

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE YUCA BIOFORTIFICADA, CAMOTÁN, CHIQUIMULA
TESIS DE GRADO

MARIA ALEJANDRA SALGUERO PEREZ
CARNET 21288-10

ZACAPA, AGOSTO DE 2017
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE YUCA BIOFORTIFICADA, CAMOTÁN, CHIQUIMULA
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
MARIA ALEJANDRA SALGUERO PEREZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA EN CIENCIAS
HORTÍCOLAS

ZACAPA, AGOSTO DE 2017
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO:	MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. HECTOR HUGO RUANO SOLIS

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

ING. MARIA ISABEL MORAN SOSA DE YANES

ING. RONI OSMAN CARRILLO AGUILAR

LIC. EDWIN ROLANDO PAREDES MAZARIEGOS

Zacapa, 15 de agosto de 2017.

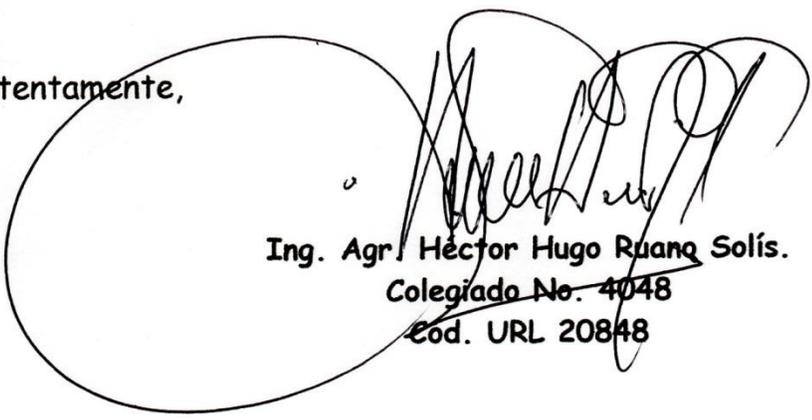
Señores:
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Estimados Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación de la Estudiante **María Alejandra Salguero Pérez**, Carné 21288-10, titulado: "Evaluación de cultivares de yuca biofortificada, Camotán, Chiquimula".

El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Héctor Hugo Ruano Solís.
Colegiado No. 4048
Cod. URL 20848

c.c. Archivo

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante MARIA ALEJANDRA SALGUERO PEREZ, Carnet 21288-10 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 0688-2017 de fecha 5 de julio de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE YUCA BIOFORTIFICADA, CAMOTÁN, CHIQUIMULA

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA eē.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 8 días del mes de agosto del año 2017.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A:

A Dios: por haberme dado la vida y la oportunidad de cumplir cada una de las metas que me he propuesto.

A la Universidad: Rafael Landivar, facultad de ciencias ambientales por ser parte de mi formación.

Al ingeniero: Hugo Ruano Solís por su valiosa asesoría en mi trabajo de graduación y a los demás integrantes del ICTA de Oriente por su apoyo en la realización de mi investigación.

DEDICATORIA

Dios: por su infinita misericordia y bondad que me muestra cada día, por la sabiduría y fortaleza que me da cada día para siempre luchar por lo que quiero.

A mis padres: por esforzarse siempre por darme lo mejor y apoyarme en cada una de mis decisiones.

A mi familia: hermanos, abuelos, primos, tíos, mi novio y otros por apoyarme siempre y motivarme a seguir adelante.

INDICE GENERAL

RESUMEN	
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEORICO.....	3
2.1. LA BIOFORTIFICACION EN EL CULTIVO DE YUCA	3
2.1.2. Taxonomía.....	4
2.1.3 Morfología	5
2.1.4 Propagación.....	8
2.1.5. Requerimientos del cultivo	8
2.1.6. Requerimientos climáticos	9
2.1.7. Manejo Agronómico del Cultivo.....	10
2.1.8. Cosecha.....	11
2.1.9. Demanda Nutricional del Cultivo	12
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
3.1. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	14
3.2. JUSTIFICACION	14
IV. OBJETIVOS	16
4.1. OBJETIVO GENERAL	16
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
V. HIPOTESIS.....	17
VI. MATERIALES Y METODOS	18
6.1 LOCALIZACIÓN	18
6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	18
6.3 FACTOR A EVALUAR	18
6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	19
6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	19
6.6. MODELO ESTADÍSTICO.....	20
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL.....	20

6.9.1. Preparación del Suelo.....	21
6.9.2.Época de siembra	21
6.9.3. Siembra.....	22
6.9.4. Fertilización.....	22
6.9.5. Control de Malezas	23
6.9.6. Control de plagas y enfermedades	23
a. Control de plagas.....	23
b. Control de enfermedades.....	23
6.10. COSECHA Y TOMA DE DATOS	23
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	26
7.1. Descripción Morfológica	26
7.2. Rendimiento de raíces en kilogramos por hectárea (kg/ha) de ocho cultivares de Yuca.....	27
7.3 Análisis bromatológico	28
IX. RECOMENDACIONES	32
X. BIBLIOGRAFIA	33
ANEXOS.....	35

INDICE DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la Yuca	4
Cuadro 2. Extracción total de nutrientes del suelo por el cultivo de Yuca	13
Cuadro 3. Tratamientos evaluados	19
Cuadro 4. Kilogramos por hectárea de fertilizantes que se aplicaron al cultivo	22
Cuadro 5. Cuantificación del rendimiento de los cultivares.	27
Cuadro 6. Análisis de varianza del rendimiento entre los cultivares.	28
Cuadro 7. Análisis bromatológico de contenido de betacarotenos	29
Cuadro 8. Caracterización morfológica a los 3 meses de establecido el cultivo de Yuca (<i>Manihot esculenta</i> , Crantz) en la Aldea Dos Quebradas, Camotán, Chiquimula.	35
Cuadro 9. Caracterización morfológica a los 6 meses de establecido el cultivo de Yuca (<i>Manihot esculenta</i> , Crantz)	36
Cuadro 10. Caracterización morfológica a los 9 meses de edad del cultivo.	37
Cuadro 11. Caracterización morfológica de los cultivares de yuca listos para su cosecha a los 10 meses de edad	38

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1. Diagrama de unidad experimental	20
Figura 2. Diagrama de croquis de campo y distribución de los tratamientos	21
Figura 3. El cultivar CG7-64 forma el grupo 1, el GUA 91 el grupo 2 y los cultivares GUA 79, CM 6119-5, CR 38, CM 3750-5, ICTA IZABAL Y Castilla forman el grupo 3.	26
Figura 4. Valores de betacarotenos medidos en ug/100gr en los cultivares de yuca biofortificadas, (<i>Manihot esculenta</i> , Crantz) evaluados donde cada punto representa el contenido del mismo.	30

EVALUACION DE CULTIVARES DE YUCA BIOFORTIFICADA, CAMOTAN, CHIQUMULA

RESUMEN

El estudio consistió en la evaluación de cultivares de Yuca Biofortificados (*Manihotesculenta*, Crantz), en la Aldea Dos Quebradas del Municipio de Camotán, Departamento de Chiquimula. Se evaluaron seis cultivares biofortificados traídos in vitro de Colombia con los códigos CG 7-64, CM 3750-5, CM6119-5, CR 38, GUA 79, GUA 91, y dos de Guatemala ICTA IZABAL Y CASTILLA. Dicha investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar el potencial de rendimiento de los cultivares biofortificados de yuca y así mismo determinar si presentan aceptación por parte de los consumidores. De acuerdo al análisis estadístico no existe diferencia significativa en rendimiento entre los ocho cultivares que se evaluaron. Se realizó un análisis de conglomerados en el cual los cultivares formaron tres grupos de características morfológicas (1, 2,3), cada uno posee ciertas características que lo difieren de otro grupo. El análisis de Pearson determinó que el número de raíces de primera y el peso de raíces de primera estadísticamente tienen una correlación moderada en comparación con el rendimiento total. Los cultivares CM61195 y CG7- 64 reportaron 93ug/100g y 142µg/100g de betacarotenos, superando al testigo comercial.

EVALUATION OF BIOFORTIFIED CASSAVA CULTIVARS, CAMOTAN, CHIQUIMULA

SUMMARY

The study consisted on the evaluation of biofortified cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) cultivars, in Aldea Dos Quebradas, municipality of Camotán, Chiquimula. Six biofortified cultivars were brought *in vitro* from Colombia with codes CG 7-64, CM 3750-5, CM6119-5, CR 38, GUA 79, GUA 91, and two from Guatemala, ICTA IZABAL and CASTILLA. Such research study was carried out to determine the potential of the biofortified cassava cultivars, as well as to determine if they are appealing to consumers. According to the statistical analysis, there is no significant difference among the eight cultivars that were evaluated. A conglomerate analysis was carried out, in which the cultivars made up three groups of morphological characteristics (1, 2,3), each with characteristics that distinguish them from the others. The Pearson analysis determined that the number of high-quality roots and high-quality root weight statistically have a moderate correlation compared with the total yield. The CM61195 and CG7- 64 cultivars reported 93 μ g/100g and 142 μ g/100g of beta-carotenes, higher than the commercial check.

I. INTRODUCCION

La zona oriental de Guatemala en los últimos años ha sido impactada por acontecimientos climáticos tales como sequía, suelos con poca fertilidad y aunada a esto la poca disponibilidad de alimentos de las familias rurales campesinas, lo que ha provocado inseguridad alimentaria.

Según el espacio integral de la estrategia de la reducción de la desnutrición crónica (ENRDC) y SESAN (2007), uno de los componentes para revertir los efectos de esta problemática es la implementación de esfuerzos para el desarrollo de una alimentación complementaria a través de la producción de cultivos con características alimenticias y que permitan satisfacer los requerimientos nutricionales mínimos, lo cual se estaría logrando a través del cultivo de raíces y tubérculos, teniendo un papel importante el cultivo de la yuca.

El ICTA(2014), producto de procesos de generación de tecnología, cuenta dentro de su oferta tecnológica con valioso germoplasma de hortalizas clasificadas como raíces y tubérculos, siendo estos yuca, de la variedad ICTA Izabal, y con la multiplicación acelerada de yuca In Vitro de Clones de Yuca provenientes del (CIAT), de Colombia, se hace necesario entonces que se establezcan mecanismos que permitan disponer de esta tecnología dentro de los sistemas de siembra de las familias rurales para obtener fuentes de alimento y de esta manera darle un mejor balance a la dieta alimenticia.

De acuerdo a estudios a nivel rural, estos indican que se hace necesario incursionar con otros cultivos tales como la yuca, pero los agricultores no tienen desarrollado los conocimientos, destrezas y actitudes en su proceso de producción, así como el desconocer de materiales mejorados de estos cultivos. Para revertir esta debilidad, se hace necesario implementar procesos formales de investigación y transferencia de tecnología, en donde el principal actor sea el agricultor.

La presente investigación se realizó en la Aldea Dos Quebradas, del Municipio de Camotán, Departamento de Chiquimula con el fin identificar el cultivar de Yuca Biofortificada (*Manihotesculenta*, Crantz) superior, para ello se llevó acabo la evaluación de 6 cultivares provenientes del CIAT de Colombia y 2 testigos de Guatemala; en dicha evaluación se identificó el cultivar con mayor rendimiento en kilogramos por hectárea, sus niveles nutricionales por medio de una evaluación bromatológica del cultivar identificado con mayor rendimiento; esta información es de mucha importancia para la problemática de desnutrición que surge nuestro país.

II. MARCO TEORICO

2.1. LA BIOFORTIFICACION EN EL CULTIVO DE YUCA

Según Nestel, Bouis, Meenakshi, Pfeiffer, (2006) la biofortificación es el resultado de la selección y combinación de técnicas de mejoramiento convencional, para mejorar las características de un determinado cultivo como la productividad y el valor nutritivo. Es una estrategia sustentable para hacer los alimentos más nutritivos y para las personas que no tienen acceso a otro tipo de alimentos. La biofortificación en América Latina y el Caribe se ha realizado con enfoque en los cultivos de mayor importancia y consumo: frijol (*Phaseolus vulgaris*), yuca (*Manihot esculentum*), maíz (*Zea mays*), arroz (*Oriza sativa*) y camote (*Ipomoea batata*), entre otros, los cuales han sido enriquecidos en cuanto a su calidad de proteína, contenido de minerales como el hierro y el zinc y pigmentos como el betacarotenos o provitamina A.

Según Ceballos (2002), la yuca se ha convertido en un alimento básico para luchar contra el hambre, contribuyendo con la seguridad alimentaria en países en vías de desarrollo y cerca de 500 millones de personas la consumen, en la última década es el quinto producto básico más importante después del arroz, trigo, maíz y papa. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO- (2010), nos indica que según sus estadísticas el consumo de la yuca aumento de 96 millones de toneladas en al año 2000 a 182 toneladas en el año 2010.

2.1.1 Origen

La yuca es originaria de la América Tropical, posiblemente del noreste de Brasil. Se considera que la yuca fue cultivada por primera vez en Sudamérica o Centro América. Numerosas evidencias apuntan a que el área de domesticación de la yuca comprende una vasta región desde México hasta Brasil. Esta especie se habría cultivado desde hace 5000 años. La yuca podría ubicarse en una categoría que Harlan en 1971 llamó cultivos “No-céntricos”, es decir, aquellos que parecen no tener un centro obvio ni de origen ni de diversidad y que parecen haberse domesticado en un área muy amplia.

Guatemala se considera parte de un centro secundario de origen y diversidad de la yuca y se cultiva en las zonas cálidas de la mayor parte de departamentos del país. En la actualidad se ha difundido en las zonas tropicales de América, Asia y África. (Orellana, 2013).

2.1.2. Taxonomía

Según el CIAT (2002), la yuca (*Manihotesculenta*, Crantz) pertenece a la familia Euphorbiaceae. Esta familia está constituida por unas 7 200 especies que se caracterizan por el desarrollo de vasos laticíferos compuestos por células secretoras o galactocitos que producen una secreción lechosa. Su centro de origen genético se encuentra en la Cuenca Amazónica. Dentro de esta familia se encuentran tipos arbóreos como el caucho, (*Hevea brasiliensis*); arbustos como el ricino o higuera, (*Ricinus communis*) y numerosas plantas ornamentales, medicinales y malezas además del género *Manihot*.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la Yuca

Taxón	Clasificación
Reino	Plantae
División	Phanerogamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledonea
Subclase	Choripetales
Orden	Geraniales
Suborden	Tricoccae
Familia	Euphorbiaceae
Subfamilia	Crotonidae
Tribu	Manihoteae
Genero	Manihot
Especie	Esculenta

(CIAT, 2002)

2.1.3 Morfología

Según el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias- INIAP- citado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA-. La yuca es un arbusto variable de 1 a 5 metros de altura; dependiendo del cultivar y de las condiciones ecológicas. Los cultivares según su tamaño se clasifican: bajos (hasta 1.50 m); intermedios (1.5 – 2.5 m) y altos (más de 2.50 m).

a. Tallos

Según el CIAT (2002), citado por Gómez (2014), los tallos son particularmente importantes en la yuca, pues son el medio que se utiliza para la multiplicación vegetativa o asexual de la especie. Porciones lignificadas del tallo, comúnmente llamadas estacas o cangres, sirven como “semilla” para la producción comercial del cultivo. El tallo maduro es cilíndrico y su diámetro varía de 2 a 6 cm. Se pueden observar tres colores básicos de tallo maduro: gris-plateado, morado y amarillo verdoso. Tanto el diámetro como el color de los tallos varía significativamente con la edad de la planta y obviamente, con la variedad.

b. Hojas

La parte aérea está conformada por las hojas que son simples y están compuestas por la lámina foliar que es palmeada y lobulada teniendo de 3 a 6 lóbulos. Normalmente los colores son verdes, verde oscuro, verde claro. Según el Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias –INIAP-- (2002) en la colección de la Estación Experimental de Portoviejo las variedades evaluadas tienen un largo lóbulo medio de 10 a 24 cm y un ancho de 2.5 a 7 cm, de formas lanceoladas elípticas, lineal y oblonga lanceolada. El color de la nervadura del haz puede ser verde claro, verde oscuro, rojizo y morado.

c. Inflorescencia

Así como todas las del género *Manihot*, la yuca es una planta monoica, es decir, con flores unisexuales masculinas y femeninas en una misma planta y, generalmente, en la

misma inflorescencia. La polinización de la yuca es cruzada, por lo que cada individuo es naturalmente un híbrido con altos niveles de heterocigocidad. Esta es realizada típicamente por acción de los insectos. Las flores de la yuca son muy modestas y sencillas. No presentan ni cáliz, ni corola, sino más bien una estructura indefinida, denominada perianto, compuesto de cinco tépalos (algo intermedio a los sépalos y pétalos en las flores completas). Los tépalos pueden ser amarillos, rojizos o morados, y en las flores femeninas se encuentran totalmente separados el uno del otro hasta su base, cosa que no sucede en las masculinas (CIAT, 2002).

d. Frutos

Según Velásquez (2013), después de la polinización y la subsiguiente fertilización el ovario se desarrolla para formar el fruto, tomando entre 3 y 5 meses para completar su maduración.

e. Semilla

La semilla es el medio de reproducción sexual y de gran valor en el mejoramiento genético del cultivo. Es de forma ovoide- elipsoidal y mide aproximadamente 10 mm de largo, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor. Es lisa y de color café con moteado gris, (Velásquez, 2013).

f. La Raíz

El sistema radical de la planta de yuca es poco denso pero penetra varios metros en el suelo, lo que le da a la planta capacidad para resistir periodos largos de sequía. Cuando proviene de material vegetativo (estaca o cangre), las raíces son adventicias y, al desarrollarse forman un sistema fibroso. Estas son pocas y se convierten en la base para absorber agua y nutrimentos del suelo. Estas raíces, no son muy eficientes durante los primeros estados de desarrollo (primer mes) en la toma de nutrimentos (ya sean del suelo y/o del suelo y fertilizantes aplicados a la siembra), pero son muy eficientes en la toma de agua a medida que el cultivo crece y se desarrolla, (CIAT, 2008).

Según el CIAT (2002), la principal característica de las raíces de yuca es su capacidad de almacenamiento de almidones, razón por la cual es el órgano de la planta que hasta el momento ha tenido un mayor valor económico. Sin embargo, no todas las raíces producidas eventualmente se convierten en órganos de almacenamiento. Cuando la planta proviene de semilla sexual se desarrolla una raíz primaria pivotante y varias de segundo orden. Aparentemente, la raíz primaria siempre evoluciona para convertirse en una raíz tuberosa y es la primera en hacerlo. Si la planta proviene de estacas, las raíces son adventicias y se forman en la base inferior cicatrizada de la estaca, que se convierte en una callosidad y también a partir de las yemas de la estaca que están bajo tierra. Estas raíces al desarrollarse, inicialmente forman un sistema fibroso, pero después algunas de ellas (generalmente menos de 10) inician su engrosamiento y se convierten en raíces tuberosas. El número de éstas se determina, en la mayoría de los casos, en las primeras etapas de crecimiento de la planta. El largo del cuello es una característica de interés comercial. Cuando es muy corto dificulta el proceso de separación de las raíces tuberosas del tallo, resultando lesiones en la zona de corte, que aceleran el proceso de deterioro fisiológico pos cosecha. Cuando el “pedúnculo” es demasiado largo, resultan mayores pérdidas, pues en el proceso de extracción de las raíces este se rompe más fácilmente y la raíz de interés comercial permanece en el suelo.

Las raíces pueden adquirir forma y tamaños muy variables, siendo estas características dependientes tanto de la variedad como de las condiciones ambientales en que la planta crece. La distribución de las raíces en el suelo depende tanto de factores genéticos como culturales. La forma como se realiza la siembra de las estacas también afecta la manera en que las raíces se distribuirán. Cuando la estaca es plantada de manera vertical, esta produce raíces alrededor de la callosidad que se forma en el extremo inferior de la estaca. (CIAT, 2002).

Algunas raíces provenientes de yemas laterales de la estaca también pueden convertirse en raíces tuberosas. Cuando la posición de siembra es inclinada, también tienden a formarse en la callosidad, pero como en el caso anterior, otras raíces pueden emerger de las yemas laterales que están bajo tierra. Si la estaca se ubica de manera horizontal, las raíces tuberosas se distribuyen a lo largo de la estaca, porque se forman

en las yemas laterales y ambos extremos de la misma. La ubicación de las estacas tiende a ser más superficial y dispersa; por lo tanto, la cosecha puede facilitarse con este método de colocación de la estaca en el suelo (CIAT, 2002).

2.1.4 Propagación

Según Gallego(1986), citado por Peña (2010), la yuca para la plantación comercial, se propaga vegetativamente. Por lo mismo una nueva siembra depende en forma directa del corte y cosecha de un cultivo anterior lo que limita la posibilidad de expansión del cultivo con la forma de propagación tradicional La propagación de la yuca es mediante estacas gruesas de tallos maduros y sanos, con seis u ocho yemas, de las cuales cuatro se entierran. La estaca se planta inclinada para facilitar la cosecha.

2.1.5. Requerimientos del cultivo

Según CIAT (1991), citado por Gonzales (2014), la planta de yuca sobrevive periodos de sequía y crece bien con poca agua. Además, es tolerante a los suelos ácidos y produce bien en suelos marginales, sin el uso excesivo de costosas enmiendas. Estas características han hecho que la yuca sea apreciada por los pequeños agricultores y que sean ellos quienes la cultivan casi exclusivamente. La capacidad de la yuca para crecer en suelos pobres en zonas de precipitación incierta ha conducido a que gran parte de la producción se obtenga en estas zonas, consideradas marginales para la producción agrícola. Aunque estas zonas no son marginales para la producción de yuca, normalmente tienen una infraestructura limitada y, por lo tanto, se pueden considerar como marginales a nivel de la comunidad.

a. Suelo.

Según Montaldo (1985), la yuca puede plantarse en una gran variedad de suelos, el cultivo se da desde los suelos muy pobres en elementos nutritivos hasta aquellos con alta fertilidad. Los suelos deben de ser sueltos, porosos, friables, con cierta cantidad de materia orgánica y con un pH entre 6 y 7. Desde el punto de vista agrícola, las principales características de los suelos que favorecen el crecimiento y la producción de raíces reservantes de yuca son aquellas que:

1. Proporcionen un buen anclaje a las raíces fibrosas de la planta y un buen medio físico a las raíces reservantes para penetrar y desarrollarse.
2. Posee una profundidad apropiada de la zona de enraizamiento, 30-40 centímetros. Eslimitante la presencia de capas impermeables en el perfil, de fragmentos de material rocoso o de una mesa de agua que dificulte la ramificación y desarrollo de las raíces.
3. Presenten una buena capacidad de retención del agua en la zona de enraizamiento y un adecuado drenaje interno.
4. Tengan un buen contenido en nutrimentos y que éstos estén disponibles a la planta de yuca.
5. Presenten un suelo que pueda ser fácilmente cultivable.

2.1.6. Requerimientos climáticos

a. Luz

Montaldo (1985), afirma que la yuca es una planta que crece bien en condiciones de plena luz. Sus rendimientos dependen en primer lugar de este factor, que juega un papel esencial en la fotosíntesis y en las reacciones fotos periódicas.

b. Precipitación

La planta acepta regímenes de precipitación anual que varían de menos de 600 mm (24 pulgadas) a más de 3,000 mm (120 pulgadas), pero no sobrevive en suelos inundados. Las raíces se pueden cosechar en todo tiempo, que va desde los siete meses hasta los tres años después de la siembra. La yuca se adapta a diversas condiciones de humedad prefiriendo una variabilidad anual de lluvia alta, con un promedio anual comprendido 750-1250 mm al año (Montaldo, 1985).

c. Temperatura

Montaldo (1985), afirma que la temperatura media puede llegar a 30°C, pero no debe bajar de 16°C porque a esa temperatura todo crecimiento se detiene. El señala que los rendimientos máximos se obtienen a 25-27°C siempre que haya suficiente humedad disponible en el periodo de crecimiento.

d. Viento

El viento es desfavorable cuando las plantas ya están desarrolladas y muchas veces suele causar la tendidura o tumbada de un cultivo. Sin embargo, cuando el factor viento es limitante, no lo es solamente para la yuca, sino también para otros cultivos adyacentes; esto depende de la intensidad del fenómeno. El viento también actúa cambiando el contenido de CO₂ disponible en la zona de las hojas y el déficit de saturación de aire en la superficie de las hojas, (Montaldo, 1985).

2.1.7. Manejo Agronómico del Cultivo

Aunque la yuca prospera en suelos fértiles, su ventaja comparativa con otros cultivos más rentables es su capacidad para crecer en suelos ácidos, de escasa fertilidad, con precipitaciones esporádicas o largos períodos de sequía. Sin embargo, no tolera encharcamientos ni condiciones salinas del suelo. Es un cultivo de amplia adaptación ya que se siembra desde el nivel del mar hasta los 1,800 msnm. Su ciclo de crecimiento desde la siembra a la cosecha, depende de las condiciones ambientales: es más corto, de 7 a 12 meses, en áreas más cálidas y es más largo, 12 meses o más, en regiones con alturas de 1,300 a 1,800 msnm, (Montaldo, 1985).

a. Selección y manejo del material de siembra

Entre los factores más importantes de la producción de yuca responsable del buen establecimiento, de su sanidad y de su nutrición inicial se encuentran la variedad y la calidad del material de siembra. En la selección del material de siembra se deben tener en cuenta el potencial de rendimiento, la estabilidad, el tipo de planta, el número de ramificaciones, la resistencia a plagas y enfermedades y la calidad fisiológica. La calidad de la semilla de yuca depende de la madurez y el grosor del tallo, del número de nudos, del tamaño del cangre o estaca, la variedad, los daños mecánicos que presente a causa de su manipulación y su sanidad, o sea libre de patógenos. (FAO, 2010).

Según PROEXANT (2006), citado por Peña (2010), las estacas de yuca pueden sembrarse inmediatamente después de cortadas de las plantas maduras o después de

un período de almacenamiento. Se acostumbra cortar y almacenar bajo sombra de un árbol y antes de la siembra se realiza la selección. Estas estacas regularmente tienen menor porcentaje de brotación, vigor y rendimiento, que aquellas tratadas con insecticidas y fungicidas antes del almacenamiento

Los criterios para seleccionar material para la siembra son:

1. Separar estacas de las plantas más productivas.
2. Escoger estacas libres de plagas y enfermedades.
3. Utilizar varetas que tengan la madurez apropiada de 8-12 meses, si tienen más de un año y medio es aconsejable tomar la parte superior.
4. Tratar las estacas con una mezcla de fungicidas e insecticidas, y reducir al mínimo el almacenamiento.

2.1.8. Cosecha

La labor de cosecha constituye la etapa final del cultivo cuya época es definida por el productor en función de su productividad, del contenido de materia seca y de la calidad culinaria de las raíces, del clima y del estado de madurez del cultivo. Esta operación es quizá la que más influye en la estructura de los costos de producción de yuca en relación de la demanda de mano de obra: la cosecha manual requiere alrededor de 25-30 jornales por hectárea para una cosecha de 25-30 toneladas por hectárea, en una jornada de trabajo de ocho horas. Esta labor de cosecha no incluye la selección y recolección del material de las raíces para la plantación ni su empaque. (Ospina & Ceballos,2002).

En general, la cosecha de la yuca es más simple si se ha plantado el cultivo en camellones y más difícil si está en plano. Así mismo, la extracción de las raíces es más fácil en un suelo arenoso y suelto que en un suelo arcilloso o pesado. Esta conformación del cultivo se debe planear antes de la siembra, sea esta manual o mecanizada, para de esta manera facilitar la cosecha,(Ospina & Ceballos, 2002).

Cosecha manual: La primera etapa en la cosecha manual comprende el corte y la selección del follaje y de la semilla. Se deja sólo una parte del tallo de 20-40 cm de longitud adherida a las raíces para extraerlas más fácilmente del suelo. La segunda etapa comprende la extracción de las raíces y va acompañada de la recolección, la

limpieza y el empaque de las mismas. Estas tres últimas labores son comunes a las dos formas de cosecha, tanto manual como mecanizada. En la cosecha manual se consideran cuatro modalidades: Con la mano: en los suelos livianos o arenosos las raíces se pueden arrancar fácilmente con la mano. Con palanca: en los suelos cuya textura va de franca a arcillosa y que presenten problemas de compactación, se amarra el tallo con cadenas o cuerdas a un palo suficientemente largo, recto y firme para que sirva de palanca contra el suelo. Con arrancador: en esta técnica se sujeta el tallo mediante un implemento de enganche a modo de tenaza que va unido aproximadamente a 30 cm del extremo de un palo que se apoya en el suelo; el tallo se engancha por su parte inferior y se hace palanca hacia arriba (Ospina & Ceballos, 2002).

Cosecha mecanizada La cosecha de la yuca es una de las labores más difíciles de mecanizar, dadas las restricciones que provienen de la forma y distribución de las raíces en el suelo, la profundidad en que se encuentran, la presencia de los residuos de la recolección del follaje y de la semilla. La cosecha mecanizada de la yuca ofrece ventajas competitivas ya que esta implica una reducción en la mano de obra requerida, en los costos de producción, en el tiempo de recolección por unidad de área y en el costo final del producto. En consecuencia, se puede aumentar el área sembrada y justificar la inversión inicial en maquinaria agrícola (Ospina & Ceballos, 2002).

Las máquinas cosechadoras de yuca, que se ofrecen comercialmente, requieren la acción humana en el momento de extraer las raíces. La función de estos implementos consisten en romper el suelo y aflojar las raíces. Trabajan a profundidades promedio de 40-50 cm y son muy exigentes en potencia (Ospina & Ceballos, 2002).

2.1.9. Demanda Nutricional del Cultivo

Según Velásquez (2013), la yuca para su desarrollo y producción utiliza grandes cantidades de nutrientes. En el cuadro 2 se muestran las cantidades de nutrientes que extrae el cultivo de suelo.

Cuadro 2. Extracción total de nutrientes del suelo por el cultivo de Yuca

Elementos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
kg/ha	174	72	200	100	42

(Velásquez,2013)

Alrededor del 60% de las cantidades de nutrientes utilizadas es reincorporada al suelo en los residuos vegetales, considerándose por lo tanto a la yuca un cultivo poco agotador de los suelos(Velásquez,2013).

a. Acción de los nutrientes en el crecimiento y maduración de la Planta

Según Velásquez (2013), las cantidades totales requeridas de cada nutrimento para cualquier cultivo dependen de dos factores:

- 1) El nivel de rendimiento
- 2) La concentración promedio de elemento en toda la planta que se requiere para producir ese rendimiento.

Bajo condiciones favorables de crecimiento es de esperarse que la yuca produzca aproximadamente 18 t/ha de materia seca total durante los primeros 12 meses de crecimiento. Este nivel de productividad corresponde aproximadamente a 30 t/ha de raíces fresca (Velásquez, 2013).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. DEFINICION DEL PROBLEMA

La Comisión Nacional para la Fortificación, Enriquecimiento y/o Equiparación de Alimentos –CONAFOR- (2009), en la conferencia pública que llevo a cabo de la situación de los alimentos fortificados en Guatemala indicó que la fortificación de alimentos es “Una estrategia sostenible para el combate de las deficiencias de micronutrientes”, Nos muestra que las principales deficiencias de micronutrientes que afectan a los países en vías de desarrollo, entre ellos Guatemala, están relacionadas con la deficiencia de vitamina A, en la niñez menor de cinco años; la anemia por deficiencia de hierro en niñez y mujeres en edad reproductiva; la deficiencia de ácido fólico especialmente en mujeres en la etapa previa y durante la gestación.

El Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícolas PRIICA,(2013), de acuerdo a estudios que se realizó nivel rural, estos indican que se hace necesario incursionar con otros cultivos tales como la yuca, pero los agricultores no tienen desarrollado los conocimientos, destrezas y actitudes en su proceso de producción, así como el desconocer cultivares enriquecidos en betacarotenos. Para revertir esta debilidad, se hace necesario implementar procesos formales de investigación y transferencia de tecnología, en donde el principal actor sea el agricultor.

3.2. JUSTIFICACION

Según el Instituto Nacional en Estadísticas -INE- (2003), en Guatemala se siembran alrededor de 396 hectáreas de yuca, con una producción de 321 tm/ha con un rendimiento promedio de 8.13 tm/ha. Dentro de las principales zonas de producción en Guatemala se encuentran los departamentos de El Progreso, Escuintla, Izabal y Alta Verapaz. Los sistemas de producción son áreas en monocultivo, asociada con maíz y especialmente en huertos familiares. Se cultivan sobre todo variedades locales que se identifican con nombres propios de la zona de producción como yuca manuda, cogollo triste, cogollo morado, yuca papa, yuca chilca, yuca suave, tapachulteca, yuca de castilla y otras. Además existe la variedad mejorada ICTA Izabal. En Guatemala no

existen registros de exportaciones significativas hacia los países de la región y la mayor parte de la producción se destina para el consumo local.

Según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia -UNICEF- (2002), la deficiencia en vitamina A es uno de los problemas nutricionales más importantes a nivel mundial, produciendo de uno a dos millones de muertes infantiles anualmente. En las yucas normales el aporte de micronutrientes es dado por vitamina C, B2, B6, magnesio y potasio, con bajos niveles de vitamina A. Sin embargo en clones de yuca biofortificada se ha determinado niveles de beta carotenos desde 10 micro gramos/ gramo hasta 25 microgramos/gramo en raíces frescas.

Según la el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD- de Guatemala en el año 2010, la tasa de desnutrición en niños del municipio de Camotán fue de 61.8% superando a la tasa total de desnutrición crónica del resto del país la cual represento un 49.8%. En Guatemala a principios del siglo XXI por cada 1000 niños nacidos la mitad de la cifra muere a causa de desnutrición crónica.

El ICTA (2014), a través del programa PRIICA, introduce a nuestra región yuca biofortificada provenientes del CIAT de Colombia, para dar un aporte a la seguridad alimentaria, específicamente al área oriental que han sido golpeadas por sequías, suelos con poca fertilidad; donde el cultivo de la yuca es una opción para las familias de infra subsistencia.

Es por esta razón que se justifica la realización este trabajo de investigación para establecer e identificar el cultivar que presenta el nivel más alto de betacarotenos.

IV. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluación de ocho cultivares de yuca, en la Aldea Dos Quebradas, Camotán del departamento de Chiquimula

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar las características morfológicas de cada uno de los cultivares de yuca.

Cuantificar el rendimiento de raíces para cada uno de los tratamientos.

Determinar el contenido de betacarotenos de los cultivares promisorios para comparar con el testigo comercial.

V. HIPOTESIS

HIPOTESIS ALTERNA

Al menos uno de los cultivares de yuca va a mostrar diferencias morfológicas en relación al resto.

Al menos uno de los cultivares de yuca es superior en rendimiento de raíces al resto.

El contenido de betacarotenos es diferente entre cultivares

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 LOCALIZACION

Las pruebas de rendimiento de cada uno de los cultivares, se realizaron en la Aldea Dos Quebradas del Municipio de Camotán, Departamento de Chiquimula, que pertenece a la zona de vida de bosque subtropical (bs- S). Coordenadas 14° 48' 20"N y 89° 23' 06"W a 850 msnm. (Fuente propia tomada del GPS Garmin eTrex 10).

6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

En esta caracterización se estudiaron 6 cultivares de yuca biofortificada, los cuales se obtuvieron de la parcela de incremento del Consorcio de Investigaciones e Innovación de Tecnologías Agrícolas (CLIITAs), ubicado en el municipio de Jocotan. También se utilizó la variedad ICTA IZABAL proveniente del ICTA, y se utilizó germoplasma criollo; de una área de producción de Camotán, Chiquimula.

6.3 FACTOR A EVALUAR

En esta investigación el único factor a evaluar fueron los ocho cultivares de yuca

6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Cuadro 3. Tratamientos evaluados

No.	Código del Ensayo	Código CIAT	Procedencia
1	1	CG7-64	Valle del Cauca, Colombia
2	5	CM 3750-5	Valle del Cauca, Colombia
3	6	CM 6119-5	Valle del Cauca Colombia
4	9	CR 38	Managua, Nicaragua
5	12	GUA 79	Escuintla, Guatemala
6	14	GUA 91	Retalhuleu, Guatemala
7	TI	ICTA Izabal (Testigo)	Izabal, Guatemala.
8	TL	Yuca Castilla (Testigo del Agricultor)	Jocotan, Chiquimula, Guatemala

(ICTA,2015)

6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El Diseño experimental que fue utilizado es el de Bloques completo al Azar (DBCA) ocho tratamientos con tres repeticiones.

6.6. MODELO ESTADISTICO

Modelo tomado de (Montgomery,2004)

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

U= Media general alrededor de la cual oscilan todas las observaciones

i = efecto del tratamiento 1...n. iesimo tratamiento

B_j = Efecto de la repetición o bloque i ...n.jesimo repetición

E_{ij} = Error experimental, variación debida al azar o variación de muestreo (causas pertinentes y no pertinentes).

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

La parcela bruta consistió en tres surcos de cinco metros de largo por un metro de ancho, utilizando 15 plantas, ($5m \times 3m = 15 m^2$. = 15 plantas).

La parcela neta consistió en un surco de 5 metros de largo utilizando 5 plantas efectivas. ($5m \times 1m = 5 m^2$. = 5 plantas).

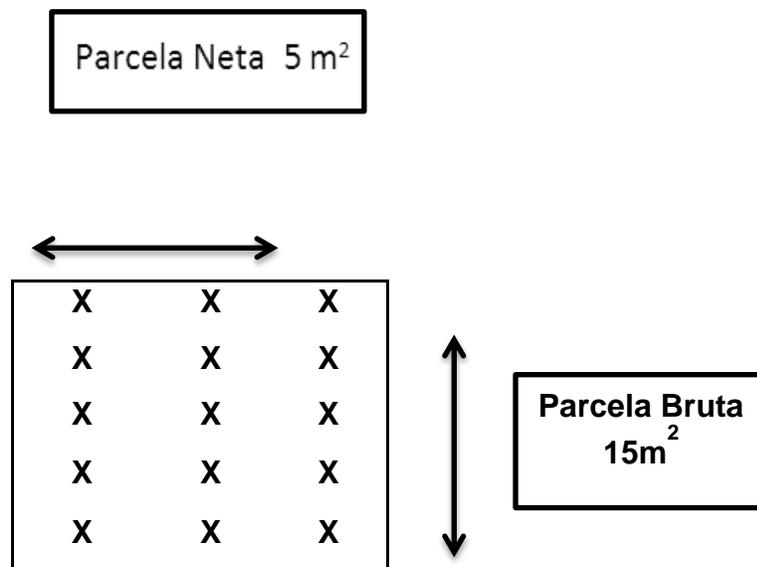


Figura 1. Diagrama de unidad experimental

6.8 CROQUIS DE CAMPO

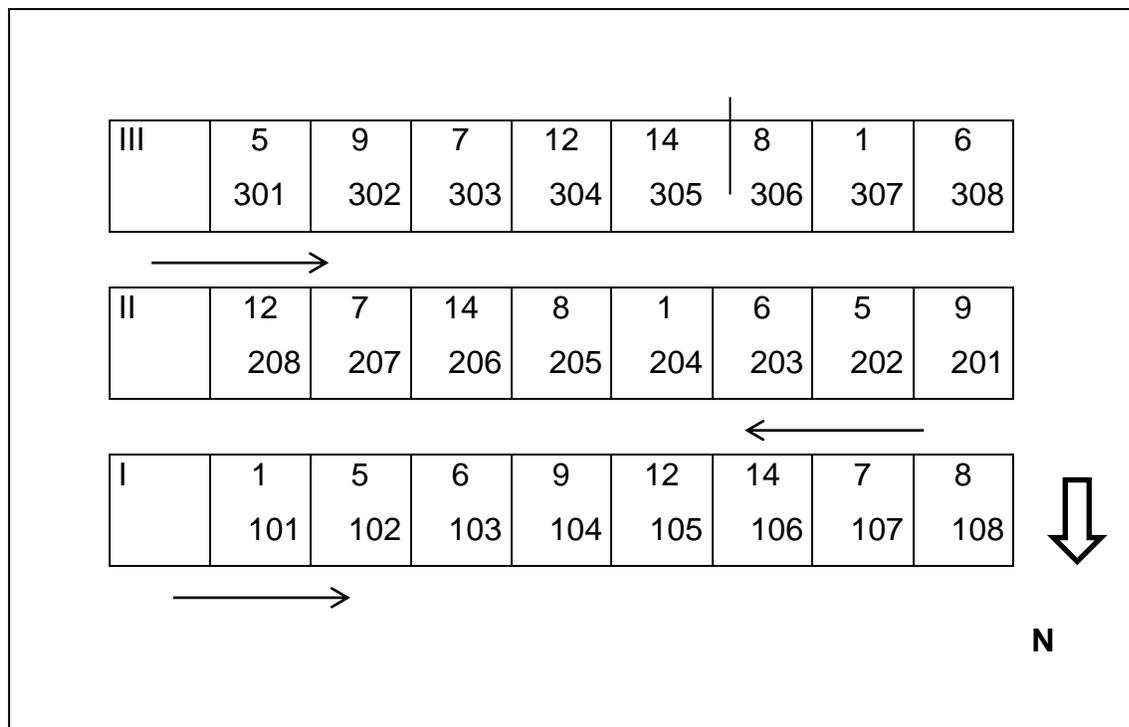


Figura 2. Diagrama de croquis de campo y distribución de los tratamientos

6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1. Preparación del Suelo

Se realizó primeramente un desmalezado y picado del terreno en forma manual utilizando azadón y piocha.

6.9.2. Época de siembra

La siembra consistió en dos fases:

- a. Día 17 de Junio del 2015

Se sembró la varetta de cada uno de los cultivares en bolsas de con el fin de crear un vivero y de esta forma darle un mejor manejo a nuestras plantas de yuca

Biofortificada (*Manihotesculenta*, Crantz) en donde permaneció por 50 días, durante los cuales se asistió diariamente.

b. Día 3 de Agosto del 2015

Se trasladaron las plantas en las bolsas a dos quebradas, Camotán Chiquimula para establecer el ensayo.

6.9.3. Siembra

La siembra se realizó en forma manual. Se cavaron agujeros con una profundidad de 40 centímetros en donde se colocaron las estacas de yuca contenidas en bolsas de polietileno. El distanciamiento utilizado fue de 1.0 m entre planta y 1.0 m entre surco. Para obtener una densidad de 10,000 plantas/ha.

6.9.4. Fertilización

6.9.4. a. Fertilización al suelo

Se aplicó fertilizante en formula física, en las cantidades que se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 4. Kilogramos por hectárea de fertilizantes que se aplicaron al cultivo

Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	kg/ha
Triple 15	15	15	15	260
Urea	46	0	0	130

Se realizaron dos aplicaciones, los primeros dos meses después de la siembra y una segunda a los cinco meses.

6.9.4. b. Fertilización foliar

Se realizaron aplicaciones de un multimineral quelatado (100 ml/ 20 L) después de los tres meses de establecido el cultivo y una más a los 7 meses de establecido el cultivo (100 ml/ 20L).

6.9.5. Control de Malezas

Las limpiezas se realizaron mensualmente en forma manual, para controlar especialmente malezas de hoja ancha que fueron las de mayor incidencia.

6.9.6. Control de plagas y enfermedades

a. Control de plagas

El uso de agroquímicos para el control de plagas fue mínimo. En el transcurso de la fase vegetativa únicamente se tuvo el problema con larvas del orden *Díptera*, las cuales se controlaron con aplicaciones alternas de los insecticidas Lambda-cihalotrina y Beta-cyflutrina.

b. Control de enfermedades

Únicamente se detectó la presencia de la enfermedad conocida como antracnosis (*Colletotrichum* sp.), para lo cual se hicieron aplicaciones preventivas de Cymoxanil.

6.10. COSECHA Y TOMA DE DATOS

Se realizó el día 20 de Abril del año 2016, nueve meses después del trasplante, la cual se llevó a cabo en forma manual utilizando el arrancador de yuca diseñado por el CIAT de Colombia. Para la toma de datos del rendimiento de cada uno de los cultivares se utilizó:

Pesa: para obtener el rendimiento de cada uno de los cultivares en los tres bloques

Cinta métrica: para identificar cuál de los cultivares nos dio mayor resultado en raíces de primera que son las comerciales y cuantificar las no comerciales (segunda y tercera).

Cuadros de registro para tomar datos de cada uno de los cultivares

Ollas, Agua y Fuego: para realizar una degustación e identificar cuál de los cultivares era de pulpa Amarilla.

6.1.1 VARIABLES RESPUESTA

6.11.1. Características agromorfológicas.

Se realizó una caracterización que se dividió en tres etapas diferentes (3, 6 y 9 meses de establecido el cultivo de yuca), para identificar diferentes características morfológicas como lo indicaba el manual (Fukuda, Guevara, Kawuki&Ferguson, 2010) que fue en cual nos guiamos al momento de realizarlo.

6.11.2. Rendimiento de raíces en kilogramos por hectárea (kg/ha)

El día que se realizó la cosecha se procedió a realizar el pesado de las raíces de cada uno de los cultivares, para cada bloque, con una balanza de reloj, la cual determino libras y onzas.

6.11.3. Contenido de betacarotenos

Luego de la cosecha se seleccionaron las raíces de cada uno de los cultivares las cuales identificamos y diferenciamos por el color de su pulpa en estas encontramos blancas y amarillo cremoso; se seleccionaron las amarillas y fueron enviadas a un laboratorio en el cual se les realizó un análisis bromatológico para identificar las $\mu\text{g}/100$ de vitamina A; ya que en yuca la coloración amarillo se muestra al haber presencia alta de beta carotenos.

6.12 ANALISIS DE LA INFORMACION

6.12.1. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con la variable rendimiento (kg/ha) utilizando modelos lineales generales y mixtos con un nivel de significancia del 0.05.

Las variables respuestas observadas se analizaron con un análisis multivariado de conglomerados estandarizado, utilizando la medida de distancia promedio (Average linkage) y el algoritmo de agrupación Gower (1/S-1). Se utilizó coordenadas principales para resumir la información de variables binarias obtenidas a partir de rasgos cualitativos y con esto se analizó a todas las variables como cuantitativas.

Se realizó un análisis de correlación múltiple de Pearson para determinar el tipo de correlación que existe entre las variables.

6.12.3 Análisis bromatológico

Se realizó como primer punto la identificación de los cultivares con la pulpa de coloración amarilla y seguidamente se pesaron 1.36 kg de raíces para realizarles un análisis de laboratorio para determinar $\mu\text{g}/100$ de betacarotenos, para comparar este valor con el cultivar testigo, ICTA IZABAL.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1. Descripción Morfológica

De acuerdo al análisis de conglomerados morfológicamente los cultivares se agruparon en tres grupos diferentes

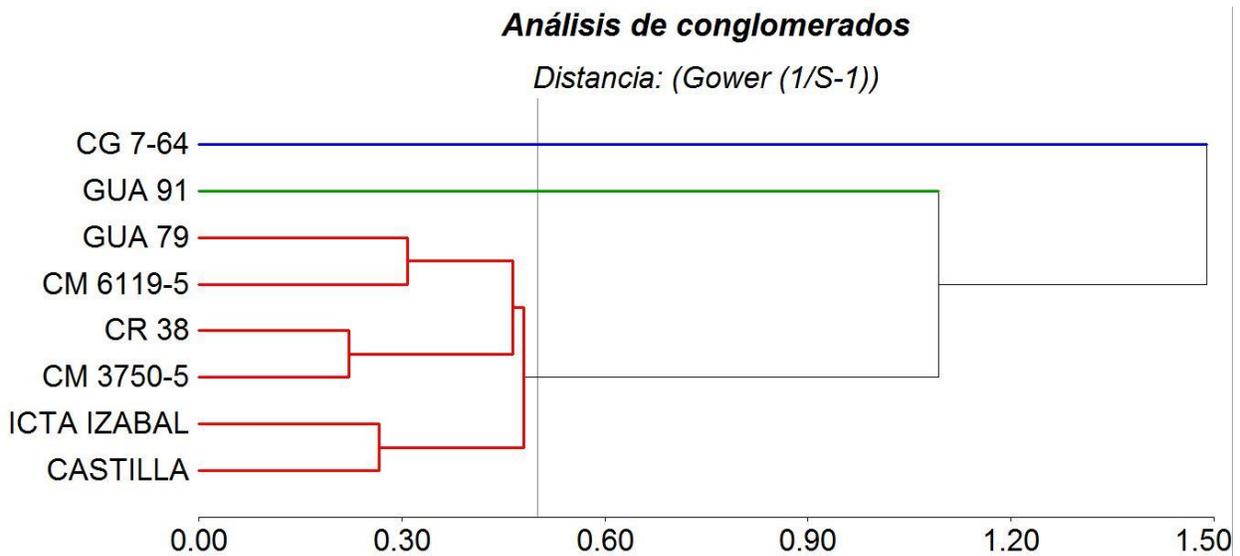


Figura 3. El cultivar CG7-64 forma el grupo 1, el GUA 91 el grupo 2 y los cultivares GUA 79, CM 6119-5, CR 38, CM 3750-5, ICTA IZABAL Y Castilla forman el grupo 3.

El grupo uno: difiere de los demás cultivares en ciertas características morfológicas como lo son: es único cultivar de los ocho que la forma del foliolo es oblongada lanceolada, el color de la epidermis madre es crema, es el único cultivar que tiene ausencia de frutos, no tiene ningún nivel de ramificación, su hábito de ramificación fue erecto, tiene un promedio alto de número de raíces de almacenamiento por planta.

El grupo dos: es el único de los cultivares que tiene pubescencia, tiene la mejor retención de hoja en comparación a los demás cultivares, su forma del foliolo es lineal pendulada, es el único cultivar con peciolo color rojo, el ancho de los lóbulos es menor

en comparación de los demás cultivares, la primera ramificación se encuentra a 78 cm. es baja y el ángulo de ramificación es bajo.

El grupo tres: este grupo tiene varias características en común como lo son la forma del foliolo que es piramidal, tienen presencia de flor, el ancho de los lóbulos de estos cultivares se encuentra en un promedio de 5.6 cm.

7.2. Rendimiento de raíces en kilogramos por hectárea (kg/ha) de ocho cultivares de Yuca.

Con los datos obtenidos de peso expresados en libras se procedió a hacer conversiones para transformarlos en kg/ha.

Cuadro 5. Cuantificación del rendimiento de los cultivares.

Cultivar	kg/ha
GUA 91	3040
CM 6119-5	2910
ICTA IZABAL	2817
GUA 79	2777
CG 7-64	2504
CM 3750-5	2111
CR-38	2091
CASTILLA	1877

El Cultivar GUA 91 se muestra como el de mayor rendimiento en cuanto a kg/ha se refiere pero no hay diferencia pronunciada, probablemente los resultados de rendimiento se vieron afectados puesto que los cultivares fueron traídos de Colombia donde los índices de temperatura, de humedad relativa y precipitación son diferentes a los encontrados donde se realizó la investigación.

Para determinar si existió diferencia estadística en el rendimiento entre los cultivares se realizó un análisis de varianza por medio de modelos lineales, generales y mixtos el cual nos mostró los siguientes resultados:

Cuadro 6. Análisis de varianza del rendimiento entre los cultivares.

F.V	gl	CM	P- VALOR
Modelo	9	13368651,05 2,13	0.0983
Bloque	2	41958314,52 6,70	0.0091
Cultivar	7	5200175,77 0,83	0.5795
Error	14	6263957,61	

No existe diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los cultivares evaluados, por lo tanto el rendimiento no difiere entre ninguno de los cultivares evaluados.

El coeficiente de variación es de un 33.14%

Cuadro 7. Análisis de correlación múltiple de Pearson

	Raíces de 1era	Raíces de 2da	kg/ha 1era	kg/ha 2da	altura de la planta
kg/ha	0.42	0.09	0.53	0.3	-0.18

El número de raíces de primera y el peso de raíces de primera estadísticamente tienen una correlación moderada en comparación con el rendimiento total y las demás variables como raíces de segunda, peso de raíces de segunda y la altura tienen una correlación baja.

7.3 Análisis bromatológico

De los 8 cultivares de yuca biofortificada (*Manihotesculenta*, Crantz) que se evaluaron en la Aldea Dos Quebradas, del Municipio de Camotán, Departamento de Chiquimula solo 2 de ellos mostraron coloración amarillenta en la pulpa de la raíz; aunque en otros

vegetales la presencia de carotenos se presente en otras tonalidades como en la zanahoria el color naranja, esto nos indica que son superiores en vitamina A; por tal razón se les realizó un análisis bromatológico para saber el su contenido de betacarotenos y así realizar una comparación con un testigo ICTA IZABAL del cual ya se conocía su contenido de betacarotenos.

Cuadro 7. Análisis bromatológico de contenido de betacarotenos

Cultivar	Procedencia	ug/100g
ICTA IZABAL	Izabal, Guatemala	63
CM 6119-5	Valle de Cauca, Colombia	93
CG 7-64	Valle de Cauca, Colombia	142

(INCAP, 2016).

Según la UNICEF (2002), en clones de yuca biofortificada se ha determinado niveles de beta carotenos desde 10 micro gramos/ gramo hasta 25 microgramos/gramo en raíces frescas, lo que nos indica que estos cultivares de yuca provenientes del CIAT son superiores en más de 40% de contenido de vitamina A según los análisis bromatológicos realizados después de la cosecha.

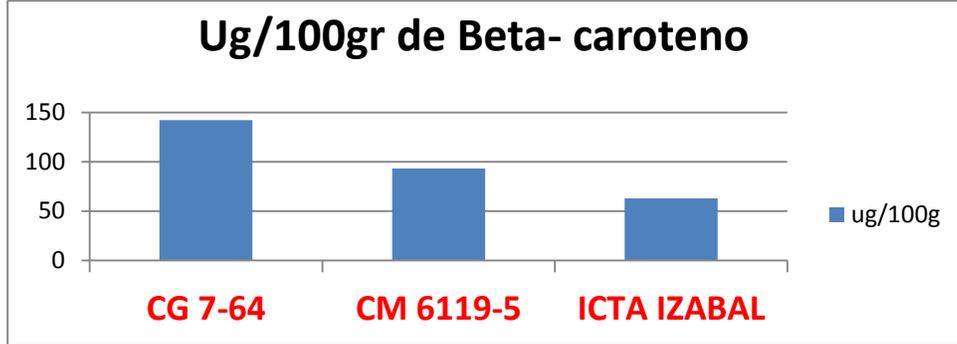


Figura 4. Valores de Betacarotenos medidos en $\mu\text{g}/100\text{gr}$ en los cultivares de yuca biofortificadas, (*Manihotesculenta*, Crantz) evaluados donde cada punto representa el contenido del mismo.

Los factores condicionantes de la desnutrición son las deficiencias proteicas y calóricas, las calorías se ven reflejadas como los carbohidratos y la yuca es un alimento rico en carbohidratos como lo demuestran el cuadro anterior.

VIII.CONCLUSIONES

Los cultivares formaron tres grupos de características morfológicas (1, 2,3), cada uno posee ciertas características que lo difieren de otro grupo.

Para la variable rendimiento de raíces no se obtuvo significancia estadística entre cultivares.

El análisis de Pearson determino que número de raíces de primero y el peso de raíces de primera estadísticamente tienen una correlación moderada en comparación con el rendimiento total

Los cultivares CM61195 contiene y CG7- 64 reportaron 93ug/100g y 142µg/100g de betacarotenos, superando al testigo comercial.

IX. RECOMENDACIONES

Validar los cultivares CG7- 64 y el cultivar CM6119-5 de yuca biofortificadas ya que poseen un alto contenido de betacarotenos.

Evaluar los días a cosecha de los ocho cultivares evaluados, para la confirmación de resultados.

Determinar los días de conversión de almidones en azúcares en estos cultivares

X. BIBLIOGRAFIA

- Ceballos, H., C.Hershey y L.A. Becerra.(2012). New approaches to cassava. breeding. *Plantbreed. Rev.* 36:427-504
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) (2002). La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización Cali, Colombia. Disponible en red: <http://www.clayuca.org/>.
- Montgomery, D.C. (2004). Diseño y Análisis de experimentos. Universidad Estatal de Arizona.
- EMBRAPA-CNPMP (1998.) Traducido por W.M.G. Fukuda, C.L. Guevara, R. Kawuki y M.E. Ferguson. “Descriptores morfológicos y agronómicos de Mandioca Yuca Biofortificada (*Manihotesculenta*, Crantz)” Documentos 78. 38pp.
- FAO. 2010. Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s01.pdf>.
- FAO. 2002. Anuario estadístico. Consultado el 03 de Mayo del 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/> 2002.
- Fukuda, W.M.G., C.L. 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 pp.
- Galicia (2015). Evaluación de la disponibilidad y acceso a alimentos, para la seguridad alimentaria y nutricional de las familias del área rural del municipio de Camotán. 96pp. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, Guatemala. CUNORI.
- Gómez (2014). Efectos del manejo del número de brotes y de la aplicación de ácidos húmicos sobre crecimiento y rendimiento en cultivo de yuca; Coatepeque, Quetzaltenango. 97pp. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala URL.
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnologías agrícolas) 1985, 2008, 2015, 2016. Memoria de labores; informes de actividades técnicas. Guatemala. Varias páginas
- IICA (El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). Manual Técnico de la Yuca. Disponible en: http://www.ecuarural.gov.ec/ecuagro/paginas/PRODUCTOS/WEB_ULPI/Manual_Yuca/Manual_%20yuca.htm#yucaun.

- INE (Instituto Nacional de Estadística) (2003). IV Encuesta Nacional Agropecuaria. Enero 2014, Guatemala. 163 p.
- Montaldo, A. (1985). La Yuca o Mandioca. Editorial Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. IICA. San José, Costa Rica.
- Nestel P., H.E. Bouis, J.V. Meenakshi, W. Pfeiffer. Biofortification on of staple food crops. J Nutr. 2006; 136:1064-7.
- Orellana, A. 2013. Catálogo de hortalizas nativas de Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Guatemala. 104 p.
- Ospina& Ceballos (eds). La yuca en el tercer milenio, sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Publicación CIAT. Cali, Colombia.
- Peña, H. (2010). Efecto de cuatro dosis de fósforo (p2o5) y dos fuentes de materia orgánica sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de yuca 450 (ManihotesculentaCrantz, euphorbiaceae), en la aldea talquezal, Jocotan, Chiquimula, Guatemala. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala URL.
- PNUD (2010). Cifras para el desarrollo humano CHIQUIMULA. Guatemala 2011. www.desarrollohumano.org.gt
- Sánchez, T., D. Ortiz, N. Morante, H. Ceballos, H. Pachón, F.Calle, et al. 2010. New approaches for quantifying carotenoidscontent in cassava roots. Paper presented at: 11th Triennial Symposium. International Society for Tropical Root Crops, African Branch. Kinshasa, D.R. Congo. 4–8 Oct. 2010.
- SESAN. Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional, (2007). Estrategia de la reducción de la desnutrición crónica (ENRDC
- UNICEF, 2002. Déficit Vitamínico y mineral. Un informe sobre el proceso global. New York, 2002. En: <http://www.micronutrient.org/reports/default.asp>
- Velásquez, R (2013) Efecto del tamaño de estaca y modalidad de siembra sobre el rendimiento del cultivo de yuca. Catarina, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Coatepeque, Guatemala URL.

ANEXOS

Anexo 1. Cuadros de la caracterización morfológica de los cultivares por etapas.

Cuadro 8. Caracterización morfológica a los 3 meses de establecido el cultivo de Yuca (*Manihotesculenta*, Crantz) en la Aldea Dos Quebradas, Camotán, Chiquimula.

DESCRIPTORES	CG 7-64	CM 3750-5	CM 6119-5	CR- 38	GUA 79	GUA 91	ICTA IZABAL	CASTILLA
Hojas apicales	Morado	Morado	Morado	Morado	Morado	Morado	Morado	Morado
	verdoso	verdoso	verdoso	verdoso	verdoso	verdoso	verdoso	verdoso
Pubescencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia

(Adaptado del Manual- EMBRAPA- CNPMF, 1998)

Cuadro 9. Caracterización morfológica a los 6 meses de establecido el cultivo de Yuca (*Manihotesculenta*, Crantz)

DESCRIPTORES	CG 7-64	CM 3750-5	CM 6119-5	CR- 38	GUA 79	GUA 91	ICTA IZABAL	CASTILLA
Retención de la hoja	Retención	Retención	Retención	Retención	Retención	Mejor	Mejor	Retención
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Retención	Retención	Promedio
Forma del foliolo	Oblongada Lancelada	Piramidal	Piramidal	Piramidal	Piramidal	Lineal- pendulada	Piramidal	Piramidal
Color del peciolo	Rojo- verdoso	Verde-rojizo	Verde-rojizo	Verde-rojizo	Verde-rojizo	Rojo	Rojo- verdoso	Rojo- verdoso
Color de la hoja	Verde claro	Verde oscuro	Verde claro	Verde oscuro	Verde oscuro	Verde oscuro	Verde oscuro	Verde oscuro
Lóbulos foliares	7	7	7	7	7	7	7	7
Longitud del lóbulo	21,6	17,6	20,25	19	17,25	20,2	19,75	18,7
Ancho de los lóbulos	3,35	5,5	6,4	5,8	5,8	3,2	5,05	5
Margen del lóbulo	Suave	Suave	Suave	Suave	Suave	Suave	Suave	Suave
Longitud del peciolo	32,5	31	31,95	33,75	29,5	27,5	30,65	33,95
Color de la Vena	Vede	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde
Orientación del peciolo	Irregular	Irregular	Horizontal	Irregular	Irregular	Irregular	Irregular	Irregular
Floración	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Presencia
Polen	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

(Adaptado del Manual- EMBRAPA- CNPMF, 1998)

Cuadro 10. Caracterización morfológica a los 9 meses de edad del cultivo.

DESCRIPTORES	CM		CM6119				ICTA	CASTIL
	CG 7-64	3750-5	-5	CR 38	GUA 79	GUA 91	IZABAL	LA
Prominencia de cicatrices foliares	Promine nte	Prominen te	Promine nte	Promine nte	Promine nte	Promine nte	Prominente	Prominen te
Color de la corteza del tallo	Verde claro	Verde obscuro	Verde obscuro	Verde obscuro	Verde obscuro	Verde obscuro	Verde obscuro	Verde obscuro
Color de epidermis madre	Crema	Café claro	Café claro	Café caro	Café claro	Café claro	Café claro	Café claro
Color del exterior del tallo	Silverado	Dorado	Silverado	Silverado	Verdoso amarillento	Verdoso amarillento	Silverado	Silverado
Distancia entre cicatrices de las hojas	3.10 cm	3.49 cm	5.58 cm	3.10 cm	5.58 cm	1.86 cm	5.58 cm	4.65 cm
Habito de crecimiento del tallo	Recto	Recto	Recto	Recto	Recto	Recto	Recto	Recto
Color de las ramas terminales del sist. Adulto	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Longitud de las estipulas	Morado	Morado	Morado	Morado	Morado	Morado	Morado	Morado
Margen de las estipulas	Corto	Corto	Corto	Corto	Corto	Corto	Corto	Corto
Margen de las estipulas	Bifurcado	Bifurcado	Bifurcado	Bifurcado	Enteras	Bifurcado	Enteras	Enteras

Adaptado del Manual- EMBRAPA- CNPMF, 1998)

Cuadro 11. Caracterización morfológica de los cultivares de yuca listos para su cosecha a los 10 meses de edad

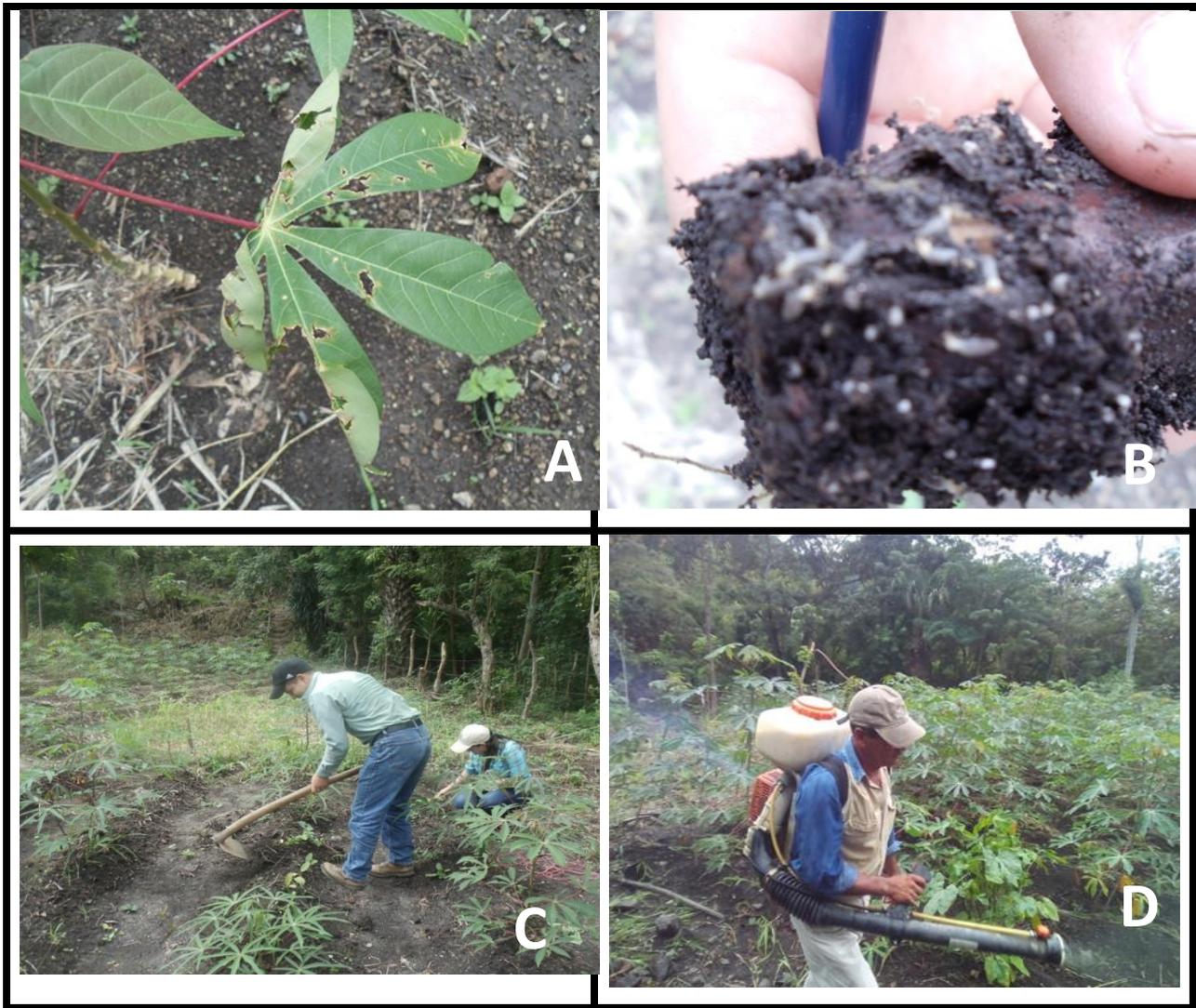
DESCRIPTORES	CG 7-64	CM 3750-5	CM 6119-5	CR 38	GUA 79	GUA 91	ICTA IZABAL	CASTILLA
Frutos	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
Semillas	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
Altura de la planta	141 cms	178 cms	150 cms	168 cms	157 cms	160 cms	174.6 cms	171.5 cms
Altura hasta la primera ramificación	0	158 cms	130 cms	160 cms	140 cms	78 cms	165 cms	0
Niveles de ramificación	0	3	2	2	2	2	3	0
Habito de ramificación	Erecto	Tricótomo	Dicótomo	Dicótomo	Dicótomo	Dicótomo	Tricótomo	Erecto
Angulo de ramificación	0	37.5 grados	65 grados	40 grados	40 grados	25 grados	40 grados	0
Forma de la planta	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica
Numero de raíces de almacenamiento por la planta	8	3.3	6.5	3.4	5	4	4.5	3.7
Numero de raíces comerciales por planta	0.6	0.5	0.4	0.6	0.9	0.3	1.5	0.8
Extensión del pedúnculo de la raíz	Mixta	Mixta	Mixta	Mixta	Mixta	Mixta	Mixta	Mixta
Constricciones radiculares	< 3	> 6	> 6	> 6	> 6	< 3	> 6	> 6
Forma de la raíz	Cónica	Irregular	Cilíndrica	Irregular	Cónica cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica
Color externo de la raíz de almacenamiento	Amarilla	Café claro	Café oscuro	Café claro	Café oscuro	Amarilla	Café oscuro	Café Oscuro
Color de la pulpa de la raíz (parénquima)	Amarilla	Crema	Amarilla	Crema	Blanca	Crema	Crema	Blanca
Color de la Corteza de la raíz	Amarilla	Crema	Crema	Amarilla	Crema	Amarilla	Crema	Crema
Facilidad de pelado de la corteza	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil Intermedi	Fácil	Fácil Intermedi	Fácil	Fácil
Textura de la epidermis de la raíz	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Intermedi	Intermedia	Intermedi	Intermedia	Intermedia

Anexo 2. Imágenes de diferentes etapas de los cultivares de Yuca Biofortificadas (*Manihotesculenta*, Crantz)



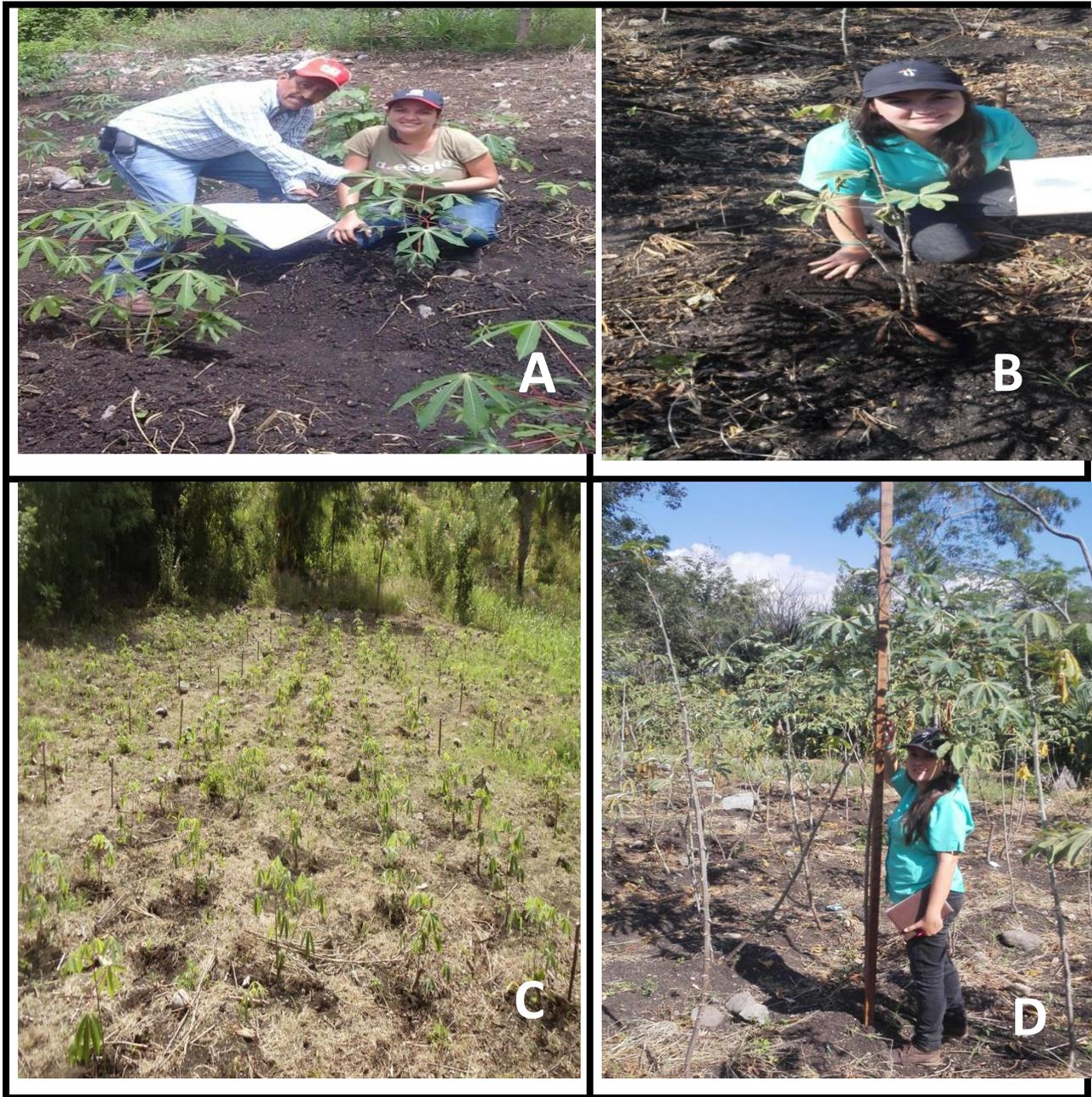
A: Medición y preparación del terreno. **B:** Fase de vivero. **C:** Ahoyado y trasplante. **D:** Croquis del ensayo establecido para el establecimiento de los cultivares de Yuca Biofortificada (*Manihotesculenta*, Crantz).

Anexo 3. Imágenes de prácticas agronómicas de los cultivares establecidos.



A: Daño en la hoja por larva (orden Díptera). **B:** Antracnosis en el tallo (*Colletotrichum* sp.) **C:** Desmalezado manual y con azadón. **D:** Fertilización foliar

Anexo 4. Caracterización del cultivo de yuca en diferentes edades.



A: caracterización a los 3 meses del cultivo. **B:** cultivo establecido, **C:** cultivo a los 4 meses de edad , **D:** medición de cultivares.

Anexo 4. Cosecha de los cultivares de yuca



A: cosecha por el método convencional. **B:** cosechador diseñado por el CIAT de Colombia **C:** raíces de yuca. **D:** pesado de las raíces.

Anexo5. Resultados de Análisis Bromatológico del laboratorio del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)



Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)
 Unidad de Nutrición y Micronutrientes
 Centro Analítico Integral (CAI)
 Laboratorio de Composición de Alimentos (LCA)
 Calzada Roosevelt 6-25, Zona 11, Guatemala, C.A.
 PBX: (502) 2315-7900, Directo: (502) 2471-9912, Fax: (502) 2473-6529
 www.incap.int

INFORME DE ANÁLISIS

No. CA-16-168

Solicitante:	---	Código de Lab:	LCA-16-206
Atención:	María Alejandra Salguero P.	No. de Orden:	LCA-16-072
Dirección:	Barrio Tamarindal zona 3, Zacapa	Fecha de ingreso:	26/04/16
Teléfono:	5016-3087	Fecha del informe:	06/06/16
Correo electrónico:	Aleald_14@hotmail.com	Tipo de servicio solicitado:	B-caroteno

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Empaque primario:	Bolsa plástica, con nudo	Temperatura de recepción:	<input type="checkbox"/> Ambiente <input checked="" type="checkbox"/> Refrigeración
Tipo de muestra:	Yuca	Fecha de inicio del análisis:	27/04/2016
Descripción por el solicitante:	Yuca Biofortificada cultivar CG7-64		

I.RESULTADOS DE ANÁLISIS

Análisis	Resultado	Metodología basada en:
B-caroteno (µg/100g)	142	AOAC 941.15. 18ª. ed.

Licda. Mónica Guamuch
 Responsable del LCA



Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio.
 Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita del laboratorio.



Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)
Unidad de Nutrición y Micronutrientes
Centro Analítico Integral (CAI)
Laboratorio de Composición de Alimentos (LCA)
Calzada Roosevelt 6-25, Zona 11, Guatemala, C.A.
PBX: (502) 2315-7900, Directo: (502) 2471-9912, Fax: (502) 2473-6529
www.incap.int

INFORME DE ANÁLISIS

No. CA-16-169

Solicitante:	---	Código de Lab:	LCA-16-207
Atención:	María Alejandra Salguero P.	No. de Orden:	LCA-16-072
Dirección:	Barrio Tamarindal zona 3, Zacapa	Fecha de ingreso:	26/04/16
Teléfono:	5016-3087	Fecha del informe:	06/06/16
Correo electrónico:	Aleald_14@hotmail.com	Tipo de servicio solicitado:	B-caroteno

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Empaque primario:	Bolsa plástica, con nudo	Temperatura de recepción:	<input type="checkbox"/> Ambiente <input checked="" type="checkbox"/> Refrigeración
Tipo de muestra:	Yuca	Fecha de inicio del análisis:	27/04/2016
Descripción por el solicitante:	Yuca Biofortificada cultivar CM6119-5		

I. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Análisis	Resultado	Metodología basada en:
β-caroteno (μg/100g)	93	AOAC 941.15. 18ª. ed.


Licda. Mónica Guamuch
Responsable del LCA



Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio.
Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita del laboratorio.



Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)
Unidad de Nutrición y Micronutrientes
Centro Analítico Integral (CAI)
Laboratorio de Composición de Alimentos (LCA)
Calzada Roosevelt 6-25, Zona 11, Guatemala, C.A.
PBX: (502) 2315-7900, Directo: (502) 2471-9912, Fax: (502) 2473-6529
www.incap.int

INFORME DE ANÁLISIS

No. CA-16-196

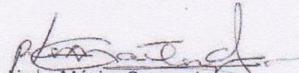
Solicitante:	ICTA	Código de Lab:	LCA-16-239
Atención:	Eduardo Landaverri	No. de Orden:	LCA-16-080
Dirección:	San Jerónimo, B.V.	Fecha de ingreso:	10/05/16
Teléfono:	7940-2903	Fecha del informe:	06/06/16
Correo electrónico:	uradevernal@hotmail.com	Tipo de servicio solicitado:	B-caroteno

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Empaque primario:	Sobre manila, abierto	Temperatura de recepción:	<input checked="" type="checkbox"/> Ambiente <input type="checkbox"/> Refrigeración
Tipo de muestra:	Yuca	Fecha de inicio del análisis:	12/05/2016
Descripción por el solicitante:	Yuca biofortificada No.6 ICTA IZABAL		

I. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Análisis	Resultado	Metodología basada en:
β -caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	63	AOAC 941.15. 18ª. ed.


Licda. Mónica Guamuch
Responsable del LCA



Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio.
Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita del laboratorio.