

Cosecha, beneficio y conservación de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). II. Formas de preservación y métodos de envase y traslado y sistemas de cosecha de las raíces

Harvest, benefit and conservation in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) crop. II. Preservation practices and methods of packaging and transportation and harvest systems of roots

Maryluz FOLGUERAS MONTIEL ✉, **Sergio RODRÍGUEZ MORALES**, **Nilo MAZA ESTRADA** y **María OLIVA VALDÉS**

Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Apartado 6, Santo Domingo, CP 53 000, Villa Clara, Cuba. Teléfono: 53 42 403102, 53 42 403103. E-mails: maryluz@inivit.cu, sergio@inivit.cu, nilo@inivit.cu, y olivam@inivit.cu ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 17/02/2012

Fin de arbitraje: 10/04/2012

Revisión recibida: 13/11/2012

Aceptado: 28/12/2012

RESUMEN

En el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) de Cuba durante los años 2008-2011 fue llevado a cabo un estudio para evaluar diferentes formas de conservación de las raíces de yuca para consumo humano y comprobar diferentes métodos de envase y traslado, así como de sistemas de cosecha para preservarlas. Se realizaron dos experimentos con el clon 'Señorita', en el 1 fue cosechado a los 12 meses de efectuada la plantación y luego se evaluaron 50 raíces en seis tratamientos, tres con tocón y tres sin tocón y conservación en aserrín, conservación en arena de río, sin esterilizar y conservación sin cobertura, al aire, sin sustrato. A los tratamientos con aserrín y arena se le suministró agua cada dos o tres días, manteniendo la humedad durante el ensayo. En el segundo experimento, el clon 'Señorita' se plantó en cuatro parcelas de 200 plantas (4,5 x 35,1 m) en dos bandas y se cosechó a los 12 meses de efectuada la plantación, se aplicaron cuatro tratamientos: cosecha manual con y sin riego antes de efectuar la misma y cosecha con implemento (tracción animal) con y sin riego antes de efectuar la misma. En la parcela donde la yuca se cosechó de forma manual con un riego previo, las raíces se envasaron en: cajas de madera de 60 x 35 x 30 cm; sacos de yute de 100 x 50 cm y a granel en un remolque. En los diferentes tratamientos y tiempos de conservación evaluados, existieron diferencias apreciables en el peso total y promedio de las raíces, donde se observaron los mejores resultados en el peso útil al conservar la yuca con tocón y con cobertura de aserrín o arena humedecidos mientras que las raíces sin tocón y sin cobertura no se conservaron por más de 15 días. Es factible envasar y trasladar la yuca en sacos para evitar los daños a las raíces y es imprescindible efectuar un riego a la plantación antes de realizar la cosecha, logrando los menores daños cuando ésta se realiza de forma manual.

Palabras clave: yuca, cosecha manual y con implemento, tocón, envasado, traslado, riego

ABSTRACT

A study was carried out at Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) of Cuba during 2008 to 2011 to determine different conservation ways for human consumption and to evaluate different packaging and transportation methods; as well as, harvesting systems for root preservation. Two experiments were carried out with clone 'Señorita', in experiment 1, it was harvested at 12 months of sowing and then 50 roots were evaluated in six treatments, three with stump and three without stump and conservation in sawdust, in nonsterile river sand and without coverage at air without substrate. Water was applied to treatment with sawdust and river sand every two or three days to maintain the humidity during the assay. In the second experiment, the clone 'Señorita' was planted in four plots of 200 plants (4.5 x 35.1 m) in two bands and was harvested at 12 months of planting, four treatments were applied: manual harvest with and without irrigation prior to harvest and harvest with implement (animal traction) with and without irrigation before harvest. In the plot where cassava was harvested manually with previous irrigation, roots were packed in: wooden boxes of 60 x 35 x 30 cm; jute sacks of 100 x 50 cm and bulk on a trailer. In the different treatments and conservation times evaluated, there were significant differences for root total and mean weight. The best results for utilizable weight were observed in the treatment with stump and with sawdust and river sand moisture, while roots without stump and without coverage were not conserved for more than 15 days. It is feasible to pack and carry cassava roots in jute sacks to avoid root damages and irrigation prior to harvesting is essential to have less root damage when harvesting is done manually.

Key words: cassava, manual and implement harvest, stump, packaging, transportation, irrigation

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) catalogada como la más importante dentro de las raíces y tubérculos de interés económico, tiene su principal valor económico en su órgano de reserva o almacenamiento de energía, las raíces, teniendo diversos usos en la alimentación humana y animal, aunque su follaje se aprovecha para alimentación animal en algunas zonas rurales y, en África, se utiliza como verdura fresca para consumo humano. Este producto se dirige fundamentalmente a cuatro mercados según los usos principales del mismo: como raíz fresca y procesada para consumo humano; como insumo en la industria alimenticia procesada para producir harina seca; como materia prima en la industria productora de alimentos balanceados para animales y como producto intermedio en la industria no alimenticia (Suárez y Mederos, 2011).

La yuca constituye la cuarta fuente de energía en la alimentación humana producida en el trópico. Para 2011, su producción mundial fue de 252.203.769 toneladas cosechadas en 19.644.071 ha para un rendimiento de 12.838,7 kg/ha, en el caso de Cuba los valores para 2011 fueron 485.708 toneladas, 81.273 ha y 5.976,3 kg/ha, respectivamente. La yuca ocupa el séptimo lugar como cultivo más importante en Cuba y el número 39 a nivel mundial (FAO, 2012).

El problema principal por el cual no se pueden comercializar las raíces en zonas distantes al origen de producción es el deterioro poscosecha que sufren a no más de 48 horas de extraídas del suelo (Cenóz *et al.*, 2001). Este deterioro conocido como Deterioro Fisiológico Poscosecha, provoca pérdidas económicas que van desde leves hasta moderadas. El mismo está asociado a factores como la variedad, los daños mecánicos que sufren durante la cosecha y las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad relativa (Sotelo y Acevedo, 2009).

Según el INIVIT (2004), el almacenamiento de la semilla de yuca puede ser con o sin tocón por diferentes periodos (días): Con tocón con ramificación a la sombra (45 a 50 días) y a pleno sol (30 a 40 días) y sin ramificación a la sombra (20 a 25 días) y a pleno sol (15 a 20 días), mientras que cuando es sin tocón estos periodos son: 15 a 20; 10 a 15; 12 a 15 y 10 a 12 días, respectivamente

La parte económica más importante de la raíz de yuca es la pulpa o parénquima en el que se concentra el almidón. El inicio y el grado de la

deterioración de las raíces están estrechamente relacionados con la presencia de daños mecánicos, los cuales son normalmente ocasionados al momento de la cosecha. Ciertas variedades y características propias tales como longitud de raíces y presencia de pedúnculos largos, grado de compactación del suelo y las formas de cosecha manual o mecánica, son algunos de los factores que afectan la incidencia de los daños mecánicos en la raíz. Las áreas distal y proximal de las raíces son las más propensas a sufrir daños mecánicos (IICA, 2000).

También se han empleado barreras físicas como alternativa práctica para reducir la contaminación, utilizando materiales como sacos de yute, fundas de polietileno perforadas, fibras, y otros, que sirvan como protección del producto durante la conservación, comercialización y aún hasta el consumo (Cobeña y Cárdenas, 1989).

Tomando en consideración la importancia de establecer una tecnología de cosecha y conservación de la yuca en Cuba, se propusieron como objetivos de este estudio: definir el efecto de la poda de las plantas en la deterioración de las raíces, evaluar diferentes formas de conservación de las raíces para consumo humano, definir la efectividad del tratamiento químico con protectores de la deterioración microbiana de las raíces y evaluar diferentes métodos de envase y traslado, así como de sistemas de cosecha para preservar las raíces de yuca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló durante los años 2008-2011 en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), situado a 22° 35' de latitud norte, 80° 13' de longitud oeste y a 44,56 msnm; se encuentra aproximadamente a 250 km de La Habana y a 35 km de la cabecera provincial, en el municipio Santo Domingo, provincia Villa Clara. En esta localidad la temperatura media anual es de 24,3 °C, la humedad relativa de 80%, el régimen histórico anual de lluvias es de 1348,77 mm y el clima es templado húmedo de sabana.

En todos los experimentos realizados bajo condiciones de campo en el INIVIT, el suelo empleado fue pardo mullido medianamente lavado según la clasificación de la Academia de Ciencias de Cuba (Hernández *et al.*, 2005). La preparación del suelo, la fertilización y la fitotecnica empleada se realizó según el Instructivo Técnico de la Yuca (MINAG, 2007).

Experimento 1. Evaluación de diferentes formas de conservación post-cosecha de las raíces de yuca

El clon de yuca 'Señorita' fue cosechado a los 12 meses de efectuada la plantación, las raíces se conservaron con y sin tocón. Se conoce que el tocón es la estaca que se planta de cada genotipo, este tiene una longitud entre 15-20 cm.

Se evaluaron 50 raíces en seis tratamientos, tres con tocón y tres sin tocón y conservación en aserrín, conservación en arena de río, sin esterilizar y conservación sin cobertura, al aire, sin sustrato. A los tratamientos con aserrín y arena se le suministró agua cada dos o tres días, manteniendo la humedad durante la experiencia.

Caracterización del material biológico empleado

Clon 'Señorita'

Presenta tallo verde amarillo, con yemas de color amarillo-rosado, hojas verdes con los nervios y peciolas ligeramente rosados en las adultas. En las hojas jóvenes los peciolas son rojos por la parte superior y verde-rojo por la parte inferior. Tiene porte erecto, no ramificado o poco ramificado. Tallo muy vigoroso y de entrenudos cortos. Raíces cortas y de color blanco, cada planta produce un promedio de 8-12, bastante superficiales, lo cual facilita la cosecha. El ciclo de cosecha es largo, más de 10 meses (INIVIT, 2004).

Evaluaciones

Las evaluaciones se realizaron cada cinco días durante 40 días a partir de la cosecha inicial y en cada caso se pesó el total de raíces evaluadas (kg) y se calculó el peso promedio de las mismas (kg), luego se pelaron, desechando además de las cáscaras la parte afectada, no útil para el consumo humano, y se pesó (kg) la parte útil, es decir, lo que quedó luego de desechar la parte afectada y la cáscara calculándose el porcentaje de utilización de la siguiente forma: (peso útil/peso total) x 100 que finalmente se cocinó durante 30 minutos para conocer la calidad culinaria: sabor (amargo o dulce), dureza y contenido de fibras, la cual se evaluó tomando en consideración los aspectos: palatabilidad, presencia de fibras y dureza mediante un panel de evaluadores quienes una vez cocinadas las raíces, probaron todos los tratamientos en estudio.

Procedimiento estadístico

El diseño estadístico utilizado fue de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables expresadas en porcentaje se sometieron a un análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) y posterior aplicación de Mann-Whitney para la comparación de las medias de rango ($p < 0,05$). Se aplicó un análisis de varianza de clasificación doble para evaluar las variables continuas: peso total y promedio de raíces y peso de la parte útil de las raíces, para detectar diferencias entre promedios se utilizó la comparación múltiple de promedios de Tukey, si existió homogeneidad de varianza y Dunnett'C en caso contrario (Barón y Téllez, 2012). Se utilizó prueba de t-student para las variables: peso total, peso promedio y peso útil de la raíz con tocón y sin tocón. El nivel de probabilidad fue $p < 0,01$. Para la calidad culinaria no se realizó análisis estadístico, sólo se utilizó la información brindada por los evaluadores.

Experimento 2. Evaluación del método de envase y traslado, así como de sistemas de cosecha para preservar las raíces de yuca

Se utilizó el clon 'Señorita' que se plantó en cuatro parcelas de 200 plantas (4,5 x 35,1m) en dos bandas y se cosechó a los 12 meses de efectuada la plantación. Los tratamientos estudiados fueron: cosecha manual y cosecha con implemento (tracción animal) con riego y sin riego antes de efectuar la cosecha. En la parcela donde la yuca se cosechó de forma manual con un riego previo, las raíces se envasaron en: Cajas de madera de 60 x 35 x 30 cm, sacos de yute de 100 x 50 cm y a granel en un remolque

Evaluaciones

Al evaluar la efectividad de los sistemas de cosecha se tomó en consideración el rendimiento ($t.ha^{-1}$) y rendimiento dejado de cosechar ($t.ha^{-1}$), el porcentaje de raíces que no se cosecharon y el porcentaje de raíces con daños mecánicos en la cosecha. Al valorar los tipos de envase utilizados se tuvo en cuenta el número de raíces dañadas para lo que se emplearon 100 raíces en cada tratamiento. Además, se evaluó el porcentaje de deterioro fisiológico a las 48 horas de cosechadas estas raíces y el porcentaje de pérdidas durante el transporte, así como el porcentaje de pérdida total de raíces, dado por la suma de los dos valores anteriores.

Procedimiento estadístico

El diseño estadístico utilizado fue de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables expresadas en porcentaje se sometieron a un análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) y posterior aplicación de Mann-Whitney para la comparación de las medias de rango ($p < 0,05$). Se aplicó un análisis de varianza de clasificación doble para evaluar las variables continuas. Para detectar diferencias entre promedios se utilizó la comparación múltiple de promedios de Tukey, si existió homogeneidad de varianza y Dunnett's C en caso contrario (Barón y Téllez, 2012). Se utilizó prueba de t-student para las variables: peso total, peso promedio y peso útil de la raíz con tocón y sin tocón. El nivel de probabilidad fue $p < 0,01$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Evaluación de diferentes formas de conservación post cosecha de las raíces de yuca

Para el clon 'Señorita' con respecto al peso total de las raíces (Figura 1) en el tratamiento 'sin tocón' se logró el mejor resultado (7,71 kg), que fue significativo superior respecto al tratamiento 'con tocón' (6,75 kg).

Según el Cuadro 1, para el clon 'Señorita' con tocón, la conservación de las raíces en arena ofreció la media más alta a los 15 días (7,56 kg), significativa respecto a la media más baja a los 40 días (4,83 kg). Cuando se utilizó aserrín la media más elevada correspondió a los 20 días de conservación (8,06 kg) y la más baja a los 30 días (2,40 kg), con diferencias significativas entre ellos. En el tratamiento sin cobertura se obtuvo que a los 25 días (11,20 kg) se

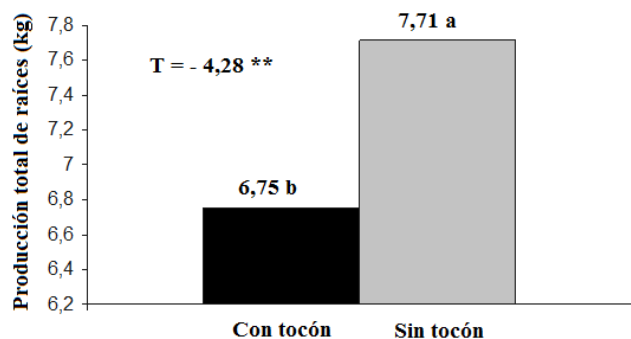


Figura 1. Peso total de raíces (kg) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon 'Señorita' conservadas con y sin tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

alcanzó el mejor resultado, significativo respecto a los demás, la media más baja correspondió a los 20 días (5,06 kg).

El cuadro 2 muestra que para la variable peso total de raíces del clon 'Señorita' conservado sin tocón con arena a los 30 días, se alcanzó la respuesta más alta (11,50 kg), significativa respecto a la media más baja (40 días, 6,00 kg). Cuando se empleó el aserrín, las medias más altas correspondieron a los 10 y 30 días (9,60 kg), significativo respecto a la más baja para los 35 días (6,44 kg). En el tratamiento de conservación sin cobertura, a los 15 días se alcanzó la media más elevada (10,32 kg), significativa respecto a la menor cifra (5 días, 5,28 kg).

El peso promedio de la raíz del clon 'Señorita' conservado con y sin tocón (Figura 2), muestra que al tratamiento 'sin tocón' correspondió el mejor resultado (0,31 kg) con diferencias estadísticas ($p < 0,05$) respecto a la otra alternativa ('con tocón', 0,27 kg). El Cuadro 3 muestra el resultado del peso promedio de la raíz para el clon 'Señorita' con tocón, en donde el tratamiento con 'arena a los 35 días' alcanzó el mayor valor (0,29 kg) que fue significativo con respecto a la media más baja para los 10 días (0,21 kg). Cuando se utilizó el aserrín la cifra de media más elevada correspondió a los 15 días (0,35 kg) y la más baja fue a los 40 días (0,23 kg) con diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre ellas. El

Cuadro 1. Peso total de raíces (kg) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon 'Señorita' conservadas con tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Período de evaluación (días)	Tipo de conservación		
	Arena	Aserrín	Sin cobertura
Cosecha	6,00 bc	6,21 c	5,67 fg
5	6,75 ab	5,98 c	7,36 de
10	5,25 cd	6,50 bc	6,71 def
15	7,56 a	7,35 ab	9,75 b
20	5,98 bc	8,06 a	5,06 g
25	6,50 ab	6,75 bc	11,20 a
30	6,75 ab	2,40 d	7,68 cd
35	6,96 ab	8,06 a	8,84 bc
40	4,83 d	5,98 c	6,30 ef
ES ±	0,23 *†	0,19 *‡	0,24 *‡
CV (%)	7,46	5,88	6,42

ES: Error Standard; CV: Coeficiente de variación y * Significativo ($p < 0,05$)

Promedios con letras desiguales dentro de una misma columna difieren estadísticamente ($p < 0,05$) de acuerdo a la prueba de Tukey † y según prueba de Dunnett's C ‡

tratamiento ‘sin cobertura’ mostró la media más alta a los 25 días (0,40 kg), significativa respecto a la más baja (cosecha, 0,21 kg).

En el clon ‘Señorita’ conservado sin tocón, la variable peso promedio de la raíz (Cuadro 4), alcanzó su mayor valor cuando se utilizó el tratamiento ‘arena-20 días’ (0,40 kg), significativo respecto a la media más baja para 40 días (0,24 kg). Cuando se empleó aserrín la cifra más elevada correspondió a 10 y 30 días (0,40 kg) y la más baja a los 25 días (0,21 kg) con diferencias estadísticas entre ellas ($p < 0,05$). El tratamiento sin cobertura mostró el mayor aporte a los 15 días (0,43 kg), significativo respecto a la media más baja para 10 días (0,26 kg).

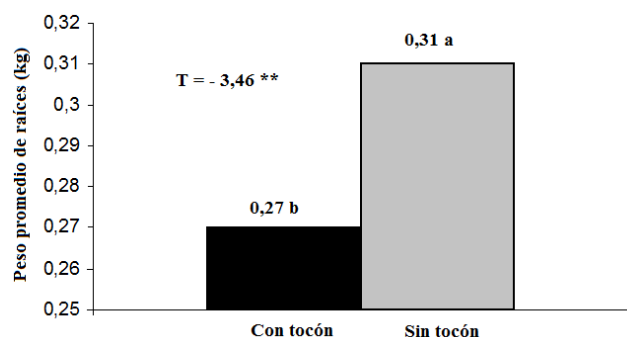


Figura 2. Peso promedio de raíces (kg) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon ‘Señorita’ conservadas con y sin tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Cuadro 2. Peso total de raíces (kg) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon ‘Señorita’ conservadas sin tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Período de evaluación (días)	Tipo de conservación		
	Arena	Aserrín	Sin cobertura
Cosecha	6,60 de	7,75 bc	7,44 bcd
5	7,50 cd	8,37 b	5,28 e
10	7,35 cd	9,60 a	5,72 de
15	8,88 b	9,36 a	10,32 a
20	8,40 bc	7,50 c	9,00 ab
25	6,50 de	5,25 e	7,83 bc
30	11,50 a	9,60 a	7,00 cde
35	6,50 de	6,44 d	7,13 cd
40	6,00 e	6,75 d	8,70 abc
ES \pm	0,23 *†	0,15 *†	0,38 *‡
CV (%)	5,95	3,82	10,10

ES: Error Standard; CV: Coeficiente de variación y * Significativo ($p < 0,05$)

Promedios con letras desiguales dentro de una misma columna difieren estadísticamente ($p < 0,05$) de acuerdo a la prueba de Tukey † y según prueba de Dunnett’C ‡

La Figura 3 muestra el peso útil de la raíz del clon ‘Señorita’ conservado con y sin tocón, donde el mejor resultado correspondió al tratamiento ‘con tocón’ (4,84 kg), significativo respecto a la otra alternativa (‘sin tocón’, 3,9 1kg).

Cuadro 3. Peso promedio de raíces (kg) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon ‘Señorita’ conservadas con tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Período de evaluación (días)	Tipo de conservación		
	Arena	Aserrín	Sin cobertura
Cosecha	0,25 ab	0,27 ab	0,21 d
5	0,27 a	0,26 ab	0,32 bc
10	0,21 b	0,26 ab	0,25 cd
15	0,28 a	0,35 a	0,25 cd
20	0,26 ab	0,31 ab	0,22 d
25	0,26 ab	0,25 ab	0,40 a
30	0,27 a	0,31 ab	0,32 bc
35	0,29 a	0,31 ab	0,34 ab
40	0,21 b	0,23 b	0,30 bc
ES \pm	0,01 *†	0,02 *‡	0,01 *‡
CV (%)	12,64	15,97	10,90

ES: Error Standard; CV: Coeficiente de variación y * Significativo ($p < 0,05$)

Promedios con letras desiguales dentro de una misma columna difieren estadísticamente ($p < 0,05$) de acuerdo a la prueba de Tukey † y según prueba de Dunnett’C ‡

Cuadro 4. Peso promedio de raíces (kg) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon ‘Señorita’ conservadas sin tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Período de evaluación (días)	Tipo de conservación		
	Arena	Aserrín	Sin cobertura
Cosecha	0,30 abc	0,25 ab	0,31 ab
5	0,30 abc	0,31 ab	0,22 b
10	0,35 abc	0,40 a	0,26 b
15	0,37 ab	0,39 ab	0,43 a
20	0,40 a	0,30 ab	0,36 ab
25	0,25 c	0,21 b	0,27 b
30	0,25 c	0,40 a	0,28 b
35	0,26 bc	0,32 ab	0,35 ab
40	0,24 c	0,26 ab	0,32 ab
ES \pm	0,03 *‡	0,03 *†	0,02 *‡
CV (%)	12,08	16,26	17,66

ES: Error Standard; CV: Coeficiente de variación y * Significativo ($p < 0,05$)

Promedios con letras desiguales dentro de una misma columna difieren estadísticamente ($p < 0,05$) de acuerdo a la prueba de Tukey † y según prueba de Dunnett’C ‡

El Cuadro 5 muestra que el clon ‘Señorita’ conservado con tocón, al emplear el tratamiento ‘arena-5 días’ se obtuvo la media más alta (5,77 kg), significativa respecto a la media más baja para la evaluación en el momento de la cosecha (5,59 kg). Cuando las raíces se conservaron en aserrín, a los 20 días se alcanzó a cifra más elevada (6,13 kg), con diferencias estadísticas ($p < 0,05$) respecto a la media más baja para 25 días (5,01 kg). El tratamiento ‘sin cobertura’ alcanzó el mayor valor en la cosecha (5,34 kg) y la cifra más baja correspondió a los 25 días (2,27 kg) con diferencias significativas entre ellas.

Según el Cuadro 6, la variable peso útil de las raíces en el clon ‘Señorita’ sin tocón, alcanzó la cifra más elevada en el tratamiento donde se empleó la arena, cuando en el momento de la cosecha se

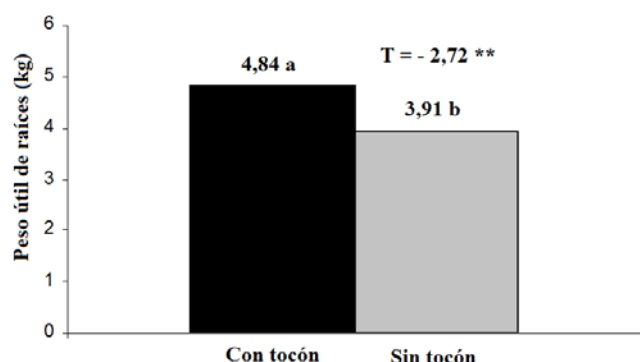


Figura 3. Peso útil de raíces (kg) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon ‘Señorita’ conservadas con y sin tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Cuadro 5. Peso útil de raíces (kg) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon ‘Señorita’ conservadas con tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Período de evaluación (días)	Tipo de conservación		
	Arena	Aserrín	Sin cobertura
Cosecha	5,59 c	5,90 ab	5,34 a
5	5,77 a	5,39 bc	4,99 a
10	4,16 c	5,76 ab	3,40 bc
15	5,67 a	5,90 ab	3,68 b
20	4,44 bc	6,13 a	2,60 cd
25	5,13 ab	5,01 c	2,27 d
ES \pm	0,16 *†	0,16 *†	0,23 *†
CV (%)	6,47	5,56	12,35

ES: Error Standard; CV: Coeficiente de variación y * Significativo ($p < 0,05$)

Promedios con letras desiguales dentro de una misma columna difieren estadísticamente ($p < 0,05$) de acuerdo a la prueba de Tukey †

alcanzaron 5,98 kg, con diferencias significativas respecto a la media más baja que fue a las 20 días (2,77 kg). Con aserrín-cosecha (7,44 kg) se alcanzó la mayor cifra, significativa respecto a los 25 días (0,59 kg) con el peor resultado. Para el tratamiento ‘sin cobertura’ en la cosecha (7,08 kg) se obtuvo el mejor resultado, significativo respecto al resto de los tratamientos evaluados. En esta última después de los 15 días no se encontró peso útil.

El porcentaje de utilización de la raíz en el clon ‘Señorita’ conservado con y sin tocón (Cuadro 7), mostró que con tocón se alcanzó el mejor resultado (73,47%), significativo respecto a la otra alternativa (sin tocón, 58,75%).

En el Cuadro 8 para el clon ‘Señorita’ conservado con tocón, con el tratamiento ‘arena’ se alcanzó un porcentaje de utilización de 93,20% en el momento de la cosecha, significativo respecto a la

Cuadro 6. Peso útil de raíces (kg) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon ‘Señorita’ conservadas sin tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Período de evaluación (días)	Tipo de conservación		
	Arena	Aserrín	Sin cobertura
Cosecha	5,98 a	7,44 a	7,08 a
5	5,93 a	6,95 ab	3,61 b
10	4,63 b	6,59 b	1,60 c
15	5,07 ab	6,20 b	0,00 d
20	2,77 c	2,78 c	0,00 d
25	3,25 c	0,59 d	0,00 d
ES \pm	0,28 *‡	0,17 *†	0,15 *†
CV (%)	12,29	6,80	14,70

ES: Error Standard; CV: Coeficiente de variación y * Significativo ($p < 0,05$)

Promedios con letras desiguales dentro de una misma columna difieren estadísticamente ($p < 0,05$) de acuerdo a la prueba de Tukey † y según prueba de Dunnett C ‡

Cuadro 7. Utilización (%) de raíces de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon ‘Señorita’ conservadas con y sin tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba. Valor de U de MW = 0,000**

Tratamientos	Media	Media de rango
Con tocón	73,47	84,20 a
Sin tocón	58,75	57,50 b

MW = Prueba de promedios de rangos de Mann-Whitney. Promedios con letras desiguales difieren estadísticamente ($p < 0,05$)

media más baja a los 25 días (69,10%). Cuando se empleó el aserrín, también en el momento de la cosecha el porcentaje de utilización fue superior (95,10%), mientras que fue más bajo a los 25 días (74,30%). Al conservar las raíces sin cobertura la cifra más elevada fue en la cosecha (94,20%) y la más baja a los 25 días (20,30%).

Al conservar en arena el clon ‘Señorita’ sin tocón el porcentaje de utilización de la raíz fue menor a los 25 días (33,00%) con diferencias significativas respecto al valor del momento de la cosecha (90,70%) que obtuvo la cifra más elevada. Resultados similares se obtuvieron con el aserrín (11,30% a los 25 días, con diferencias para $p < 0,05$ respecto al momento de la cosecha con 96,10%). Cuando no se utilizó cobertura, el mayor aporte lo brindó la evaluación en la cosecha (95,20%), significativa respecto a los períodos en los que no se encontró resultado (de 15 a 25 días) (Cuadro 9).

Este sistema de almacenamiento ya había sido reportado por Booth (1976) quien refirió el método de los silos de tierra y paja, y desarrolló el sistema de almacenamiento en cajas con aserrín húmedo. Además, Lozano *et al.* (1978) ya habían observado en muchos mercados locales en Colombia que las raíces de yuca se vendían adheridas al tallo (con tocón) y los vendedores afirmaron que se deterioraban más lentamente bajo estas condiciones, que desprendidas.

Los resultados obtenidos en cuanto a la factibilidad de conservar la yuca en arena y aserrín húmedo corroboran lo planteado por Booth (1976) de que las raíces mantenidas bajo condiciones de alta humedad se "curan" y en consecuencia, se previene la deterioración fisiológica, aunque puede favorecer el deterioro microbiano. Este autor plantea que ocurre la cicatrización de las heridas y que este proceso fisiológico solo se puede iniciar cuando se alcanza un nivel crítico de bajo contenido de humedad. Los

Cuadro 8. Utilización (%) de raíces de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon ‘Señorita’ conservadas con tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Período de evaluación (días)	Tipo de conservación					
	Arena		Aserrín		Sin cobertura	
	Utilización (%)	Promedio de rango	Utilización (%)	Promedio de rango	Utilización (%)	Promedio de rango
Cosecha	93,20	22,50 a	95,10	22,50 a	94,20	22,50 a
5	85,60	18,50 ab	90,20	18,30 ab	67,80	18,50 ab
10	79,40	14,50 abc	88,70	14,80 abc	50,40	11,50 abc
15	75,10	10,50 abc	80,30	10,50 abc	37,80	6,50 bc
20	71,30	6,50 bc	76,10	6,50 bc	51,40	13,50 abc
25	69,10	2,50 c	74,30	2,50 c	20,30	2,50 c
KW		22,40 **		22,25 **		21,92**

KW = Análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Promedios con letras desiguales difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de promedios de rangos de Mann-Whitney ($p < 0,05$)

Cuadro 9. Utilización (%) de raíces de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon ‘Señorita’ conservadas sin tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Período de evaluación (días)	Tipo de conservación					
	Arena		Aserrín		Sin cobertura	
	Utilización (%)	Promedio de rango	Utilización (%)	Promedio de rango	Utilización (%)	Promedio de rango
Cosecha	90,70	22,50 a	96,10	22,50 a	95,20	22,50 a
5	79,10	18,50 ab	83,10	18,50 ab	68,50	18,50 ab
10	63,10	14,50 abc	68,70	14,50 abc	28,00	14,50 ab
15	57,20	10,50 abc	66,30	10,50 abc	0,00	6,50 b
20	50,00	2,50 c	37,10	6,50 bc	0,00	6,50 b
25	33,00	6,50 bc	11,30	2,50 c	0,00	6,50 b
KW		22,40 **		22,40 **		22,65 **

KW = Análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Promedios con letras desiguales difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de promedios de rangos de Mann-Whitney ($p < 0,05$)

mejores resultados en este estudio se lograron conservando las raíces con tocón en arena o aserrín humedecida (15 días), pero debido a la factibilidad para el transporte es más cómodo que esto se realice sin tocón, aunque los resultados sean apreciables hasta los cinco días.

En relación a la evaluación de la calidad culinaria, en el caso del tratamiento con tocón se obtuvieron buenos resultados hasta los 25 días de evaluación, excepto en el tratamiento sin cobertura cuando se evaluó a los 10, 15, 20 y 25 días en que fue regular. A partir de los 30 días la calidad culinaria de las raíces fue regular (Cuadro 10) pues tuvo problemas de dureza después del tiempo de cocción. En el tratamiento sin cobertura, las raíces se deterioraron completamente a partir de los 35 días. La calidad culinaria para el tratamiento sin tocón, se obtuvieron buenos resultados hasta los 15 días de evaluación para la conservación en arena, 10 días para aserrín y sólo a la cosecha sin cobertura, mientras que el deterioro completo de las raíces ocurrió a partir de los 30, 35 y 15 días, respectivamente (Cuadro 11).

Experimento 2. Evaluación del método de envase y traslado, así como de sistemas de cosecha para preservar las raíces de yuca

Al evaluar los daños ocurridos en la cosecha en 100 raíces del clon 'Señorita' mediante tres métodos de envase y traslado (Cuadro 12), cuando se utilizaron cajas de madera, se alcanzó el menor número de raíces dañadas (3,0 raíces), el menor

porcentaje de deterioro fisiológico (3,50%) y no se produjeron pérdidas durante el transporte, por lo que el valor total de pérdidas fue el mas bajo (3,50%), con diferencias estadísticas ($p < 0,05$) respecto al tratamiento donde las raíces estaban sueltas en un remolque, que alcanzó el mayor número de raíces dañadas (15,0 raíces), el mayor porcentaje de deterioro fisiológico (7,00%), las mayores pérdidas en el transporte (9,00%) y por tanto totales (15,5%).

Ante la poca factibilidad económica que resulta del traslado de la yuca en cajas de madera, si se analizan los resultados logrados con los otros dos tipos de envases, lo más factible sería hacerlo en sacos de yute, mediante lo cual se produce un 5% de deterioro fisiológico y 3% de pérdidas por transporte.

Cuando las raíces se envasan a granel en un remolque reciben mayor cantidad de daños mecánicos al ser tiradas y manipuladas sin mucho cuidado, lo cual acelera el deterioro fisiológico y eleva las pérdidas por transporte al partirse un gran número de ellas.

Según Fonseca y Saborío (2001) las yucas cosechadas, deben transportarse a la empacadora. Ello implica dos aspectos: cómo se acarrearán y en qué se trasladarán. En cuanto al primero, las raíces requieren ser "arregladas", es decir, cortadas sus raíces adventicias delgadas, las cuales se ligan a las raíces de consumo, además de volver a hacer el corte del pedúnculo si este está mal realizado. Luego se llevan en sacos o en cajas de madera o de plástico, colocadas

Cuadro 10. Calidad culinaria de raíces de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon 'Señorita' conservadas con tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Período de evaluación (días)	Tipo de conservación		
	Arena	Aserrín	Sin cobertura
Cosecha	Buena	Buena	Buena
5	Buena	Buena	Buena
10	Buena	Buena	Regular
15	Buena	Buena	Regular
20	Buena	Buena	Regular
25	Buena	Buena	Regular
30	Regular	Regular	Regular
35	Regular	Regular	---
40	Regular	Regular	---

La calidad culinaria se evaluó de acuerdo a la palatabilidad, presencia de fibras y dureza
--- Raíces totalmente deterioradas

Cuadro 11. Calidad culinaria de raíces de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon 'Señorita' conservadas con tocón en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Período de evaluación (días)	Tipo de conservación		
	Arena	Aserrín	Sin cobertura
Cosecha	Buena	Buena	Buena
5	Buena	Buena	Regular
10	Buena	Buena	Regular
15	Buena	Regular	---
20	Regular	Regular	---
25	Regular	Regular	---
30	---	Regular	---
35	---	---	---
40	---	---	---

La calidad culinaria se evaluó de acuerdo a la palatabilidad, presencia de fibras y dureza
--- Raíces totalmente deterioradas

preferiblemente en forma horizontal. Las cajas plásticas, alargadas y poco profundas son las más adecuadas, pues evitan los "despuntos", también se utilizan de madera. El despunte consiste en una ruptura del extremo distal de las raíces. En cualquier caso, se debe tener el cuidado de no sobrellenar las cajas, ya que al estibar una sobre otra, se producen daños físicos que irremediablemente provocarán un deterioro comercial muy rápido en el producto.

Las Figuras 4 y 5 muestran en el clon 'Señorita' que con el sistema de cosecha manual sin riego se obtuvo el mayor aporte al rendimiento (26,80 t.ha⁻¹), significativo respecto a la media más baja (cosecha con implemento sin riego, 25,34 t.ha⁻¹). Este último tratamiento alcanzó el mayor valor en el rendimiento dejado de cosechar (0,46 t.ha⁻¹), significativo respecto al mejor tratamiento (cosecha

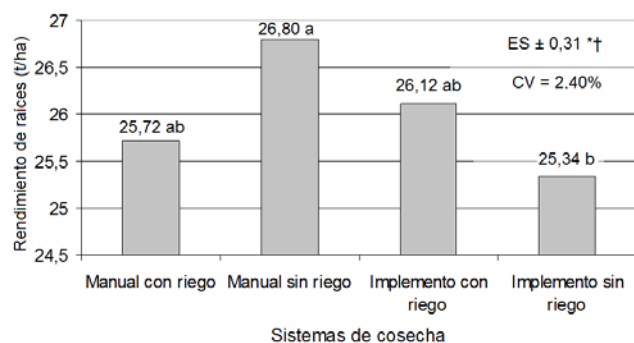
manual con riego, 0,03 t.ha⁻¹). Se demostró claramente la importancia de dar un riego antes de cosechar la yuca, pues esto evita que se queden y fraccionen las raíces, además, evita los altos porcentajes de raíces dañadas cuando la cosecha se realiza con implementos y tracción animal, lo que corrobora los estudios desarrollados por Rodríguez (2011).

El Cuadro 13 muestra que con el tratamiento 'implemento con riego' se obtuvo el mayor porcentaje de raíces dejadas de cosechar (1,81%), significativo respecto a la media más baja para 'manual con riego' (0,12%). La variable porcentaje de raíces con daños mecánicos alcanzó también su mayor cifra cuando se cosechó con implemento sin riego (19,30%), significativo respecto al valor más bajo (1,3% para la cosecha manual con riego).

Cuadro 12. Daños posteriores a la cosecha de raíces de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon 'Señorita' en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Tipos de envase	Número de raíces dañadas	PR	Deterioro fisiológico (%)	PR	Pérdidas por transporte (%)	PR	Total de pérdidas (%)	PR
Cajas de madera	3	2,5 a	3,5	2,5 a	0,0	2,5 a	3,5	2,50 a
Sacos de yute	12	6,5 ab	5,0	6,5 ab	3,0	6,5 ab	8,0	6,50 ab
Sueltas en un remolque	15	10,5 b	7,0	10,5 b	9,0	10,5 b	15,5	10,50 b
KW=		9,84 **		9,84 **		10,24 **		9,84 **

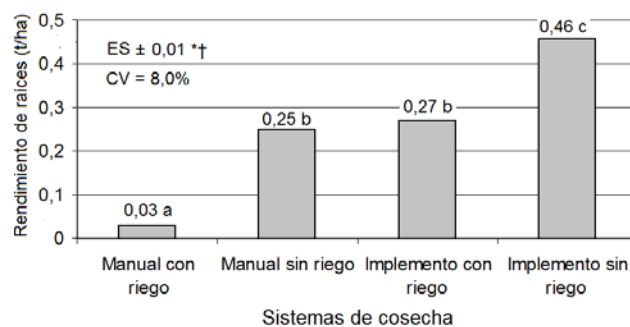
PR = Promedios de rango y KW = Análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Promedios con letras desiguales difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de promedios de rangos de Mann-Whitney ($p < 0,05$)



* Error standard (ES) significativo ($p \leq 0,05$)

† Promedios con letras desiguales difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Dunnett's C ($p \leq 0,05$)

Figura 4. Rendimiento de raíces (t/ha) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon 'Señorita' cosechadas bajo diferentes sistemas en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba. CV: Coeficiente de variación



* Error standard (ES) significativo ($p \leq 0,05$)

† Promedios con letras desiguales difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Dunnett's C ($p \leq 0,05$)

Figura 5. Rendimiento de raíces (t/ha) dejadas de cosechar de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon 'Señorita' cosechadas bajo diferentes sistemas en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba. CV: Coeficiente de variación

CONCLUSIONES

1. Se observaron los mejores resultados en el porcentaje utilizable de la raíz reservante, al conservar las mismas con tocón y con cobertura de aserrín o arena humedecidos, independientemente. Los porcentajes de utilización de las raíces van disminuyendo a medida que aumenta el tiempo de conservación. Las raíces sin tocón y sin cobertura no se conservan por más de 15 días.
2. Es factible envasar y trasladar las raíces en sacos para reducir los daños por deterioro fisiológico.
3. Es imprescindible efectuar un riego a la plantación antes de realizar la cosecha de la yuca, logrando los menores daños mecánicos cuando ésta labor se realiza de forma manual.

LITERATURA CITADA

- Barón, L. F. J y M. F. Téllez. 2012. Apuntes de bioestadística. Disponible en: www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/capo5.pdf. Consultado octubre 2012.
- Booth, R. H. 1976. Storage of fresh cassava. I. Post harvest deterioration and its control. *Expl. Agric.* 12: 103-111.
- Cenóz P. J.; A. López y Á. M. Burgos. 2001. Factores ambientales que regulan el deterioro poscosecha en mandioca. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/5-Agrarias/A-011.pdf>. Consultado octubre, 2009.
- Cuadro 13. Raíces dejadas de cosechar (RDC) (%) y raíces con daños mecánicos (RDM) (%) de plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Clon 'Señorita' con diferentes sistemas de cosecha (SC) en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.
- | SC | RDC (%) | PR | RDM (%) | PR |
|----------------------|---------|---------|---------|----------|
| Manual con riego | 0,12 | 2,5 a | 1,3 | 2,5 a |
| Manual sin riego | 0,95 | 7,5 ab | 2,7 | 6,5 ab |
| Implemento con riego | 1,05 | 9,4 ab | 11,1 | 10,5 ab |
| Implemento sin riego | 1,81 | 3,6 b | 19,3 | 14,5 b |
| KW | | 9,60 ** | | 14,15 ** |
- PR = Promedios de rango y KW = Análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Promedios con letras desiguales difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de promedios de rangos de Mann-Whitney ($p < 0,05$)
- Cobeña, G. y F. Cárdenas. 1989. Pruebas realizadas por el INIAP en la conservación de yuca fresca para consumo humano, Quito Ecuador, p. 73-77.
- Fonseca J. M. y D. Saborío. 2001. Tecnología post-cosecha de yuca fresca parafinada (*Manihot esculenta* Crantz) para exportación en Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas. Convenio Postcosecha MAG-UCR. Costa Rica 56 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2012. FAOSTAT. Estadísticas de producción. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Consultado octubre 2012.
- Hernández A.; M. O. Ascanio; D. M. Morales y R. A. Cabrera. 2005. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INCA). Disponible en: <http://www.rutas.ucf.edu.cu>. Consultado abril, 2008.
- Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). 2004. Instructivo técnico del cultivo de la yuca. Ministerio de la Agricultura. Cuba 13 p.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2000. Manual técnico de la yuca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) e Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, Ecuador. 50 p.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). 2007. Instructivo técnico del cultivo de la yuca. La Habana, Biblioteca ACTAF. p. 14-15.
- Rodríguez, J. 2011. Nuevo aporo para la cosecha semi-mecanizada de raíces y tubérculos. Memorias I Simposio Internacional de Raíces, Rizomas, Tubérculos, Plátanos, Bananos y Papaya. Centro de Convenciones Bolívar, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
- Sotelo R. y G. Acevedo, 2009. Conservación de las raíces frescas de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) aplicándole el proceso de parafinado. *Revista Científica Nexo* 21 (2): 48-53.
- Suárez Guerra, L. y Mederos Vega, V. R. 2011. Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. *Cultivos Tropicales* 32 (3): 27-35,