

Evaluación de 16 clones élites de yuca con prácticas de manejo integrado en el eje panamericano de los estados Mérida-Zulia

Evaluation of 16 cassava elite clones with an integrated management practices on the pan american area of Mérida-Zulia states

María A. Ormeño D.^{1*}, José C. Garnica¹, Noris Terán² y Juan C. Rey³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA - Mérida). ²Fundación de Capacitación e Innovación para Apoyar la Revolución Agraria (CIARA). ³Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA - CENIAP).
*Correo electrónico: mormeno@inia.gob.ve

RESUMEN

El eje panamericano de los estados Mérida y Zulia forma parte de la subregión de la costa sur-oriental del Lago de Maracaibo, Venezuela. En esta zona se cultiva la yuca en condiciones de secano y con escaso manejo agronómico. Predomina el cultivar Armenia de ciclo corto (7 a 9 meses). Con el objetivo de identificar variedades productivas y adaptadas a esas condiciones se evaluó el rendimiento de 16 clones élites de yuca provenientes del Banco de Germoplasma del INIA-CENIAP con el uso de abonos orgánicos. Fueron establecidas tres parcelas demostrativas en los municipios Alberto Adriani (Mérida), Tulio Febres Cordero (Mérida) y Sucre (Zulia), con 3 bloques al azar cada una. Se plantaron 10 estacas/clon/bloque a 1 x 1 m. Las estacas fueron desinfectadas con *Trichoderma* al 20%. Se aplicó fertilización química de acuerdo al análisis de suelo; adicionalmente, se complementó la fertilización con té de estiércol (20%) + vermicompost líquido (10%), quincenalmente; fue usado repelente para plagas a base de ruda (*Ruta graveolens*) al 10%, mensualmente. La cosecha se realizó a los 9 meses, se promediaron los rendimientos de 10 plantas/clon/bloque seleccionadas al azar, resultando como los mejores clones para los tres sectores estudiados: 'Paiguanera' (amarga) y 'CM6740-7' (dulce) con rendimientos superiores a los 53000 kg.ha⁻¹. El uso de abonos orgánicos como complemento de la fertilización química de la yuca permitió obtener buenos rendimientos para la mayoría de los clones élites evaluados, superiores a los obtenidos por los mismos clones en otros estados del país y de los rendimientos de los productores, sin uso de abonos orgánicos.

Palabras clave: *Manihot esculenta* Crantz, abonos orgánicos, agricultura ecológica.

ABSTRACT

The panamerican axis of Mérida and Zulia states are part of the sub-region of the southeast coast of Maracaibo Lake in Venezuela. In this area, cassava is cultivated under rainfall conditions and with very little agronomic management. The predominant short cycle cultivar is Armenia (7 to 9 months). To identify production and adaptation cultivars to such conditions and assess the performance with the use of organic fertilizers, three demonstration plots were established with 16 elite clones from the germplasm bank of INIA-CENIAP elite cultivars. Plots were established in the Alberto Adriani and Tulio Febres Cordero municipalities (Mérida) and Sucre (Zulia), with three (3) randomized blocks design; 10 cuttings/clone/block to 1 x 1 m. The cuttings were disinfected with *Trichoderma* to 20%. Chemical fertilization was applied accordingly to the soil study. Additionally, fertilization was complemented with manure tea (20%) + liquid vermicompost (10%) each fifteen days; insect repellent made of *Ruta graveolens* (10%), each month. The harvest was done after 9 months and the yield of 10 plants/clone/block randomly selected were averaged. Results showed that the best, of all sectors evaluated were the following: 'Paiguanera' (bitter) and 'CM6740-7' (sweet) with yields superior to 53000 kg.ha⁻¹. The use of organic fertilizers as a complement to chemical fertilization of cassava produced better yields for almost elite clones under study, superior to the same clones produced in other parts of the country and yields obtained by farmers without use of organic fertilizers.

Key words: *Manihot esculenta* Crantz, organic fertilizers, agroecology agriculture.

Recibido: 13/02/15

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo originario de América Tropical, consumida por los indígenas en forma de raíces frescas o procesadas para hacer harinas, casabe, masato o chicha de yuca. Fue llevada a otros países después de la invasión al continente americano, encontrándose actualmente entre los 30° de latitud norte y sur (INIAP, 1995; Montaldo, 1991). Se considera a la yuca como una de las principales fuentes energéticas en la alimentación humana y animal, además de poseer un gran potencial a nivel industrial (Torres *et al.*, 1999).

Para el año 2013 Venezuela produjo 558000 t, con un rendimiento promedio de 12 t.ha⁻¹ (FEDEAGRO, 2015). Los principales estados venezolanos productores de yuca son Monagas, Sucre, Bolívar, Amazonas y Zulia. Según datos del Censo Agrícola Nacional del año 2008, la superficie cosechada fue de 7363 ha (Monagas), 4976 ha (Bolívar), 4172 ha (Sucre) y 4146 ha (Amazonas). En el estado Mérida se sembraron 757 ha de yuca dulce con una producción de 5998 t (MPPAT, 2008).

En Venezuela, la mayoría de los estudios relacionados con la fertilización de la yuca reportan el uso de fertilizantes químicos o aplicación de roca fosfórica. Solo un par de trabajos se refieren al estudio del uso de micorrizas asociadas a la yuca en el oriente del país (Arismendi, 2001).

La cantidad de nutrientes removidos por las raíces de la yuca son más bajos comparados con los removidos por otros cultivos (Howeler, 2001); sin embargo, pueden ser altos cuando los rendimientos son altos (Howeler, 2001, Wichmann, 1992); por esta razón los rendimientos de la yuca bajan progresivamente cuando no son aplicados nutrientes en el suelo.

El potasio es el nutriente que más es removido del suelo por las plantas de yuca, por lo cual debe ser adicionado en mayores cantidades que los otros nutrientes, sin exagerar su cantidad, pues excesos de potasio pueden perjudicar la absorción de calcio y magnesio por su antagonismo. La aplicación de estiércol de bovino y compost, más cantidades balanceadas de fertilizantes NPK, pueden minimizar el antagonismo entre estos cationes (Wargiono *et al.*, 2002).

Cada tonelada de raíces crudas de yuca producidas por hectárea, remueven cerca de 3 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 7 kg de potasio del suelo por hectárea. La mayoría de los nutrientes a excepción del potasio se encuentran en las hojas y tallos, por lo cual si estos son incorporados en el suelo, habrá poca carencia de los mismos (FiBL, 2011).

El uso de fertilizantes inorgánicos es la forma más fácil de aumentar la productividad de la yuca; sin embargo, los elevados precios y la disponibilidad para los pequeños agricultores limitan su uso a nivel mundial. Los agricultores tienen otras alternativas para mejorar la productividad de la yuca, siendo importante aumentar la disponibilidad de los nutrientes y reducir las pérdidas de los mismos dentro de los sistemas agrícolas. Para ello, se debe incluir el manejo de las arvenses, el control de la sequía, mejorar la fertilidad del suelo, la rotación de cultivos con especies que aporten nutrientes al suelo como abonos verdes, entre otros (Ormeño y Ovalle, 2011; Ormeño y Zambrano, 2011; FiBL, 2011; Fermont, 2010; Ormeño *et al.*, 2010 a; Howeler, 2007; Wargiono *et al.*, 2002).

Burgos *et al.* (2012) indicaron que en suelos arenosos (Entisoles) y clima subtropical en Corrientes (Argentina), con moderadas cantidades de K y bajos contenidos de P, la aplicación de fertilizantes químicos potásicos no afectó los rendimientos de la yuca; sin embargo, la aplicación de fósforo si tuvo incidencia positiva en los rendimientos para mantener niveles de 20 t.ha⁻¹.

Las parcelas demostrativas fueron establecidas en los estados Mérida y Zulia del eje panamericano, que forma parte de la subregión conformada por varios municipios de los estados Táchira, Mérida, Zulia y Trujillo, que bordean la costa sur-oriental del Lago de Maracaibo en Venezuela. En esta zona se cultiva la yuca en condiciones de secano y con escaso manejo agronómico. Predomina el cultivar de yuca Armenia (proveniente de Colombia) de ciclo corto (7 a 9 meses). Los factores limitantes para su producción son los intensos períodos de lluvia (1900 a 2809 mm.año⁻¹) alternados con fuertes períodos de sequía, el ataque de algunas plagas como el gusano cachudo (*Erinnyis ello*) y el alto nivel freático de los suelos aluviales cercanos a los bordes del Lago. Según productores del

municipio Sucre (Zulia) en sus parcelas se han obtenido rendimientos con fertilización química de hasta 5 kg.planta⁻¹ (50 t.ha⁻¹) y sin fertilización de 2,5 kg.planta⁻¹ (25 t.ha⁻¹) bajo estas condiciones. Con el fin de probar otros cultivares de yuca utilizados en el país, se evaluaron 16 clones élites de yuca (dulces y amargos), conservados en el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas - Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP) provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Palmira-Colombia), INIA Anzoátegui e INIA Barinas; y como testigo la yuca 'Armenia', por ser la más difundida y de ciclo corto en la región. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue identificar clones productivos, adaptados a estas condiciones y evaluar el rendimiento con el uso de abonos orgánicos como complementos de la fertilización, así como el uso de otras prácticas de manejo integrados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en tres localidades diferentes del eje panamericano Mérida - Zulia: Cooperativa Pan y Amor, Fundo Zamorano Río Chama, sector Caño Balza municipio Alberto Adriani (Mérida), coordenadas UTM E-212.750 y N-957.400. Altura de 57 m.s.n.m., suelos de textura media, franco arcillosa (FA), bajo en nutrientes, fuertemente ácido (pH = 5,1).

Consejo Comunal Campesinos Unidos, Comuna 12 de Octubre (ex Fundo Zamorano Santa Ana), parroquia Independencia, municipio Tulio Febres Cordero (Mérida), coordenadas UTM E-264.666 y N-1.006.266. Altura de 54 m.s.n.m., suelos de texturas medias, franco arenoso (Fa), bajo en todos los nutrientes y contenido de materia orgánica, moderadamente ácido (pH = 5,8).

Asentamiento Campesino Los Aguacates, sector Caja Seca, parroquia Rómulo Gallegos, municipio Sucre, estado Zulia, coordenadas UTM E-272.317 y N-1.012.606. Altura de 84 m s. n. m., suelos con texturas livianas, areno francosa (aF), bajo en todos los nutrientes y materia orgánica, suelos neutros (pH = 6,6). Los datos de los análisis físico-químicos de suelos se presentan en el Cuadro 1.

En los tres lotes se tomaron muestras de suelo, dos meses antes de la siembra, con

el fin de conocer la fertilidad inicial de los mismos y el estado fitosanitario. Las muestras fueron tomadas utilizando el método en zigzag (Ormeño *et al.*, 2008a). Los análisis de fertilidad de suelos y fitosanitarios fueron realizados en los Laboratorios de Suelos y de Fitopatología del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) en Mérida, respectivamente. Los análisis de fertilidad de los abonos orgánicos fueron realizados en el Laboratorio de la Escuela de Geografía de la Universidad de Los Andes (Cuadro 2).

Cooperativa Pan y Amor

La siembra se realizó en el mes de abril del año 2008. Se seleccionaron estacas "semilla" de aproximadamente 20 cm de longitud de los 16 clones élites que fueron evaluados (Cuadro 3). Se establecieron tres bloques al azar conformados por 10 estacas/clon, sembradas 1 x 1 m. Las semillas fueron desinfectadas por inmersión con *Trichoderma* al 20%, por 15 min. La siembra se realizó en surcos, se enterraron las estacas de forma horizontal a unos 6 cm de profundidad y se aplicó la solución de *Trichoderma* sobre las estacas sembradas. Al transcurrir un mes, se realizó el conteo de la brotación y se repitió la aplicación de *Trichoderma* (25 g/asperjadora de 18 L). Se fertilizó con vermicompost líquido (650 ml/asperjadora de 18 L) el primero y segundo mes después de la siembra. En el tercer mes se aplicaron fertilizantes químicos para cubrir los requerimientos del cultivo en ese suelo N:P:K (60-60-85), utilizando 50 g.planta⁻¹ de fertilizante 12-12-17SP.

El desmalezado se hizo manual el primer mes y luego se usó cortadora (guadaña). Se encontró el insecto plaga gusano cachudo (*Erinnyis ello*) al mes de la siembra, por lo que se aplicó el insecticida Lorsban® (Clorpirifós) una sola vez en todo el ciclo del cultivo. Se aplicó el repelente para insectos plaga a base de ruda (*Ruta graveolans*) al 10% mensualmente los tres primeros meses del cultivo (Ormeño y Rosales, 2008). Se realizó la cosecha a los 9 meses, se tomaron las medidas de 5 plantas/clon/bloque: peso de la parte aérea, hojas y tallo (PPA); peso total de las raíces (PTR); peso de las raíces comerciales o útiles (PUR); número total de raíces (NTR); diámetro de raíz en la región ecuatorial (DR); longitud de las raíces (LR); y gravedad específica (GE)

Cuadro 1. Análisis físico-químicos de fertilidad de los suelos de las tres parcelas bajo estudio.

| | | Cooperativa Pan y Amor | Santa Ana | Caja Seca |
|---------|------------------------|---------------------------|-----------|-----------|
| Textura | (%) | FA | Fa | aF |
| pH | (1:2,5) | 5,1 | 5,8 | 6,6 |
| MO | (%) | 2,85 | 0,97 | 0,8 |
| N | (%) | 0,14 | 0,12 | 0,11 |
| CE | (dS.m ⁻¹) | 0,03 | 0,08 | 0,03 |
| P | (mg.kg ⁻¹) | 4 | 19 | 19 |
| Ca | (mg.kg ⁻¹) | 305 | 269 | 90 |
| Mg | (mg.kg ⁻¹) | 62 | 75 | 10 |
| K | (mg.kg ⁻¹) | 96 | 421 | 66 |

FA (franco arcillosa), Fa (franco arenosa), aF (areno francosa), MO (materia orgánica), CE (conductividad eléctrica). Métodos: textura (Bouyoucos), P₂O₅ disponible y K₂O disponible (Olsen, pH 8,5), Calcio y Magnesio disponible (Morgan modificado, pH 4,2), Materia Orgánica (Walkley & Black), pH (suspensión 1:2,5), CE (conductímetro relación 1:5). UCV, 1993.

Cuadro 2. Análisis físico-químicos de fertilidad de los abonos usados en las parcelas de yuca

| | | Té estiércol | Vermicompost líquido |
|----|------------------------|--------------|----------------------|
| pH | (1:2) | 7,6 | 7,04 |
| N | (%) | 0,9 | 0,03 |
| P | (mg.kg ⁻¹) | 42 | - |
| Ca | (mg.kg ⁻¹) | 3700 | 6000 |
| Mg | (mg.kg ⁻¹) | 4145 | 2369 |
| K | (mg.kg ⁻¹) | 67825 | 45386 |
| Na | (mg.kg ⁻¹) | 85 | 1401 |

N (nitrógeno), método de Kjeldhal (modificado).

Cuadro 3. Clones utilizados en los ensayos de adaptabilidad y su procedencia.

| Clon | Procedencia | Amarga | Dulce |
|------------------|-------------|--------|-------|
| Vara de Arpón | Barinas | | X |
| Concha rosada | Barinas | | X |
| CM 3306-4 | CENIAP | | X |
| CM 6740-7 | CENIAP | | X |
| SM 805-15 | CENIAP | | X |
| SM 909-25 | CENIAP | | X |
| Sardina | CENIAP | | X |
| Lengua de pájaro | CENIAP | | X |
| Cubana | CENIAP | | X |
| IM 220 | Monagas | X | |
| IM 225 | Monagas | X | |
| Venezuela 7 | Anzoátegui | X | |
| Cacho de Venado | Anzoátegui | X | |
| Paiguanera | Anzoátegui | X | |
| Llavitera | Anzoátegui | X | |
| INIA 2000 | Anzoátegui | X | |
| Armenia | Colombia | | X |

para estimar el porcentaje de materia seca y almidón (Toro y Cañas, 2002).

Al finalizar el ensayo (enero, 2009) se seleccionaron semillas de cada clon para repetir el ensayo en las otras dos localidades, incluyendo además, la repetición en la Cooperativa Pan y Amor. En marzo del año 2009 se estableció nuevamente una parcela de yuca con 30 estacas/surco/bloque para evaluar 10 estacas/clon/bloque. Luego de un mes se realizó el conteo de la brotación.

La determinación del contenido de materia seca y almidón se hizo con raíces frescas, se utilizó el método de la gravedad específica de las raíces (Toro y Cañas, 2002).

Asentamiento Campesino Los Aguacates (Caja Seca) y Santa Ana (Tulio Febres Cordero)

Para el manejo del ensayo en estas localidades se mejoraron algunas prácticas, considerando los resultados obtenidos en el 2008. Principalmente, la aplicación continua de abonos orgánicos y repelentes de insectos plaga. No se usaron insecticidas químicos.

El procedimiento de siembra de las estacas de yuca y su desinfección, se realizaron de la misma forma que en la Cooperativa Pan y Amor. La siembra se llevó a cabo en marzo del año 2009. Trascorridos dos meses después de la siembra, se aplicaron 50 g.planta⁻¹ de fertilizante 12-12-17SP más 20 g.planta⁻¹ de urea (46-0-0), según estudio de suelo, y se comenzó a aplicar té de estiércol (20%) más vermicompost líquido al 10% (Ormeño y Ovalle, 2007) cada 15 días hasta la cosecha, como complemento de la fertilización química. La aplicación se realizó al suelo, a una cuarta (15 cm) del tallo de las plantas. Cuando las plantas alcanzaron un crecimiento de 70 cm de altura, también se aplicaron los abonos orgánicos de forma foliar. Se usó el repelente a base de ruda al 10% junto con un surfactante, una vez por mes hasta la cosecha.

En Santa Ana se sembró una parcela demostrativa de 20 estacas/clon/bloque para seleccionar 10 estacas/clon/bloque. Hubo presencia del gusano cachudo (sólo 3 gusanos en toda el área del ensayo) a los dos meses de la siembra, se controló de forma manual. Se

aplicó repelente a base de ruda mensualmente. El manejo fue similar al de Caja Seca.

El procesamiento estadístico consistió en un análisis univariado para conocer el comportamiento de las variables. Seguidamente, se realizó una prueba de normalidad de Shapiro - Wilk (1965), apoyada por los gráficos de distribución empírica de cada variable. Finalmente, se comprobó el comportamiento de cada clon de yuca bajo un mismo manejo en los tres sectores estudiados por un Análisis de Varianza y una Prueba de Medias de Tukey $\alpha = 0,05$ (Tukey, 1977), utilizando para ello el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de brotación

En las tres parcelas hubo 100% de brotación, lo que indica la buena selección del material primario proveniente del Banco de Germoplasma del CENIAP para el 2008, y la multiplicación de la semilla para la siembra en el año 2009.

Cooperativa Pan y Amor

No se encontraron datos anómalos en esta localidad. Los datos cumplen con el supuesto de normalidad al $P > 0,05$. En los valores de comparación de medias (Cuadro 4), se observa que no hay diferencias significativas entre los diferentes clones para el rendimiento (kg.planta⁻¹), contenido de almidón y porcentaje de materia seca (%MS), siendo los clones amargos IM 220 y Paiguanera, y los clones dulces Cubana y CM6740-7 los que presentaron mayores valores de rendimiento (Ormeño *et al.*, 2010 a).

En el momento de la cosecha se pudo constatar que los clones dulces Cubana y Sardina presentaban ataques severos de bachaco en uno de los bloques del ensayo. Los clones Cubana, INIA 2000, Cacho de Venado y Paiguanera fueron susceptibles al aguachinamiento.

En cuanto a la calidad de la yuca, los resultados de la Cooperativa Pan y Amor (Cuadro 4) indican que en todos los clones evaluados no hubo variación significativa en el contenido de materia seca ni almidón. Los valores reportados en esta localidad son superiores a los reportados

Cuadro 4. Análisis estadístico (comparación de medias) por clon para las variables de peso útil raíces (PUR), porcentaje de almidón y materia seca (%MS) de yuca en el sector Caño Balza, Cooperativa Pan y Amor (Mérida).

| Clon | PUR | % Almidón | % MS |
|------------------|--------|-----------|-------|
| IM 220 | 6,33 a | 38 a | 40 a |
| Paiguanera | 6,00 a | 40 a | 42 a |
| Cubana | 5,90 a | 40 a | 42 a |
| CM 6740-7 | 5,60 a | 35 a | 37 a |
| SM 909-25 | 5,07 a | 40 a | 42 a |
| Sardina | 4,67 a | 39 a | 41 a |
| INIA 2000 | 4,55 a | 40 a | 42 a |
| SM 805-15 | 4,53 a | 32 a | 34 a |
| Cacho de Venado | 4,45 a | 39 a | 41 a |
| Venezuela 7 | 4,17 a | 41 a | 43 a |
| Llavitera | 4,00 a | 38 a | 40 a |
| CM 3306-4 | 3,40 a | 41 a | 43 a |
| IM 225 | 2,95 a | 38 a | 40 a |
| Vara de Arpón | 2,93 a | 40 a | 42 a |
| Concha Rosada | 2,47 a | 37 a | 39 a |
| Lengua e' Pájaro | 2,47 a | 42 a | 44 a |
| DMS | 5,03 | 0,067 | 10,88 |

Prueba de Tukey ($P \leq 0,05$); Letras diferentes indican diferencias significativas.
PUR = Peso Útil de Raíces; %MS = Porcentaje de Materia Seca.

por Fuenmayor *et al.* (2012) para los ensayos establecidos en Anzoátegui, Aragua y Barinas para los mismos clones, y superan los valores requeridos por la agroindustria (30%); siendo los mejores clones Lengua e' pájaro (42%) y CM3306-4 (41%).

Santa Ana

La prueba de normalidad indicó que los datos cumplen con este supuesto ($P > 0,05$) para todas las variables, con excepción de PPA y NTR; sin embargo, sus datos están muy cercanos a la normal y los valores de W son superiores a 0,9. La comparación en la media (Cuadro 5), se observa que no hay diferencias significativas entre los clones para el PPA y NTR, no así para las variables PTR, PUR y LR donde se observa que existen tres grupos bien diferenciados, así

como en la variable DR donde se observan dos grupos bien diferenciados.

Los clones dulces CM3306-4 y CM6740-7 resultaron ser los mejores para la mayoría de las variables estudiadas. Los clones amargos IM 225 y Paiguanera le siguen en valores. Las plantas del clon amargo IM 220 no se desarrollaron en esta parcela, por lo cual se descartó de este ensayo.

Caja Seca

En esta parcela no se encontraron valores anómalos en las variables estudiadas. La prueba de normalidad indicó que los datos son normales ($P > 0,05$) para todas las variables, con excepción de PPA y NTR; sin embargo, sus valores están muy cercanos a lo normal y los valores de W son superiores a 0,9.

Cuadro 5. Análisis estadístico por clon para las variables de desarrollo de plantas de yuca en sector Santa Ana (Mérida).

| Clon | PTR | PUR | PPA | NTR | DR | LR |
|------------------|----------|---------|--------|------|---------|-----------|
| CM 3306-4 | 6,47 a | 5,90 a | 1,97 a | 9 a | 7,47 a | 30,83 abc |
| CM 6740-7 | 6,03 abc | 5,73 ab | 1,50 a | 11 a | 5,58 a | 37,67 abc |
| IM 225 | 6,30 ab | 5,70 ab | 2,13 a | 7 a | 8,02 a | 33,00 abc |
| Paiguanera | 5,90 abc | 5,37 ab | 2,17 a | 10 a | 6,92 ab | 30,00 abc |
| Sardina | 5,17 abc | 4,53 ab | 1,83 a | 11 a | 6,53 ab | 32,37 abc |
| SM 805-15 | 4,15 abc | 3,83 ab | 1,60 a | 8 a | 6,60 ab | 24,67 abc |
| Venezuela 7 | 3,65 abc | 3,77 ab | 0,90 a | 7 a | 5,98 ab | 35,50 abc |
| Llavitera | 4,17 abc | 3,33 ab | 3,17 a | 9 a | 5,82 ab | 28,68 abc |
| Concha Rosada | 3,63 abc | 3,07 ab | 2,53 a | 9 a | 5,25 ab | 31,33 abc |
| Cubana | 3,27 abc | 2,83 ab | 2,60 a | 6 a | 5,30 ab | 44,83 a |
| Vara de Arpón | 3,05 abc | 2,82 ab | 1,87 a | 5 a | 5,60 ab | 24,38 bc |
| Cacho de Venado | 3,42 abc | 2,78 ab | 1,93 a | 7 a | 5,48 ab | 38,00 ab |
| Lengua de Pájaro | 2,58 abc | 2,13 ab | 2,03 a | 8 a | 5,07 ab | 23,17 bc |
| INIA 2000 | 2,30 abc | 2,00 bc | 1,07 a | 4 a | 6,20 ab | 25,17 bc |
| SM 909-25 | 1,70 c | 1,47 c | 1,00 a | 6 a | 7,65 a | 19,17 c |
| Armenia | 1,80 | 1,32 c | 2,07 a | 5 a | 4,42 b | 25,33 bc |
| %CV | 37,71 | 35,29 | 41,63 | 38 a | 16,13 | 20,49 |
| DMS | 4,54 | 3,78 | 2,39 | 8,68 | 2,99 | 18,77 |

Prueba de Tukey ($P \leq 0,05$); letras diferentes indican diferencias significativas. Peso total de las raíces (PTR); peso de las raíces comerciales -útiles- (PUR); peso de la parte aérea -hojas y tallo- (PPA); número total de raíces (NTR); diámetro de raíz (DR); longitud de las raíces (LR).

Cuadro 6. Análisis estadístico por clon para las variables de desarrollo de plantas de yuca en sector Caja Seca (Zulia).

| Clon | PTR | PUR | PPA | NTR | DR | LR |
|------------------|---------|--------|--------|--------|-----------|----------|
| Armenia | 7,03 ab | 5,70 a | 7,07 a | 9 abc | 5,79 abcd | 48,55 a |
| CM 3306-4 | 5,78 ab | 5,45 a | 7,07 a | 14 a | 5,67 abcd | 38,33 ab |
| Lengua de Pájaro | 6,93 ab | 5,03 a | 6,73 a | 14 ab | 5,45 bcd | 38,83 ab |
| Llavitera | 5,43 ab | 3,70 a | 4,97 a | 14 a | 6,50 abc | 27,33 ab |
| Venezuela 7 | 7,83 ab | 6,07 a | 4,97 a | 9 abc | 6,92 ab | 40,67 ab |
| Vara de Arpón | 3,8 ab | 2,70 a | 4,80 a | 8 abc | 6,69 ab | 22,33 b |
| SM 805-15 | 5,1 ab | 4,07 a | 4,57 a | 13 abc | 5,55 bcd | 34,00 ab |
| IM 225 | 5,27 ab | 4,33 a | 4,30 a | 9 abc | 7,75 a | 32,83 ab |
| Paiguanera | 6,53 ab | 5,63 a | 4,23 a | 10 abc | 6,23 abcd | 44,07 ab |
| Sardina | 3,53 ab | 4,90 a | 3,97 a | 6 bc | 6,35 abc | 42,00 ab |
| CM 6740-7 | 7,23 ab | 5,83 a | 3,67 a | 13 abc | 5,22 bcd | 42,33 ab |
| Concha Rosada | 1,80 ab | 1,42 a | 3,63 a | 6 c | 4,42 cd | 31,50 ab |
| SM 909-25 | 2,03 ab | 1,40 a | 3,17 a | 7 abc | 4,83 bcd | 26,20 ab |
| Cacho de venado | 2,57 ab | 2,03 a | 3,03 a | 7 abc | 5,35 bcd | 32,11 ab |
| INIA 2000 | 2,17 ab | 1,40 a | 2,87 a | 8 abc | 4,30 d | 26,53 ab |
| IM 220 | 4,27 | 3,47 a | 2,70 a | 9 abc | 6,88 ab | 30,17 ab |
| %CV | 39,6 | 40,01 | 36,54 | 26 | 11,74 | 21,32 |
| DMS | 5,8 | 4,78 | 4,96 | 7,75 | 2,09 | 22,5 |

Prueba de Tukey ($P \leq 0,05$); letras diferentes indican diferencias significativas; peso total de las raíces (PTR); peso de las raíces comerciales -útiles- (PUR); peso de la parte aérea (hojas y tallo) (PPA); número total de raíces (NTR); diámetro de raíz (DR); longitud de las raíces (LR).

En la de comparación de medias (Cuadro 6), se observa que no hay diferencias significativas entre los diferentes clones para el PPA y PUR, no así para las variables PTR y LR donde existen dos grupos bien diferenciados. En la variable NTR se observan tres grupos y en DR cuatro grupos bien diferenciados. En esa zona, el mejor clon de acuerdo a la mayoría de las variables estudiadas importantes para el comercio fue Venezuela 7 (amargo), seguido de los clones dulces CM6740-7 y Armenia (testigo), y Paiguanera (amarga). En Caja Seca las plantas del clon Cubana se desarrollaron normalmente; sin embargo, al momento de hacer las mediciones la mayoría de las raíces estaban podridas, por lo cual se descartó de este ensayo.

En el ensayo se utilizaron cultivares dulces y amargos, los cuales se diferencian por la concentración de ácido cianhídrico (HCN) presente en las plantas, sin embargo, se comprobó, que el sabor podía variar de una zona a otra. Dependiendo del contenido de HCN, las raíces pueden ser utilizadas para consumo fresco, tanto humano como animal, o para la industria.

En cuanto a los rendimientos por hectárea ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) los mejores clones adaptados a las 3 zonas del eje panamericano (Mérida-Zulia) son los clones Paiguanera (amargo) y el CM 6740-7 (dulce) con rendimientos superiores a los $53 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. También presentaron buenos rendimientos: CM 3306-4, Sardina, SM 805-15 y Vara de Arpón (dulces) y los clones amargos Venezuela 7 y Clon IM 225 (Cuadro 7).

Aun cuando a nivel experimental los rendimientos son siempre más altos que en parcelas comerciales, se puede apreciar que todos los clones evaluados, incluyendo al testigo (Armenia) produjeron más de $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de yuca con el manejo aplicado, rendimientos mayores que el promedio nacional de producción (FEDEAGRO, 2015).

Torres *et al.* (1999) indicaron que los clones o cultivares recomendados para el occidente del país con buen manejo de fertilización, controles fitosanitarios y sembrados a comienzo de la temporada de lluvia pueden ser los siguientes: Vara de Arpón ($32,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), Concha Rosada ($31,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), Sardina ($21,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), entre otros. Esto pudiese indicar que bajo condiciones de

ambiente y manejo dado en el eje panamericano estos clones expresaron mejor su potencial de rendimiento.

El complemento de uso de abonos orgánicos líquidos junto al manejo integrado del cultivo en las localidades estudiadas en este ensayo, influyó positivamente en los rendimientos de clones de yuca. Los abonos orgánicos aplicados contenían calcio y magnesio para contrarrestar la acidez de los suelos y elevado contenido de potasio disponible, necesario para la producción de yuca. Esto coincide con lo reportado por Gómez-Brandon *et al.* (2015) para varios cultivos, Ormeño (2011); Ormeño *et al.* (2010 b) en producción de papa y Ormeño y Ovalle (2011), y Ormeño *et al.* (2008 b) en plantaciones productivas de cacao.

Fuenmayor *et al.* (2012) utilizaron los mismos clones evaluados en este ensayo, aplicaron abonos orgánicos sólidos y obtuvieron rendimientos mayores al promedio nacional en localidades de los estados Anzoátegui, Aragua y Barinas. Sin embargo, el uso de abonos orgánicos líquidos como complemento, aumentó el rendimiento por hectárea entre 14 y 100% dependiendo del clon, comparado con lo reportado por Fuenmayor *et al.* (2012).

En el caso de los rendimientos por planta ($\text{kg}\cdot\text{planta}^{-1}$) de raíces comerciales (útiles) en el sector Santa Ana (Cuadro 5), todos los clones estudiados a los cuales se les aplicó abonos orgánicos líquidos cada 15 días, presentaron mayor rendimiento comparados con el testigo (yuca Armenia) a la cual sólo se le aplicó fertilizante químico sin abonos orgánicos. Lo que indica que el aporte de nutrientes a través de los abonos orgánicos fue representativo en los rendimientos de las plantas. Estos valores coinciden con los reportados por Velásquez (1983) en donde la producción fue de 300-500 g de raíces por pie de planta en suelos de sabanas orientales de Venezuela, donde no se aplican fertilizantes o se aplican en pequeñas cantidades.

Fermont (2010) indica que la yuca es un cultivo capaz de tener buenos rendimientos donde otros cultivos fallan, por lo que existe la creencia que la fertilidad del suelo no es importante para la producción de este cultivo; no obstante, en estudios realizados en Kenia, donde se utilizó

Cuadro 7. Rendimiento total de yuca expresado en kg.ha⁻¹ de los clones evaluados en los sectores Pan y Amor, Santa Ana y Caja Seca.

| Clon | Pan y Amor | Santa Ana | Caja Seca |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | kg.ha ⁻¹ | kg.ha ⁻¹ | kg.ha ⁻¹ |
| IM 220 | 63300 | 0 | 34700 |
| Paiguanera | 60000 | 53700 | 56300 |
| Cubana | 59000 | 28300 | 0 |
| CM 6740-7 | 56000 | 57300 | 58300 |
| SM 909-25 | 50700 | 14700 | 14000 |
| Sardina | 46700 | 45300 | 49000 |
| INIA 2000 | 45500 | 20000 | 14000 |
| SM 805-15 | 45300 | 38300 | 40700 |
| Cacho Venado | 44500 | 27800 | 20300 |
| Venezuela 7 | 41700 | 37700 | 60700 |
| Llavitera | 40000 | 33300 | 37000 |
| CM 3306-4 | 34000 | 59000 | 54500 |
| IM 225 | 29500 | 57000 | 43300 |
| Vara de Arpón | 29300 | 28200 | 27000 |
| Concha Rosada | 24700 | 30700 | 14200 |
| Lengua Pájaro | 24700 | 21300 | 50300 |
| Armenia | 0 | 13200 | 57000 |

semilla de variedades mejoradas plantadas en suelos pobres, el rendimiento bajó a 6,7 t.ha⁻¹. La fertilidad del suelo fue la principal causa de la reducción de los rendimientos, superior a la sequía (5,4 t.ha⁻¹), mal manejo de las arvenses (5,0 t.ha⁻¹) y plagas y enfermedades (3,8 t.ha⁻¹).

En Kenia y Uganda, los pequeños agricultores produjeron entre 7 y 10 t.ha⁻¹ de yuca utilizando prácticas agrícolas tradicionales (Fermont, 2010), lo que coincide con lo obtenido por los productores del eje panamericano cuando no aplican prácticas de manejo mejoradas como la fertilización. El mismo autor indica que cuando se aplican prácticas de manejo integradas como variedades mejoradas y fertilización (NPK), los rendimientos de los agricultores tradicionales

aumentan de 8,6 a 20,8 t.ha⁻¹, donde el 60% se debe a la fertilización.

Experiencias en Indonesia realizadas por Wargiono *et al.* (2002) en suelos de fertilidad pobre indican que cuando un suelo no es fertilizado, los rendimientos pasan de 25 t.ha⁻¹ el primer año a 5 t.ha⁻¹ en el octavo año. Cuando se aplicó materia orgánica todos los años o cada dos años, los rendimientos de yuca se mantuvieron en 20 t.ha⁻¹, aumentando la fertilidad del suelo, las características físicas y la disponibilidad de nutrientes.

En este trabajo no se estudió la presencia de micorrizas en las raíces de yuca, sin embargo, la suplencia de fósforo fue aportada por el fertilizante químico utilizado y por los abonos líquidos aplicados quincenalmente. Por otro

lado, el aporte de los nutrientes de los abonos orgánicos líquidos es mayor y más fácil de absorber por las plantas que los abonos orgánicos sólidos y la mayoría de los fertilizantes sintéticos, considerando además que los sólidos necesitan condiciones especiales para que sean utilizados de forma eficiente por las plantas, como incorporación en el suelo, humedad, entre otras condiciones (Ormeño *et al.*, 2013). En adición, los abonos orgánicos líquidos aportan, además de los nutrientes, hormonas y otros estimulantes que aceleran el crecimiento, desarrollo radicular y floración (Gómez-Brandon *et al.*, 2015).

Sanidad del suelo y cultivo

Con el fin de sembrar el cultivo con manejo de prácticas integradas, se usó el hongo antagonista *Trichoderma* sp. para desinfectar la semilla y mantener sano el cultivo durante su desarrollo. Los suelos de las tres localidades estudiadas no presentaron patógenos al momento de la siembra, solo en Santa Ana se encontró *Pectobacterium* sp.; sin embargo, no se estudió la cepa encontrada para conocer si es específica para yuca. No se determinaron problemas en las plantas al final de la cosecha. Sólo se presentaron microorganismos benéficos en Pan y Amor y Santa Ana (*Penicillium* sp.). En las muestras finales de suelo no hubo presencia de *Trichoderma* sp. lo que indica que bajo esas condiciones ambientales el hongo no subsistió por lo que debe estudiarse el uso de otra cepa o hacer mayor número de aplicaciones con el fin de que este hongo pueda estar presente en la microflora del suelo para mantenerlo libre de patógenos.

CONCLUSIONES

En suelos de baja fertilidad natural el uso de abonos orgánicos como complemento de la fertilización química de la yuca permitió obtener altos rendimientos para todos los clones evaluados, superiores a los obtenidos por los mismos clones en otros estados del país. En general, todos los clones superaron los rendimientos nacionales, por lo cual pueden ser usados tanto para la alimentación humana y animal como para la agroindustria. Sin embargo, los mejores clones adaptados a las 3 zonas del eje panamericano (Mérida -Zulia) son Paiguanera (amargo) y el CM 6740-7 (dulce)

con rendimientos superiores a los 53000 kg.ha⁻¹. También presentaron buenos rendimientos: CM 3306-4, Sardina, SM 805-15 y Vara de Arpón (dulces) y los clones amargos Venezuela 7 y Clon IM 225. Todos los clones evaluados obtuvieron valores superiores a los requeridos por la agroindustria (30% almidón y materia seca).

LITERATURA CITADA

- Arismendi, L. G. 2001. Investigación sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el Oriente de Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola. 1(1):1-10.
- Burgos, A. M. y P. J. Cénoz. 2012. Efectos de la aplicación de fósforo y potasio en la producción y calidad de raíces de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en un suelo arenoso y clima subtropical. Revista Científica UDO Agrícola. 12(1):143-151.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en línea: <http://www.infostat.com.ar> [Mar. 24, 2014].
- FEDEAGRO (Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios). 2015. Rendimiento por rubro: raíces y tubérculos. Estadísticas. Disponible en línea: <http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp>. [May. 31, 2015].
- Fermont, A. 2010. Cassava: improving sustainability of farming systems. International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Available online: <http://r4dreview.org/2010/03/cassava-improving-sustainability-of-farming-systems/>. [Oct. 27, 2014].
- FiBL (Research Institute of Organic Agriculture). 2011. African Organic Agriculture Training Manual: A Resource Manual for Trainers. Module 9, unit 6 (online). Switzerland. Available online: http://www.organic-africa.net/fileadmin/documents-africanmanual/training-manual/chapter-09/Africa_Manual_M09-6.pdf. [Nov. 27, 2014].

- Fuenmayor C., F. C., J. Montilla, J. G. Albarrán, M. Pérez, L. C. Vaccarino A. y V. Segovia. 2012. Evaluación y selección de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del Plan Nacional de Semilla del Instituto Nacional de Investigaciones (INIA). Resultados preliminares. Revista Científica UDO Agrícola. Venezuela. 12(1):17-24.
- Gómez-Brandón, M., M. Vela, M. V. Martínez-Toledo, H. Insam and J. Domínguez. 2015. Effects of compost and vermicompost teas as organic fertilizers. In: Sinha, S., Pant, K.K., Bajpai, S. (Eds). Advances in fertilizer technology: Synthesis. Studium Press, LLC, United States of America. pp. 300-318.
- Howeler, R. H. 2001. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: R.J Hillocks, M.J. Thresh and A. Belloti (eds). Cassava: Biology, production and Utilization. Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI) Publishing. Wallingford (UK). pp. 115-147.
- Howeler, R. H. 2007. Cassava research and development in Asia: Exploring new opportunities for an ancient crop. Proceedings of the seventh regional workshop held in Bangkok, Thailand. Oct 28-Nov 1, 2002. Howeler, Reinhardt H. (ed). Available online: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/books/Cassava_Research_and_Development_in_Asia.pdf. pp. 288-314. [Mar. 24, 2014].
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 1995. Manual de la yuca. Estación Experimental Portoviejo, Programa de Raíces y Tubérculos. Manual N° 29. Quito, Ecuador. 62 p.
- Montaldo, A. 1991. Cultivos de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2da ed. San José, Costa Rica. pp. 131-230.
- MPPAT (Ministerio del Poder Popular para Agricultura y Tierras). 2008. VII Censo Agrícola Nacional, mayo 2007 - abril 2008 (en línea). Caracas (VE). Disponible en línea: <http://www.censo.mat.gob.ve>. [Jul. 10, 2014].
- Ormeño D., M. A., A. Ovalle S., D. Mendoza, S. Dugarte, S. Rojas y R. J. Varela (a). 2013. La aplicación de abonos orgánicos mejora la calidad química de los sustratos en vivero de café (*Coffea arabica*). In: Memorias de las II Jornadas de Investigación y Tecnología Aplicada de la Universidad Politécnica Territorial de Mérida. Del 20 al 22 de noviembre del 2013. Mérida, Venezuela. pp. 149-158.
- Ormeño D., M. A. 2011. El uso de prácticas agroecológicas como alternativa para la producción rentable de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Los Andes Venezolanos. Journal of InterAmerican Society for Tropical Horticulture. 54:131-133.
- Ormeño D., M. A. y A. Ovalle. 2011. Efectos de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en vivero. In: XIX Congreso Venezolano de Ciencia del Suelo (2011, Calabozo, Guárico). Memoria. Venezuela. 6 p.
- Ormeño D., M. A. y A. Zambrano. 2011. Los cultivos asociados al cacao (*Theobroma cacao* L.) como parte de un agroecosistema son una alternativa para el mejoramiento de la calidad de los suelos. Journal of InterAmerican Society for Tropical Horticulture. 53:31-33.
- Ormeño D., M. A., V. Morales, J. C. Garnica y N. Terán. 2010 a. Rendimientos de clones mejorados de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivados agroecológicamente en el Eje Panamericano, Sur del lago de Maracaibo (Venezuela). In: 61° Congreso Agronómico de Chile, 56th Annual Meeting ISTH, 11° Congreso de la Sociedad Chilena de Fruticultura (2010, Santiago). Sociedad Agronómica de Chile. Memoria. Revista Simiente 80(3-4):141.
- Ormeño D., M. A., S. Pizzani y P. Pizzani. 2010 b. La producción agroecológica de papa una alternativa para los pequeños y medianos productores del estado Mérida (Venezuela). In: 61° Congreso Agronómico de Chile, 56th Annual Meeting ISTH, 11° Congreso de la Sociedad Chilena de Fruticultura (2010, Santiago). Sociedad Agronómica de

- Chile. Memoria. Revista Simiente. 80(3-4):141-142.
- Ormeño, M. A., C. Garnica y R. Varela. 2008 a. Recomendaciones para la toma de muestras de suelo con fines de diagnóstico de fertilidad y sanitario. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maracay, Venezuela. (Serie D). 9:16.
- Ormeño D., M. A., A. Ovalle y J. C. Garnica. 2008 b. Recuperación de plantaciones improductivas de cacao con prácticas orgánicas en el occidente del país. Revista INIA Divulga (ene - dic 2008). Maracay, Venezuela. 11:17-22.
- Ormeño D., M. A. y R. Rosales. 2008 b. Control eficiente de la pulguilla de la papa (*Epitrix* spp.) con repelente a base de ruda. Revista INIA Divulga (ene - dic 2008). Maracay, Venezuela. 11:49-51.
- Ormeño D., M. A. y A. Ovalle. 2007. Producción y aplicación de abonos orgánicos. Revista INIA Divulga (ene - dic 2007). Maracay, Venezuela. 10:29-35.
- Shapiro, S. S. y Wilk, M. B. 1965. An analysis of variance test for normality, Complete Samples. Biometrika. 52(3-4):591-611.
- Toro, J. C. y A. Cañas. 2002. Tecnología 2. Determinación de materia seca de raíces frescas por el método de la gravedad específica. In: Ospina, B., Ceballos H. (Comps.). La yuca en el tercer milenio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp. 426-431.
- Torres, J., N. Moreno y N. Contreras. 1999. El cultivo de la yuca. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Barinas (CIAE-Barinas). Maracay, Venezuela. (Serie B). 36:28.
- Tukey, J. 1977. Exploratory data analysis. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts. 668 p.
- UCV (Universidad Central de Venezuela). 1993. Métodos de análisis de suelos y plantas utilizados en el laboratorio general del Instituto de Edafología. Instituto de Edafología, Cuadernos Agronomía, noviembre 1993 (año 1). Maracay, Venezuela. 6:89.
- Velásquez, E. 1983. El cultivo de la yuca en sabana. FONAIAP Divulga (ene - feb 1983). 8:2.
- Wargiono, J., J. Widodo and W. Hadi Utomo. 2002. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Indonesia - mayor achievements during the past 20 years. Proceedings of the seventh regional workshop. Bangkok, Thailand. Oct 28-Nov 1, 2002. Howeler, Reinhardt H. (ed). pp. 259-278.
- Wichmann, W 1992. World fertilizer use manual BASF. Aktiengesellschaft. Agricultural Research Station. Limburgerhof, Germany. 632 p.