

UNIVERSIDAD RAFAEL LANÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTOS DEL MANEJO DEL NÚMERO DE BROTES Y DE LA APLICACIÓN DE
ÁCIDOS HÚMICOS SOBRE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN CULTIVO DE YUCA;

COATEPEQUE, QUETZALTENANGO
TESIS DE GRADO

MARCOS DANIEL GÓMEZ GONZÁLEZ
CARNET 25232-07

COATEPEQUE, MAYO DE 2014
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTOS DEL MANEJO DEL NÚMERO DE BROTES Y DE LA APLICACIÓN DE
ÁCIDOS HÚMICOS SOBRE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN CULTIVO DE YUCA;

COATEPEQUE, QUETZALTENANGO
TESIS DE GRADO

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

POR

MARCOS DANIEL GÓMEZ GONZÁLEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, MAYO DE 2014
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.

VICERRECTOR DE INTEGRACION UNIVERSITARIA: MGTR. LUIS ESTUARDO QUAM MACK

VICERRECTOR DE 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

SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. IRIS YVONNEE CARDENAS SAGASTUME

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

ING. LUIS FELIPE CALDERÓN BRAN
INGRA. JACINTA IMELDA MÉNDEZ GARCÍA
LIC. ABEL ESTUARDO SOLÍS ARRIOLA

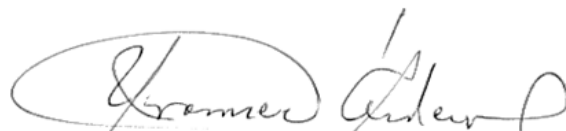
Coatepeque, Quetzaltenango, mayo 2014

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos miembros del consejo:

Por este medio hago constar que he concluido la asesoría y revisión del Informe Final de Tesis del Estudiante Marcos Daniel Gómez González, que se identifica con carné número 25232-07, con el título: "**Efectos del manejo del número de brotes y de la aplicación de ácidos húmicos sobre crecimiento y rendimiento en el cultivo de yuca; Coatepeque, Quetzaltenango.**", el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado.

Atentamente:



Ing. Agr. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume
Colegiado Activo: 3980
Asesora de Tesis



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante MARCOS DANIEL GÓMEZ GONZÁLEZ, Carnet 25232-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 0627-2014 de fecha 26 de abril de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTOS DEL MANEJO DEL NÚMERO DE BROTES Y DE LA APLICACIÓN DE
ÁCIDOS HÚMICOS SOBRE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE YUCA;
COATEPEQUE, QUETZALTENANGO

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 15 días del mes de mayo del año 2014.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

- A DIOS: Por la vida, su gracia y misericordia para mí y mi familia.
- A MIS PADRES: Hilario Gómez y Martha González, por todos su apoyo incondicional y guiarme siempre en el camino de Dios.
- A MIS HERMANOS: Gerson (QPD), Jhemner, Jhonny, Karla, Ashley; por apoyarme en todo momento y demostrarme cariño de hermanos.
- A MIS SOBRINOS: Paty, Yimmi, Rocío, Mishel, Josué, por su cariño incondicional.
- A: Universidad Rafael Landívar, sede Coatepeque, por ser mi casa de estudios superiores, que contribuyó a mi formación personal y profesional.
- A: Mis compañeros de estudios, porque siempre nos mantuvo unidos el objetivo de llegar a ser profesionales universitarios.
- A MI ASESORA: Ingeniera Iris Yvonne Cárdenas, por sus consejos y aporte profesional, para la elaboración de este trabajo.

DEDICATORIA

- A DIOS: Creador del cielo y de la tierra, que por su gracia nos bendice cada día.
- A MIS PADRES: Hilario Gómez y Martha González, por darme un ejemplo digno a seguir.
- A MIS HERMANOS: Gerson (QPD), Jhemner, Jhonny, Karla, Ashley; porque siempre estamos unidos.
- A MI HERMANO GERSON: QPD, porque te adelantaste, pero tu ejemplo de esfuerzo constante y de lucha, me sirvió para lograr esta meta, que la vida no te permitió a ti, pero dejaste sembrado en mí el deseo constante de superación y de estar siempre agradecido con Dios por todo.
- A MIS SOBRINOS: Paty, Yimmi, Rocío, Mishel, Josué, porque es parte de mis responsabilidades, darles el mejor ejemplo.
- A MIS ABUELOS: Matías (QPD), Victoria (QPD), Marcela (QPD) y Juan, porque a través de mis padres me han infundido aliento de superación.

INDICE

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	3
2.1 Cultivo de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz, Euphorbiaceae)	3
2.1.1 Origen	3
2.1.2 Taxonomía	3
2.1.3 Morfología	4
2.1.3.1 El tallo	4
2.1.3.2 Hojas	5
2.1.3.3 Inflorescencia	5
2.1.3.4 La raíz	5
2.1.4 Propagación	7
2.1.4.1 Selección y preparación del material de siembra	7
2.1.5 Requerimientos edafo-climáticos	8
2.1.5.1 Suelo	8
2.1.5.2 Luz	9
2.1.5.3 Fotosíntesis	9
2.1.5.3 Precipitación	10
2.1.5.4 Temperatura	10
2.1.5.5 Viento	10
2.1.6 Fertilización	10
2.1.6.1 Deficiencias nutricionales	11
2.1.7 Fuentes orgánicas de nutrientes	12
2.1.7.1 Importancia de las fuentes orgánicas	12
2.1.7.2 Enmiendas húmicas	12

2.1.7.3	Definiciones de ácidos húmicos	12
2.1.7.4	Efectos de los ácidos húmicos sobre los suelos	13
2.1.7.5	Algunos antecedentes del uso de ácidos húmicos en cultivos	15
2.1.8.	Manejo agronómico del cultivo	16
2.1.8.1	Preparación del suelo	16
2.1.8.2	Siembra y riego	17
2.1.8.3	Deshije o eliminación de brotes	18
2.1.8.4	Enfermedades y plagas	19
2.1.9	Cosecha y pos-cosecha	20
2.1.9.1	Tipos de cosecha	20
2.1.9.2	Cosecha manual	20
2.1.9.3	Cosecha mecánica	20
2.1.9.4	Pos cosecha	20
	a. La raíz	20
	b. Deterioro fisiológico o primario	21
	c. Deterioro microbiano o secundario	21
	d. Factores que influyen en el deterioro pos cosecha de las raíces	21
	1. Daños mecánicos	21
	2. Características varietales	22
2.1.10	Usos de la yuca	22
2.1.10.1	Alimentación humana	22
2.1.10.2	Alimentación animal	23
2.1.10.3	Industria	23
2.1.11	Algunos datos sobre la yuca en Guatemala	23
2.1.12	Cultivar 526	25
III.	JUSTIFICACION	26
3.1	Planteamiento del problema	26
3.2	Justificación del trabajo	27
IV.	OBJETIVOS	29
4.1	General	29

4.2	Específicos	29
V.	HIPÓTESIS	30
5.1	Hipótesis alterna.	30
VI.	MATERIALES Y METODOS	31
6.1	Localización	31
6.2	Material experimental	31
6.3	Factores a estudiar	32
6.4	Descripción de los tratamientos	32
6.5	Diseño experimental	33
6.6	Modelo estadístico	33
6.7	Unidad experimental	34
6.8	Croquis de campo	35
6.9	Manejo del experimento	36
6.9.1	Preparación del terreno	36
6.9.2	Trazo	36
6.9.3	Siembra	36
6.9.4	Eliminación de brotes	36
6.9.5	Aplicación de ácidos húmicos	36
6.9.6	Fertilización	37
6.9.7	Control de malezas	38
6.9.8	Control de plagas y enfermedades	38
6.9.9	Cosecha y toma de datos	38
6.10	Variables de respuesta	38
6.11	Análisis de la información	40
6.11.1	Análisis estadístico	40
6.11.2	Análisis económicos	40
6.11.3	Análisis de Contenido de almidón	40

VII	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	41
7.1	Crecimiento	41
7.1.1	Altura de la planta	41
7.1.2	Diámetro basal del tallo	45
7.2	Rendimiento	49
7.2.1	Diámetro de la raíz	49
7.2.2	Longitud de la raíz	52
7.2.3	Rendimiento (kg/ha)	56
7.3	Porcentaje de contenido almidón	60
7.4	Peso aéreo (tallos y hojas) y de raíz por planta	62
7.5	Relación beneficio/costo.	65
VIII	CONCLUSIONES	66
IX	RECOMENDACIONES	67
X	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	69
	ANEXOS	70
1.	Fotografías de todo el proceso de investigación en la comparación del manejo de numero de brotes y aplicación de ácidos húmico	73
2.	Resultados de laboratorio, del análisis del contenido de almidon de cada tratamiento	75
3.	Costos por hectárea	77
4.	Ubicación de la investigación	78
5.	Cronograma de las actividades realizadas en la presente investigación	79

INDICE DE CUADROS.

	CONTENIDO	PAGINA
Cuadro 1.	Clasificación taxonómica de la yuca	3
Cuadro 2.	Los requerimientos de la yuca utilizando el cangre	11
Cuadro 3.	Número de fincas censales, superficie cosechada y producción obtenida del cultivo de yuca, según departamento. Año agrícola 2002 / 2003	24
Cuadro 4.	Rendimiento de cultivos anuales o temporales, por año censal, según cultivo. (Rendimiento en k/ha)	24
Cuadro 5.	Rendimiento de algunos cultivos anuales en América Central	25
Cuadro 6.	Composición química de los ácidos húmicos utilizados en la investigación	32
Cuadro 7.	Descripción Tratamientos a evaluar en la investigación	33
Cuadro 8.	Frecuencias de aplicación e ácidos húmicos y dosis por hectárea	37
Cuadro 9.	Cantidad de ácidos húmicos presente en cada aplicación por planta	37
Cuadro 10.	Análisis de varianza para la variable altura de la planta en (m)	41
Cuadro 11.	Medias de las dosis de ácidos húmicos utilizadas	42
Cuadro 12.	Prueba de tukey de la variable altura de la planta (m) para el factor manejo del número de brotes	42
Cuadro 13.	Prueba de tukey de la variable altura de la planta en la interacción de los dos factores estudiados	44
Cuadro 14.	Análisis de varianza, de la variable diámetro basal del tallo en (m)	45
Cuadro 15.	Media del factor manejo del número de brotes (factor A) de la variable diámetro basal del tallo (cm)	46
Cuadro 16.	Medias de la variable diámetro basal de la planta, en la interacción de los dos factores estudiados	47
Cuadro 17.	Prueba de tukey de la variable altura de la planta en la interacción	

	de los dos factores estudiados	47
Cuadro 18.	Análisis de varianza de la variable diámetro de la raíz en (cm)	49
Cuadro 19.	Prueba de tukey en diámetro de la raíz para el factor manejo de brotes	50
Cuadro 20.	Comparación de medias de la variable diámetro de la raíz en el factor, dosis de ácidos húmicos	51
Cuadro 21.	Medias de la variable diámetro de la raíz en (cm) en la interacción de los dos factores estudiados	52
Cuadro 22.	Análisis de varianza de la variable longitud de la raíz en (cm)	53
Cuadro 23.	Medias de la variable longitud de la raíz en el factor manejo de número de brotes	54
Cuadro 24.	Prueba de Tukey de la variable longitud de la raíz en el factor, dosis de ácidos húmicos	54
Cuadro 25.	Medias de la variable longitud de la raíz en la interacción entre los dos factores estudiados	55
Cuadro 26.	Análisis de varianza de la variable rendimiento (kg/ha)	56
Cuadro 27.	Prueba de Tukey de la variable rendimiento (kg/ha) en el factor manejo del números de brotes	57
Cuadro 28.	Medias del rendimiento (kg/ha) en el factor dosis de Ácidos húmicos (L/ha)	57
Cuadro 29.	Prueba de Tukey de la variable rendimiento (kg) en la interacción de los dos factores estudiados	58
Cuadro 30.	Porcentaje de almidón presente en las raíces de los tratamientos manejo de número de brotes y dosis de ácidos húmicos	60
Cuadro 31.	Medias del porcentaje de almidón con 1 brote y sin control en el número de brotes en el cultivo de yuca	61
Cuadro 32.	Media del peso aéreo (tallo y hojas) y de raíces por planta, de acuerdo a cada tratamiento evaluado	62
Cuadro 33.	Media del peso de raíz por planta utilizando un brote y sin control del número de brotes	63

Cuadro 34.	Relación beneficio/costo e ingresos de los tratamientos de 1 brote con 12.5 L/ha y 25 L/ha de ácidos húmicos	64
Cuadro 35.	Costos por hectárea, para cada tratamiento evaluado	76
Cuadro 36.	Costos específicos por hectárea, para cada tratamiento	76
Cuadro 37.	Costos totales para cada tratamiento	76
Cuadro 38.	Cálculo de la relación beneficio costo para cada tratamiento	77

INDICE DE FIGURAS

	CONTENIDO	PAGINA
Figura 1.	Diagrama de unidad experimental	34
Figura 2.	Diagrama de aleatorización de unidades experimentales	35
Figura 3.	Media de la altura de las plantas usando un brote y sin control sobre el número de brotes	43
Figura 4.	Media de la interacción número de brotes y dosis de ácidos húmicos en la altura de la planta	44
Figura 5.	Comparación de medias del factor dosis de ácidos húmicos en la variable diámetro basal del tallo de la planta	46
Figura 6.	Comparación de medias de la interacción control de brotes y dosis de ácidos húmicos de la variable diámetro basal del tallo	48
Figura 7.	Comparación del diámetro de la raíz de yuca utilizando un brote y sin control sobre el número de brotes	50
Figura 8.	Comparación de medias de la interacción control de brotes y dosis de ácidos húmicos de la variable rendimiento en kg/ha	59
Figura 9.	Porcentaje de almidón en las raíces de yuca utilizando diferentes dosis de ácidos húmicos (factor B)	61
Figura 10.	Análisis de regresión de las variables peso aéreo y peso radicular en el cultivo de Yuca.	63
Figura 11.	Preparación de la mezcla de los ácidos húmicos y su aplicación al momento de la siembra	70
Figura 12.	Eliminación de los brotes a los 41 días después de la siembra	70
Figura 13.	Medición de la altura y diámetro basal de las plantas	71
Figura 14.	Medición del diámetro de la raíz	71
Figura 15.	Medición de la longitud de la raíz	72
Figura 16.	Determinación del peso en kg de las raíces de cada parcela neta	72

Figura 17.	Características de tallo y raíces, como resultado del factor manejo de número de brotes	73
Figura 18.	Empaque de las muestras por cada tratamiento, previo al envío al laboratorio para el análisis de contenido de almidón	73
Figura 19.	Ubicación de Aldea San Vicente Pacayá, municipio de Coatepeque, departamento de Quetzaltenango	78

Efecto del manejo del número de brotes y de la aplicación de ácidos húmicos sobre crecimiento y rendimiento en cultivo de yuca; Coatepeque, Quetzaltenango

RESUMEN

En esta Investigación se evaluó el manejo de número de brotes y aplicación de ácidos húmicos en el cultivo de yuca, en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango. Se utilizó un diseño bifactorial bloques al azar, en arreglo de parcelas divididas, las parcelas grandes contuvieron el factor (A); manejo del número de brotes; se dejó desarrollar un brote y sin control en el número de brotes de la estaca. Y las pequeñas el factor (B) dosis de ácidos húmicos; 12.5 L/ha, 25 L/ha, 37.5 L/ha y sin aplicación, con 4 repeticiones. Cada unidad experimental fue de 20 m² con 20 plantas sembradas a una distancia de un metro entre planta y un metro entre surco. Las variables evaluadas fueron: altura y diámetro basal del tallo, diámetro y longitud de raíz, rendimiento, contenido de almidón y la relación beneficio/costo. En cuanto la altura, diámetro basal del tallo, y rendimiento en el cultivo de yuca; se determinó estadísticamente que los mejores tratamientos fueron donde no se aplicó ácidos húmicos y se dejó desarrollar un brote. Además, estos tratamientos resultaron con más porcentaje de contenido de almidón alcanzando 37.5 %. Y fueron mejor económicamente con una relación beneficio/costo de 1.43.

Effect of the management of the number of shoots and of the application of humic acids on cassava growth and yield; Coatepeque, Quetzaltenango

SUMMARY

In this research, the management of the number of shoots and application of humic acids were evaluated in cassava production in Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, and Quetzaltenango. A bifactorial randomized block design, in a split plot arrangement, was used. The big plots contained factor (A): management of the number of shoots, (developing one shoot and without control in the number of shoots per stem). The small plots contained factor (B): dose of humic acids; 12.5 L/ha, 25 L/ha, 37.5 L/ha, and without application, with 4 replicates. Each experimental unit was 20 m² with 20 plants at a distance of one meter among plants and one meter among furrows. The evaluated variables were: stem height and basal diameter, root diameter and length, yield, starch content, and benefit/cost relationship. Regarding height, stem basal diameter and cassava yield, it was determined statistically that the best treatments are those that did not include the application of humic acids and where one shoot was developed. Additionally, these treatments yielded higher starch content, with 37.5%. Economically, they were also better, with a benefit/cost relationship of 1.43.

I. INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es originaria del continente americano; ocupa el noveno lugar entre los alimentos con más contenido de calorías en el mundo y el cuarto lugar en las zonas tropicales (después del arroz, la caña de azúcar y el maíz). Es un alimento básico de millones de habitantes en el trópico y en el mundo. La producción en 1960 fue de 70 millones de toneladas, mientras en 1999 se incrementó a 165,7 millones de toneladas; de las cuales el 52,2% se produjo en África, el 28,3% en Asia, el 19,4% en América Latina y el 0,12% en Oceanía. Los rendimientos más elevados (16 - 20 t ha⁻¹) correspondieron a aquellos países donde el área plantada de yuca es poco considerada (FAO, 2002).

Guatemala es un país que basa fuertemente su alimentación en el consumo de granos básicos (arroz, maíz, frijol, entre otros). Dentro de los cultivos más importantes el maíz se destaca como base principal de la dieta alimentaria, especialmente dentro de la población con escasos ingresos económicos. Recientemente se vienen incrementando los problemas de baja producción en el país y específicamente en las regiones rurales, donde se promueve el incremento de las áreas de siembra; no obstante la escasez de áreas de vocación agrícola es cada vez mayor, esto conlleva a la restricción de siembra en áreas cada vez menos extensas.

En el departamento de Quetzaltenango por mucho tiempo la yuca ha sido parte de la dieta alimentaria de la población. Sus sistemas de siembra y cultivo han sido tradicionales con el uso de técnicas empíricas que se han heredado de padres a hijos, las cuales no han variado en el transcurso del tiempo. El poco o nulo interés por parte de agencias gubernamentales y no gubernamentales de transferir la tecnología para mejorar los rendimientos del cultivo, no ha permitido que el potencial de este se desarrolle.

La fuente principal de energía de la yuca radica en la gran cantidad de carbohidratos que esta posee en la raíz, que complementarios a los suministrados por el maíz y del

frijol (proteína), se convierten en una alternativa viable en la dieta alimenticia del guatemalteco.

De acuerdo a algunos reportes por personas productoras de yuca, regular el número de brotes por planta ayuda a mejorar la productividad por unidad de área, además de acuerdo a algunas revisiones bibliográficas el uso de ácidos húmicos en cultivos ayuda significativamente a mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes a las plantas.

De acuerdo a lo anterior la presente investigación se realizó en Aldea San Vicente Pacayá, ubicada en el municipio de Coatepeque, departamento de Quetzaltenango. En ella se evaluó el manejo de brotes y aplicación de ácidos húmicos para aumentar productividad en cultivo de yuca, desarrollando información técnica que contribuya a la mejora en el manejo y producción del cultivo.

II. MARCO TEORICO

2.1 CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae)

2.1.1 Origen

El origen de la yuca y el sitio donde tuvo lugar su domesticación aún no ha sido establecido definitivamente. A pesar de que se ha sugerido que la yuca se habría originado en lugares tan diversos como Africa, Asia, islas del Pacífico, Mesoamérica y América del Sur. Para Renvoize (1973; citado por CIAT, 2002), existe un reconocimiento muy generalizado, de que este cultivo tuvo su origen en América Tropical, específicamente en el nordeste de Brasil.

2.1.2 Taxonomía

Para CIAT (2002), la yuca pertenece a la familia Euphorbiaceae, constituida por unas 7200 especies que se caracterizan por su notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuestos por células secretoras llamadas galactocitos. Esto es lo que produce la secreción lechosa que caracteriza a las plantas de esta familia. Existe una gran variabilidad de arquitecturas de la planta dentro de esta familia, desde los tipos arbóreos (caucho, *Hevea brasiliensis*) hasta los arbustos, también de importancia económica (ricino, *Ricinus comunis*).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la planta de yuca

Taxón	Clasificación
Reino	Plantae
División	Phanerogamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledoneae
Subclase	Choripetales
Orden	Geraniales
Suborden	Tricoccae
Familia	Euphorbiaceae
Subfamilia	Crotonidae
Tribu	Manihoteae
Género	Maihot
Especie	Esculenta

Fuente: CIAT (2002)

2.1.3 Morfología

La yuca es un arbusto perenne. Es monoica, de ramificación simpodial y con variaciones en la altura de la planta que oscilan entre uno y cinco metros, aunque la altura máxima generalmente no excede los tres metros (CIAT, 2002).

2.1.3.1 El tallo

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 (CIAT, 2002).

Según el CIAT (1993; citado por Peña, 2010), menciona que la estaca es utilizada para la propagación comercial de la yuca. El número de tallos primarios que se obtenga por planta está regido por la variedad, tamaño, posición, número de yemas viables, posición de siembra y la condición general de cada estaca. El género *Manihot* tiene el hábito de ramificación en 2, 3 y 4 ramas; el crecimiento de las ramas termina generalmente cuando aparece la inflorescencia.

La estructura interna del tallo de la yuca es la típica de las dicotiledóneas. La capa más externa en tallos jóvenes es la epidermis, seguida hacia el interior por el tejido cortical. La pigmentación presente en estas dos capas definirá el color que asuma en definitiva el tallo; internamente se encuentra la capa leñosa. El centro del tallo está ocupado por una médula prominente, compuesta por células parenquimatosas. A medida que el diámetro del tallo aumenta, se acumulan grandes cantidades de xilema que le dan al tallo maduro una consistencia leñosa, al general el súber o corcho en remplazo de la epidermis (CIAT, 2002).

2.1.3.2 Hojas

Las hojas son simples y están compuestas por lámina foliar y el pecíolo. La lámina foliar es palmeada y profundamente lobulada. El número de lóbulos en una hoja es variable y por lo general impar, oscilando entre 3 y 9. Los lóbulos miden entre 4 y 20 cm. de longitud y entre 1 a 6 cm de ancho; los centrales son de mayor tamaño que los laterales. El tamaño de la hoja es una característica típica de cada cultivar, aunque depende mucho de las condiciones ambientales. Las hojas producidas en los primeros 3-4 meses de vida de la planta son más grandes que las producidas luego del cuarto mes. El color de las hojas también es una característica varietal, pero que puede variar con la edad de la planta. El haz de la hoja está cubierto por una cutícula cerosa brillante, mientras que el envés es opaco y en él se encuentran localizadas la mayoría de estomas, aunque algunas variedades también presentan abundantes estomas en el haz (CIAT, 2002).

2.1.3.3 Inflorescencia

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 (CIAT, 2002).

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).

2.1.3.4 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).

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 (CIAT, 2002).

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 (CIAT, 2002).

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 poscosecha. 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 (CIAT, 2002).

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. 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

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 (Gallego, 1986; citado por Peña, 2010).

2.1.4.1 Selección y preparación del material de siembra

Uno de los factores principales para asegurar altos rendimientos en una plantación de yuca es contar con “buena semilla”; que básicamente la constituyen estacas provenientes de plantas de variedad probada que sea sana, vigorosa, libre de enfermedades, de plagas y lastimaduras. De la calidad del material de siembra depende en gran parte el éxito en cultivos multiplicados vegetativamente. Este factor, es de los más importantes en la producción, responsable no sólo del buen establecimiento del cultivo (enraizamiento de las estacas y brotación de las yemas), sino de su sanidad y producción (número de raíces comerciales por planta) por unidad de superficie en cada ciclo (Gallego, 1986; 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 (PROEXANT, 2006; citado por Peña, 2010)

Los criterios para seleccionar material para la siembra son:

- Separar estacas de las plantas más productivas.
- Escoger estacas libres de plagas y enfermedades.
- 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.
- Tratar las estacas con una mezcla de fungicidas e insecticidas, y reducir al mínimo el almacenamiento.

Características de las estacas para siembra:

- Diámetro mayor a la mitad del diámetro de la porción más gruesa del tallo.
- Longitud entre 15 y 20 cm (depende de la variedad).
- Número de nudos por estacas de 5 a 7 (de acuerdo a la variedad), y
- Corte transversal.

2.1.5 Requerimientos edafo-climáticos

2.1.5.1 Suelo

Según Montaldo (1985; citado por Peña, 2010), 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 afectan el crecimiento y la producción de raíces reservantes de yuca son aquellas que: (Montaldo, 1985; citado por Peña, 2011).

1. Proporcionan un buen anclaje a las raíces fibrosas de la planta y un buen medio físico a las raíces reservantes para penetrar y desarrollarse.
2. Poseen una profundidad apropiada de la zona de enraizamiento, 30-40 cm. Son limitantes 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. Presentan una buena capacidad de retención del agua en la zona de enraizamiento y un adecuado drenaje interno.
4. Tienen un buen contenido en nutrimentos y que éstos estén disponibles a la planta de yuca.
5. Presenten un suelo que pueda ser fácilmente cultivable.

2.1.5.2 Luz

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 foto periódicas (Montaldo, 1985; citado por Peña, 2010).

2.1.5.3 Fotosíntesis

Dos aspectos de la fotosíntesis que se deben determinar en la yuca, de los cuales no hay antecedentes, son: 1.- la cantidad total de luz apropiada para la fotosíntesis, y 2.- la cantidad de luz que el cultivo está en condiciones de aprovechar. La primera sirve para determinar el límite máximo de crecimiento del cultivo, ya que 90-95% de la materia seca de la planta proviene de la fotosíntesis (Montaldo, 1985; citado por Peña, 2010).

2.1.5.3 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; citado por Peña, 2010).

2.1.5.4 Temperatura

Montaldo (1985; citado por Peña, 2010), 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.

2.1.5.5 Viento

Montaldo (1985; citado por Peña, 2010). 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.

2.1.6 Fertilización

Cuando el cultivo se establece, basándose en un material de siembra de óptima calidad y otras prácticas agronómicas, es importante tener conocimiento detallado de las etapas de desarrollo y crecimiento (fases fenológicas) para tener mayor claridad de los estados críticos del cultivo y realizar dentro de ellos las labores agrícolas pertinentes y oportunas (CIAT, 2008).

El sistema radicular fibroso de la planta de yuca tiene una relación directa con la fertilización ya que en promedio, durante los primeros 30 días, dependiendo del cultivar,

la planta se encuentra en una etapa de enraizamiento y en este periodo las raíces se están desarrollando pero no ejercen función absorbente de nutrimentos. La nueva plántula se nutre exclusivamente de las reservas nutricionales de la estaca. De ahí la importancia del origen de este material (CIAT ,2008).

Cuadro 2. Los requerimientos nutricionales de la yuca utilizando el cangre (estaca)

Elemento	Kg/ha	lb/Ha	lb/Mz
N	100 a 150	220 a 330	154 a 231
P ₂ O ₅	50 a 60	110 a 132	77 a 92
K ₂ O	200 a 250	440 a 550	308 a 385
Ca	80 a 100	176 a 220	123 a 154
Mg	50 a 80	110 a 176	77 a 123

(Lardizábal 2002)

2.1.6.1 Deficiencias nutricionales

Howeler (1981; citado por CIAT 2008), reseña los principales síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo de yuca.

- Nitrógeno: crecimiento reducido de la planta; en algunos cultivares, amarillamiento uniforme de las láminas foliares, el cual comienza con las inferiores, pero rápidamente se extiende a toda la planta.
- Fósforo: crecimiento reducido de la planta, lámina foliar y lóbulos reducidos y tallos delgados. En condiciones severas, amarillamiento de las hojas inferiores, las cuales se tornan flácidas y necróticas y caen prematuramente (abscisión) al suelo. Algunas veces se presentan colores rojizos (antocianescencia).
- Potasio: crecimiento reducido de la planta, hojas pequeñas. En condiciones muy severas manchas púrpuras, amarillamiento y necrosis de los ápices y márgenes de las láminas foliares inferiores o intermedias; necrosis de los pecíolos o del tejido del tallo; grietas finas en el tallo y tallos rastreros.

- Calcio: crecimiento reducido de la raíz (daño primario), láminas foliares superiores pequeñas y deformes.
- Magnesio: Marcada clorosis intervenal en las láminas foliares inferiores y parte media de la planta; cierta reducción en la altura de la planta.
- Azufre: Amarillamiento uniforme de las láminas foliares superiores; algunas veces se han observado síntomas similares en el resto de la planta. Parecido a la deficiencia de N.

2.1.7 Fuentes orgánicas de nutrientes

2.1.7.1 Importancia de las fuentes orgánicas

De acuerdo a Cervantes (2004; citado por Peña 2010), la necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos.

2.1.7.2 Enmiendas húmicas

Cervantes (2004; citado por Peña 2010), expresa que las enmiendas húmicas favorecen el enraizamiento, ya que desarrollan y mantienen un sistema radicular joven y vigoroso, durante todo el ciclo de cultivo. El desarrollo radicular de la planta con aporte de enmiendas húmicas es enorme y esto hace que el desarrollo de la misma sea mucho más rápido, debido a que absorbe mayor cantidad de elementos nutritivos y esto se traduce en mayor producción. Este abono orgánico al desarrollar más las raíces, equilibra también mejor la nutrición de las plantas, mejora el comportamiento de éstas frente a condiciones salinas y ayuda a la eliminación de diversas toxicidades.

2.1.7.3 Definiciones de ácidos húmicos

Los ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica, son derivados del mineral Leonardita, una forma

oxidada de lignito y son los constituyentes principales de la materia orgánica vegetal, en un estado avanzado de descomposición. (Biofix, 2000; citado por Porres 2010).

Los ácidos húmicos propiamente dichos según Escobar (2006; citado por Porres 2010), son compuestos de elevado peso molecular y cadenas laterales cortas, mientras que los ácidos fúlvicos son cadenas poliméricas de menor peso molecular con cadenas laterales largas. Ello les confiere las características agronómicas intrínsecas: los ácidos húmicos actúan primordialmente en incrementar la capacidad de intercambio catiónico y son de una relativa lenta actuación en el terreno pero bastante persistente y contundentes, mientras que los ácidos fúlvicos incrementan la formación de complejos estables con microelementos y son de rápida actuación en el suelo pero menos persistentes.

Las sustancias húmicas se encuentran en todos los suelos y las aguas, provienen de elementos vegetales en descomposición. Se pueden fraccionar por extracción en humina, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y ácidos úlmicos. Sus sales se llaman humatos, fulvatos y ulmatos. Como fracción principal, los ácidos húmicos forman el centro biológico del humus (Kamara, 2008; citado por Porres 2010).

2.1.7.4 Efectos de los ácidos húmicos sobre los suelos

Reportes sobre ácidos húmicos han indicado un incremento en la permeabilidad de las membranas de las plantas, estimulando la absorción de nutrientes. Muchos investigadores han observado un efecto positivo en el crecimiento de varios grupos de microorganismos. Hay evidencia también que parte de las materias húmicas contienen poblaciones grandes de Actinomicetos (microorganismos que tienen en común propiedades de hongos y también de bacterias) que pueden degradar una amplia gama de sustancias inclusive de celulosas, humicelulosa, proteínas y ligninas (Humintech, 2011).

En suelos secos los ácidos húmicos aumentan la capacidad de retención de humedad. Por lo tanto también en períodos secos las plantas tienen agua a su disposición. De esta manera se evitan situaciones de estrés causadas por sequía y el derroche de agua se reduce. En los suelos susceptibles a erosión se añaden ácidos húmicos para que la

erosión se reduzca considerablemente por un aumento de la formación de raíces y por complejos estabilizantes de arcilla humus. En los suelos salinos, debido a la alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los ácidos húmicos, las sales se liberan (p.ej. Ca y Mg), los cationes se unen y forman quelatos. La alta presión osmótica en la zona de las raíces se reduce. En los suelos cargados con pesticidas, herbicidas y fungicidas los ácidos húmicos aumentan la eficacia de los mismos e inmovilizan sus residuos nocivos (Humintech, 2011).

Según Kamara, (2008; citado por Porres 2010) los ácidos húmicos son el ingrediente activo de la materia orgánica y sus ventajas son:

- Físicamente las sustancias húmicas modifican la estructura del suelo.
- Reducen la pérdida del agua y de los nutrimentos en los suelos arenosos.
- Incrementan la aireación en los suelos pesados y compactos.
- Previenen el escurrimiento del agua y la erosión del suelo mediante formación de coloides.
- Incrementan el rendimiento de cosecha.
- Incrementan la absorción de nutrientes.
- Aumentan el crecimiento de organismos del suelo.
- Estimulan el desarrollo de las raíces.
- Aumentan la utilización de fosfato.

Entre los beneficios químicos que los ácidos húmicos aportan al suelo se mencionan:

- Neutralizan los suelos ácidos y alcalinos regulando el pH.
- Incrementan y optimizan la toma del agua y de los nutrimentos por la raíz de la planta.
- Actúan como quelatantes naturales de los nutrimentos en forma de ión en los suelos alcalinos.
- Incrementan las características buferizantes de los suelos.
- Retienen los fertilizantes inorgánicos solubles en la zona radical.
- Incrementan la capacidad de intercambio de cationes.

- Promueven la conversión de los nutrimentos (N, P, K, Fe, Zn) en forma asimilables por la planta.
- Reducen la reacción del fósforo con el Ca, Fe, Mg, y el Al.
- Liberan el dióxido de carbono de los carbonatos de calcio, para ser utilizados en la fotosíntesis.
- Eliminan la clorosis férrica.

Los principales beneficios biológicos que los ácidos húmicos aportan al suelo son:

- Estimulan a las enzimas y aumentan su producción en la planta.
- Actúan como catalizador orgánico en muchos procesos biológicos.
- Estimulan la proliferación de microorganismos benéficos en el suelo.
- Estimulan el desarrollo y la respiración de las raíces.
- Aumentan la permeabilidad de las membranas de la planta y la absorción de los nutrientes.
- Incrementan el desarrollo de la planta y la producción de biomasa.

2.1.7.5 Algunos antecedentes del uso de ácidos húmicos en cultivos

Según Porres (2006; citado por Porres 2010), durante el desarrollo y uso comercial de los ácidos húmicos, se demostró el incremento del rendimiento y una mejora en la calidad del producto en una diversidad de cultivos, pueden mencionarse como ejemplo: melón, papa, banano etc.

Spayberry (2000; citado por Porres 2010), señala que dentro de los antecedentes sobre el uso de los ácidos húmicos en Guatemala, se puede mencionar que, por ejemplo, los niveles de producción de brócoli (*Brassica oleracea*), están por debajo de los niveles de producción en México, y que pueden ser mejorados con los ácidos húmicos, los cuales son un componente esencial en la fertilidad de los suelos, puesto que aportan beneficios al rendimiento y productividad de la tierra, incluso, en cuanto al mejoramiento de la calidad del producto cosechado, pues se ha comprobado fehacientemente en diferentes estudios, que después de haber nutrido los suelos con ácidos húmicos, éstos producen cosecha de mejor calidad y disminuyen el desecho.

Barrios (1999; citado por Porres 2010), asegura que los tratamientos de sustancias húmicas, aplicadas al cultivo de banano, incrementan el factor de conversión de fruta exportable y bajan la cantidad de fruta de rechazo por racimo cosechado.

2.1.8. Manejo agronómico del cultivo

2.1.8.1 Preparación del suelo

Lardizabal (2002), menciona las siguientes actividades de preparación de suelo:

- El suelo se debe preparar unos 30 días antes de la siembra. Esto nos ayuda a tener menos atrasos y realizar las siembras oportunamente.
- La preparación del terreno debe hacerse por lo menos de 25 a 30 cm de profundidad.
- Primero arar y luego rastrear hasta dejar el suelo al mullido deseado. Dependiendo del tipo de suelo, y si existe pie de arado o una capa impermeable se deberá subsolar primero.

Levantar las camas entre 30 y 40 cm de altura por lo menos. Si se piensa utilizar un rotatiler las camas deben de ser aún más altas para cuando pase el rotatiler la cama quede del alto deseado (esta es una labor que no recomendamos). Las camas altas tiene grandes ventajas agronómicas: mejor drenaje, mejor aireación (las raíces necesitan oxígeno), el suelo esta suelto para que las raíces exploren mejor, etc. Ventajas culturales: aplicación de herbicidas de contacto, siembra, limpia a mano, cosecha, etc. Estas ventajas culturales se deben a que el alto de la cama permite que el personal tenga que agacharse menos para realizar ciertas labores. Esto permite hacer un trabajo mejor y más rápido. También sumamente importante en la yuca es que al arrancarla la cama más alta es más suave por tener menos tierra en los lados y la yuca se daña menos. La otra ventaja del uso de camas altas es que las podemos reutilizar volviendo a pasar con solo bordear (y pasar rotatiler con la conformadora de camas si lo desea) para realizar la siembra de otro cultivo sin tener que volver arar lo cual nos abarata los costos de preparación de suelo. Esto se puede repetir (dependiendo del

manejo) durante unos 5 a 6 cultivos antes de volver a arar el suelo. La razón de no tener que arar es que como todo el tráfico del cultivo se realiza en el zanja de la cama no compactamos el suelo debajo de la cama y se mantiene una excelente estructura del suelo. En suelos muy ácidos (pH menos de 5.0) es prudente aplicar la cal al suelo unos 60 días antes de la siembra.

2.1.8.2 Siembra y riego

Después de picar el cangre para siembra hay que realizarle un tratamiento de inmersión de 4 a 5 minutos con un fungicida y un insecticida (Captan 50 WP 350 gr + Malathión 75 EC 325 ml en 200 Lt de agua). Las estacas picadas las metemos en los saquitos de cebolla y así las sumergimos en esta solución. Se deja secar hasta el día siguiente y está lista para sembrar.

Para la siembra se debe de colocar el cangre (estaca) en la parte central de la cama con la excepción si es con riego por gravedad donde se coloca en un costado. El cangre se entierra hasta $\frac{3}{4}$ partes (15 a 20 cm) con una inclinación de 45° si está húmedo. En tiempo seco se debe de enterrar casi toda (Lardizabal, 2009).

Las estacas pueden sembrarse verticalmente, horizontalmente o inclinadas a 45°, dejando la tercera parte fuera del suelo. Para la siembra se utilizan distancias de 1.0 m al cuadro, o 1.20 m entre surcos y 0.60 m entre plantas, también 1.0m entre plantas y 1.25 m entre surcos; lo que asegura poblaciones entre 7,200 plantas y las 10,000 plantas por hectárea. Para evitar la competencia de malezas deben ser controladas efectivamente, ya sea manualmente teniendo cuidado de no lastimar las raíces del cultivo o también utilizando herbicidas. Para la fertilización se deberá determinar la más adecuada formulación y aplicación de fertilizantes a través de muestreo, análisis de laboratorios y consiguientes recomendaciones técnicas. Los riegos van de acuerdo con la estación en que se siembren las estacas, siendo la época más adecuada para la yuca la entrada de la estación lluviosa, si se modifica la época de plantación deberá suplementarse la disponibilidad de agua con los riegos que sean necesarios (Montaldo, 1983; citado por Peña, 2010).

2.1.8.3 Deseje o eliminación de brotes

La yuca brota entre 15 a 21 días después de siembra (dds) y 15 días después de brotado debemos de dejar solo un brote por estaca siendo este brote el más vigoroso ya que puede producir hasta 10 brotes por estaca. Si la yuca se sembró con riego por goteo se puede dejar 2 o 3 brotes por estaca ya que vamos a realizar la labor de fertilización a través del sistema. Una de las razones de la eliminación de brotes es para poder tener espacio para realizar la labor de fertilización y limpieas pero con goteo podemos fertilizar y tenemos entre surcos más anchos así que podemos dejar otros brotes.

Según agronet (2008), Para obtener una buena semilla y que la producción de la planta sea óptima, es necesario regular el número de tallos en la planta. Se deben dejar máximo 2 tallos por planta si son de igual calidad, pero si son desiguales se elimina el más deficiente. Esta labor se debe efectuar con la primera deshierba y si es necesario en la segunda. El deseje es manual.

Esta práctica, podría influenciar en el rendimiento y calidad de la semilla, según López (1994; citado por CIAT, 2008), la cantidad y la calidad del material de siembra está en función de un conjunto de factores como: vigor de la variedad, tipo de planta, porción del tallo dentro de la planta, número de tallos por planta, habito de crecimiento y ramificación, sistemas de cultivo, edad de la planta, fertilidad del suelo, si se fertiliza o no se fertiliza, competencia de malezas, condiciones climatológicas y contenido de nutrimentos de estaca madre.

Mejía (2011), en conversación personal menciona que él se dedica a la siembra de yuca desde los años 60's 70's, lo que le ha dejado una gran experiencia en el manejo del cultivo, aduce que si ha notado diferencias en cuanto distancias de siembra, mientras mayor es el distanciamiento se obtiene un mejor engrosamiento de la raíz, en cuanto al número de brotes el no ejerce ningún manejo, pero ha observado que en ocasiones un solo brote bien desarrollado produce raíces de buen tamaño aunque en menor número lo que le representa una ventaja en cuanto al precio a la hora de la

venta, y cuando se desarrolla más de un brote el número de raíces es mayor pero de un menor tamaño, realmente todo puede variar debido a que el manejo que él le da al cultivo es base de su experiencia.

2.1.8.4 Enfermedades y plagas

Según (Gallego, 1986; citado por Peña 2010), las principales enfermedades y plagas reportadas en Guatemala que atacan el cultivo de la yuca son:

- Mancha blanca de la hoja, causada por (*Cercospora caribea*), esta enfermedad es frecuente en los periodos húmedo y frescos, atacando las hojas basales de las plantas.
- Mancha del follaje y ramas, causada por (*Phyllosticta maniboba*), produciendo manchas de color marrón mal delimitadas que pueden llegar a acabar con la hoja.
- Ceniza o Mildiu, agentes causales (*Oidium* sp. y *Oidium manibotis*), se sintomatiza esta enfermedad produciendo manchas cubiertas de polvo blanquecino, amarillento en ataque severo
- Thrips de la yuca o piojillo (*Frankliniella* sp.), su ataque produce clorosis o descoloramiento con manchas irregulares alargadas, deformación en los bordes de las hojas y disminución del área foliar.
- Gusano cornudo (*Erinnyis ello*), se alimenta comiendo las hojas de la planta, siendo su ataque el poder llegar a defoliar toda la planta.
- Mosca de los brotes (*Lonchaea pendula*), una vez que la mosca pone sus huevos en los brotes, mueren las hojas jóvenes, deteniendo el crecimiento.

- Ácaros (*Tetranychus* sp.), causan serios daños a las plantas, primero decolorando y reformando las hojas, que luego se secan y se caen. Su ataque severo produce acortamiento de los entrenudos, defoliación y muerte de toda la planta.

2.1.9 Cosecha y poscosecha

2.1.9.1 Tipos de cosecha

Para CIAT (1993; citado por Peña, 2010), la cosecha de las raíces puede realizarse de manera manual o mecánica. Estos métodos tratan de no partir las raíces ni ocasionarles daños físicos apreciables, para así evitar el proceso de deterioro.

2.1.9.2 Cosecha manual

Es el método más utilizado; demanda de una gran cantidad de esfuerzo físico y mano de obra, aproximadamente, de 18 a 20 jornales por hectárea. En Colombia representa más del 30 por ciento de los costos de producción (CIAT, 1993; citado por Peña 2010).

2.1.9.3 Cosecha mecánica

Para realizar esta operación se han diseñado varias arrancadoras de tiro animal o mecánico, con el fin de sacar las raíces, o por lo menos aflojarlas, para que el arranque manual sea menos arduo (CIAT, 1993).

2.1.9.4 Pos cosecha

a. La raíz

Para CIAT (2002), la parte más importante de una raíz de yuca es el parénquima o la pulpa, lugar en el cual se concentra el almidón y se presentan los dos procesos de deterioración que sufren las raíces: fisiológico y microbiano. Los síntomas ocurren en el parénquima y los haces xilógenos, y se manifiestan por cambios de color en estos tejidos; sin embargo, cada tipo de deterioro se debe a procesos diferentes.

b. Deterioro fisiológico o primario

Según CIAT (2002), el deterioro fisiológico es lo primero en aparecer y es causado por la rápida acumulación poscosecha de compuestos fenólicos, especialmente de escopoletina, la cual, en presencia de oxígeno, forma pigmentos de colores azul, negro y pardo. La escopoletina puede ser detectada exponiendo las raíces a luz ultravioleta.

Se inicia en los puntos donde hay daño mecánico, pasada 24 a 48 horas la cosecha. Sus síntomas son una desecación de color blanco a café, en forma de anillo en la periferia de la pulpa y unas estrías azul-negro, especialmente cerca del xilema.

c. Deterioro microbiano o secundario

El deterioro microbiano o secundario es causado por hongos o bacterias que nacen de 5 a 7 días cosechadas las raíces, especialmente en zonas con daños físicos y en ambientes de humedad relativa y a temperaturas altas. Se manifiesta con un estriado vascular y posterior pudrición humedad, con fermentación y maceración de los tejidos. Los estudios etiológicos han podido asilar hongos de los géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Fusarium*, y varias especies de *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Corynebacterium*.

d. Factores que influyen en el deterioro pos cosecha de las raíces

1. Daños mecánicos

Para CIAT (2002), el inicio y la intensidad del deterioro de las raíces de yuca están estrechamente relacionados con la presencia de daños físicos ocurridos debajo de las raíces, en donde se ha dañado o perdido la cáscara, o en sus extremos distal o proximal.

La presencia de daños mecánicos está sujeta a:

- Las características varietales: forma de las raíces, presencia de pedúnculos largos, adhesión de la cáscara, etc.

- La textura y el grado de compactación del suelo: suelos arenosos o durante la estación lluviosa se facilita la cosecha, a diferencia de los suelos pesados o durante la estación seca.
- El método de cosecha: manual o mecánico.

2. Características varietales

Evaluaciones de susceptibilidad al deterioro fisiológico muestran amplias diferencias de los resultados obtenidos entre variedades. Posiblemente por diferencias en la facilidad de cosecha y por la correlación positiva entre el contenido de materia seca de las raíces y el grado de deterioración fisiológica.

2.1.10 Usos de la yuca

Según INTA (2008), la yuca o mandioca tiene diferentes usos entre los que se pueden mencionar; para la alimentación humana, para la alimentación animal y por su contenido alto de almidón en la raíz, para la industria.

2.1.10.1 Alimentación humana

Las raíces de mandioca o yuca constituyen una fuente de la alimentación humana y son usadas en muy variadas formas, cocidas en agua, horneadas, fritas o como pastas o harinas.

Las raíces de mandioca o yuca contienen alrededor de 65 % de agua y 35 % de materia seca; El 85 %, aproximadamente, de la materia seca está constituido por almidón de excelente calidad.

Para su uso en la alimentación humana, las raíces deben ser peladas, y la pulpa (parénquima) sometida a algún proceso térmico antes de ser consumida.

2.1.10.2 Alimentación animal

En general tanto las raíces como la parte aérea de la mandioca pueden ser utilizadas para la alimentación animal, ya sea en forma fresca, deshidratadas y/o ensiladas.

Además de estos productos primarios de la mandioca, existen otros derivados que son utilizados como alimento para animales, principalmente los subproductos de la industria. Estos subproductos provenientes de las raíces de mandioca son esencialmente energéticos, debido a su alto contenido en almidón. El follaje por el contrario es rico en proteínas. Las raíces de mandioca son una importante fuente de energía en la preparación de raciones alimenticias para diferentes especies de animales. Normalmente, las raíces recién cosechadas son productos perecederos, con alto nivel de humedad, 62 a 68%, cifras que se mantienen más o menos constantes.

2.1.10.3 Industria

La industrialización de la mandioca, en la zona productora de la Argentina, permite obtener dos productos diferentes:

* Harina o Fariña: mandioca dulce o amarga, lavada, pelada, rallada y sometida a una ligera torrefacción.

* Almidón o Fécula: es el producto obtenido por extracción de gránulos de reserva alojados en corpúsculos especiales dentro de las células de la raíz.

La función nutricional de los almidones es muy importante porque constituye una de las principales fuentes de calorías de la alimentación humana. Asimismo tienen un papel importante en la tecnología alimenticia debido a sus propiedades físico-químicas y funcionales. Se utilizan como agentes espesantes y también para aumentar la viscosidad de las salsas, agentes estabilizantes de geles o emulsionantes, así como elementos ligantes y agentes de relleno.

1.1.11 Algunos datos sobre la yuca en Guatemala.

El cultivo de yuca ha tenido un cambio negativo en el transcurso del tiempo. En el año 1950 la producción obtenida fue de 3,320,119 Kg en 1,310 hectáreas sembradas; en 1979 la producción fue de 7,681,519 Kg en una extensión de 2,366 ha y en el año 2003 la producción se redujo a 3,213,637 Kg en 395 ha sembradas (INE, 2004)

Cuadro 3. Número de fincas censales, superficie cosechada y producción obtenida del cultivo de yuca, según departamento. Año agrícola 2002 / 2003. (Superficie en hectáreas y producción en kilogramos).

Departamento.	Número de fincas.	Superficie cosechada.	Producción obtenida.	Rendimiento.
Toda la república	856	409	3,214,637	7,857
El progreso.	75	48	372,504	7,760
Zacapa.	21	18	161,854	8,992
Chiquimula	9	1.5	10,385	6,923

(INE, Instituto Nacional de Estadística, 2004)

El rendimiento del cultivo sin embargo se ha incrementado por la utilización de tecnología de producción en aspectos como el uso de materiales genéticos mejorados, fertilizantes, manejo integrado de plagas y enfermedades, métodos y técnicas de cultivo. En 1950 el rendimiento era de 2,537 kilogramos por hectárea, en 1979 el rendimiento aumento a 3,245 kilogramos por hectárea y en el 2003 alcanzó los 8,132 kilogramos por hectárea.

Cuadro 4. Rendimiento de cultivos anuales o temporales, por año censal, según cultivo. (Rendimiento en kilogramos por hectárea).

Cultivo	Año censal.			
	1950	1964	1979	2003
Maíz blanco	675	805	1,1668	1,616
Maicillo	506	539	1,019	1,428
Frijol negro	305	324	318	733
Yuca	2,537	-	3,245	8,132

(INE, Instituto Nacional de Estadística, 2004)

A nivel de América Latina y el Caribe el rendimiento de yuca en kilogramos por hectárea para Guatemala, se encuentra por debajo de países como Belice, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, pero por encima de Honduras; sin embargo, a nivel de América Latina los rendimientos son aceptables.

Cuadro 5. Rendimiento de algunos cultivos anuales en América Central. (Rendimiento en kilogramos por hectárea).

Cultivo	Guatemala	Belice	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica	Panamá
Maíz	1,616	2,804	2,499	1,146	1,473	1,701	1,564
Frijol	733	818	941	675	798	746	402
Yuca	8,133	14,832	13,463	3,953	10,730	10,704	12,112

(INE, Instituto Nacional de Estadística, 2004)

2.1.12 Cultivar 526

Rodríguez (2008), menciona que este material fue colectado en agosto de 1983, entre las coordenadas 16°40´ latitud norte y 90° 16 longitud oeste, a una altitud de 140 metros sobre el nivel del mar. Bajo las condiciones de la Fragua Zacapa, este material produce una raíz almacenadora de color café oscuro, el color de la superficie exterior de la corteza (parte comestible) es blanco crema; la remoción de la peri dermis es fácil; del total de raíces producidas el 77% es comercial, raíz de forma cónica y de posición horizontal con respecto a la superficie del suelo. Se le conoce con el nombre de yuca papa, los días a cosecha dependen de la altura del lugar donde se encuentre, a una altura de hasta 700 metros sobre el nivel del mar puede cosecharse desde los 6 meses y a una altura de 1000 metros sobre el nivel del mar la cosecha se debe de hacer a los 8 meses

Según Rodríguez (2008), como una conclusión de su trabajo de tesis menciona: El cultivar yuca Papa (Cultivar 526) es el que presentó mayor adaptabilidad a los 6 meses de establecido el experimento, en base al comportamiento de las variables brotes emitidos y cobertura del tallo principal en las condiciones de la comunidad Nuevo Amanecer, Pancoc, municipio de Purulhá departamento de baja Verapaz. La variedad que presentó mejores rendimientos a los 6 meses de establecido el Experimento es la variedad yuca papa, con un rendimiento de 5.47 ton/ha.

III. JUSTIFICACION

3.1 Planteamiento del problema

En los últimos años, el cultivo de la yuca, ha despertado un gran interés en el sector agrícola e industrial por sus innumerables alternativas de utilización. Prueba de ello es la atención a estudios e investigación del cultivo en países de Centro América como Costa Rica y Sudamérica como Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Brasil. Guatemala no es la excepción, específicamente la zona del suroccidente (CIAT 1993).

De este hecho se deriva que el cultivo haya experimentado un vertiginoso ascenso en superficie cultivada, no obstante, los rendimientos continúan relativamente bajos. Debido a la magnitud de este cambio ocurrido, se han abierto numerosas interrogantes respecto al futuro manejo para su explotación, ya que en el pasado esta planta permaneció ignorada y totalmente desasistida. Ahora a pesar de despertar un gran interés comercial en los productores de la región, la explotación basada en supuestos empíricos ha hecho que el rendimiento por unidad de área sea bajo.

En la actualidad los suelos con baja fertilidad natural, reflejan bajos rendimientos de cultivos, a esto se une el bajo índice nutricional por la falta de alimento los cuales son los problemas que aquejan diariamente a la población guatemalteca especialmente a los habitantes del área rural de Coatepeque, donde el rendimiento del maíz y frijol ha disminuido, conjuntamente con la calidad de sus suelos.

Por lo tanto los bajos rendimientos están asociados principalmente a la poca o nula transferencia de tecnología por parte de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. Esto ha llevado a que los agricultores no apliquen técnicas e insumos que puedan ayudar a mejorar el rendimiento de los cultivos y por lo tanto convertirlos en fuentes de ingresos importantes.

3.2 Justificación del trabajo

Con base a lo anterior, y tomando en cuenta la necesidad existente de buscar alternativas alimenticias y siendo las raíces de la yuca fuente de energía alimenticia, que puede contribuir al mejoramiento de la alimentación de la población.

Los sistemas de siembra de yuca que se vienen utilizando en el país varían de una zona a otra, utilizándose diferentes métodos muchos de ellos artesanales y empíricos han hecho que la yuca no experimente un aumento en rendimiento por unidad de área desmotivando a muchos de los productores a continuar con su cultivo.

De acuerdo a algunas investigaciones la regulación del número de brotes por planta crea un aumento significativo en el rendimiento en kg/ha del cultivo, debido a que la planta distribuye sus nutrientes de una mejor manera, ya que el poco crecimiento de área foliar ayuda a que mucho de sus nutrientes sean translocados hacia la parte subterránea, específicamente en las raíces de la planta.

Concretamente con la poda racional se consigue regular el desarrollo de la planta, haciéndola adoptar la forma más adecuada para su cultivo; se reduce el periodo improductivo y se mantiene un equilibrio adecuado entre la actividad vegetativa y reproductiva.

De esta forma, la eliminación de los brotes ayudaría a que los nutrientes dentro de la planta sea distribuido de mejor manera y pueda inducir a mayor productividad en el cultivo de yuca.

Además el uso de complejos orgánicos mejora significativamente la estructura del suelo. El uso de ácidos húmicos en la agricultura han demostrado resultados positivo, sobretodo porque estos aumentan en el suelo la concentración de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, corrige el pH de suelos ácidos, mejora las condiciones de infiltración de agua entre otros beneficios que mejoran sustancialmente las características físicas, químicas y biológicas.

Lo anterior ayudaría a mejorar significativamente los rendimientos del cultivo de la yuca, de esta forma estaríamos generando información técnica con fundamento científico a los productores de dicho cultivo.

La revisión de literatura indica que en el país existe poca información sobre los factores como los propuestos en la presente investigación, y debido a que estos pudieran estar relacionados, se propone ejecutarlos mediante una investigación tipo experimental en el municipio de Coatepeque, Quetzaltenango, para evaluar el efecto de número óptima de los brotes desarrollados, la aplicación de ácidos húmicos y variables ligadas a estos factores como el comportamiento del sistema radicular y el rendimiento de la producción por unidad de área.

Este trabajo de investigación no solo busca incrementar la disponibilidad y acceso a un alimento complementario al maíz y frijol, sino también generar información sobre los efectos de manejo del número de brotes y aplicación de ácidos húmicos, sobre el rendimiento y crecimiento en el establecimiento de dicho cultivo. También de una u otra forma que los agricultores puedan mejorar sus ingresos económicos al aplicar las practicas que se recomiendan al final de la este trabajo, ya que es un cultivo donde no se necesita invertir grandes cantidades de dinero ni disponer de grandes extensiones de tierra, y que se mantiene la demanda local en el área rural como también en los mercados de las ciudades cercanas.

IV. OBJETIVOS

General:

- Determinar el efecto del manejo de número de brotes y aplicación de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta Crantz*, euphorbiaceae) en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.

Específicos:

- Evaluar el efecto de tres dosis de ácidos húmicos y el manejo de número de brotes sobre la longitud y diámetro de raíz en (cm) en el cultivo de yuca en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.
- Determinar el efecto de tres dosis de ácidos húmicos y el manejo de número de brotes, sobre el crecimiento, rendimiento y contenido de almidón del cultivo de yuca en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.
- Evaluar el efecto de tres dosis de ácidos húmicos y el manejo de número de brotes sobre el peso aéreo y peso de raíz, en el cultivo de yuca en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.
- Determinar la influencia de los tratamientos sobre el beneficio económico del cultivo de yuca en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.

V. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis alternativa

- Al menos uno de los manejos del número de brotes en el cultivo de yuca mostrará diferencia estadística significativa sobre rendimiento, crecimiento, contenido de almidón, longitud y diámetro de la raíz en el cultivo de yuca.
- Al menos una de las dosis de ácidos húmicos será estadísticamente significativa sobre rendimiento, crecimiento, contenido de almidón, longitud y diámetro de la raíz en el cultivo de yuca.
- Al menos una de las interacciones entre el manejo de número de brotes y aplicación de ácidos húmicos mostrará diferencia estadística significativa sobre rendimiento, crecimiento, contenido de almidón, longitud y diámetro de la raíz en el cultivo de yuca.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Localización.

El municipio de Coatepeque se ubica a una distancia de 220 km al sur de la ciudad capital de Guatemala, posee una extensión territorial total de 426 kilómetros cuadrados, con una altitud de 1,500 pies o 498 metros sobre el nivel del mar. Su cabecera municipal cuenta con 8 kilómetros cuadrados. Ubicándose dentro de las coordenadas latitud 14°42' 10", longitud 91°51'40" (anexo 4). Y sus condiciones climáticas son las siguientes: temperatura media anual: 24.5 grados centígrados, temperatura máxima: 33.0 grados centígrados, temperatura mínima: 13.0 grados centígrados, precipitación pluvial media anual: 2927.0 milímetros, aguaceros fuertes máximo: 10 pulgadas en un solo día, humedad: 80%.

Esta investigación se realizó en la Aldea San Vicente Pacayá, ubicada a 18 km al sur de la cabecera municipal de Coatepeque. La zona de vida según Holdridge (1958), es un bosque húmedo subtropical (cálido), y se encuentra representado en el mapa por el símbolo BH-S (c). Es la más extensa en Guatemala ocupando también el primer lugar en usos. Esta zona de vida cubre en la costa sur una franja de 40 a 50 kilómetros de ancho que va de México hasta Oratorio y Santa María Ixthuatim en Santa Rosa. El tipo suelo pertenece a la serie ixtán arcilloso (Simmons 1959)

6.2 Material experimental.

La variedad utilizada fue el cultivar 526 del ICTA (conocida en la zona con el nombre común de yuca papa) es la yuca que más se cultiva en todas las áreas cercanas al lugar de la investigación. Los resultados estadísticos de la investigación se obtuvieron 7 meses después de la siembra del cultivo, siendo el tiempo necesario para que el cultivo de yuca *M. esculenta* llegara a su madurez fisiológica óptima para la cosecha.

La fuente de ácidos húmicos utilizada en la presenta investigación se conoce con el nombre comercial de Fertihumus® y contiene la siguiente composición química:

Cuadro No. 6 composición química del Fertihumus ® utilizado en la investigación.

Composición química	Cantidad (%)
Ácidos húmicos	12
Potasio	5
Ácidos fúlvicos	3

6.3 Factores a estudiar

Se evaluaron dos factores, los cuales se describen a continuación:

Factor 1 (A): Consistió en el manejo del número de brotes por planta. Haciendo eliminación de brotes a los 41 días después de la siembra, dejando desarrollar únicamente 1 brote, y para el otro tratamiento no se ejerció control en número de brotes desarrollados.

Factor 2 (B): Consistió en la aplicación de 3 dosis de ácidos húmicos siendo las siguientes: 12.5 L/ha, 25 L/ha y 37.5 L/ha. Cada aplicación se realizó: la primera (el mismo día de la siembra) la segunda (30 días después de la siembra) la tercera (90 días después de la siembra) en total fueron 3 aplicaciones dirigidas al suelo con una dosis de solución 125 cc/planta.

El registro, de acuerdo al Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación es 350-F-1368-36, es un fertilizante en presentación líquida, aplicado al suelo.

6.4 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos estuvieron constituidos en la interacción del factor 1 (el cual consistió en número de brotes) y factor 2 (constituido por las dosis de ácidos húmicos), para los cuales los tratamientos a evaluados fueron:

Cuadro 7. Descripción tratamientos evaluados en la investigación

No.	Tratamiento	Número de brotes.	Ácidos húmicos L/ ha
1	A1.2		12.5
2	A1.4		25.0
3	A1.6	1 brote desarrollado.	37.5
4	A1.0		0.00
5	B2.2		12.5
6	B2.4	No se ejerció control en el	25.0
7	B2.6	número de brotes	37.5
8	B2.0		0.00

6.5 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar bifactorial (2 x 4) con arreglo de parcelas divididas. En las parcelas grandes se colocaron los tratamientos con manejo de brotes y las pequeñas las dosis de ácidos húmicos. El experimento estuvo constituido por 8 tratamientos y cada uno con 4 repeticiones, para lo cual el experimento estuvo conformado por 32 unidades experimentales.

6.6 Modelo estadístico

Para la representación simbólica y expresar de manera simplificada la interacción de los factores que influyeron en el efecto de los tratamientos, se utilizó el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \beta_j + A_i \beta_j + R_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : variable de respuesta asociada a la i–j–k–ésima unidad experimental

μ : media general

A_i : efecto del i-ésimo nivel del factor número de brotes.

β_j : efecto del j-ésimo nivel del factor concentración de ácido húmico.

$A_i \beta_j$: efecto de la posible interacción entre el i-ésimo número de brote con la j-ésima concentración de ácido húmico.

R_k : efecto del k-ésimo bloque.

ϵ_{ijk} : error experimental asociado a la i-j-k-ésima unidad experimental.

6.7 Unidad experimental

En cada unidad experimental se plantaron cinco hileras, con cinco plantas cada una, para un total de 20 plantas, bajo el marco de siembra tradicional utilizado por los productores de la zona a 1.0 m x 1.0 m para un total de área 20 m² cada una de estas áreas constituyen la parcela bruta.

Para evitar el efecto de borde, la parcela neta estuvo constituida por los 3 surcos del centro de la unidad experimental y se despreció el borde de estos 3 surcos, colectándose los datos únicamente de la parte central de la unidad experimental. Constituyendo así la parcela neta 6 m².

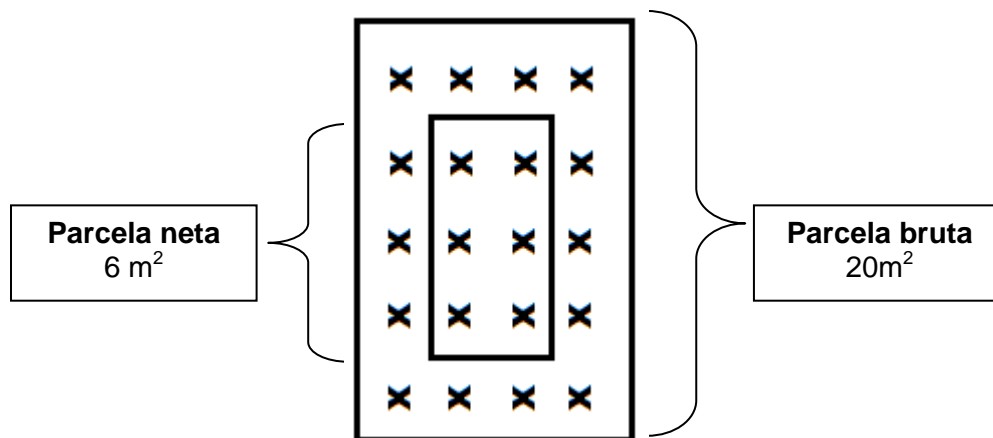


FIGURA 1. Diagrama de unidad experimental

6.8 Croquis de campo

De acuerdo a la aleatorización realizada los tratamientos quedaron distribuidos de la siguiente manera:

REPETICIÓN I

1 brote desarrollado			
(25 Lt/ha)	(12.5 Lt/ha)	(37.5 Lt/ha)	(0 Lt/ha)
A1.4	A1.2	A1.6	A1.0

Sin control en el número de brotes			
(37.5 Lt/ha)	(12.5 Lt/ha)	(0 Lt/ha)	(25 Lt/ha)
A1.6	A1.2	A1.0	A1.4

REPETICIÓN II

Sin control en el número de brotes			
(12.5 Lt/ha)	(25 Lt/ha)	(37.5 Lt/ha)	(0 Lt/ha)
A1.2	A1.4	A1.6	A1.0

1 brote desarrollado			
(12.5 Lt/ha)	(0 Lt/ha)	(37.5 Lt/ha)	(25 Lt/ha)
A1.2	A1.0	A1.6	A1.4

REPETICIÓN III

1 brote desarrollado			
(37.5 Lt/ha)	(12.5 Lt/ha)	(0 Lt/ha)	(25 Lt/ha)
A1.6	A1.2	A1.0	A1.4

Sin control en el número de brotes			
(25 Lt/ha)	(0 Lt/ha)	(12.5 Lt/ha)	(37.5 Lt/ha)
A1.4	A1.0	A1.2	A1.6

REPETICIÓN IV

Sin control en el número de brotes			
(12.5 Lt/ha)	(37.5 Lt/ha)	(0 Lt/ha)	(25 Lt/ha)
A1.2	A1.6	A1.0	A1.4

1 brote desarrollado			
(12.5 Lt/ha)	(37.5 Lt/ha)	(0 Lt/ha)	(25 Lt/ha)
A1.2	A1.6	A1.0	A1.4

FIGURA 2. Diagrama de aleatorización de unidades experimentales en campo.

6.9 Manejo del experimento

6.9.1 Preparación del terreno

Se hicieron las respectivas prácticas de preparación de suelo, utilizando arado y rastra, luego con la ayuda de azadones se realizó la siembra de forma manual.

6.9.2 Trazo

Después de preparado y marcado los surcos en el terreno, se trazaron las parcelas de acuerdo al diseño experimental mencionado, delimitándolas por medio de estacas de madera de 0.5 m de largo.

6.9.3 Siembra

Se llevó a cabo mediante el uso de estacas (reproducción asexual) de 25 a 30 cm de largo con 5 yemas como mínimo, colocadas en forma oblicua, previamente seleccionadas, colocando una por postura a un distanciamiento de un metro entre planta y un metro entre surco.

6.9.4 Eliminación de brotes

Esta práctica se realizó a los 41 días después de la siembra, en función de cada tratamiento a evaluar. Se utilizó una tijera para poda, eliminando los brotes menos desarrollados del total emitidos por la estaca sembrada. Se identificaron los brotes a eliminar, luego se procedió a cortarlos desde la base, haciendo un corte lo más fino posible, evitando causar daño a la estaca sembrada (base de los brotes). Luego de la primera eliminación se hicieron 2 más; a los 55 y a los 70 días después de la siembra (dds).

6.9.5 Aplicación de ácidos húmicos

Se realizaron tres aplicaciones de ácidos húmicos, en las diferentes dosis, aplicando 125 cc de solución por planta. La dosis de ácidos húmicos y las dosis de solución fueron las mismas en cada aplicación. Para esto se utilizó una bomba dosificadora de mochila de 16 litros.

Cuadro 8. Frecuencias de aplicación de ácidos húmicos, dosis por hectárea, concentración del producto y cantidad de agua para la mezcla.

Aplicaciones.	Dosis: L/ ha	Disuelto en agua. (L)	Concentración del producto en la solución.	total de solución
Primera aplicación: al momento de la siembra.	12.5	1,237.5	1 %	
	25	1,225	2 %	
Segunda aplicación: 30 días después de la siembra.				1,250 L.
	37.5	1,212.5	3 %	
Tercera aplicación: 90 días después de la siembra				

Cuadro 9. Cantidad de ácidos húmicos presente en cada aplicación por planta

Dosis (L/ha)	Ácidos húmicos/planta (cc)
12.5	1.26
25.0	2.55
37.5	3.86

6.9.6 Fertilización

Dicha práctica se realizó incorporada al pie de cada planta; la primera: 15 días después de la siembra, la segunda: 30 dds y una tercera aplicación a los 60 dds. Utilizando las siguientes fuentes y cantidades para la aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

- Urea ((NH₂)₂CO). para nitrógeno 46% (N) (48 kg/ha)
- Fostato de amonio doble para fósforo 46% (P₂O₅), 18% (N) (79 kg/ha)
- Cloruro de potasio o Muriato de potasio (MOP) (KCl) para potasio 60% (K₂O). (225 kg/ha).

6.9.7 Control de malezas

El periodo crítico de competencia con las malezas fue desde la siembra hasta los tres meses. Se realizó tres limpiezas en forma manual utilizando machete y azadón hasta los 90 días después de la siembra.

6.9.8 Control de plagas y enfermedades

No se presentaron plagas y enfermedades durante el tiempo que se realizó la investigación.

6.9.9 Cosecha y toma de datos.

Al observarse cambios ligeros en la coloración, un estado menos lechoso, esta actividad se realizó en forma manual, extrayendo las raíces del suelo, a los 210 días después de la siembra (7 meses).

Para la toma de datos, se utilizaron las siguientes herramientas.

- Cinta métrica.
- Balanza.
- Libreta de apuntes.
- Cuadros de registro.
- Lapicero.
- Calculadora.
- Un calibrador vernier.

6.10 Variables de respuesta

Las variables de respuesta estuvieron enfocadas en crecimiento y rendimiento. Cada una fue promediada y cuantificada en cada parcela neta de las unidades experimentales.

En base a los siguientes parámetros a los 210 días (7 meses) después de la siembra se determinaron las siguientes variables de respuesta:

1. Crecimiento

- **Altura de planta en metros (m)**

Con la ayuda de una cinta métrica, midió la altura de plantas dentro de la parcela neta. Luego se determinó la altura promedio.

- **Diámetro basal del tallo en centímetros (cm)**

Con un calibrador vernier se midió el diámetro de la base del tallo de los brotes dentro de la parcela neta. Luego se determinó el diámetro basal promedio.

2. Rendimiento.

- **Longitud y diámetro de raíz en centímetros**

Se midió en centímetros la longitud y diámetro promedio del total de las raíces tuberosas obtenidas dentro de la parcela neta utilizando un calibrador vernier.

- **Rendimiento en kg/ha**

Se pesó el total de las raíces tuberosas obtenidas dentro de la parcela neta.

- **Contenido de almidón**

Se tomaron muestras de las raíces representativas de los tratamientos, para luego ser enviadas al laboratorio donde se realizó un análisis de contenido de almidón. Las muestras fueron tomadas al azar dentro de las parcelas netas de cada repetición, luego se identificaron en campo y se trasladaron al lugar de empaque. Cada muestra de cada repetición fue limpiada con agua, troceada (cortada en trozos de 250 gr aproximadamente) y luego empacada y transportada al laboratorio con su respectiva identificación. El volumen por muestra fue de 1 kg, conteniendo 4 trozos de raíz.

3. Relación beneficio/costo

Se determinó la relación beneficio/costo de los tratamientos a evaluados en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Aldea Pacayá Coatepeque Quetzaltenango.

6.11 Análisis de la información

6.11.1 Análisis estadístico

Los resultados de las evaluaciones fueron procesados de acuerdo a un arreglo con parcelas divididas, diseño de bloques al azar bifactorial, a los cuales le fueron realizados análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el software estadístico denominado paquetes de diseños experimentales Versión 2.5 de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía; a un nivel de significancia de 0.05. Todas aquellas variables que presentaron diferencia estadística significativa fueron sometidas una separación de medias para lo cual se utilizó la prueba de Tukey.

6.11.2 Análisis económico

Para este análisis se tabularon todos los datos que se obtuvieron de los insumos utilizados por cada uno de los tratamientos, posteriormente se determinó la inversión inicial, los costos directos e indirectos para poder determinar los costos totales y la relación beneficio/costo. Se evaluaron los rendimientos y se determinaron los ingresos obtenidos.

6.11.3 Análisis de Contenido de almidón

Las muestras colectadas en campo, fueron enviadas al laboratorio de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), donde fueron procesadas y analizadas utilizando la metodología basada en: *Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Method 960.52.*

VII. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

7.1 Crecimiento

7.1.1 Altura de la planta

Se realizó la medición de la variable altura de la planta, tomando desde la base de la misma hasta la parte apical, utilizando una cinta métrica y se midieron las plantas ubicadas dentro de la parcela neta.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable altura de la planta (en m) en la comparación de manejo de número de brotes y dosis de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones.	3	0.10333	0.03444	1.8553	0.311
Factor A	1	0.265045	0.26504	14.2767	0.03*
Error A	3	0.055695	0.018565		
Factor B	3	0.010132	0.003377	0.3403	0.798 ^{ns}
Interacción	3	0.060974	0.020325	2.0482	0.0142*
Error B	18	0.178619	0.009923		
Total	31	0.673798			

*= diferencia estadística significativa.

ns=no hay diferencia estadística significativa.

CV= 2.83%

De acuerdo al análisis de varianza se pudo determinar que existió un coeficiente de variación de 2.83% lo que indica que el experimento se realizó de forma correcta y que los datos son confiables.

Como se observa en el cuadro 10, se determinó que, para la variable altura de la planta, no existe diferencia estadística significativa entre las medias del factor dosis de ácidos húmicos (factor B), los datos obtenidos de las medias son:

Cuadro 11. Medias de las dosis de ácidos húmicos utilizadas en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Ácidos húmicos (L/ha)	Altura (m)
0	3.541438
12.5	3.496125
25	3.528862
37.5	3.507475

A pesar que no mostraron diferencia estadística significativa en el factor B, en el cuadro 11 se aprecia que las plantas que alcanzaron una mayor altura 3.54 m, fueron las del tratamiento donde no se aplicó ácidos húmicos, siendo la dosis 12.5 L/ha la que alcanzó la altura más pequeña (3.49 m).

Luego se pudo observar en el cuadro 10, que si existió diferencia estadística significativa en cuanto a números de brotes, sobre la variable; altura de la planta (Factor A). Por lo que, el número de brotes desarrollados, si influye en altura de la planta. Los datos se presentan a continuación:

Cuadro 12. Prueba de tukey de la variable altura de la planta (m) para el factor manejo del número de brotes en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Factor	Altura (m)	Literal
Sin control de brotes	3.609469	A
1 brote.	3.427481	B

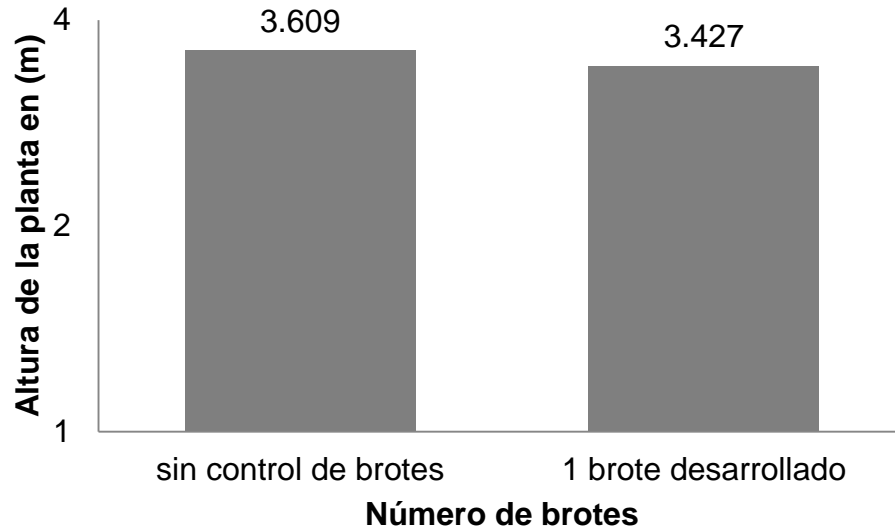


FIGURA 3. Media de la altura de las plantas usando un brote y sin control sobre el número de brotes (factor “B” manejo del número de brotes) en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

La figura 3 muestra que la altura promedio sin ejercer control del número de brotes desarrollado, fue de 3.61 m, mientras que dejando 1 brote, se obtuvo una altura de 3.43 m. Esto se debe a que al tener mayor número de brotes existe mayor área foliar, lo que hace que las plantas aledañas compitan por espacio, radiación solar entre otros factores por lo tanto las plantas deben crecer más por efecto del fototropismo acelerado a la cual se someten, mientras que las plantas que tienen únicamente un brote, presentan menor área foliar por lo tanto no necesita competir creciendo menos que las del tratamiento descrito anteriormente.

Según el cuadro 10, aunque no existe diferencia estadística significativa en cuanto a dosis de ácidos húmicos se refiere, si existe diferencia significativa en la interacción número de brotes y dosis de ácidos húmicos. Luego de realizar el análisis de varianza, se utilizó una prueba de medias utilizando el comparador estadístico Tukey a una confiabilidad $\alpha=0.05$, los datos se detallan a continuación.

Cuadro 13. Prueba de tukey de la variable altura de la planta en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la interacción de los dos factores estudiados.

Tratamiento	Altura (m)	Literales
1 brote 25 L/ha	3.3846	B
1 brote 0 L/ha	3.4183	B
1 brote 12.5 L/ha	3.4404	AB
1 brote 37.5 L/ha	3.4666	AB
Sin control en el número de brotes 37.5 L/ha	3.5483	AB
Sin control en el número de brotes 12.5 L/ha	3.5518	AB
Sin control en el número de brotes 0 L/ha	3.6646	A
Sin control en el número de brotes 25 L/ha	3.6732	A

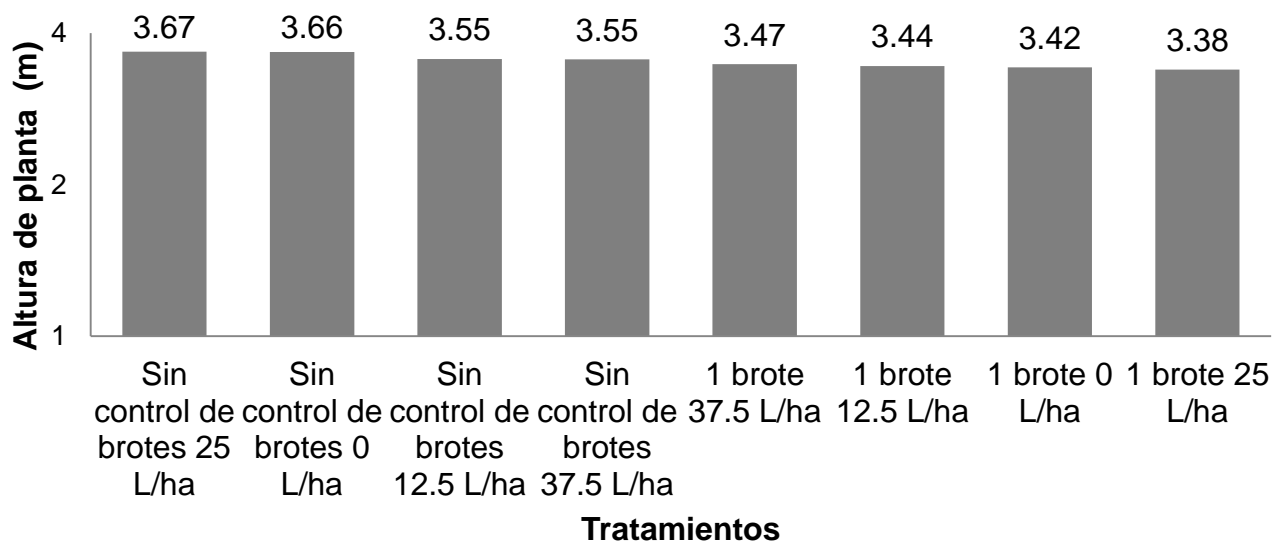


FIGURA 4. Media de la interacción número de brotes y dosis de ácidos húmicos de la altura de la planta en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Se puede observar en la figura 4 que, el tratamiento que presentó la mayor altura de planta fue aquel donde no se ejerció control sobre el número de brotes y utilizando 25 L/ha de ácidos húmicos, alcanzando una altura de 3.67 metros y el tratamiento sin control en el número de brotes y utilizando 0 L/ha de ácidos húmicos 3.42 m siendo estadísticamente diferente a todas las demás, tal como se mostró en el cuadro 13.

7.1.2 Diámetro basal del tallo

Con ayuda de un Vernier se determinó el diámetro basal de cada una de las plantas dentro de la parcela neta. Se realizó un análisis de varianza con los datos recabados en el campo. Los resultados se describen a continuación:

Cuadro 14. Análisis de varianza de la variable diámetro basal del tallo en (cm) en la comparación de manejo de número de brotes y dosis de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	3	0.141388	0.047129	3.7882	0.152
Factor A	1	7.922913	7.922913	636.8389	0.00*
Error A	3	0.037323	0.012441		
Factor B	3	0.059174	0.019725	0.9607	0.566 ^{ns}
Interacción	3	0.365336	0.121775	5.9311	0.006*
Error B	18	0.369568	0.020532		
Total	31	8.895691			

*= diferencia estadística significativa.

ns=no hay diferencia estadística significativa.

CV= 4.197%

Como se puede observar en el cuadro 14, si existió diferencia estadística significativa en cuanto al número de brotes utilizados en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) analizando la variable diámetro de la planta en el factor, número de brotes desarrollados y la interacción entre el manejo de brotes desarrollados y dosis de ácidos húmicos. Los datos se presentan a continuación:

Cuadro 15. Media del factor manejo del número de brotes (factor A) de la variable diámetro basal del tallo (cm) en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Factor	Media	Literal
Sin control en el número de brotes	2.9256	B
1 brote	3.920806	A

Se puede observar en el cuadro 15, la media del diámetro del factor un brote, fue de 3.92 cm mientras que la media del factor donde no se tuvo un control sobre el número de brotes en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) fue de 2.92 cm, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.

Además se determinó las medias de los tratamientos del factor dosis de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Los datos se describen a continuación:

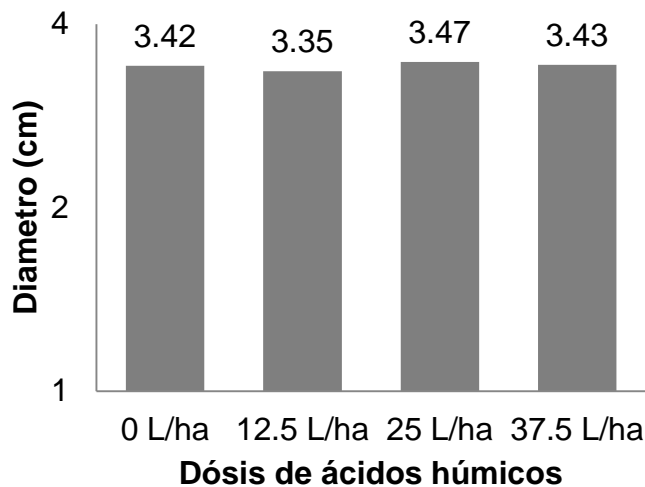


FIGURA 5. Comparación de medias del factor dosis de ácidos húmicos en la variable diámetro de la planta en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Se pudo observar en la figura 5 que, los promedios de diámetro del tallo de la planta de yuca fue de 3.35 cm utilizando una dosis de 12.5 L/ha, y 3.47 cm utilizando una dosis de ácidos húmicos de 25 L/ha. Estas diferencias no fueron significativas, por lo tanto las dosis no influyen en el diámetro de las plantas.

El siguiente cuadro hace referencia de todas las medias de la interacción de los tratamientos utilizados para evaluar el efecto en el diámetro de la planta de yuca. Los datos se muestran a continuación:

Cuadro 16. Medias de la variable diámetro basal de la planta, en la interacción de los dos factores estudiados, en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Factores	0 L/ha	12.5 L/ha	25 L/ha	37.5 L/ha
Sin control en el número de brotes	2.886	2.742	3.1518	2.9227
1 brote	3.9625	3.9708	3.80	3.95

Según se observa en el cuadro 16, los diámetros mayores fueron los tratamientos donde se realizó el control de brotes desarrollados, estos con las diferentes dosis de ácidos húmicos, sobresaliendo aquellos donde se aplicó 12.5 L/ha y 0 L/ha.

Cuadro 17. Prueba de tukey de la variable diámetro basal del tallo en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la interacción de los dos factores estudiados.

Tratamiento	Diámetro basal del tallo (cm)	Literal
1 brote 12.5 L/ha	3.9708	A
1 brote 0 L/ha	3.9625	A
1 brote 37.5 L/ha	3.9495	A
1 brote 25 L/ha	3.7999	A
sin control en el número de brotes 25 L/ha	3.1517	B
sin control en el número de brotes 37.5 L/ha	2.9227	BC
sin control en el número de brotes 0 L/ha	2.886	BC
sin control en el número de brotes 12.5 L/ha	2.1741	C

Como se puede observar en el cuadro 17 que, los mejores tratamientos fueron donde se ejerció control en el número de brotes, utilizando las diferentes dosis de ácidos húmicos debido a que estos mostraron diferencia estadística significativa superior a los

demás. Por lo tanto el dejar un brote si mejora el diámetro del tallo del cultivo de yuca. La figura 6 presenta la comparación de medias agrupadas por factor control de brotes:

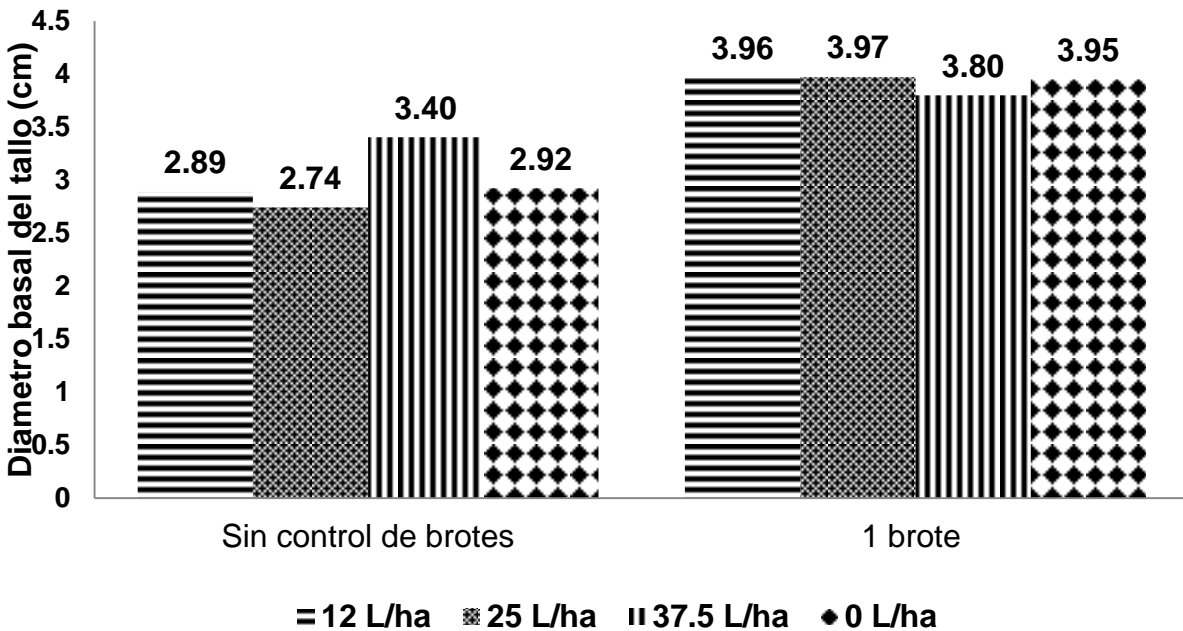


FIGURA 6. Comparación de medias de la interacción control de brotes y dosis de ácidos húmicos de la variable diámetro basal del tallo, del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Como se observa en el análisis de las variables de crecimiento, ambas demostraron diferencia estadística en el factor (A) manejo del número de brotes y en la interacción con el factor (B) dosis de ácidos húmicos. Haciendo control en el número de brotes, se genera más espacio entre cada planta establecida, lo que hace que el brote se desarrolle sin competir por espacio y luz, por lo que este factor presentó las alturas menores en comparación con los tratamientos donde no se ejerció ningún control en el número de brotes, presentando las mayores alturas. Y en la interacción de ambos factores (AB) debido a lo descrito anteriormente y a la aplicación de 12.5 L/ha ácidos húmicos, sin embargo estadísticamente los resultados son similares no aplicando ácidos húmicos, por lo que las tres dosis de ácidos húmicos no afectaron el crecimiento del cultivo. Para esta variable los mejores tratamientos fueron donde las plantas presentaron menor altura.

7.2 Rendimiento

7.2.1 Diámetro de la raíz

Con la ayuda de un vernier se determinó el diámetro de las raíces dentro de la parcela neta, para luego ingresarlas en los registros. Se realizó un análisis de varianza para determinar si existe o no diferencia estadística significativa. Los datos se detallan a continuación:

Cuadro 18. Análisis de varianza de la variable diámetro de la raíz en (cm), en la comparación de manejo de número de brotes y dosis de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Aldea San Vicente Pacay, Coatepeque, Quetzaltenango.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	3	0.4818	0.1606	4.4855	0.125
Factor A	1	1.2847	1.2847	35.8798	0.008*
Error A	3	0.1074	0.0358		
Factor B	3	0.001	0.0006	0.0141	0.997 ^{ns}
Interacción	3	0.0706	0.0235	0.5183	0.679 ^{ns}
Error B	18	0.8178	0.0454		
Total	31	2.7644			

*= diferencia estadística significativa.

ns=no hay diferencia estadística significativa.

CV= 5.34%

Se pudo determinar con el coeficiente de variación que los datos de campo tomados son confiables y por lo tanto el experimento se manejó de forma adecuada ya que dicho coeficiente fue de 5.34%.

El cuadro 18 indica que, existió diferencia estadística significativa en cuanto al diámetro de la raíz entre utilizar un brote y sin control de brotes (Factor A) en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Cuadro 19. Prueba de tukey del diámetro de la raíz para el factor manejo del número de brotes en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Factor	Diámetro (cm)	Literal
Sin control en el número de brotes	3.7927	B
1 brote.	4.1935	A

Se puede observar a través de una prueba de Tukey utilizando un nivel de significancia $\alpha=0.05$ que, estadísticamente el (Factor A) control en el número de brotes, presento los mejores resultados en la variable diámetro de la raíz en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). La siguiente figura hace una comparación en cuanto al diámetro de la raíz se refiere.

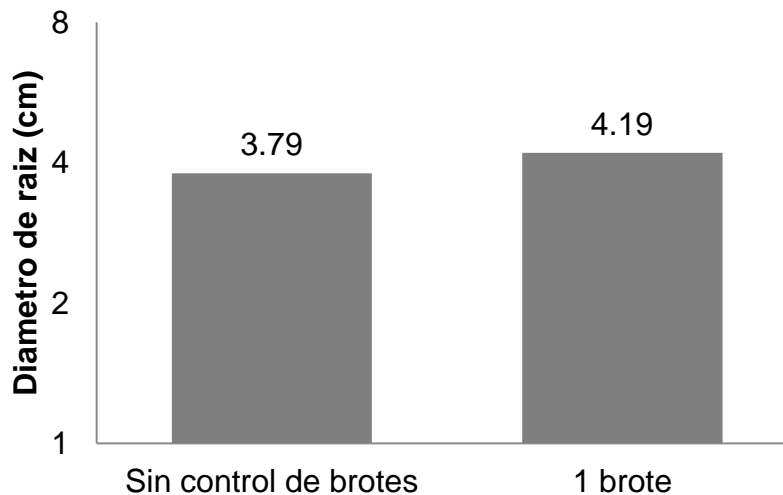


FIGURA 7. Comparación del diámetro de la raíz de yuca utilizando 1 brote y sin control sobre el número de brotes (factor B manejo del número de brotes) en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

La figura número 7 muestra que utilizando un brote se alcanza mayor diámetro de raíz, obteniendo 4.19 cm, mientras que al no tener un control sobre el número de brotes se

alcanza un diámetro menor de 3.79 cm. Por lo tanto si existe diferencia estadística significativa.

Lo anterior refleja que las plantas que no tienen control de brotes obtienen un mayor crecimiento, tal como se describió en la variable altura de la planta por lo que el diámetro de la raíz es más pequeño, mientras que las plantas que tuvieron un solo brote crecieron menos, por lo que estas plantas utilizaron menor energía de su reserva para crecimiento aéreo enfocándola hacia las raíces, reflejándose esto en un diámetro mayor de la mismas. Además se observó en la investigación que como parte del proceso fisiológico, a los 135 días después de la siembra, las plantas iniciaron con la pérdida gradual de las hojas más viejas, debido a la falta de luz en la parte basal del dosel. Este proceso evidencio diferencias debido al manejo del número de brotes, donde no se ejerció control, la caída de las hojas fue más acelerada, por el contrario donde sí se ejerció control, las hojas permanecieron más tiempo en la planta, captando y traslocando las reservas hacia las raíces, resultando así mayores diámetros de raíz.

Sin embargo cuando se considera a través de un análisis de varianza la diferencia estadística en cuanto al factor dosis de ácidos húmicos, se puede observar que no existió diferencia estadística significativa por lo tanto, los ácidos húmicos no son los responsables directos en cuanto al diámetro de la raíz, el siguiente cuadro hace una comparación de medias de acuerdo a las dosis utilizadas de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz):

Cuadro 20. Comparación de medias de la variable diámetro de la raíz en el factor, dosis de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Factor (L/ha)	Diámetro (cm)
0	3.9822
12.5	3.9909
25	4.003
37.5	3.9955

Se puede observar en el cuadro 20 que, el diámetro mayor de la raíz se obtuvo utilizando 25 L/ha de ácidos húmicos, mientras que el menor diámetro se obtuvo utilizando 0 L/ha de ácidos húmicos, sin embargo estos datos no son estadísticamente significativos, por lo tanto no influye en el engrosamiento del diámetro de la raíz la aplicación de ácidos húmicos.

La siguiente tabla presenta una comparación entre las medias de la interacción número de brotes y dosis de ácidos húmicos en el cultivo de yuca:

Cuadro 21. Medias de la variable diámetro de la raíz en (cm) en la interacción de los dos factores estudiados, en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Factores	Dosis (L/ha)			
	0	12.5	25	37.5
Sin control en el número de brotes	3.7573	3.8523	3.8277	3.7336
1 brote	4.2072	4.1295	4.1796	4.2576

Como se observa en el cuadro 21, la interacción entre ambos factores dan como resultado diámetros de raíces muy similares y estadísticamente iguales, siendo el mayor diámetro el de 4.25 cm obtenido de utilizar un brote en la planta y aplicando una dosis de ácidos húmicos de 37.5 L/ha, mientras que el diámetro más pequeño se obtuvo cuando no se tuvo control sobre el número de brotes y sin usar ácidos húmicos. Esto indica que el usar ácidos húmicos mejora ligeramente el diámetro de la raíz donde no se tiene control sobre el número de brotes. Ya que al no aplicarle ácidos húmicos se obtiene el diámetro más pequeño sin embargo esta diferencia no es estadística significativa.

7.2.2 Longitud de la raíz

Se determinó la longitud promedio de todas las raíces dentro de las parcelas netas, para lo cual se necesitó de una cinta métrica.

Se realizó un análisis de varianza de la variable longitud de la raíz para determinar si existe o no significancia estadística en el factor número de brotes (A), dosis de ácidos húmicos (B) y la interacción de ambas, los datos se describen a continuación:

Cuadro 22. Análisis de varianza de la variable longitud de raíz en (cm), en la comparación manejo de número de brotes y dosis de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	3	10.27	3.42	0.11	0.945
Factor A	1	155.58	155.58	5.26	0.105 ^{ns}
Error A	3	88.58	29.52		
Factor B	3	56.39	18.79	3.07	0.05*
Interacción	3	29.71	9.9	1.62	0.219 ^{ns}
Error B	18	110.03	6.11		
Total	31	450.54			

*= diferencia estadística significativa.

ns=no hay diferencia estadística significativa.

CV= 7.28%

Como se observa en el ANDEVA el coeficiente de variación fue de 7.28% por lo que, los datos son confiables y por lo tanto el experimento se realizó de forma eficiente y adecuada durante todo el proceso de ejecución.

Según el cuadro 22, se determinó que no existió diferencia estadística significativa en cuanto al control de número de brotes (factor A), ya que no influye de forma significativa si se hace algún control del número de brotes en el cultivo, los datos se muestran a continuación:

Cuadro 23. Medias de la variable longitud de la raíz en el factor manejo de número de brotes en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Factor	Longitud (cm)
Sin control en el número de brotes	31.74
1 brote	36.15

En el cuadro 23 se observa que, utilizando un brote en plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se obtiene una longitud de 36.15 cm, mientras que cuando no se tiene control de brotes se obtiene una longitud promedio de 31.74 cm, sin embargo estas diferencias no son estadísticamente significativas. Mientras que el uso de diferentes dosis de ácidos húmicos si demostró diferencia significativa, para ello se determinó a través de una prueba de Tukey y una confiabilidad $\alpha=0.05$ la diferencia significativa de las medias obtenidas. Los datos se determinan a continuación:

Cuadro 24. Prueba de Tukey de la variable longitud de la raíz en el factor, dosis de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Dosis (L/ha)	Longitud (cm)	Literal
0	33.53	B
12.5	34.29	B
25	37.82	A
37.5	32.14	B

Se puede observar en el cuadro 24 que, al aplicar 25 L/ha de ácidos húmicos producen raíces que tienen una longitud promedio de 37.82 significativamente desde el punto de vista estadístico con las demás medias. Mientras que al aplicar 37.5 L/ha de ácidos húmicos se obtiene una longitud de 32.14 cm en raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Por lo tanto se puede determinar que los ácidos húmicos estimulan mayor longitud de la raíz, mientras que lo mismo no sucede en el diámetro de la raíz descrito

anteriormente, donde este es estimulado por el control del número de brotes, de acuerdo a la tendencia anterior se puede observar que la dosis mayor de ácido húmicos produjo menor longitud de la raíz.

Fisiológicamente durante las primeras semanas después de la siembra, las raíces que se forman de la estaca son fibrosas, tiempo en el que las raíces mantienen su sentido de crecimiento longitudinal y son las responsables de la penetración al suelo. En base a la fisiología se determina que los beneficios de los ácidos húmicos, son utilizados por la planta en las primeras etapas de formación de raíz, cuando estas están creciendo en longitud, que es aproximadamente en los primeros 2 meses después de la siembra. Luego el sentido de crecimiento longitudinal se detiene aunque no definitivamente, dando inicio a la acumulación de reservas (engrosamiento), variable en la cual no intervienen los ácidos húmicos.

A pesar de que las dosis de ácidos húmicos presentaron una relación inversamente proporcional a la longitud de las raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), no es suficiente para que en la interacción con los números de brotes puedan producir mayor longitud de la raíz. El siguiente cuadro hace una comparación de las medias de los tratamientos evaluados:

Cuadro 25. Medias de la variable longitud de la raíz en la interacción entre los dos factores estudiados, en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Números de brotes	Dosis de ácidos húmicos (L/ha)			
	0	12.5	25	37.5
Sin control en el número de brotes	29.83	31.91	34.62	30.6
1 brote	37.23	36.67	37.02	33.69

Según el cuadro 25 la longitud de raíz no presentó diferencia estadística al usar diferentes dosis de ácidos húmicos y manejo o no, del números de brotes en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), obteniéndose longitudes de 29.83 cm usando 0

L/ha de ácidos húmicos sin control de brotes, hasta 37.23 cm usando dosis de 25 L/ha y un brote en las plantas.

7.2.3 Rendimiento (kg/ha)

Para determinar el rendimiento del cultivo de yuca se pesaron todas las raíces de las plantas de la parcela neta y posteriormente se hicieron proyecciones en kg/ha, para ello se limpió y se removió la tierra de las raíces y con ayuda de una balanza se determinó el peso por unidad experimental y posteriormente por tratamiento.

Para determinar si existió diferencia estadística entre los tratamientos se realizó un análisis de varianza para el rendimiento en kg/ha obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 26. Análisis de varianza de la variable rendimiento (kg/ha) en la comparación de manejo de número de brotes y dosis de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	3	43059200	14353067	6.4198	0.081
Factor A	1	206030848	206030848	92.1536	0.002*
Error A	3	6707200	2235733		
Factor B	3	35196928	11732309	0.5167	0.68 ^{ns}
Interacción	3	382285824	127428608	5.6125	0.007*
Error B	18	408680448	22704470		
Total	31	11081960448			

*= diferencia estadística significativa.

ns=no hay diferencia estadística significativa.

CV= 16.09%

El cuadro 26 se observa que, si existió diferencia estadística significativa en cuanto al rendimiento utilizando control en el números de brotes (Factor A) y en la interacción entre factores. Los datos se describen a continuación:

Cuadro 27. Prueba de Tukey de la variable rendimiento (kg/ha) en el factor manejo del números de brotes en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Números de brotes	Rendimiento (kg/ha)	Literal
Sin control en el número de brotes	27068.68	B
1 brote	32143.5	A

Tal y como se observa en el cuadro 27 se determinó que el rendimiento promedio utilizando 1 brote es de 32143.5 kg/ha mientras que al no tener un control sobre el número de brotes se obtiene únicamente un rendimiento de 27068.68 kg/ha.

Lo anterior se logra debido a que al tener menor número de brotes desarrollados por planta, (uno en este caso), la planta almacena la mayoría de energía, producto del proceso fotosintético en sus raíces, por lo tanto aumenta de forma significativa el rendimiento. Por lo que, si influye el número de brotes desarrollados en el rendimiento en kg/ha.

Cuadro 28. Medias del rendimiento (kg/ha) en el factor dosis de Ácidos húmicos (L/ha) en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Dosis de ácidos húmicos (L/ha)	Rendimiento (kg/ha)
0	28141.5
12.5	30070.62
25	30983.25
37.5	29229

Según el cuadro 28, las dosis de ácidos húmicos no influyen de forma significativa en el rendimiento (kg/ha) del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), los rendimientos oscilaron desde 28141.5 kg/ha sin utilizar ácidos húmicos hasta 30983.25 kg/ha utilizando la dosis de 25 L/ha.

Sin embargo si existe diferencia estadística significativa en cuanto a la interacción dosis de ácidos húmicos y el manejo del número de brotes en la variable rendimiento (kg/ha). La prueba de tukey demostró los siguientes resultados:

Cuadro 29. Prueba de Tukey de la variable rendimiento (kg) del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la interacción de los dos factores estudiados.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Literal
1 brote 12.5 L/ha	34324.75	A
Sin control en el número de brote 25 L/ha	34300	A
1 brote 0 L/ha	33749.75	AB
1 brote 37.5 L/ha	32833	B
1 brote 25 L/ha	27666.5	BC
Sin control en el número de brote 12.5 L/ha	25816.5	BC
Sin control en el número de brote 37.5 L/ha	25625	C
Sin control en el número de brote 0 L/ha	22533.25	C

En cuadro 29 indica que, estadísticamente los tratamientos donde se ejerció control sobre el número de brotes presentaron los mejores rendimientos, a excepción del tratamiento sin control en el número de brotes aplicando 25 L/ha de ácidos húmicos que también presentó uno de los mejores rendimientos, pero según los análisis anteriores uno de los mejores tratamientos estadísticamente fue donde no se aplicó ácidos

húmicos y se realizó control sobre el número de brotes. Entonces, dicho tratamiento también presentó uno de los mejores rendimientos. A continuación se grafican los resultados:

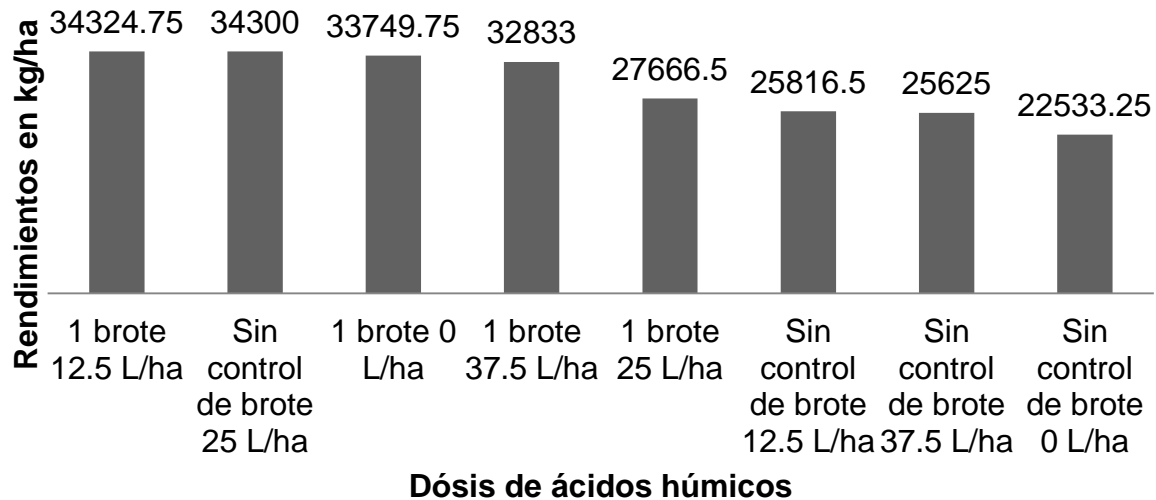


FIGURA 8. Comparación de medias de la interacción control de brotes y dosis de ácidos húmicos de la variable rendimiento en kg/ha, del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Como se observa en la figura 8 el tratamiento donde se ejerce control en el número brotes y se aplicó 12.5 L/ha de ácidos húmicos, y el tratamiento, sin control en el número de brotes y una dosis de 25 L/ha de ácidos húmicos, conjuntamente con el tratamiento donde se usa 1 brote y dosis de 0 L/ha de ácidos húmicos obtuvieron los mejores rendimientos con 34324.75 kg/ha, 34300 kg/ha y 33749.75 kg/ha respectivamente.

Evidentemente los mejores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos donde se ejerció control sobre el número de brotes desarrollados y en la interacción entre los dos factores. Reflejando los mejores resultados obtenidos en las variables anteriores afectadas por este factor, lo que indica que el factor, manejo de número de brotes,

afecta al cultivo en todo el ciclo, y el factor dosis de ácidos húmicos únicamente en los primeros meses después de la siembra, cuando todo el sistema radicular aún es fibroso y está en proceso de penetración suelo previo al inicio de la acumulación de reservas. Sin embargo en cuanto a rendimiento, también sobresale el tratamiento donde no se ejerció control sobre el número de brotes y se aplicó la dosis de 35 L/ha, esto debido a la variabilidad en el número de raíces por planta.

7.3 Porcentaje de Almidón

Se tomaron muestras de las raíces de la yuca en cada parcela neta y se enviaron al laboratorio del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá –INCAP- al laboratorio de composición de alimentos usando el método denominado *official Methods of analysis of AOAC international 18th ed. Method 960.52*. Los resultados del análisis de laboratorio por tratamiento se describen a continuación:

Cuadro 30. Porcentaje de almidón presente en las raíces de los tratamientos manejo de número de brotes y dosis de ácidos húmicos en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.

Número de brotes.	Ácidos húmicos (L/ha)	% de almidón
1 brote desarrollado.	12.5	31.9
	25	37.5
	37.5	35.6
	0	37.5
No se ejerció control en el número de brotes	12.5	35.7
	25	36.3
	37.5	32.9
	0	36.6

El cuadro 30 indica que, los mejores tratamientos en cuanto a porcentaje de almidón se refiere fueron los de un brote desarrollado utilizando 0 L/ha y 25 L/ha de ácidos húmicos ya que se obtiene 37.5% de almidón, mientras que el utilizar 12.5 L/ha de

ácidos húmicos presenta únicamente 31.9% de almidón, representando así la cantidad más baja que se obtiene en raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Analizando el factor número de brotes, los resultados son similares, obteniéndose las siguientes medias:

Cuadro 31. Medias del porcentaje de almidón con un brote y sin control en el número de brotes en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Coatepeque Quetzaltenango.

Factor	% de almidón
1 brote	35.625
Sin control en el número de brotes	35.375

Como se puede observar en el cuadro 31 existe una mínima diferencia de 0.25 % entre el % de almidón, en cuanto al manejo de brotes, por lo que, no es un factor que influya de forma significativa en el % de almidón presente en las raíces de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), aunque ejerciendo control sobre el número de brotes desarrollados se obtuvo los resultados más altos de porcentaje de contenido de almidón.

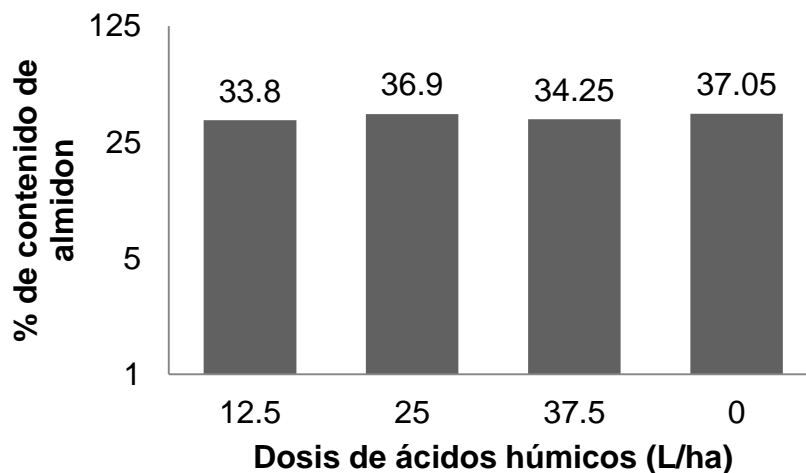


FIGURA 9. Porcentaje de contenido de almidón en las raíces de yuca utilizando diferentes dosis de ácidos húmicos (factor B)

La figura 8 muestra que el tratamiento donde no se aplicó ácidos húmicos (0 L/ha) presenta el más alto porcentaje de contenido de almidón, seguido por las dosis de 35 L/ha. Por lo que utilizando ácidos húmicos o no, los porcentajes de contenido de almidón en la raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) son similares.

7.4 Peso aéreo (tallos y hojas) y de raíz por planta

Como información complementaria, se determinó también el promedio de la masa aérea por cada una de las plantas por tratamiento, así como el peso promedio de las raíces por planta de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cuadro 32. Media del peso aéreo (tallo y hojas) y de raíces por planta, de acuerdo a cada tratamiento evaluado.

Tratamiento	Dosis de A. H. (L/ha)	Peso aéreo (kg)	Peso de raíz (kg)
Sin control en el número de brotes	0	4.7925	2.2533
Sin control en el número de brotes	12.5	4.9167	2.5817
Sin control en el número de brotes	25	5.4750	3.4300
Sin control en el número de brotes	37.5	5.2633	2.5625
1 brote	0	3.1708	3.3750
1 brote	12.5	3.4208	3.4333
1 brote	25	2.8333	2.7667
1 brote	37.5	3.0833	3.2958

Según el cuadro 32, se determinó que el peso promedio fue diferente, obteniéndose menor peso aéreo en donde únicamente se dejó un brote ya que por la naturaleza del tratamiento únicamente tenía un brote. Mientras que el peso de la raíz era mayor cuando se dejaba un brote y se aplicaba 12.5 y 0 L/ha de ácidos húmicos, obteniéndose 3.37 y 3.43 kg/planta respectivamente. Al analizar únicamente el factor número de brotes los datos obtenidos son los siguientes:

Se realizó un análisis de regresión lineal para determinar la relación existente entre el peso de aéreo de las plantas y el peso radicular. Los resultados obtenidos fueron:

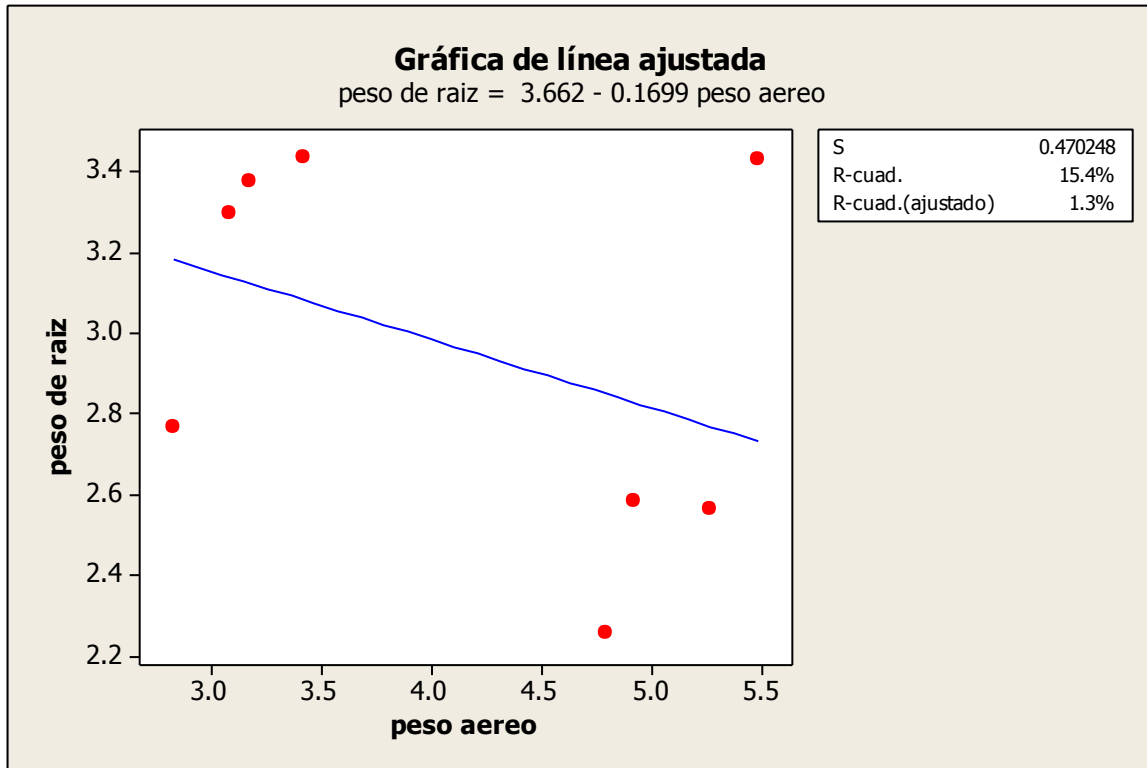


Figura 10. Análisis de regresión de las variables peso aéreo y peso radicular en el cultivo de Yuca.

Tal como se puede observar no existe un modelo lineal que pueda describir la relación existente entre el peso aéreo y el peso radicular en la planta. Además el coeficiente de correlación fue de -0.39, por lo tanto no existe una relación de dependencia entre ambas variables. Tampoco existió una relación de dependencia con la variable porcentaje de almidón.

Cuadro 33. Media del peso de raíz por planta utilizando un brote y sin control del número de brotes en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.

Factor	kg/planta
sin control en el número de brotes	2.706875
1 brote	3.21770833

Según el cuadro 33, el utilizar un brote ayuda de forma significativa a mejorar la producción con esta práctica se obtiene 3.21 kg/planta (peso de raíz) comparado con el 2.70 kg/planta sin el control de brotes. Por lo que dejando desarrollar un brote el peso de raíz por planta aumenta un promedio de 0.51 kg.

7.5 Relación beneficio/costo

Los mejores tratamientos fueron los siguientes: control en el número de brotes con una dosis de 12.5 L/ha de ácidos húmicos, sin control en el número de brotes con una dosis de 25 L/ha de ácidos húmicos y con control en el número de brotes con una dosis de 0 L/ha de ácidos húmicos. Los costos y los beneficios de ambos tratamientos se describen a continuación:

Cuadro 34. Relación beneficio/costo e ingresos de los tratamientos que presentaron los mejores rendimientos, en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.

Tratamiento	Ingresos	Costos	Beneficio	Relación beneficio/costo
1 brote 12.5 L/ha	Q 60,411.56	Q 27,398.28	Q 33,013.28	0.65
1 brote 0 L/ha	Q 59,399.56	Q 24,473.28	Q 34,926.28	1.43
Sin control de brotes y 25 L/ha	Q 60,368.00	Q 28,148.28	Q 32,219.72	1.14

El cuadro 34 indica que, los ingresos por concepto de venta de la producción en el cultivo de yuca, utilizando un brote y 12.5 L/ha de ácidos húmicos fue de Q 60,411.56 mientras que en el de un brote con 0 L/ha de ácidos húmicos fue de Q 59,399.56, también el tratamiento sin control de brotes y 25 L/ha obtuvo un ingreso de Q 60,398.00 a un precio de Q 1.74/kg (dato meta mercado, Coatepeque, Quetzaltenango, enero 2013). Los costos a los que incurren los tratamientos fue diferente (por el costo de las diferentes dosis de ácidos húmicos) obteniendo un costo de Q 27,398.28, Q 24,473.28 y Q 32,219.72 respectivamente.

La relación beneficio/costo fue de 0.65 para el tratamiento de 1 brote y 12.5 L/ha de ácidos húmicos, mientras que para el tratamiento de 1 brote y 0 L/ha fue de 1.43 y el tratamiento sin control del número de brotes y la dosis de 25 L/ha de ácidos húmicos fue de 1.14 por lo tanto el mejor tratamiento durante la investigación por rendimiento y relación beneficio costo fue de un brote y 0 L/ha. (Anexo 3)

VIII CONCLUSIONES

Para la variable diámetro de raíz, los mejores tratamientos fueron, donde se realizó el control de brotes, y esta no fue afectada por las dosis de ácidos húmicos, sin embargo la longitud de raíz (cm), si fue afectada por las dosis de ácidos húmicos, pero no por el control de brotes, resultó mejor el tratamiento donde se aplicó la dosis de 25 L/ha de ácidos húmicos.

En el crecimiento, rendimiento (kg/ha) y contenido de almidón, los mejores tratamientos fueron donde no se aplicó ácidos húmicos, y se practicó control sobre el número de brotes desarrollados.

Al dejar desarrollar un brote, el peso radicular es mayor, obteniendo un promedio de 3.21 kg/planta comparado con 2.70 kg/planta sin el control de brotes.

No existe una relación de dependencia entre el peso aéreo, peso radicular y porcentaje de almidón en el cultivo de yuca.

La relación beneficio/costo fue de 1.43 para el tratamiento de un brote y 0 L/ha de ácidos húmicos, por lo tanto es el que más beneficio económico representa.

IX RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones de Aldea San Vicente Pacaya, Coatepeque, se recomienda no aplicar ácidos húmicos y ejercer control sobre el número de brotes a los 41 días después de la siembra, dejando crecer uno (el más desarrollado) ya que la altura de planta es menor haciéndola menos susceptible al volcamiento por viento, existe más espacio para movilidad entre plantas facilitando su manejo, y se mejora la calidad, la producción y el beneficio económica del cultivo.

Por la incidencia de nuevos brotes, luego de hacer la eliminación a los 41 días después de la siembra, se recomienda realizar nuevamente esta práctica por lo menos 3 veces, una vez cada 15 días. Porque como respuesta a esta práctica, la planta activa nuevas yemas que busquen desarrollarse, afectando al brote seleccionado con anterioridad.

Se recomienda tomar en cuenta un plan de control de malezas, ya que dejando desarrollar un solo brote hay más entrada de luz entre plantas, propiciando las condiciones para un crecimiento rápido de malezas.

Se recomienda realizar otras investigaciones donde se determine el número óptimo de brotes desarrollados que genere mejores rendimientos en kg/ha, porque el número de brotes desarrollados si interviene en el rendimiento del cultivo.

X REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agronet (2008) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). Propuesta Técnica Cultivo de Yuca Cali, Colombia. Disponible en red: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006112717345_Propuesta%20tecnica%20cultivo%20de%20yuca.pdf

Banco de Guatemala. (2008). Estadísticas de Producción. Sección de Cuentas Nacionales. Estadísticas de producción, exportación e importación de los principales productos agropecuarios años: 2001-2008 (en red). Consultado el 23 de Septiembre de 2010. Disponible en: www.banquat.com.gt

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) (2008). Fertilización del cultivo de la Yuca Cali, Colombia. Disponible en red: <http://www.clayuca.org>

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/>

FAO. 2002. Anuario estadístico. Consultado el 02 de agosto de 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/> 2002.

Holdridge, D. (1982). Ecología basada en la zona de vida de San José Costa Rica. IICA Libros y materiales educativos No. 34. 216 p.

Humintech. (2011). Ácidos húmicos. Consultado el 05 de septiembre del 2011. Disponible en: www.humintech.com.

INE (Instituto Nacional de Estadística) (2004). IV Censo Nacional Agropecuario. Guatemala.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agrícola) (2008). Producción de Mandioca y sus usos Misiones, Argentina. Disponible en red: www.inta.gov.ar

- Lardizabal R. (2002). Manual de Producción de Yuca, Centro de desarrollo de agronegocios, FINTRAC CDA, USAID, 17 p.
- Mejía, J. (2011). Manejo de cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)(entrevista). Coatepeque, industrias HAME.
- Olivares Saenz Emilios, 1994. Paquetes de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L. Universidad Autónoma de Nuevo León México.
- 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 (*Manihot esculenta* Crantz, euphorbiaceae), en la aldea talquezal, jicotán, Chiquimula, Guatemala. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala URL. 48 p.
- Porres, A. (2010). Efecto de ácidos húmicos en combinación con diferentes dosis de fertilizantes químicos, sobre el rendimiento y la calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* mill., solanaceae) en Salamá, baja verapaz, 2009. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala URL. 28 p.
- Rodríguez, E., A. (2008). Evaluación de rendimiento y adaptabilidad de tres variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el caserío Nuevo Amanecer, (Pancoc) municipio de Purulhá departamento de baja Verapaz, 2008. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala USAC. 45 p.
- Simmons, C., Tarano, J.M., Pinto, J.H. (1959). Clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado Solsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra 1000p.

ANEXOS

ANEXO 1. Fotografías de todo el proceso de investigación en la comparación del manejo de número de brotes y aplicación de ácidos húmicos en yuca (*Manihot esculenta* Crantz)



FIGURA 11. Preparación de la mezcla de ácidos húmicos y su aplicación al momento de la siembra.



FIGURA 12. Eliminación de los brotes a los 41 días después de la siembra.



FIGURA 13. Medición de la altura y diámetro basal de las plantas.



FIGURA 14. Medición del diámetro de la raíz.



FIGURA 15. Medición de la longitud de la raíz.



FIGURA 16. Determinación del peso en kg de las raíces de cada parcela neta.

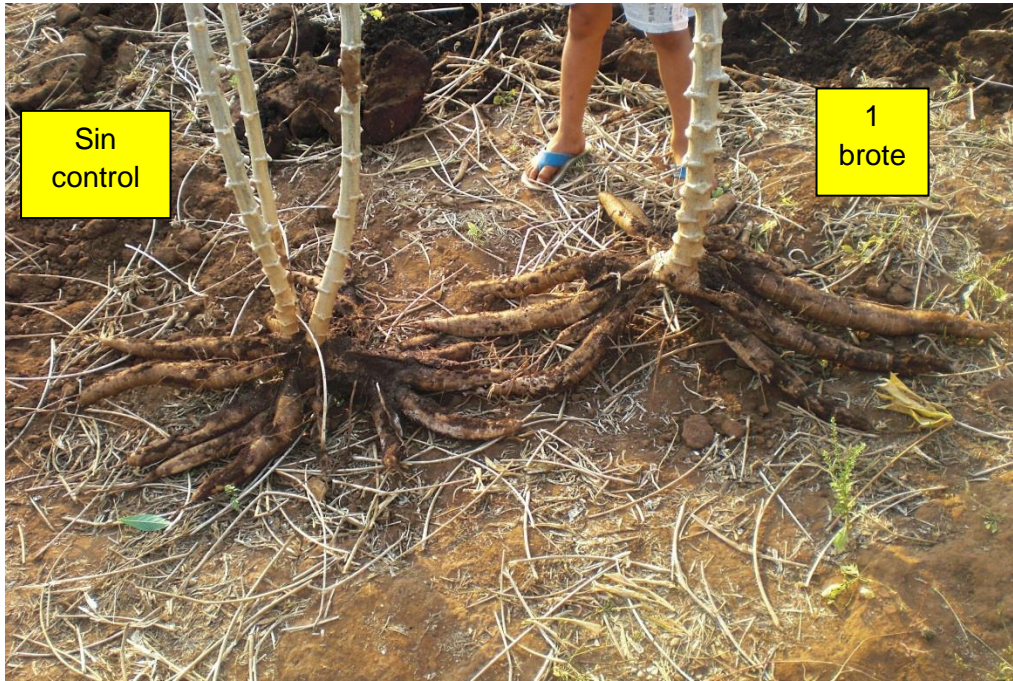


FIGURA 17. Características de tallo y raíces, como resultado del factor manejo de número de brotes.



FIGURA 18. Empaque de las muestras por cada tratamiento, previo al envío al laboratorio para el análisis de contenido de almidón.

ANEXO 2. Resultados de laboratorio, del análisis del contenido de almidon de cada tratamiento



INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA
LABORATORIO DE COMPOSICION DE ALIMENTOS
 Calzada Roosevelt Zona 11, Guatemala, C.A.
 Teléfonos: (502) 24723762-67, (502) 24719912 FAX: (502) 24736529
 e-mail: pjuarez@incap.int , spatzan@incap.int , vlscano@incap.int

INFORME DE ANÁLISIS No. CA-13-011

Solicitante: Marcos Gómez González	Atención: Marcos Gómez González
Dirección: Aldea San Vicente Pacaya, Coatepeque Quetzaltenango	Tel/Fax: 5719-7749 4039-7181
Fecha de recepción de muestra en el laboratorio: 23/01/13	Fecha de informe de análisis: 27/02/13
No. de solicitud: CA-13-009	

Código de laboratorio para la muestra	Descripción de la muestra (información proporcionada por el solicitante)	Condiciones de recepción de la muestra en el laboratorio	Fecha de inicio del análisis	Análisis solicitado	Resultado
CA-13-023	Yuca (tratamiento 1, brotes desarrollados sin control, dosis de ácidos húmicos: 0 litros/hectárea)	Empaque primario: Bolsa de papel con tape. Temperatura: ambiente	18-02-2013	Almidón total	36.6 %
CA-13-024	Yuca (tratamiento 2, brotes desarrollados sin control, Dosis de ácidos Húmicos: 12.5 litros/hectárea)	Empaque primario: Bolsa de papel con tape. Temperatura: ambiente	18-02-2013	Almidón total	35.7 %
CA-13-025	Yuca (tratamiento 3, brotes desarrollados sin control, Dosis de ácidos Húmicos: 25 litros/hectárea)	Empaque primario: Bolsa de papel con tape. Temperatura: ambiente	18-02-2013	Almidón total	36.3 %
CA-13-026	Yuca (tratamiento 4, brotes desarrollados sin control, Dosis de ácidos Húmicos: 37.5 litros/hectárea)	Empaque primario: Bolsa de papel con tape. Temperatura: ambiente	18-02-2013	Almidón total	32.9 %
CA-13-027	Yuca (tratamiento 5, brotes desarrollados 1, Dosis de ácidos Húmicos: 0 litros/hectárea)	Empaque primario: Bolsa de papel con tape. Temperatura: ambiente	18-02-2013	Almidón total	37.5 %

CA-13-028	Yuca (tratamiento 6, brotes desarrollados 1, Dosis de ácidos Húmicos: 12.5 litros/hectárea)	Empaque primario: Bolsa de papel con tape. Temperatura: ambiente	18-02-2013	Almidón total	31.9 %
CA-13-029	Yuca (tratamiento 7, brotes desarrollados 1, Dosis de ácidos Húmicos: 25 litros/hectárea)	Empaque primario: Bolsa de papel con tape. Temperatura: ambiente	18-02-2013	Almidón total	37.5 %
CA-13-030	Yuca (tratamiento 8, brotes desarrollados 1, Dosis de ácidos Húmicos: 37.5 litros/hectárea)	Empaque primario: Bolsa de papel con tape. Temperatura: ambiente	18-02-2013	Almidón total	35.6 %

Metodología utilizada basada en:

⁽¹⁾ Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Method 960.52.

Observaciones:

Ninguna.

Licda. Paola B. Juárez B.
Química Bióloga
Colegiada No. 3498
Licda. Paola Juárez
Coordinadora Composición de Alimentos
Unidad de Nutrición y Micronutrientes



Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio.
Se prohíbe la reproducción parcial de este informe, sin previa autorización por escrito del laboratorio.

ANEXO 3. Costos por hectárea

Cuadro 35. Costos por hectárea, para cada tratamiento evaluado

Descripción	Costo/ha
Semilla (varetas)	1,725.00
Preparación del suelo	4,140.00
Fertilizantes	3,323.28
Siembra	1,380.00
Fertilización	4,140.00
Control de Malezas	4,140.00
Renta del Terreno	1,725.00
Cosecha	3,450.00
	Q 24,023.28

Cuadro 36. Costos específicos por hectárea, para cada tratamiento

Tratamiento	Manejo del número de brotes desarrollados		Dosis de ácidos húmicos	TOTAL (Q)
Sin control de brotes, 0 L/ha	Q	-	Q	-
Sin control de brotes, 12.5 L/ha	Q	-	Q	2,925.00
Sin control de brotes, 25 L/ha	Q	-	Q	4,125.00
Sin control de brotes, 37.5 L/ha	Q	-	Q	5,325.00
1 brote desarrollado, 0 L/ha	Q	450.00	Q	-
1 brote desarrollado, 12.5 L/ha	Q	450.00	Q	2,925.00
1 brote desarrollado, 25 L/ha	Q	450.00	Q	4,125.00
1 brote desarrollado, 37.5 L/ha	Q	450.00	Q	5,325.00

Cuadro 37. Costos totales por hectárea para cada tratamiento

Tratamiento	Costo Común	Costo Específico por tratamiento	TOTAL (Q)
Sin control de brotes, 0 L/ha	Q 24,023.28	Q -	24,023.28
Sin control de brotes, 12.5 L/ha	Q 24,023.28	Q 2,925.00	26,948.28
Sin control de brotes, 25 L/ha	Q 24,023.28	Q 4,125.00	28,148.28
Sin control de brotes, 37.5 L/ha	Q 24,023.28	Q 5,325.00	29,348.28
1 brote desarrollado, 0 L/ha	Q 24,023.28	Q 450.00	24,473.28
1 brote desarrollado, 12.5 L/ha	Q 24,023.28	Q 3,375.00	27,398.28
1 brote desarrollado, 25 L/ha	Q 24,023.28	Q 4,575.00	28,598.28
1 brote desarrollado, 37.5 L/ha	Q 24,023.28	Q 5,775.00	29,798.28

Cuadro 38. Cálculo de la relación beneficio costo para cada tratamiento

Tratamiento	Costos	Ingresos	Beneficio	Relación: Beneficio/Costo
Sin control de brotes, 0 L/ha	Q 24,023.28	Q 39,658.52	Q 15,635.24	0.65
Sin control de brotes, 12.5 L/ha	Q 26,948.28	Q 45,437.04	Q 18,488.76	0.69
Sin control de brotes, 25 L/ha	Q 28,148.28	Q 60,368.00	Q 32,219.72	1.14
Sin control de brotes, 37.5 L/ha	Q 29,348.28	Q 45,100.00	Q 15,751.72	0.54
1 brote desarrollado, 0 L/ha	Q 24,473.28	Q 59,399.56	Q 34,926.28	1.43
1 brote desarrollado, 12.5 L/ha	Q 27,398.28	Q 60,411.56	Q 33,013.28	1.20
1 brote desarrollado, 25 L/ha	Q 28,598.28	Q 48,693.04	Q 20,094.76	0.70
1 brote desarrollado, 37.5 L/ha	Q 29,798.28	Q 57,786.08	Q 27,987.80	0.94

ANEXO 4. Ubicación de la investigación

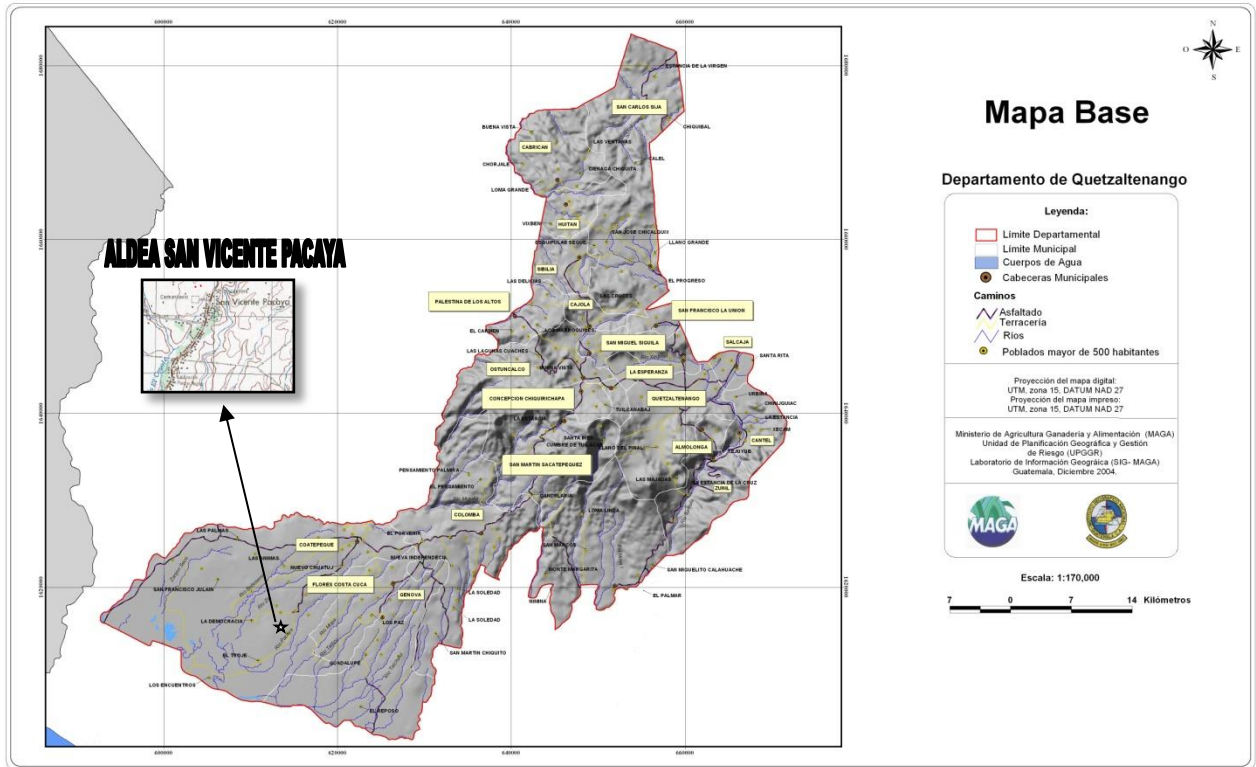


FIGURA 19. Ubicación de Aldea San Vicente Pacayá, municipio de Coatepeque, departamento de Quetzaltenango.

ANEXO 5. Cronograma de las actividades realizadas en la presente investigación

Actividades	2012																												2013			
	JUN		JUL				AG				SEP				OCT				NOV				DIC				EN					
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Preparación del suelo	■																															
Siembra		■																														
Primera aplicación de ácidos húmicos.						■																										
Control de malezas					■				■																							
Control de plagas		■																														
Segunda aplicación de ácidos húmicos						■																										
Eliminación de brotes.									■																							
Fertilización				■																												
Tercera aplicación de ácidos húmicos										■																						
Cosecha																																
Variable respuesta																																
Análisis y discusión de resultados																																