hectare, tripling the number, as well as increasing profitability.

Additional keywords: physiology, small producer, production, profitability.

Fecha de recepción: 19-04-2016

Aprobado para publicación: 14-05-2016

INTRODUCCIÓN

El ñame es uno de los tubérculos tropicales más cultivados en la región del Caribe colombiano, constituye parte de la dieta de sus pobladores y es fuente de ingresos económicos para los productores. En los últimos años, Colombia se ha constituido en uno de los principales países exportadores a los Estados Unidos, Puerto Rico y Martinica (Fundación Procaribe, 2012). Estados Unidos es el principal importador y su demanda es satisfecha principalmente por Haití, Cuba, Colombia y Brasil. Según el CNP (2015), Colombia exportó a Estados Unidos el 7% del volumen importado (2.654 t), lo que generó divisas por US\$ 2.711.000.

Colombia es responsable del 22,06% de la producción de ñame en América, situándose como

el tercer productor después de Haití (23,71%) y Cuba (21,54%) (FAO, 2016). La producción nacional (365.395,9 t año⁻¹) proviene principalmente de la región Caribe colombiana (Reina, 2012; Agronet, 2016), donde representa una fuente de seguridad alimentaria e ingresos a pequeños productores. Los departamentos de mayor producción son Bolívar, Córdoba y Sucre con una participación del 43,40, 38,34 y 7,38%, respectivamente (Agronet, 2016).

El cultivo de ñame, en el Caribe colombiano, es producido en forma tradicional con baja tecnología, donde la densidad poblacional es uno de los principales limitantes para el incremento de la producción y productividad (Sánchez y Hernández, 1998; Álvarez, 2000; Reina, 2012). Los pro-

ductores utilizan bajas densidades de población, lo que genera escasa competencia entre plantas, favoreciendo la formación de tubérculos deformes y de gran tamaño, los cuales son rechazados en el mercado internacional, el cual exige tubérculos cilíndricos entre 0,5-3,0 kg (Fundación Procaribe, 2012).

La forma del tubérculo es quizás uno de los limitantes que tiene que superar el productor de ñame espino (*D. rotundata*) para acceder a los mercados internacionales, se estima que sólo un 30% de la producción cumple con las especificaciones técnicas del mercado internacional, situación que obliga al productor a destinar el 70% restante bien sea para semilla de futuras siembras o para la venta en el mercado local, con un precio inferior al internacional. Esta situación reduce la competitividad del país, ya que no cumple con la demanda en volumen y calidad del mercado, factor que es aprovechado por los países que comparten este mercado para aumentar sus exportaciones (CNP, 2015).

La producción de ñame espino en Colombia, es en promedio de 13,30 t ha⁻¹, con una densidad poblacional de aproximadamente 10.000 plantas/ha (Agronet, 2016), siendo considerada baja en relación a países productores de África con producciones de 25 t ha⁻¹ (FAO, 2016). Cardona (2007) reporta bajo las condiciones experimentales de Puerto Rico rendimientos de 61.190 kg ha⁻¹ en ñame espino cuando se plantaron 54.649 plantas/ha. En Jamaica, Blake (1983) obtuvo los mayores rendimientos, con densidades de siembra entre 14.815 y 18.519 plantas/ha. En Nigeria, los mayores rendimientos se presentan con densidades de población por encima de las 33.000 plantas/ha (Okpara *et al.*, 2014); similares resultados se reportan en otras tuberosas, como papa (*Solanum tuberosum*) y yuca (*Manihot esculenta*) cuando se aumentan el número de plantas/ha (Rojas, 2007; Masarirambi *et al.*, 2012; Razaq *et al.*, 2015).

Entre las estrategias para reducir el tamaño de los tubérculos y mejorar la forma, se tiene el au-

mento de plantas por unidad de superficie; pues a medida que se aumenta el número de plantas por unidad de área, se incrementa la competencia entre plantas por los recursos ambientales, situación que reduce el peso de los tubérculos y aumenta el número de tubérculos/ha (Otoo, 1980; Bouzo, 2000; Rojas *et al.*, 2007; Okpara *et al.*, 2014). Cardona (2007) logró producir tubérculos de *D. rotundata* más pequeños (1,35 kg en promedio) y de forma uniforme (cilíndricos), cuando sembró 54.649 plantas/ha; igualmente, Blake (1983) incrementó el porcentaje de tubérculos comerciales en *D. alata* con el aumento de la densidad de población. Investigaciones en otras especies también han producido cambios en la producción cuando se incrementó la población de plantas; por ejemplo en el cultivo de la yuca (*M. esculenta*) se redujo el peso de los tubérculos cuando se incrementaron las densidades de población; mientras que, en papa el peso del tubérculo no se modificó con las densidades de población, más sí se incrementó el número de tubérculos por hectárea (Robles, 2008).

En vista de la importancia económica que representa el cultivo de ñame, para la región Caribe colombiana, se hace necesario establecer una estrategia, que permita a los agricultores incrementar el rendimiento de los tubérculos de ñame tipo exportación. Por tal razón, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la densidad poblacional sobre el rendimiento de tubérculos tipo exportación de ñame espino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en la Granja de Investigación de la Universidad de Córdoba, ubicada en el municipio de Montería a 14 msnm, 8°44'N y 75°53'W con respecto al meridiano de Greenwich. Esta zona se caracteriza por una precipitación anual promedio de 1.346 mm, humedad relativa del 84%, temperatura promedio anual de

27,4°C y brillo solar anual de 2.108,2 h. Según la clasificación de Holdrige, esta zona se clasifica como bosque seco tropical (bs T) (Palencia *et al.*, 2006).

Establecimiento del experimento

El experimento fue establecido en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos (45.454, 30.303, 22.727 y 10.101 plantas/ha) y tres repeticiones. Cada parcela estuvo conformada por 50 plantas, distribuidas en cinco caballones (surcos altos) separados a 1,1 m. En cada surco se sembraron 10 plantas de acuerdo a la distancia de separación entre plantas de cada tratamiento, para obtener la densidad de plantas/ha. El tratamiento de 10.101 plantas/ha correspondió al testigo, población tradicionalmente usada por los productores.

La variedad empleada fue el clon comercial de ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir. cv. Brasihero), el cual se estableció en semilleros a partir de minisemillas (entre 50 y 60 g) obtenidas de la sección superior o cabeza del tubérculo. Para garantizar la brotación completa y uniforme de las plántulas, las minisemillas se establecieron en semilleros con sustrato de arena previamente esterilizado con Carbendazim (500 g L⁻¹ de ingrediente activo) a razón de 3 g L⁻¹. Una vez emergidas las plántulas, cuando alcanzaron una altura entre 15 y 20 cm fueron trasplantadas a las parcelas experimentales. Cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica, es decir, a los 8 meses después del trasplante fueron cosechadas, recolectando los tubérculos de los surcos centrales de cada tratamiento.

Los componentes del rendimiento evaluados fueron determinados a partir del número y producción de tubérculos tipo exportación (entre 500 y 3.000 g) y no exportación (inferior a 500 g y superior a 3.000 g), peso promedio, diámetro, largo y forma de los tubérculos. La forma de los tubérculos fue clasificada de acuerdo a los criterios establecidos en el descriptor IPGRI-IITA (1997).

Análisis de datos

Los datos de las variables de producción de los tubérculos tipo exportación (rendimiento, número, peso, largo y diámetro del tubérculo) fueron sometidos a un análisis de varianza (Anava) y la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$), previa verificación y cumplimiento de los supuestos de normalidad Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas Levene. Por otra parte, se realizó un análisis de regresión del rendimiento y el número de tubérculos tipo exportación con las diferentes densidades de siembra para determinar la población óptima. Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System), versión 9.1 (SAS, 1999).

En las variables de tubérculos no comerciales solo se calcularon los valores medios, debido a que no fue posible realizar el Anava, ya que algunos tratamientos solo produjeron tubérculos comerciales.

Con el fin de evaluar el posible impacto de adopción de la densidad poblacional, se realizó un análisis económico de la rentabilidad de cada tratamiento; tomando como referencia los costos de producción y el precio promedio del producto en el mercado en el 2015. En la rentabilidad, se tuvieron en cuenta los costos financieros, los cuales fueron del 10,61% efectivo anual, que fueron los cobrados a los pequeños agricultores por parte del Banco Agrario en el 2015.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

En relación a la producción tipo exportación, los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) en el número de tubérculos y en los rendimientos/ha (tabla 1). El número de tubérculos tipo exportación se incrementó con la densidad de población, obteniendo aumentos significativos de 73,55; 40,00 y 18,96% con las densidades 45.455; 30.303 y 22.727 plan-

tas/ha, respectivamente, en relación al testigo 10.101 plantas/ha (tabla 2).

En la figura 1A, se puede observar que la respuesta del número de tubérculos tipo exportación fue explicada por un modelo de regresión cuadrático ($R^2=0,9762$), donde su cantidad aumentó con la densidad poblacional hasta alcanzar su máximo valor medio (34.722 tubérculos/ha) con 45.405 plantas/ha.

El máximo rendimiento tipo exportación fue del 197,75% cuando se aumentó la densidad de

población de 10.101 a 30.303 plantas/ha, pero cuando esta se incrementó a 45.455 plantas/ha, el rendimiento se redujo 29,32% (tabla 2). Asimismo, la respuesta del rendimiento fue explicada por un modelo cuadrático ($R^2=0,6769$), donde se incrementó linealmente hasta alcanzar su máximo valor con 30.303 plantas/ha (figura 1B).

Según Heredia *et al.* (2000), el incremento de la producción de ñame se explica más por el aumento en el número de plantas por unidad de área que por el peso individual de los tubérculos; sin embargo, Cornet *et al.* (2014) y Cornet *et al.*

Tabla 1. Cuadrado medio y nivel de significancia del efecto de la densidad de población sobre las variables número, rendimiento, peso y dimensión de tubérculos de ñame espino (*Dioscorea rotundata* cv. Brasileiro) tipo exportación.

Fuente de variación	gl	Cuadrado medio				
		Número tubérculos/ha	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Peso promedio de tubérculo (kg)	Dimensión de tubérculo (cm)	
					Diámetro	Largo
Bloque	2	1639597,0	7423332	0,0264	0,8103	9,0357
Densidad poblacional	3	359241447**	403531658**	0,0844 ns	0,4731 ns	9,7268 ns
Error	6	3187167	2175905	0,1052	0,3645	21,3117
CV (%)		7,69	5,69	30,4190	7,3539	18,3904
R ² (%)		98,26	98,94	32,64	58,15	26,98

gl: grados de libertad; ** Diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$); ns: no significativo ($P > 0,05$).

Tabla 2. Promedios de la producción tipo exportación y no exportación de ñame espino (*Dioscorea rotundata* cv. Brasileiro) en función de la densidad de población.

Densidad de población (plantas/ha)	Producción comercial				
	Número tubérculos/ha	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Peso promedio de tubérculo (kg)	Dimensión de tubérculo (cm)	
				Diámetro	Largo
10.101	9.183±918,33 d	13.658±304,09 d	1,20±0,15 a	8,47±0,17 a	25,15±2,15 a
22.727	20.833±1093,50 c	20.655±881,34 c	0,92±0,08 a	7,67±0,11 a	26,52±1,63 a
30.303	28.139±1249,67 b	40.667±1639,16 a	1,22±0,27 a	8,54±0,16 a	26,19±4,06 a
45.455	34.722±364,60 a	28.744±1046,08 b	0,93±0,10 a	8,16±0,75 a	22,55±0,77 a
Producción no comercial					
10.101	918	427	0,47	6,26	15,05
22.727	3.788	1.436	0,35	5,75	17,91
30.303	6.494	1.916	0,34	6,31	16,13
45.455	17.256	5.497	0,31	5,22	15,64

Promedios ± error estándar; con letras distintas, en la misma columna, indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

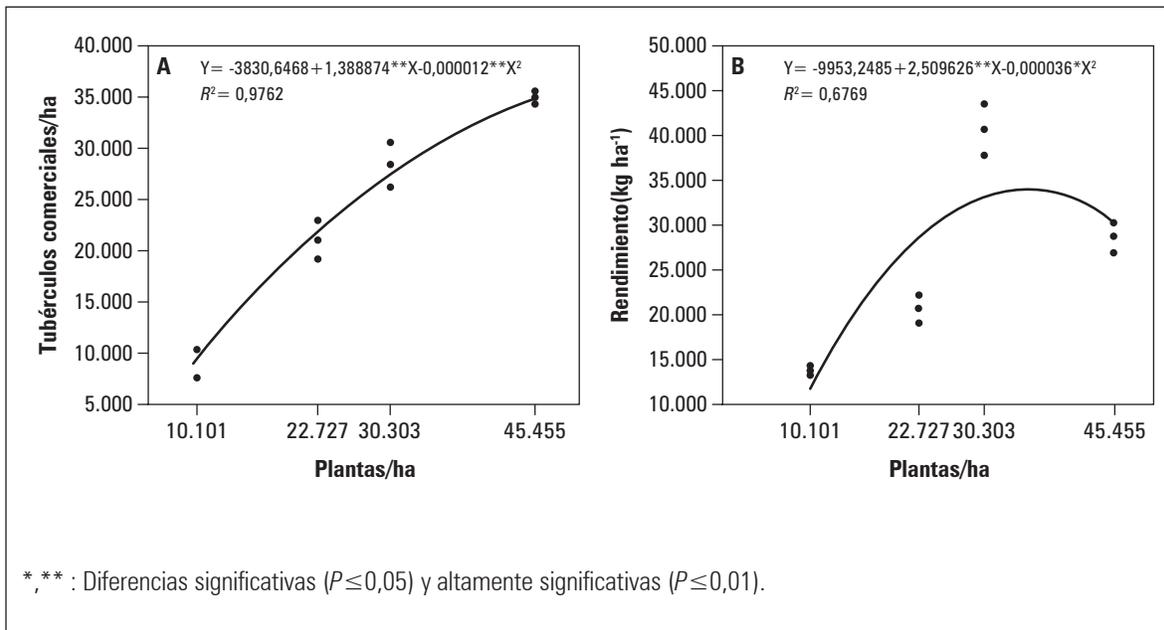


Figura 1. Número de tubérculos (A) y rendimiento (B) de ñame espino cv. Brasileiro tipo exportación en función de la densidad de siembra.

(2016) agregan que la producción también depende del peso de los tubérculos. En este sentido, Semaw (2014) señala que cuando se incrementa la densidad poblacional, las plantas son más eficientes en la utilización del agua y la energía radiante, por lo tanto, existe un aumento de la fotosíntesis y partición de asimilados a los órganos de reserva; no obstante, De Souza y Soares (1998) y Meneses (2008) reportan que existe un punto donde las plantas comienzan a competir por recursos ambientales, donde predomina un alto nivel de sombreado entre plantas vecinas y competencia por agua y nutrientes, que finalmente limita la fotosíntesis y partición de asimilados hacia el tubérculo.

El máximo rendimiento comercial obtenido difiere parcialmente de Cardona (2007), quien en el cultivar de ñame espino guinea obtuvo un rendimiento de $50.752 \text{ kg ha}^{-1}$ con una densidad de 28.604 plantas/ha. Sin embargo, el asocio del mayor rendimiento a una densidad de población inferior a la máxima evaluada, coinciden con Okpara *et al.* (2014), quienes en *D. rotundata* con densidades de población entre 33.333 a 100.000 plantas/ha,

encontraron que en el primer año el rendimiento se incrementó hasta 66.666 plantas/ha. Similares resultados reportan Masarirambi *et al.* (2012) y Razaq *et al.* (2015) en papa (*Solanum tuberosum*), y Rojas (2007) en yuca (*Manihot esculenta*), cuando aumentaron el número de plantas/ha.

En cuanto al peso de los tubérculos tipo exportación, se observó que el peso promedio no fue influenciado por la densidad poblacional (tabla 2). Esto obedece a que la actividad fotosintética de la planta no fue alterada por la densidad de población, tal como lo reportan Pérez *et al.* (2015) en este mismo cultivar. La respuesta de esta variable difiere de las investigaciones de Otoo (1980), Cardona (2007), Okpara *et al.* (2014) y Cornet *et al.* (2016) en *D. rotundata*, quienes lograron reducir el peso de los tubérculos con una densidad de población media o máxima; sin embargo, De Souza y Soares (1998) encontraron en *Dioscorea cayennensis* L. que el peso de los tubérculos no se modificó con la densidad de población.

Con referencia a la producción total (tipo exportación y no exportación), la producción tipo ex-

portación tendió a reducirse en la medida que se incrementó la densidad poblacional, siendo del 90% la proporción de la densidad de 10.101 plantas/ha, seguida de los tratamientos de 22.727; 30.303 y 45.455 plantas/ha con 81,1; 76,39 y 51%, respectivamente (tabla 2). El alto porcentaje de tubérculos no exportables se explicó por la fuerte competencia entre plantas, tal como se describió anteriormente. En contraste, los tubérculos comerciales son producidos por una mayor disponibilidad de recursos, favorecidos por una mayor eficiencia durante su desarrollo, tal como indican Santos y Rodríguez (2008) y Getachew (2012).

La forma de los tubérculos de ñame espino tuvo tendencia entre la oval y cilíndrica, predominando esta última (figura 2). Estas formas no respondieron a la densidad de siembra, sin embargo, las densidades de 22.727 y 45.454 plantas/ha desarrollaron la mayor proporción de tubérculos cilíndricos con 71,67 y 55,56%, respectivamente, característica deseable para la exportación. Algu-

nos autores como Acosta (1980) y Orkwor *et al.* (1998) reportan que la forma cilíndrica es la más común en los tubérculos de *D. rotundata*.

La respuesta de la forma de los tubérculos con la densidad de siembra difiere de los resultados de Cardona (2007) en *D. rotundata*, que con la mayor densidad logró modificar la forma de los tubérculos de irregulares a cilíndricos.

Análisis económico

Los costos de producción de ñame espino se incrementaron conforme aumentó la población de plantas/ha, donde los rubros que marcaron los costos de producción fueron mano de obra, insumos y mecanización (tabla 3). La mano de obra aumentó a medida que se incrementó el número de plantas/ha; mientras que los costos de mecanización/ha se redujeron. Los costos de los insumos se mantuvieron constantes en relación a las diferentes densidades de siembra oscilando entre 46 y 48%.

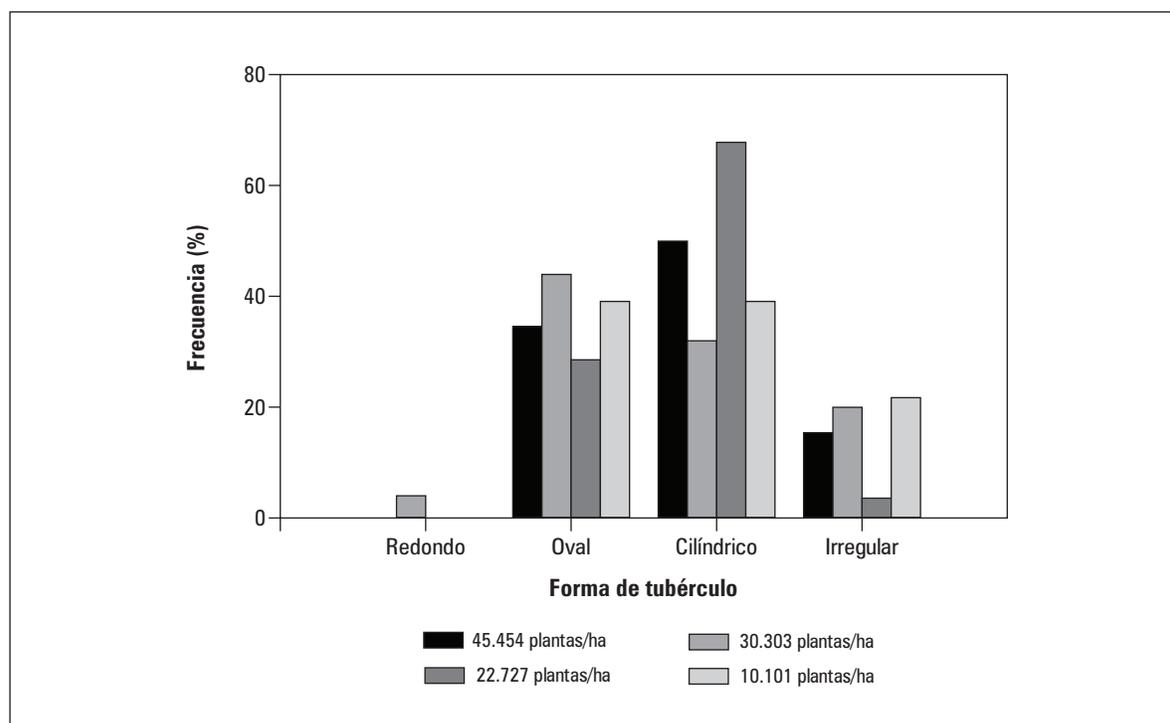


Figura 2. Efecto de cuatro densidades de siembra sobre la forma de los tubérculos de ñame espino cv. Brasileiro.

En los insumos, los gastos de semilla y tutorado se incrementaron con la densidad de población, siendo los más costosos, invirtiéndose hasta el 24,24 y 16,61% de los costos de producción, respectivamente (datos no mostrados). La inversión de tutores a pesar de ser costosa, se hace cada tres años, ya que este es su periodo de durabilidad bajo condiciones de campo.

La rentabilidad se incrementó en la medida que aumentó la densidad poblacional. Entre 10.101 y 30.303 plantas/ha la rentabilidad se incrementó 618,85%, pero entre esta última y 45.455 plantas/ha, se redujo significativamente (58,01%); lo que indica que la población óptima para la variedad espino cv. Brasileiro fue 30.303 plantas/ha.

El hecho de que la densidad de 30.303 plantas/ha sea la de mayor beneficio para los inversionistas, se explica por la alta rentabilidad, que a su vez obedece a los altos rendimientos de este sistema, asociados con los más bajos costos de producción por tonelada (tabla 3). Resultados similares reporta el MDA (2011) en ñame diamante 22 (*Dioscorea alata*), donde la máxima densidad de siembra no fue la de mayor rentabilidad.

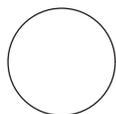
Con el aumento del número de plantas/ha, también se incrementó la cantidad de tubérculos no exportables, no considerándose esto como aspecto negativo, ya que estos tubérculos se pueden vender como semilla al mismo precio de los tubérculos de exportación.

Tabla 3. Impacto de adopción de la producción de cuatro densidades de siembra de ñame espino, en seco y sistema de tutorado por espalderas, Montería, Córdoba.

Descripción	Densidad poblacional (plantas/ha)			
	10.101	22.727	30.303	45.454
Total costo producción/ha	\$ 12.117.861 (US\$ 4.417)	\$ 14.952.335 (US\$ 5.450)	\$ 19.653.685 (US\$ 7.164)	\$ 22.982.696 (US\$ 8.377)
Total costos producción/t (tubérculos comerciales y no comerciales)	\$ 860.338 (US\$ 314)	\$ 676.852 (US\$ 247)	\$ 461.538 (US\$ 168)	\$ 671.204 (US\$ 245)
Rendimiento promedio de tubérculos comerciales o tipo exportación (kg ha ⁻¹)	13.658	20.655	40.667	28.744
Rendimiento promedio de tubérculos no comerciales (kg ha ⁻¹)	427	1.436	1.916	5.497
Rentabilidad (%)	16,23	47,74	116,67	48,99
Mano de obra (%)	30,08	33,21	33,28	35,57
Mecanización (%)	3,71	3,01	2,29	1,96
Insumos (%)	46,71	46,17	48,74	47,66
Costo de oportunidad de la tierra (\$/ha)	\$ 600.000 (US\$ 219)	\$ 600.000 (US\$ 219)	\$ 600.000 (US\$ 219)	\$ 600.000 (US\$ 219)
Jornales/ha	243	331	436	545
Costo mano de obra	\$ 3.645.000 (US\$ 1.329)	\$ 4.965.000 (US\$ 1.810)	\$ 6.540.000 (US\$ 2.384)	\$ 8.175.000 (US\$ 2.980)
Precio corriente al productor diciembre 2015 (\$/t)	\$ 1.000.000 (US\$ 365)	\$ 1.000.000 (US\$ 365)	\$ 1.000.000 (US\$ 365)	\$ 1.000.000 (US\$ 365)
Beneficios netos/t	\$ 139.662 (US\$ 51)	\$ 323.148 (US\$ 118)	\$ 538.462 (US\$ 196)	\$ 328.796 (US\$ 120)
Razón beneficio/costo	0,16	0,48	1,17	0,49
Rendimientos obtenidos	-	51,23%	197,75%	110,46%
Utilidad total/ha (tubérculos comerciales y no comerciales)	\$ 1.917.139 (US\$ 717)	\$ 7.138.665 (US\$ 2.603)	\$ 22.929.315 (US\$ 8.359)	\$ 11.258.304 (US\$ 4.104)

CONCLUSIONES

El aumento poblacional de ñame espinoso cv. Brasileiro respondió significativamente al triplicar el número de tubérculos tipo exportación por área de siembra, al igual que su rentabilidad.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, C. 1980. El cultivo del ñame (*Dioscorea* spp.). Temas de Orientación Agropecuaria (TOA) 145, 18-66.
- Agronet. 2016. Estadísticas área cosechada, producción y rendimiento de ñame, 1986-2014. En: <http://www.agronet.gov.co>; consulta: enero de 2016.
- Álvarez, A. 2000. Prácticas agronómicas para el cultivo de ñame. pp. 33-39. En: Guzmán, M., Buitrago, G. (ed). Ñame: Producción de semillas por biotecnología. Editorial Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Blake, R. 1983. A set size and spacing trial in white yam (*Dioscorea alata* L.). pp. 11-20. En: Proc. Caribbean Regional Workshop on Tropical Root Crops. AGRIS, Jamaica.
- Bouzo, C. 2000. El cultivo de la papa en Argentina. Universidad del Litoral, Santa Fe, Argentina.
- Cardona, J. 2007. Distancia de siembra en la producción y calidad de ñame Guinea negro (*D. rotundata*). J. Agric. Univ. P.R. 91(1-2), 61- 65.
- Cornet, D., J. Sierra, R. Tournebize y B. Ney. 2014. Yams (*Dioscorea* spp.) plant size hierarchy and yield variability: Emergence time is critical. *Europ. J. Agron.* 55, 100-107. Doi: 10.1016/j.eja.2014.02.002
- Cornet, D., J. Sierra, R. Tournebize, B. Gabrielle y F. Lewis. 2016. Bayesian network modeling of early growth stages yam interplant yield variability and allows for agronomic improvement in West Africa. *Europ. J. Agron.* 75, 80-88. Doi: 10.1016/j.eja.2016.01.009
- CNP. 2015. Sistema de información de mercados agroalimentarios: Análisis de mercado de ñame. Boletín No. 1. Consejo Nacional de Producción, San José, Costa Rica.
- De Souza, L. y E. Soares. 1998. Estudo da freqüência de irrigação, densidade de plantas e níveis de nitrogênio na cultura do inhame. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental.* 2, 37-41. Doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v02n01p37-41
- FAO. 2016. Yam production statistics 2013. Faostat, FAO, Roma.
- Fundación Procaribe. 2012. Guía práctica para el manejo orgánico del cultivo de ñame tipo exportación. En: https://issuu.com/swissaid-ko/docs/cartilla_ame_julio_2012; consulta: octubre de 2015.
- Getachew, T., D. Belew y S. Tulu. 2012. Yield and growth parameters of potato (*Solanum tuberosum* L.) as influenced by intra row spacing and time of earthing up: In Boneya Dagem District, Central Highlands of Ethiopia. *Int. J. Agric. Res.* 7(5), 255-265. Doi: 10.3923/ijar.2012.255.265
- Heredia, N., M. Carmo y A. Minuzzi. 2000. Produção de cará (*Dioscorea* sp.) em diferentes densidades de plantio. *Ciênc. Agrotec.* 24 (2), 387-391
- IPGRI-IITA. 1997. Descriptores para el ñame (*Dioscorea* spp). Instituto Internacional de Agricultura Tropical, Ibadan, Nigeria.
- Masarirambi, M., F. Mandisodza, A. Mashingaidze y E. Bhebhe. 2012. Influence of plant population and seed tuber size on growth and yield components of potato (*Solanum tuberosum*). *Int. J. Agric. Biol.* 14 (4), 545-551.
- Meneses, C. 2008. Absorção de NPK na cultura do inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam) em três densidades de plantio. Tesis de maestría. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil.
- MDA. 2011. Costos de producción de rubros agrícolas. Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Panamá.
- Okpara, D., A. Ikoro, E. Mbah y F. Akpaninyang. 2014. Growth and yield of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) microsett in response to plant population and NPK fertilizer. *Nig. J. Crop Sci.* 2(1), 72-76.

- Orkwor, G., R. Asiedu e I. Ekanayake. 1998. Food yams: Advances in research. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria.
- Otoo, J.A. 1980. Effect of time of topping and spacing on seed yam yield. *Ghana J. Agric. Sci.* 13, 93-100.
- Palencia, G., T. Mercado y E. Combatt. 2006. Estudio agrometeorológico del departamento de Córdoba. Gráficas del Caribe, Montería, Colombia.
- Pérez, D., R. Campo y A. Jarma. 2015. Respuesta fisiológica del ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir.) a las densidades de siembra. *Rev. Cien. Agr.* 32(2), 117-124.
- Razaq, M., A. Rab, H. Alam, Salahuddin, S. Saud y Z. Ahmad. 2015. Effect of potash levels and plant density on potato yield. *J. Biol. Agric. Healthcare* 5(13), 55-62.
- Reina, Y. 2012. Documentos sobre economía regional: El cultivo de ñame en el Caribe colombiano. Banco de la Republica, Cartagena.
- Robles, P. 2008. Influencia de la densidad de plantación sobre la producción y calidad de dos cultivares de patata. Tesis de especialización. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Rojas, R., W. Gutiérrez, D. Esparza, B. Medina, Y. Villalobos y L. Morales. 2007. Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agr.* 24(1), 94-112.
- Sánchez, C. y L. Hernández. 1998. Descripción de aspectos productivos de postcosecha y de comercialización del ñame en Córdoba, Sucre y Bolívar. Corpoica, C.I. Turipaná, Cereté, Colombia.
- Santos, B. y P. Rodríguez. 2008. Optimum in-row distances for potato minituber production. *HortTechnol.* 18(3), 404-405.
- SAS. 1999. SAS Software. Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Semaw, W. 2014. Effect of planting density on growth and yield of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] varieties in Habru district, northern Ethiopia. College of Agriculture and Environmental Science, Haramaya University, East Harerge, Etiopia.