

**Posición de la estaca y su efecto sobre el rendimiento de raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)  
en Veracruz, México**

Stem position and its effect on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root yield in Veracruz, Mexico

**Xóchitl Rosas-González**<sup>1✉</sup>, Isaac Meneses-Márquez<sup>1</sup>, Enrique Noé Becerra-Leor<sup>1</sup>, Andrés Vásquez-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Cotaxtla. Km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba. Municipio de Medellín de Bravo, Ver., México. CP 94270. Teléfono: 01 (229)-2622-232.

E-mail: rosas.xochitl@inifap.gob.mx ✉ Autor para correspondencia

**Recibido: 10/08/2013**

**Aceptado: 5/12/2013**

**RESUMEN**

Se evaluaron tres tratamientos correspondientes a la posición de estaca (T1= horizontal, T2= inclinada (45°) y T3= vertical) con el objetivo de conocer su efecto sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de raíces frescas. La siembra se realizó el 6 de junio del 2012 en Medellín de Bravo Veracruz, México. Se utilizó el genotipo MMEXV3, bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió de cinco surcos de cinco metros de largo y con distancia entre surcos y plantas de un metro (30 plantas por tratamiento y repetición). Se midió la altura de planta (m), diámetro de tallo (mm), número total de raíces, número de raíces comerciales y rendimiento total (t·ha<sup>-1</sup>). A los 240 días después de la siembra, el tratamiento dos (estaca en posición inclinada) tuvo la mayor altura de planta (3,02 m); el tratamiento uno (horizontal) solamente alcanzó 2,84 m. La posición de la estaca no afectó el número total de raíces y número de raíces comerciales, sin embargo la estaca sembrada de manera inclinada (T2) superó numéricamente en 1.7 t·ha<sup>-1</sup> de raíces frescas a la estaca sembrada en posición horizontal (T1), aunque no hubo diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto el mejor tratamiento para la producción de raíces frescas de yuca fue la siembra de estacas en posición inclinada.

**Palabras clave:** raíz fresca, distribución de raíces, almidón.

## ABSTRACT

Three stake positions T1 = horizontal, T2 = inclined (45 °) and T3 = vertical were evaluated with the objective of knowing the effect of growth, development and fresh roots yield. Sowing was carried out on June 6, 2012 in Medellín de Bravo, Veracruz, Mexico. Plant material used was MMEXV3 genotype under a randomized block design with three replications. Experimental plot was five rows of five meters length and row and plant distances of one meter each one (30 plants per treatment and replication). Plant height (m), stem diameter (mm), total and commercial root number, and total yield ( $t \cdot ha^{-1}$ ) were measured. At 240 days after sowing, cutting sowed at inclined position had the higher plant height (3,02 m) and horizontal cuttings only reached 2,84 m. Total and commercial roots number were not affected by cutting position. For total yield did not have statistical differences although cutting sowed at inclined position (T2) was superior numerically at  $1.7 t \cdot ha^{-1}$  to horizontal position (T1). Therefore cutting sowed at incline position was the best treatment for fresh root production of cassava.

**Key words:** fresh root, root distribution, starch.

## INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo tropical que se siembra por sus raíces ricas en almidón cuyo contenido fluctúa entre 73,7% y 84,9% del peso seco total. En la actualidad se ha diversificado el uso de la yuca, pues además del consumo fresco, alimentación animal, comidas procesadas y producción de bioetanol, las raíces han ingresado en el mercado global del almidón y sus derivados (Sánchez *et al.*, 1999). De este hecho se deriva que el cultivo haya experimentado un notable ascenso en superficie cultivada. Sin embargo, en México los rendimientos continúan relativamente bajos ( $7 t \cdot ha^{-1}$ ) (SAGARPA, 2012), debido principalmente al uso de materiales criollos y a un manejo agronómico inadecuado.

En México la investigación sobre el cultivo de yuca se dejó de realizar a fines de la década de los noventa y se ha retomada a partir del 2009, cuyas actividades se han enfocado hacia la colecta y evaluación agronómica preliminar de genotipos. Derivado de lo anterior se ha identificado el genotipo MMEXV3 como un material promisorio con

base en la producción total de raíces frescas ( $80 t \cdot ha^{-1}$ ) y contenido de almidón (Meneses *et al.*, 2012).

Los sistemas de siembra de yuca que se vienen aplicando en el país varían de una zona a otra, utilizándose diferentes posiciones y longitudes de estacas y profundidades variables, bien sea en el suelo plano o sobre el camellón. La posición en que se siembran las estacas va a influir en la distribución de las raíces reservantes e igualmente en el proceso de la cosecha que de acuerdo al sistema que se use, será fácil o difícil, también esto influye en el crecimiento de la parte aérea que en algunos casos, según el tamaño de las estacas que se utiliza, va a contribuir al control de las malezas (Arismendi, 2001).

Montaldo (1979; citado por Velásquez y Ortega, 1994), menciona que varios trabajos en relación a la posición de estacas, han obtenido resultados contradictorios y que no se encontraron diferencias estadísticas significativas respecto al rendimiento de raíces reservantes.

Velásquez y Ortega (1994), realizaron un estudio en el que evaluaron tres profundidades y posiciones de siembra, y se demostró que la profundidad de plantación afecta considerablemente a la producción de raíces reservantes, la brotación de yemas y el acame de las plantas; los tratamientos más favorables correspondieron a profundidades de 5 y 10 cm en posición horizontal e inclinada y concluyó que la posición de plantación interfiere en la producción en menor grado que la profundidad.

Para los aspectos relacionados con el tamaño de la estaca y la posición de siembra, Arismendi (2001) encontró que el mayor rendimiento se alcanza con las estacas más grandes (45 cm) en el cultivar Bonifacia y Querepa y con respecto a la posición de siembra, la forma de colocación de la estaca no influyó sobre el rendimiento.

Normanha y Pereira (1950), citado por Velásquez *et al.* (1994) demostraron que las profundidades de plantación de estacas influyen principalmente sobre la formación de raíces reservantes. Los mismos autores, ensayando con profundidades de 5, 10 y 15 cm, encontraron que ésta última es la más favorable. Sin embargo, la siembra a 5 cm, a pesar de comportarse bien en época lluviosa, no es aconsejable porque no suministra un buen anclaje a las plantas; por lo que recomienda plantar a los 10 cm.

Cock y Howeler (1978) encontraron que la posición en que se siembra la estaca no tiene un efecto significativo en el rendimiento; sin embargo, la posición vertical es la más utilizada y se recomienda porque favorece el crecimiento inicial y reduce el vuelco de las plantas; no obstante, cuando la cosecha se realiza en forma mecanizada se recomienda plantarlas en posición horizontal ya que las raíces se separan y facilita esta labor. Resultados similares son reportados por Velásquez (1978), quien al sembrar en suelos planos en posición vertical,

inclinada (45 grados) y horizontal (enterradas totalmente), no encontró diferencias significativas entre tratamientos, pero la mayor producción de raíces se obtuvieron cuando las estacas se sembraron de forma horizontal.

Por ser la yuca un cultivo cuyo producto se forma en el suelo, donde se precisa ser arrancado en el momento oportuno, es importante saber la posición en que debe sembrarse la estaca, de tal manera que permita al cultivo proporcionarle las mejores condiciones para que favorezcan su enraizamiento, crecimiento inicial, buena producción radical y al mismo tiempo facilite la cosecha. Derivado de lo anterior y debido a que en México no se han realizado estudios al respecto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de posición de la estaca de yuca sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de raíces frescas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla, del INIFAP, ubicado en el kilómetro 34.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México. La localización geográfica es 18° 50' de Latitud Norte y 97° 43' Longitud Oeste y una altitud de 14 msnm. La temperatura media anual es de 25° C y de 21.8° y 31.8° C la mínima y máxima respectivamente, la precipitación media anual es de 1350 mm (García, 1988). La siembra se realizó el 6 de junio del 2012 y el material vegetal utilizado fue el genotipo MMEXV3, proveniente de una colecta realizada en el estado de Veracruz en el 2009, la cual fue sobresaliente en rendimiento de raíces frescas y contenido de almidón en la evaluación agronómica preliminar llevada a cabo en el período de julio de 2011 a abril de 2012. Se evaluaron tres tratamientos de siembra relacionado con la posición de estaca: T1= horizontal, T2= inclinada (45 grados) y T3= vertical. El tamaño de la estaca utilizada fue de

20 cm de longitud; las cuales antes de sembrarse se sumergieron en una solución a base de Carbendazim (3 gramos por litro de agua) durante cinco minutos, con el fin de desinfectar y prevenir enfermedades fungosas durante el enraizamiento y crecimiento inicial de la planta. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones; la parcela experimental constó de cinco surcos de 5 metros de largo y con distancia de un metro entre surcos y entre plantas, para un total de 30 plantas por tratamiento y repetición. Las variables evaluadas fueron:

Altura de planta (AP; m). Se seleccionaron de manera aleatoria 10 plantas por tratamiento y repetición las cuales se identificaron mediante un listón rojo y con la ayuda de una regla de madera se determinó ésta variable, a través de diez muestreos en el período de los 100 hasta los 240 días después de la siembra con intervalos de 15 días. A estas mismas plantas se les midió el diámetro de tallo (DT) con un vernier digital y la medida se expresó en milímetros. Al momento de la

cosecha a las plantas seleccionadas de cada tratamiento y repetición, se le contabilizó el número total de raíces (NTR), número de raíces comerciales (NRC) y rendimiento total (RT) ( $t\ ha^{-1}$ ). Del NTR se contabilizó el NRC, considerando como tales a aquellas que tuvieron una longitud mayor a los 20 cm; éstas se pesaron en una báscula digital para determinar el rendimiento total, el cual se expresó en toneladas por hectárea. Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS y se realizó la comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) (SAS, 1989).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los cuadrados medios del ANAVA se determinó que no se encontraron diferencias significativas para la fuente de variación correspondiente a tratamientos, sobre las variables número total de raíces, número de raíces comerciales y peso total de raíces (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Cuadrados medios del análisis de varianza de caracteres evaluados en yuca.

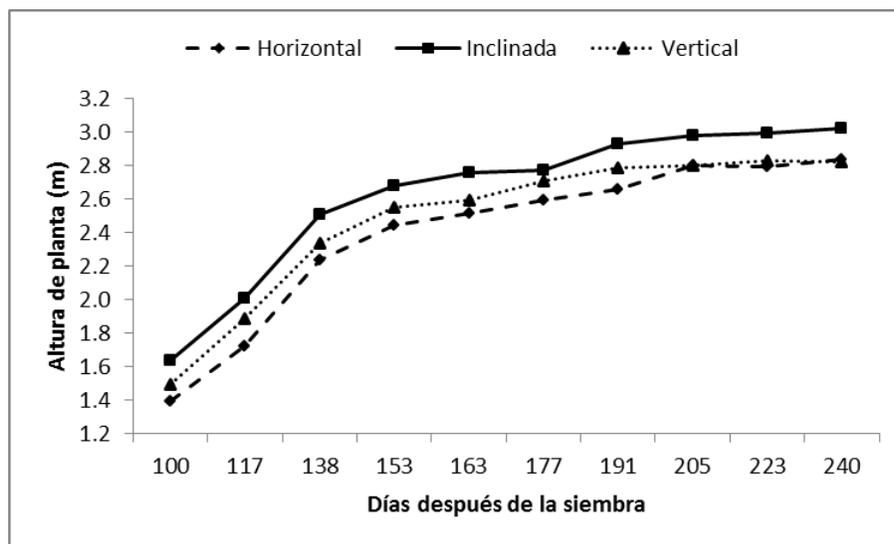
F.V.	G.L.	C a r a c t e r		
		NTR	NRC	RT
Bloque (B)	2	8,71	5,41	52,24
Tratamiento (T)	2	7,51 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
B X T	4	31,84	17,42	4,22
Error	81	26,26	12,83	5,03
Media		12,74	7,01	4,82
C.V.		40,21	51,09	46,51

F.V.: Fuente de variación, G.L.: Grados de libertad, NTR: Número total de raíces, NRC= Número de raíces comerciales, RT= Rendimiento total. <sup>ns</sup>: No significativo.

A través de los diez muestreos correspondientes al diámetro de tallo y altura de planta se encontró que la siembra de estacas en posición inclinada (45°) favoreció una mejor expresión en ambas variables, aunque es importante resaltar que éste efecto fue más claro al observar la tendencia en altura de la

planta a través de los muestreos realizados (Figuras 1 y 2).

A los 240 días después de la siembra la estaca en posición inclinada (45°) tuvo la mayor altura de planta (3,0 m) y la vertical solamente alcanzó 2,8 m (Figura 1).



**Figura 1.** Crecimiento de la planta de yuca en respuesta a la posición de siembra de la estaca.

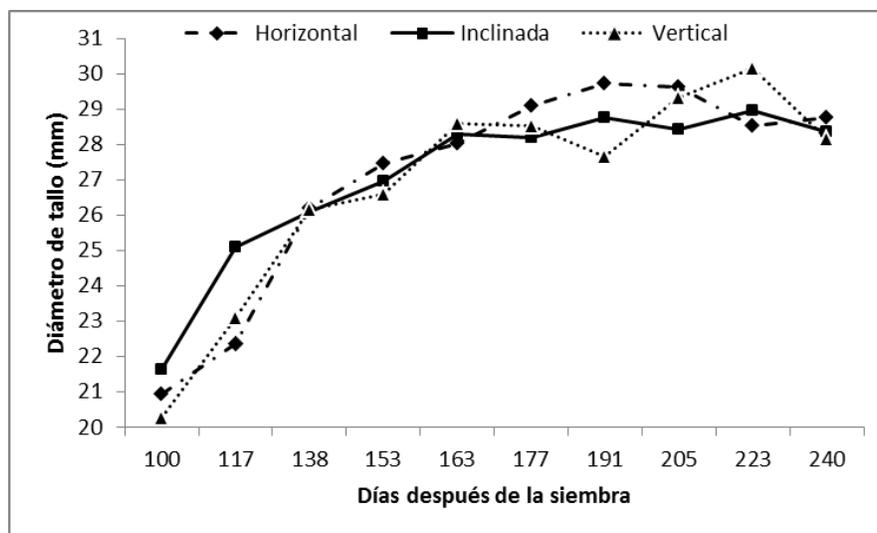
El tratamiento de siembra de estacas en posición vertical siempre tuvo una expresión intermedia entre los tratamientos bajo evaluación. Situación contraria con las estacas en posición horizontal, donde siempre se expresó como el tratamiento con menor altura de planta, sin embargo en el último muestreo ambos tratamientos tuvieron el mismo valor. Su tendencia fue más variable cuando se observa los datos correspondientes al diámetro de tallo (Figura 2).

A pesar de que no hubo diferencias significativas en las variables relacionadas con producción de raíces frescas, se realizó la

comparación de medias con la finalidad de conocer las diferencias numéricas. De ésta manera, el mejor rendimiento total se observó al colocar las estacas de manera inclinada (T2), el cual superó en 1,7 toneladas por hectárea en comparación con las estacas colocadas de manera horizontal (T1) (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con los reportados por Arismendi (2001), Velásquez *et al.* (1994) y, Cock y Howeler (1978), en la que no encontraron diferencias estadísticas por efecto de la posición de estaca. Sin embargo, el rendimiento obtenido al sembrar estacas en posición vertical (48 t ha<sup>-1</sup>) fue intermedio entre los tres tratamientos, el cual es diferente a lo

señalado por Vega (2010) en el sentido de que con la plantación de estacas en forma vertical se obtiene mayor rendimiento de raíces y un mayor crecimiento en la etapa inicial del

cultivo, aunque esta posición tiene la desventaja de profundizar más la raíz y dificulta la cosecha.



**Figura 2.** Desarrollo del tallo de yuca durante su crecimiento vegetativo.

**Cuadro 2.** Comparación de medias de caracteres de rendimiento evaluados en yuca.

Tratamiento	Carácter		
	NTR	NRC	RT (t ha <sup>-1</sup> )
T1	12,33	7,26	47,4
T2	12,76	6,9	49,1
T3	13,23	6,86	48,0
DMS	3,15	2,2	13,8

T1= Horizontal, T2= Inclinada (45 grados) y T3= Vertical, NTR: Número total de raíces, NRC= Número de raíces comerciales, RT= Rendimiento total.

Se obtuvo menor RT cuando la estaca se sembró en posición vertical (T3), en

comparación a la estaca inclinada (T2); éstos resultados eran de esperarse ya que T3 tuvo el

mayor diámetro de tallo y ésta variable entre mayor valor exprese, más influye de forma negativa sobre el rendimiento (Chavarría, 2003). Sin embargo la influencia sobre la producción de raíces no depende tanto de la posición de la estaca, sino de qué parte del tallo (basal, media y terminal) se utilice al sembrarse, ya que las estacas basales producen mayor cantidad de raíces comerciales en comparación con las estacas terminales (Vega, 2010).

## CONCLUSIONES

La siembra de estacas en posición inclinada (T2) tuvo la mayor altura de planta, seguida de las estacas sembradas en posición horizontal (T1); la diferencia entre ambos tratamientos fue de 20 cm.

La siembra de estacas en posición horizontal (T1) favoreció un mayor desarrollo del diámetro de tallo, mientras que la posición vertical (T3) mostró tallos de menor diámetro, con una diferencia de aproximadamente un centímetro.

Aunque no hubo diferencias estadísticas significativas en las variables relacionadas con el rendimiento, numéricamente sobresalió el tratamiento con estacas sembradas en posición inclinada (T2), superando en  $1,7 \text{ t ha}^{-1}$  a las estacas con siembra horizontal (T1). El T1 superó en número de raíces comerciales a los restantes tratamientos evaluados; los tratamientos T2 y T3 tuvieron el mismo número de raíces comerciales, sin embargo el primero presentó mayor rendimiento debido probablemente a un mayor diámetro o longitud de raíz.

## LITERATURA CITADA

Arismendi, L. G. 2001. Investigación sobre el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el Oriente de Venezuela. Revista científica UDO Agrícola 1(1):1-

10.

Chavarría M. E. 2003. Evaluación agronómica de siete variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en las condiciones del municipio de Nueva Guinea, Nicaragua. Tesis profesional. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 77 p.

Cock J. H. and H. Howeler R. 1978. The ability of cassava to grow on poor soils. In: Junt GA (ed). Crop tolerance to suboptimal land conditions. ASA special Publication No. 32 American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. pp. 145-154.

Fukuda, W. M., G. Guevara, R. Kawuki and M. E. Ferguson. 2010. Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. 19 p.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlos a las condiciones de la República mexicana. 4ª. Edición. UNAM. México D.F.

Meneses, M. I.; A. Vásquez H.; X. Rosas G.; E. N. Becerra L. 2012. Contenido de materia seca y almidón en clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Memoria VII Reunión Nacional de Innovación Agrícola. pp 204. Queretaro, México.

SAGARPA, 2012. Anuario estadístico de la producción agrícola. SIACON. SIAP. México, D. F. Consulta on line.

Sánchez E.D.; J. Acosta E.; M. Rodríguez C.; A. Olivera de los S. 1999. Manual para producir follaje de yuca *Manihot esculenta* Crantz, en Tabasco. INIFAP.CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Libro Técnico Núm. 3. Tabasco, México. 95 p.

- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT user's guide. Version 6.01.SAS Institute Inc. Nueva York., USA. 479 p.
- Vega, M. 2010.Producción de mandioca para uso industrial. Asunción, Paraguay. 130 p.
- Velásquez E. J. 1978. Métodos de plantación de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en suelos de sabana Oriental. *Agronomía Tropical* 28(2):117-124.
- Velásquez E. J. y E. Ortega C. 1994. Efecto de la profundidad y posición de plantación de esquejes de yuca en la producción de raíces. *Agronomía Tropical*. 44(3): 441-453.