



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EFECTO DE TRES ABONOS ORGÁNICOS SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EL PLANTEL, MASAYA, 2007.

AUTORES

Br. MEYVIN ANDRÉS ROJAS GUIDO
Br. EDUARDO JOSÉ TORRES MARÍN

ASESORES

M.Sc. HELEN RUTH RAMÍREZ
M.Sc. IRMA VEGA NORORI

MANAGUA, NICARAGUA
FEBRERO, 2010



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EFFECTO DE TRES ABONOS ORGÁNICOS SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EL PLANTEL, MASAYA, 2007.

AUTORES

Br. MEYVIN ANDRÉS ROJAS GUIDO
Br. EDUARDO JOSÉ TORRES MARÍN

ASESORES

M.Sc. HELEN RUTH RAMÍREZ
M.Sc. IRMA VEGA NORORI

PRESENTADO A LA CONSIDERACIÓN DEL HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR COMO REQUISITO FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO GENERALISTA.

MANAGUA, NICARAGUA
FEBRERO, 2010

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVO	
General	3
Específicos	3
III MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Descripción del lugar	4
3.2 Descripción del experimento	4
3.3 Manejo agronómico	5
3.4 Variables a evaluar	6
3.5 Análisis de datos	6
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
V CONCLUSIÓN	16
VI RECOMENDACIONES	17
VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
VIII ANEXOS	21

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por regalarme el don de la vida y hacer posible el cumplimiento de este propósito.

A mis padres Pedro Torres Toruño y Xiomara Marín García por el apoyo incondicional y oportuno que me brindaron para hacer realidad la culminación de esta etapa tan importante de mi vida.

A mi esposa Uckrania Vega y a mi hijita Natalia Fernanda, ya que han sido mi principal motivo de superación profesional y quienes le dan sentido a todo mi esfuerzo.

Eduardo José Torres Marín

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por permitirme llegar a este gran logro.

A mi padre Andrés Rojas E. por darme ese apoyo incondicional tanto moral como económico.

A mi madre Bernarda Guido por confiar en mí y creer siempre en que llegaría a culminar esta meta.

A mis hermanos Guillermo y Delia Rojas por su apoyo incondicional.

A todas aquellas personas que se contribuyeron de una u otra forma en la realización de este trabajo de diploma.

Meyvin Andrés Rojas Guido

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos salud, sabiduría y entendimiento para llegar hasta esta etapa tan importante en nuestra vida.

Agradecemos muy especialmente a nuestros asesores: M.Sc. Helen Ramírez, y M.Sc. Irma Vega que, con paciencia, voluntad y profesionalismo, supieron guiarnos hasta el final, compartiendo con nosotros todo su conocimiento.

Nuestro agradecimiento especial al Ing. Arnoldo Rodríguez Polanco y M.Sc. Mercedes Ordóñez por el gran apoyo brindado en toda la fase de campo de nuestra investigación.

Agradecemos también especialmente a Fondos PACI, por haber hecho posible nuestra investigación al proveernos el financiamiento necesario y oportuno.

A la Universidad Nacional Agraria por darnos la oportunidad y los medios para alcanzar exitosamente nuestras metas profesionales.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Descripción de los tratamientos evaluados, ensayo yuca, El Plantel, 2007	4
2. Composición química de abonos orgánicos usados en el ensayo de yuca, Plantel, 2007	5
3. Densidad poblacional, distancia, época de siembra y calidad del material vegetativo para la propagación del cultivo de yuca, Plantel, 2007	5
4. Resultado del ANDEVA para las diferentes variables de crecimiento, Ensayo yuca, El Plantel, 2007.	7
5. Resultados del ANDEVA para las variables de rendimiento, Ensayo yuca, El Plantel, 2007.	9
6. Rendimiento promedio obtenido con cada tratamiento, ensayo yuca, El Plantel, 2007.	13
7. Matriz de correlación general de las variables en estudio y el rendimiento, ensayo yuca, El Plantel, 2007.	13

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Efecto de 4 tratamientos sobre la altura de la planta en 3 momentos de evaluación, El Plantel, 2007.	7
2. Efecto de 4 tratamientos sobre el diámetro del tallo de la planta de yuca en 3 momentos de evaluación, El Plantel, 2007.	8
3. Efecto de 4 tratamientos sobre el número de raíces por planta de yuca, El Plantel, 2007.	10
4. Efecto de 4 tratamientos sobre el diámetro de las raíces de la planta de yuca, El Plantel, 2007.	11
5. Efecto de 4 tratamientos sobre la longitud de las raíces de la planta de yuca, El Plantel, 2007.	12
6. Efecto de 4 tratamientos sobre el peso de raíces de la planta de yuca, El Plantel, 2007.	13

ÌNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo, ensayo yuca, Plantel, 2007.	21
2. Presupuesto de materiales para fabricación de biofertilizante, material vegetativo y abonos orgánicos utilizados, ensayo yuca, Plantel, 2007.	21
3. Cronograma de actividades, ensayo yuca, Plantel, 2007.	22

RESUMEN

Con el propósito de generar información científica referente al uso de abonos orgánicos y determinar su efecto sobre el crecimiento y rendimiento en la yuca (*Manihot esculenta Crantz*), se llevó a cabo un experimento entre mayo de 2007 y febrero de 2008 utilizando un diseño unifactorial en Bloques Completos al Azar con cuatro tratamientos (compost – 4.7 t ha⁻¹, biofertilizante – 9.7 t ha⁻¹, Humus de lombriz – 2.37 t ha⁻¹, testigo – sin aplicación) y cuatro repeticiones. El ensayo se estableció en la Finca El Plantel, Masaya, propiedad de la Universidad Nacional Agraria. La zona se caracteriza por poseer suelos franco arcillosos ligeramente ácidos, con altitud de 98 a 110 m.s.n.m y precipitación de 800 a 1 000 mm anuales. Durante la etapa de crecimiento se midieron las variables: altura de planta y diámetro del tallo, y durante la etapa de rendimiento: raíces/planta, diámetro, longitud y peso de raíces, las cuales fueron sometidas a un análisis de varianza. Los diferentes tratamientos no mostraron diferencias significativas en las variables de crecimiento evaluadas. Respecto al rendimiento y sus componentes, sí hubo diferencias significativas entre los tratamientos para la variable diámetro de raíz, ejerciendo el humus de lombriz el mayor efecto sobre esta variable (44 mm). Los valores más altos obtenidos en las variables raíces/planta (6.9 unidades), peso de raíz (3.2 kg/planta) y rendimiento (40 t/ha) corresponden también al humus de lombriz, no así para la longitud de raíz (27.5 cm) que corresponde al compost; para estas últimas variables sólo hubo diferencia estadística entre cualquiera de los tratamientos y el testigo. El resultado se atribuye principalmente al porcentaje de nutrientes y al nivel de disponibilidad de éstos en cada abono orgánico, limitado por las características propias del residuo o abono y el equilibrio entre los procesos de inmovilización y mineralización realizados por la biomasa microbiana en el suelo.

Palabras claves: Humus de lombriz, Compost, Biofertilizante, Correlación, Raíces.

ABSTRACT

In order to generate scientific information concerning the use of organic fertilizers and determine their effect on growth and yield in cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) is an experiment conducted between May 2007 and February 2008 using a design in univariate randomized complete block with four treatments (Compost - 4.7 t ha⁻¹, Biofertilizante - 9.7 t ha⁻¹, Earthworm humus- 2.37 t ha⁻¹, Witness - no application) and four replications. The trial was established at Finca El Plantel, Masaya, owned by the Universidad Nacional Agraria. The area is characterized by slightly acid clay loam soils, with altitude from 98 to 110 m and rainfall of 800 to 1 000 mm annually. During the growth stage variables were measured: plant height and stem diameter, and during the performance stage: roots / plant, diameter, length and weight of roots, which were subjected to analysis of variance. Different treatments showed no significant differences in the growth variables evaluated. With respect to yield and its components, it was no significant difference between treatments for the variable root diameter, Earthworm humus exercising the greatest effect on this variable (44 mm). The highest values obtained in the variables roots / plant (6.9 units), root weight (3.2 kg / plant) and yield (40 t / ha) also relates to earthworm humus, but not for root length (27.5 cm) which corresponds to compost; for the latter variable only was no statistical difference between either treatment and the control. The result is mainly attributed to the percentage of nutrients and level of availability of these in each compost, limited by the characteristics of waste or compost and the balance between immobilization and mineralization processes undertaken by the microbial biomass in soil.

Keywords: earthworm humus, compost, biofertilizers, Correlation, Roots

I INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es una planta perteneciente a la familia *Euphorbiaceae*, originaria del trópico americano donde se ha cultivado quizás por 4 mil años, y es uno de los cultivos con mayor potencial de producción energética bajo condiciones agronómicas y socio económicas limitadas (amplio límite de adaptabilidad, resistentes a sequías, tolerancia a suelos pobres, relativa facilidad del cultivo y altos rendimientos potenciales). Es el cuarto cultivo tropical en la cantidad de calorías producidas y utilizadas para el consumo humano, además se utiliza para el consumo animal (CIAT, 2002).

La producción de yuca está mayoritariamente en manos de pequeños agricultores de escasos recursos económicos. Ocupa el séptimo lugar en términos de producción total a nivel mundial entre todos los cultivos. En la mayoría de los aspectos es el más importante de los cultivos de raíces en el trópico y se estima como fuente significativa de calorías para 500 millones de habitantes en los países en desarrollo.

En Nicaragua, la producción de yuca se concentra principalmente en la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), en la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), en los departamentos de León y Masaya y en el departamento de Río San Juan; a esta actividad se dedican pequeños y medianos productores, con un área promedio de 0.28 ha a 2.47 ha (INEC, 2001).

El Ministerio Agropecuario y Forestal (2002), estima que a nivel nacional existen 21 108 ha sembradas con un rendimiento promedio de 9.7 t ha⁻¹, con una producción total a nivel nacional aproximadamente de 204 747 t.

Se ha demostrado que los principales problemas en la producción de yuca dependen en gran medida de la inadecuada densidad de siembra y falta de un plan de fertilización apropiado y eficiente, por lo que se obtienen bajos rendimientos (Cock, 1999).

Entrevistas hechas a productores del occidente de Nicaragua (León – Chinandega), reflejan que muchos no acostumbran fertilizar, pues consideran que al hacerlo, la yuca obtiene un mayor grosor, pero se lignifica y al momento de la cocción no suaviza, lo cual no es deseable para el consumidor y por ende su valor comercial disminuye. Este pensamiento ha estado limitando la producción de yuca en una parte de esta zona, ya que en zonas aledañas e inclusive en la meseta de los pueblos (Niquinohomo, Masatepe), obtienen un mayor rendimiento por unidad de área, ya que ellos fertilizan, aunque no con un plan efectivo como para obtener rendimientos óptimos en este cultivo. A pesar de las diferentes cualidades que este cultivo tiene, su rendimiento potencial es muy superior al obtenido en Nicaragua.

A partir del año 1998, el aumento de los precios de mercado de la yuca en Nicaragua ha alentado a los productores a modernizar el sector y a producir yuca bajo sistema riego. También se prevé una expansión de la producción en Colombia, Paraguay, Haití, Nicaragua y Perú, como efecto del aumento de la demanda interna de yuca para el consumo humano y otros usos. Además este cultivo se ha convertido en una excelente alternativa para la diversificación agrícola, principalmente para el pequeño y mediano productor (FAO, 2001).

La aplicación de residuos orgánicos es uno de los factores más importantes que influye sobre el nivel de materia orgánica del suelo. Así mismo, la mineralización de estos residuos representa un punto clave para regular la cantidad de nitrógeno, fósforo y otros elementos disponibles en el suelo. El valor que contiene la materia orgánica es que ofrece grandes ventajas como el mejoramiento de la textura y estructura del suelo, así como la actividad microbiana y que difícilmente pueden obtenerse con los fertilizantes sintéticos (Fernández, 2002).

Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas, lombrihumus, residuos de cosecha, etc.) se recomienda aplicarlos principalmente en suelos de intensa actividad agrícola como los francos y franco arcillosos, ya que mejora la disponibilidad de nutrientes, las propiedades físicas y químicas del suelo y la resistencia de los cultivos a ataques de plagas y enfermedades, disminuyendo de esta manera la dependencia de fertilizantes sintéticos y plaguicidas tóxicos para nuestra salud y demás organismos vivos (Altieri, 1995).

Son indiscutibles las bondades del uso de la materia orgánica; además de las citadas anteriormente, es importante sumarle que también el uso de ésta disminuye significativamente los costos de producción, ya que para obtenerla se puede hacer uso de los residuos vegetales y animales de la misma unidad de producción.

En cuanto al rendimiento del cultivo, estos abonos y su manejo apropiado aseguran una producción óptima ya que por procesos como la mineralización, los diferentes nutrimentos se van haciendo disponibles paulatinamente a la planta pudiéndolos tomar en el momento que los necesite, evitándose de esta manera las pérdidas constantes que ocurren con los fertilizantes sintéticos una vez depositados en el suelo.

La yuca extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo, especialmente potasio (K) y nitrógeno (N). Para una producción comercial sostenida, se hace necesario suministrar al suelo al menos la misma cantidad de nutrientes que el cultivo haya extraído (Castro, 1996).

La presente investigación tiene un enfoque ambientalista y económico, pretendiendo ser una alternativa viable, en cuanto a rentabilidad se refiere, al utilizar adecuadamente los recursos internos de la finca, coadyuvando de esta manera a la práctica de una agricultura sostenible, es decir, que no vaya en detrimento de la naturaleza.

II OBJETIVOS

Objetivo General

- Contribuir a la generación de información científica referente al uso de abonos orgánicos y su efecto en el cultivo de la yuca.

Objetivos específicos

- Evaluar y comparar el efecto del compost, lombrihumus y biofertilizante sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo de la yuca.
- Determinar la correlación que existe entre el rendimiento y sus componentes.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del lugar

El experimento se estableció en la época de primera (mayo de 2007) en la finca El Plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el kilómetro 42 de la carretera Tipitapa – Masaya, en el municipio de Zambrano, departamento de Masaya.

3.1.1 Zonificación ecológica

El área donde se estableció el experimento se localiza en las coordenadas 12° 06' 24" latitud norte y 86° 04' 46" longitud oeste. La zona se caracteriza por poseer suelos francos arcillosos ligeramente ácidos. La altitud es de 98 a 110 m.s.n.m, precipitación de 800 a 1 000 mm anuales, temperatura promedio anual de 26 °C, humedad relativa de 75% y velocidad del viento de 3.5m/s (INETER, 2006)

3.2 Descripción del experimento

3.2.1 Materiales y equipos a utilizar

Para el establecimiento, manejo y toma de datos sobre variables en este cultivo se utilizó lo siguiente:

Herramientas: Azadones, cintas métricas, vernier, balanza de agujas, balanza digital, machetes, barriles para fabricar el biofertilizante, baldes, sacos, lienzas.

Materiales: humus de lombriz, compost, biofertilizante, manguera, adaptadores, tubo PVC, orrines, material vegetativo del cultivo.

3.2.2 Diseño metodológico

El experimento se estableció en un diseño en Bloques Completos al Azar (BCA) unifactorial, siendo el único factor en estudio la fertilización.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos a evaluados, ensayo yuca, Plantel, 2007

Tratamientos	Dosificación
T1. Compost	4.7 t ⁻¹
T2. Biofertilizante	9.7 t ⁻¹
T3. Lombrihumus	2.37 t ⁻¹
T4. Testigo	Sin aplicación

Nota: Para el biofertilizante, por cuestiones prácticas de manejo de unidades de medida se hizo la relación 1 l = 1kg

Las parcelas experimentales tenían un área de 30m², con 6 surcos cada uno de 6m de largo a una distancia de 1m y 0.8m entre planta. La separación entre bloque fue de 1m. La parcela útil se constituyó en los 4 surcos centrales, dejando un metro en la cabecera para obviar el efecto de borde.

Cuadro 2: Composición química de abonos orgánicos usados en el ensayo de yuca, Plantel, 2007

N°	Identificación	N	P	K %	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	%H
1	Humus de lombriz	1.75	0.68	0.65	3.56	0.77	5,300	375	312	175	66.64
2	Compost	0.87	0.32	0.84	2.13	0.37	15,762	100	587	150	31
3	Biofertilizante	0.43	0.13	0.03	0.1	0.01	296	8.33	48	125	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA, 2007)

3.3 Manejo agronómico

Se utilizó la variedad de yuca Pochota, de hábito de crecimiento decumbente, hojas de color verde claro, con pecíolos cortos y de color vino, tallos de color gris olivo y ramificación irregular.

De acuerdo al ciclo del cultivo de la yuca la cosecha para uso industrial se da a los 12 meses y a los 9-10 meses para consumo humano.

Cuadro 3: Densidad poblacional, distancia, época de siembra y calidad del material vegetativo para la propagación del cultivo de yuca, Plantel, 2007

Identificación	Descripción
Material de siembra	Estacas sanas y vigorosas
Distancia de siembra	1m entre surco y 0.8m entre planta, depositando de 1-2 estacas por sitio.
Densidad poblacional	12 ,500 plantas ha ⁻¹
Época de siembra	Al inicio del período lluvioso (primera)

La preparación de suelo se hizo de forma mecanizada con dos pases de arado 4 días antes de la siembra. Al momento de la siembra, la ruptura de los surcos se hizo con azadones.

La siembra se realizó manualmente colocando las estacas o esquejes en el fondo del surco, cubriéndolas completamente; se utilizaron esquejes de madera del tercio inferior de la planta de aproximadamente 30 cm de longitud.

La fertilización consistió en la aplicación de compost, humus de lombriz, y biofertilizante, cuyas dosis fueron descritas en el cuadro 1. La distribución de los diferentes abonos orgánicos en el experimento estuvo determinada por el proceso de azarización de los tratamientos cuyos resultados se muestran en el plano de campo (anexo 1).

El control de malezas se realizó de forma mecánica con machetes y azadones y éste estuvo determinado por el comportamiento de las poblaciones de malezas. Durante el ciclo de la plantación se realizaron 3 limpiezas en total. Además, se realizó una poda a los cuatro meses de establecido el experimento con el objetivo de mantener uniformidad en la plantación y evitar el acame por el peso y longitud del tallo.

3.4 Variables evaluadas

Para el levantamiento de la información de las variables se tomaron 10 plantas ubicadas en la parcela útil por cada tratamiento y repetición totalizando 40 plantas por cada tratamiento.

3.4.1 Variables de crecimiento

Altura de planta (cm): para la medición de esta variable se utilizó una cinta métrica considerando la parte de la planta comprendida entre su base y el ápice principal.

Diámetro (mm): para la medición de esta variable se utilizó el vernier, tomado del tallo a 5 cm de su base.

Ambos datos se tomaron, según criterios de registro de información a partir de los 46 días después de la siembra, luego a los 113 días y finalmente a los 165 dds.

3.4.2 Variables de rendimiento

Diámetro (mm): una vez realizada la cosecha se midió el diámetro de las raíces en la parte media utilizando el vernier.

Longitud (cm): se midió de extremo a extremo de la parte aprovechable de la raíz.

Peso (kg): el total de raíces aprovechables por planta fue pesado utilizando una balanza de agujas y una digital.

3.5 Análisis de los datos

La evaluación estadística de los datos obtenidos se efectuó por medio del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.1, utilizando los valores promedios de las variables en estudio por cada tratamiento y por cada repetición. Este análisis se realizó siguiendo la prueba de rangos múltiples de Duncan con un porcentaje de confianza del 95%.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables de crecimiento evaluadas

Las variables de crecimiento evaluadas se muestrearon en 3 diferentes fechas y a continuación se presenta el análisis de varianza para la última toma de datos que corresponde a los 165 días después de la siembra.

Cuadro 4: Resultado del ANDEVA para las diferentes variables de crecimiento, Ensayo yuca, El Plantel, 2007.

Fuente de variación	Altura de plantas	Diámetro del tallo
Bloque	0.0155 ns	0.2241 ns
Tratamiento	0.2128 ns	0.5607 ns
C V (%)	3.483239	5.500982
R ²	0.723647	0.453532

ns: no significativo. **: Significativo al 95%. C.V (%): coeficiente de variación. R²: coeficiente de determinación lineal.

El cuadro 4 muestra que no se encontró diferencia estadística significativas (ns) al comparar cada uno de los diferentes abonos orgánicos entre sí y con el testigo absoluto.

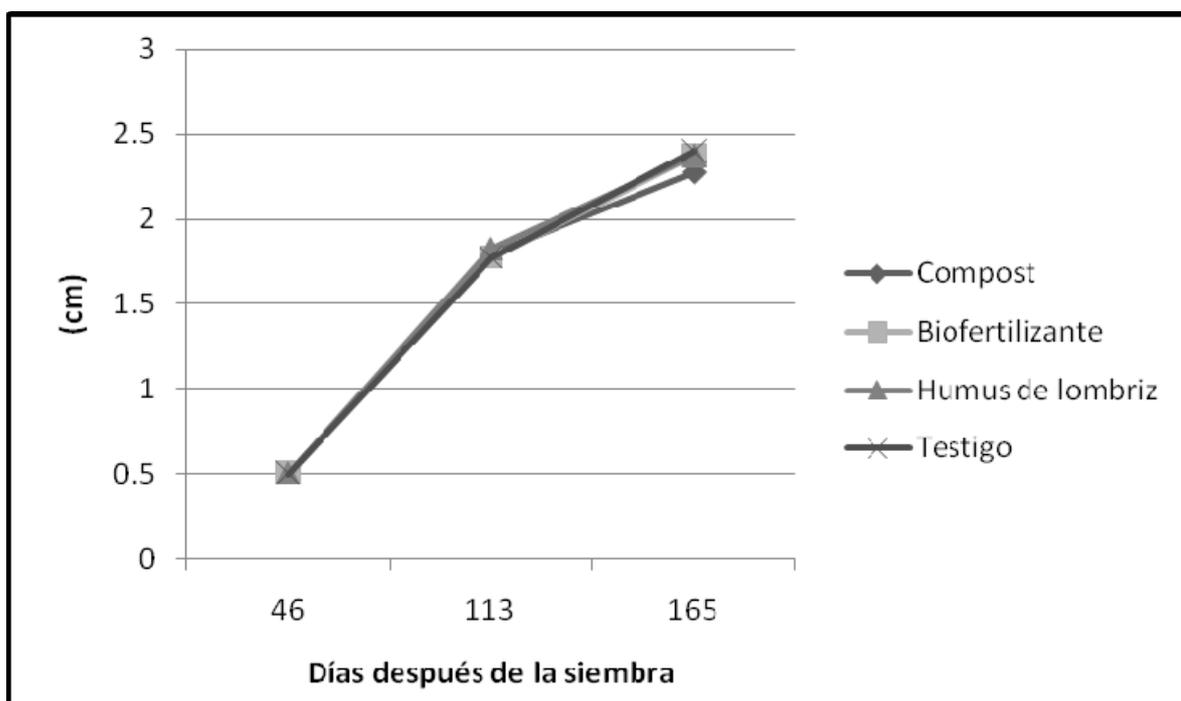


Figura 1. Efecto de 4 tratamientos sobre la altura de la planta de yuca en 3 momentos de evaluación, El Plantel, 2007.

Los diferentes tratamientos influyeron de manera similar sobre la altura de planta durante la etapa de crecimiento del cultivo, presentado a la primera fecha de muestreo, exactamente el mismo promedio (0.5 m), no así a la última fecha, donde existe una diferencia mínima y no significativa de 13 cm entre el promedio más alto y el más bajo correspondiente al compost y al testigo respectivamente. (figura 1)

La altura de la planta es un parámetro importante ya que es un indicativo de la velocidad de crecimiento y está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que se translocan seguidamente a las raíces (Pereira, 1999).

Sin embargo, CIAT (1989) refleja que la altura es un carácter que no influye sobre el rendimiento, tampoco es un carácter específico para cada variedad.

Agronómicamente la diferencia de altura de planta entre variedades no tiene ninguna influencia sobre el interés del productor, que en este caso es la producción de raíces tuberosas.

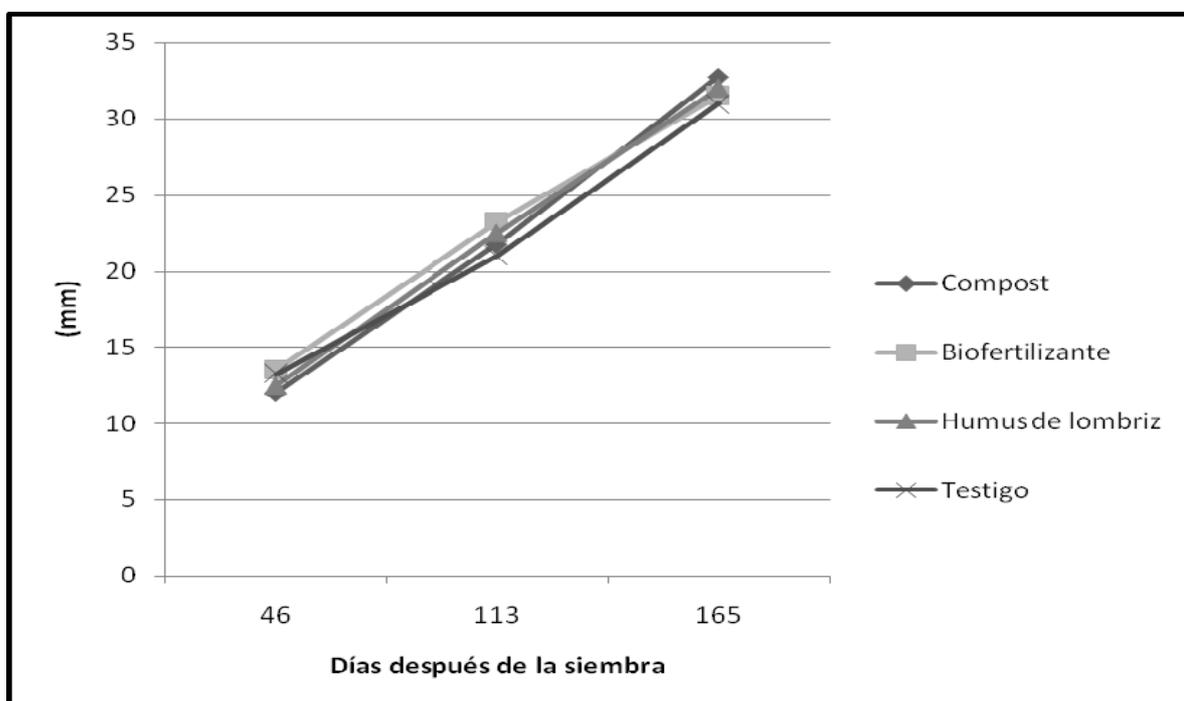


Figura 2. Efecto de 4 tratamientos sobre el diámetro del tallo de la planta de yuca en 3 momentos de evaluación, El Plantel, 2007.

Se observa en la figura 2 que los diferentes tratamientos también influyeron de manera análoga sobre la variable de crecimiento diámetro del tallo, teniendo el mayor efecto el biofertilizante seguido por el compost, haciendo énfasis en que estas diferencias no son estadísticamente significativas.

La variable diámetro del tallo, según Domínguez. *et al* (1989), varía según la edad de la planta y según la variedad. Además, Montalván (1984) afirma que el alto rendimiento en raíces reservantes depende del grosor del tallo.

Pereira (1999) determinó la absorción y acumulación de nutrientes en la planta hasta los seis meses de edad, afirmando que durante este tiempo la planta acumula buen porcentaje de N y K en las raíces, tallos y hojas, siendo mayor en esta última, lo que pone de manifiesto el alto contenido proteínico de las hojas. Dicha acumulación es menor durante los primeros 2 meses.

El no encontrar diferencias estadísticas significativas en las variables de crecimiento se atribuye a que los abonos orgánicos van liberando paulatinamente a través del tiempo los nutrientes que contiene. Rivero (2008) sostiene que la fertilización con abonos orgánicos contribuye al balance y disponibilidad de nutrientes y al aumento de poblaciones de microorganismos que actúan en la humificación de la materia orgánica, pero a mediano y largo plazo, confirmando así los resultados obtenidos en este ensayo, ya que el período de medición de las variables (46-165 dds) es relativamente corto y seguramente estos nutrientes no estaban disponibles totalmente para el cultivo, evitando que la planta tomase una cantidad considerable de ellos que permitiera que existiera diferencias entre los tratamientos. Es por ello que en cultivos de ciclo corto como el maíz es casi imposible que se encuentren diferencias, ya que permanecen en el campo apenas 3-4 meses según reporta Blandón (2008). De igual manera, Larios y García (1999), en Nicaragua, reportan que al evaluar tres dosis de gallinaza, compost y un fertilizante mineral en maíz encontraron que los tratamientos evaluados no inciden significativamente sobre las variables de crecimiento y rendimiento.

4.2 Efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables de rendimiento evaluadas

Las variables de rendimiento evaluadas corresponden a: número de raíces por planta, longitud de raíz, peso de raíz y diámetro de raíz. Los resultados arrojados por el programa estadístico (SAS) se aprecian en el siguiente cuadro.

Cuadro 5: Resultados del ANDEVA para las variables de rendimiento, Ensayo yuca, El Plantel, 2007.

Fuentes de variación	Raíces por planta	Longitud de raíces	Peso de raíces	Diámetro de raíces	Rendimiento
Bloque	0.6183ns	0.8879ns	0.4601ns	0.9251ns	0.4592ns
Tratamiento	0.0117**	0.0002**	0.0001**	0.0079**	0.0001**
C V (%)	7.105366	5.159387	10.68001	4.739825	9.8762
R ²	0.707373	0.878542	0.912683	0.719661	0.9253

ns: no significativo. **: Significativo al 95%. C.V (%): coeficiente de variación. R²: coeficiente de determinación lineal.

El cuadro 5 hace evidente la diferencia estadística en la comparación de los diferentes abonos orgánicos y el testigo.

4.2.1 Variable Raíces/Planta

Las plantas de yuca tienen números bajos de raíces con una penetración profunda, por ello la planta tiene la capacidad para resistir periodos largos de sequías. Se ha determinado que las raíces fibrosas pueden penetrar hasta 2,5 m (Villa. *et al.* 1993).

Las raíces reservantes son morfológica y anatómicamente idénticas a las raíces fibrosas, la diferencia esencial radica en que las raíces reservantes tienen mayor desarrollo radical y alta cantidad de almidón. Este almacenamiento de almidones le da valor económico (INTA, 2004).

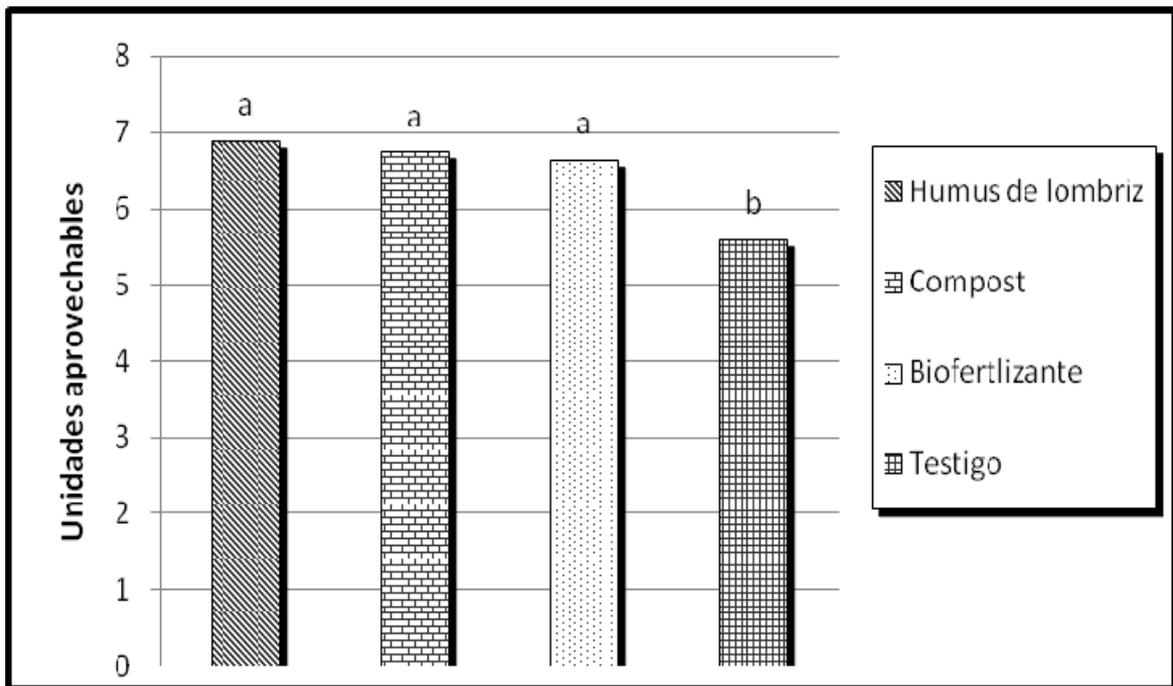


Figura 3: Efecto de 4 tratamientos sobre el número de raíces por planta de yuca, El Plantel, 2007.

Con la aplicación de humus de lombriz, compost y biofertilizante se obtuvo un promedio general de raíces por planta de 6,76 contra 5,6 obtenido por el testigo. La diferencia entre estos promedios es significativa y guardan relación con las observaciones hechas por Cock *et al.* (1980) que indican que la planta define el número de raíces durante el primer período de su desarrollo, posiblemente como respuesta a una mayor cantidad de fotoasimilados, producto de una actividad fotosintética eficiente, determinada por la incidencia de radiación solar, un aumento de temperatura y la cantidad de N acumulado en las hojas. Estos autores también coinciden en que esta característica podría estar influenciada por las condiciones del suelo como la textura y además por la cantidad de potasio, fósforo y calcio que la planta pueda absorber.

4.2.2 Variable Diámetro de raíz

La planta absorbe el agua y los nutrientes por medio de las raíces fibrosas y aparentemente todas estas raíces tienen esa capacidad, la cual disminuye considerablemente cuando se vuelven tuberosas. Solamente unas pocas raíces fibrosas en cada planta, por lo general menos de diez, se vuelven tuberosas de manera tal que la mayoría de las raíces fibrosas permanecen y continúan en su función de raíces alimentadoras (Domínguez, 1989).

El engrosamiento de las raíces reservantes empieza después de los primeros seis meses. A partir de entonces se va acelerando con el paso del tiempo y dura aproximadamente cinco meses. Al final de este período, la producción de hojas ha disminuido (Navarro, 1983).

A pesar que el diámetro de raíz tiene que ver en gran medida con el rendimiento la literatura se refiere muy poco de él.

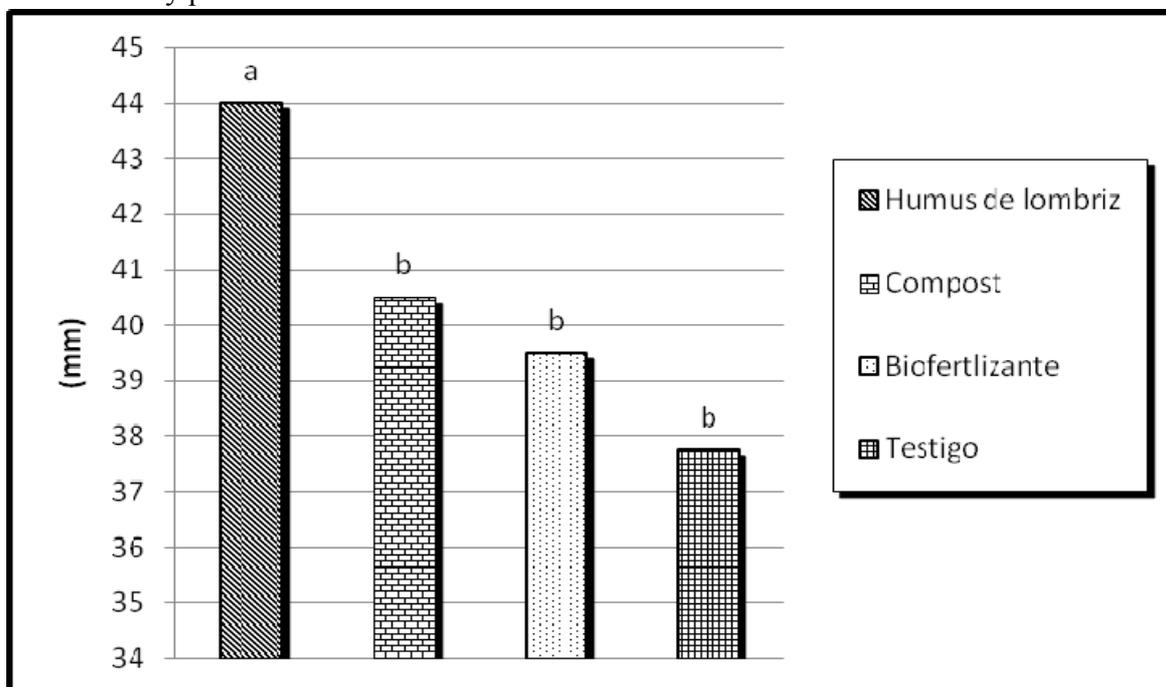


Figura 4: Efecto de 4 tratamientos sobre el diámetro de las raíces de la planta de yuca, El Plantel, 2007.

Con relación a esta variable, la aplicación de humus de lombriz tuvo un mayor efecto obteniendo un promedio de diámetro de raíz de 44 mm, siendo estadísticamente diferente de los demás tratamientos, seguido por el compost (40.5 mm), Biofertilizante (39.5 mm) y el testigo (37.7 mm).

4.2.3 Variable Longitud de raíz

Montaldo (1983) refiere que este carácter al igual que el del diámetro de la raíz es influenciado por el medio ambiente. Las longitudes promedio varían de 20-40 cm, sin embargo las hay de 2 metros de longitud. Según lo reportado por Méndez (1993) las mayores distancias entre planta y surco tienen un efecto positivo sobre la elongación de la raíz.

Además las estacas sembradas verticalmente tienden a penetrar más profundamente que las que están en posición inclinada u horizontal.

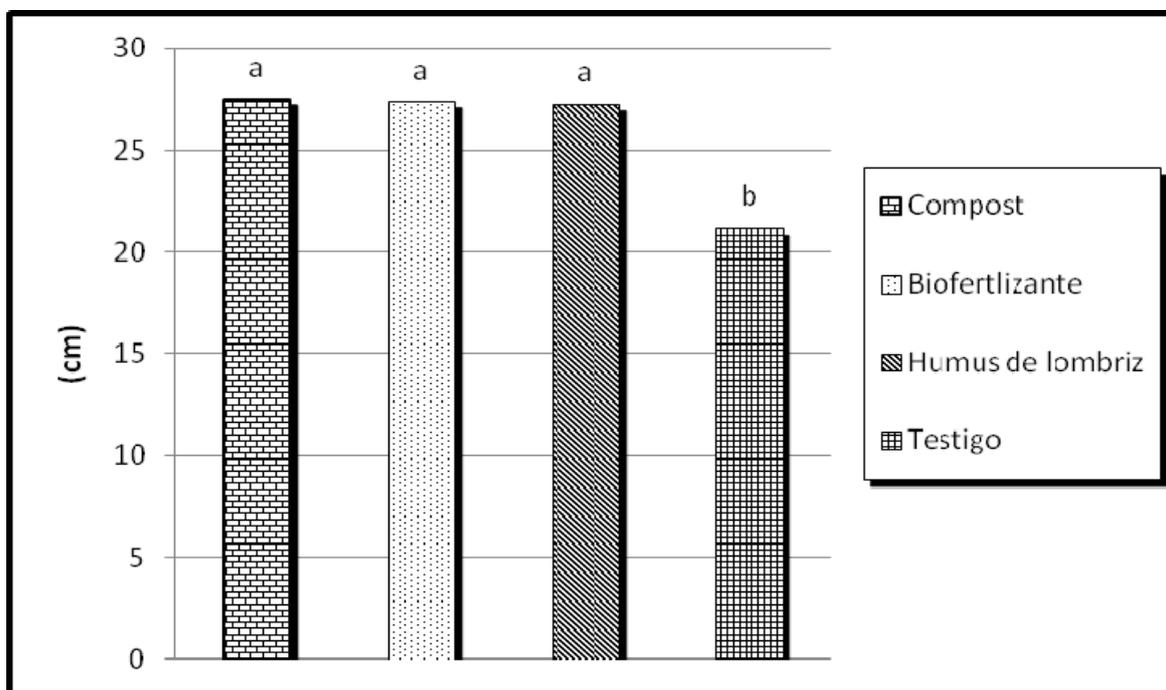


Figura 5: Efecto de 4 tratamientos sobre la longitud de las raíces de la planta de yuca, El Plantel, 2007

En esta gráfica se aprecia un comportamiento diferente del efecto de los tratamientos sobre el cultivo. El compost tuvo un mayor efecto sobre esta variable, seguido del biofertilizante y el humus de lombriz y por las diferencias poco marcadas entre ellos, podemos ubicar a estos tres en una misma categoría.

El potasio no es un componente básico de las proteínas, de los carbohidratos o de las grasas, pero toma parte en su metabolismo; el K es esencial para la translocación de carbohidratos desde el follaje hasta las raíces (Malavolta, 1984). Por consiguiente la cantidad de potasio disponible y asimilado por la planta influye grandemente en la producción de follaje y esencialmente de las raíces y su desarrollo, confirmando los resultados obtenidos en este ensayo, ya que, según el análisis de laboratorio, el compost tenía mayor porcentaje de potasio y posiblemente pudo proporcionarle más a la planta.

4.2.4 Variable Peso de raíz

La densidad de siembra y los rendimientos óptimos fluctúan de un país a otro e incluso dentro de un mismo país y zona agroecológica. El hábito de crecimiento de la planta, su morfología y condiciones ambientales influyen en el rendimiento. Las recomendaciones para una variedad en particular no son necesariamente aplicables a otra de hábito de crecimiento y morfología diferente o en otro ambiente. Krochmal (1968) observó que de los tres elementos principales, el P afectaba más el rendimiento y en un experimento en un cultivo de arena aumentó la producción de raíces en 93%. Según el INATEC (2003) la yuca puede rendir hasta 30 t ha⁻¹ con precipitación y fertilización regular. Estos rendimientos deben ser en condiciones cerca de

las ideales, sin embargo el potencial para expandir el cultivo de yuca está en las áreas marginales para la agricultura ya que las mejores áreas agrícolas se destinan a rubros más rentables.

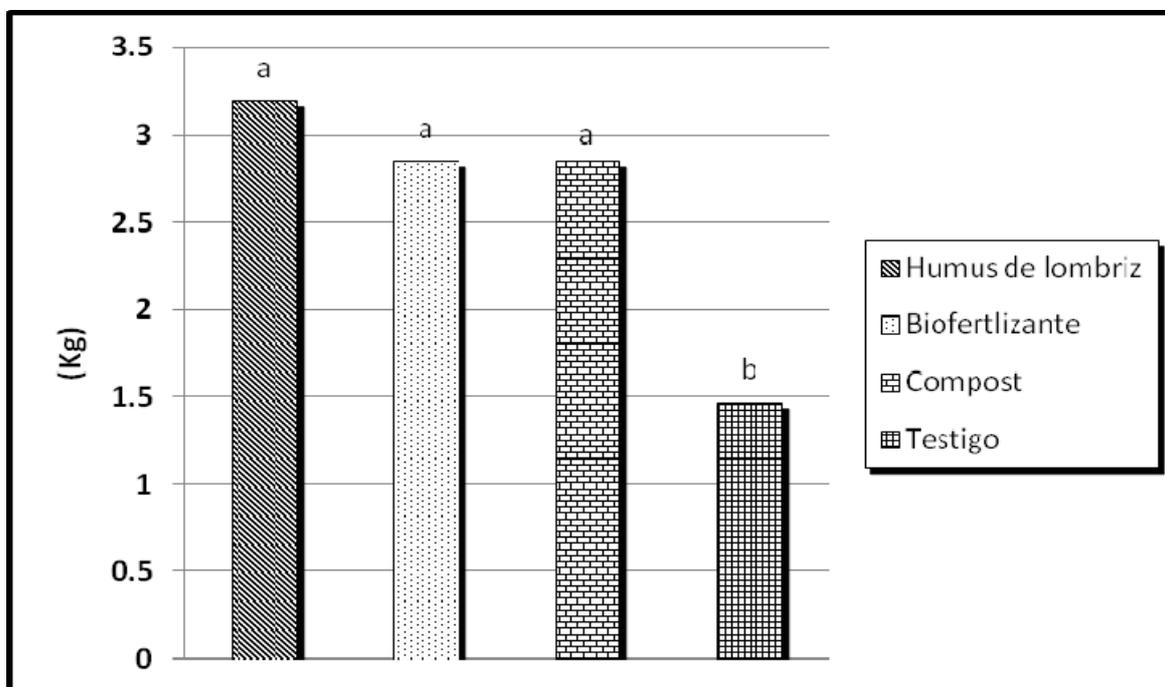


Figura 6: Efecto de 4 tratamientos sobre el peso de raíces de la planta de yuca, El Plantel, 2007.

Nuevamente el humus de lombriz ejerce el mayor efecto sobre el cultivo respecto al peso de raíz, según muestra la figura 6, pero esta vez seguido del biofertilizante, el compost y el testigo y por sus diferencias mínimas podemos ubicar a estos tres primeros también en una misma categoría, encontrándose entre el biofertilizante y el compost la mayor proximidad entre sus promedios.

Cuadro 6. Rendimiento promedio obtenido con cada tratamiento, ensayo yuca, El Plantel, 2007.

Tratamientos evaluados	Compost	Biofertilizante	Humus de lombriz	Testigo
Rendimiento promedio (t ha⁻¹)	35,62	35,62	40	18,43

Cuadro 7. Matriz de correlación general de las variables en estudio y el rendimiento, ensayo yuca, El Plantel, 2007.

Variables	Diám. raíz	Peso raíces	Raíces/planta	Rendimiento
Long. raíces	0.59621*	0.93426*	0.79301*	0.93426*
Diám. raíz		0.75449*	0.65593*	0.75449*
Peso raíces			0.89574 *	1.000*
Raíces/planta				0.89574*

En cuanto al rendimiento de raíces por superficie, se comprobó que los abonos orgánicos usados como tratamientos y el testigo ejercieron diversos efectos sobre éste. Estos resultados pueden explicarse debido al aumento de algunas de las variables de rendimiento evaluadas en los diferentes tratamientos; lo que queda demostrado por el análisis de correlación que se presenta en el cuadro 7; en el que se pone de manifiesto que el rendimiento presentó una correlación positiva y significativa con el diámetro de la raíz (0.75), el número de raíces/planta (0.89), el peso de raíces (1.00) y la longitud de raíces (0.93), corroborando los resultados obtenidos por Mojena y Bertoli (2000), quienes encontraron que el número de raíces por planta, la longitud de la raíz, el diámetro de la raíces, el peso de las raíces y la altura final de la planta tenían una correlación positiva altamente significativa con el rendimiento.

La UNAN (1999) recomienda que la oportunidades de mejorar la productividad del cultivo de la yuca son numerosas, sin embargo los objetivos deberían ser cuidadosamente seleccionados de acuerdo con lo que se considere que daría una mejor contribución al incremento de la producción nacional.

De manera general nos planteamos como objetivo la generación de información referente al uso de abonos orgánicos y su efecto sobre el cultivo de la yuca, específicamente en el crecimiento vegetativo y el mejoramiento del rendimiento de este cultivo. Los resultados obtenidos apuntan hacia la aceptación de la hipótesis alternativa, la que expresa la diferencia estadística de los valores promedios de las diferentes variables en estudio al comparar la significancia estadística entre los valores promedios obtenidos con cada abono orgánico y el valor promedio del testigo absoluto.

El abono orgánico no va dirigido a liberar grandes cantidades de nutrientes para el cultivo de una sola vez, sino que su propósito es incrementar la materia orgánica del suelo que sirve como alimento a los microorganismos responsables de convertir a los elementos nutritivos a una forma asimilable por la planta, además de restituir el equilibrio natural del suelo como primera acción siendo estos efectos en el cultivo notorios a un plazo más o menos largo que puede ser a partir de los 9–13 meses, permitiendo ya para este momento que el agrosistema sea un poco más estable y menos dependiente de factores externos para mantener una buena productividad, sin embargo, Altieri (1995), plantea que la superioridad indiscutible de los abonos orgánicos es apreciable a partir de un segundo a tercer año de producción, para este tiempo la producción se estabiliza y los resultados pueden ser casi o igual de buenos que bajo la aplicación del fertilizante mineral.

Según Widdowson (1993), la liberación de los nutrientes por parte de los abonos orgánicos es de la siguiente manera: 35% para el primer año de aplicación, 17% en el segundo año y en cada año posterior la cantidad disponible es por mitades, esto ayuda a explicar también el porque se encontró diferencia estadística en este ensayo; la liberación de nutrientes en el primer año es la más significativa con respecto a los años subsiguientes, y por lo tanto la yuca, durante su ciclo de 10 meses hasta la cosecha, pudo aprovechar una buena parte de los nutrientes liberados por los abonos orgánicos, permitiendo que existieran diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo.

Las aseveraciones anteriores nos llevan a sustentar la propuesta de que el grado de disponibilidad y aprovechamiento de los nutrientes liberados por la materia orgánica, está en

dependencia de varios factores, específicamente en el caso del nitrógeno y el potasio contenido en la materia orgánica. Depende del equilibrio entre los procesos de inmovilización y mineralización realizados por la biomasa microbiana, estos procesos dependen de características propias del residuo, como la edad, composición, forma de aplicación, grado de incorporación al suelo y de las características del suelo, como el pH, contenido de nutrientes, actividad biológica, temperatura, contenido de agua (Rivero, 2008). Existen otros factores como el agua y la radiación solar que juegan un papel importante en la disponibilidad de nutrientes (Fernández, 2002). Estos dos factores incidieron aparentemente igual en todos los tratamientos de este ensayo.

Se sabe que la yuca extrae grandes cantidades de nitrógeno (N), potasio (K) y fósforo (P) y estos macro elementos juntos con el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S) son los que determinan mayormente el rendimiento del cultivo, es decir la cantidad producida de raíces frescas cosechadas en tonelada estará en dependencia de la cantidad en kilogramos que la planta tenga disponible y pueda absorber de estos elementos (UNA, 2004).

Esta información, al conjugarla con el principio de liberación de nutrientes de abonos orgánicos antes expuesto, nos permite obtener un elemento más para justificar el porqué se encontraron diferencias estadísticas en nuestro ensayo.

Desafortunadamente no existen muchos estudios específicos referente al efecto de los abonos orgánicos sobre el cultivo de la yuca, es por eso que no podemos establecer una comparación analítica de nuestros resultados con otros obtenidos anteriormente.

A pesar de nuestros resultados, no podemos negar la realidad de que con los fertilizantes minerales se obtendrían rendimientos más altos que con el mejor de nuestros tratamientos, es por ello que coincidimos con la opinión de Restrepo (2001), quien menciona que durante el proceso de transición, es difícil determinar con claridad en que nivel y en cuanto tiempo las prácticas orgánicas se vuelven efectivas. Por lo tanto, las prácticas de la agricultura orgánica no se constituyen en un paquete bien definido de prácticas o técnicas de manejo, más exactamente consiste en una variedad de opciones tecnológicas y de manejo, utilizadas con el objetivo de reducir costos, intensificar las interacciones biológicas y benéficas de los procesos naturales, proteger la salud y el medio ambiente.

V. CONCLUSIONES

- Al finalizar esta investigación, se han cumplido satisfactoriamente los objetivos propuestos y se ha generado información científica que servirá como un valioso aporte a otros estudiantes y profesionales del agro en el ejercicio de su labor.
- Los diferentes tratamientos ejercieron un efecto análogo sobre las variables medidas durante la fase crecimiento del cultivo, por lo que no hubo diferencias estadísticas entre ellos.
- Al menos uno de los tratamientos evaluados presentó diferencias significativas en el rendimiento y sus componentes en comparación con el testigo absoluto.
- El humus de lombriz tendió a presentar valores numéricos más altos para las variables raíces por planta, diámetro y peso de raíces y rendimiento por hectárea, siendo diferente estadísticamente de los demás tratamientos solamente para la variable diámetro de raíz.
- La correlación encontrada entre el rendimiento y sus componentes resultó ser alta y significativa.

VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar cualquiera de estos abonos orgánicos, preferiblemente el de menor costo, tomando en cuenta requerimientos del cultivo y condiciones edafoclimáticas de la zona con el fin de disminuir costos de producción y aumentar los rendimientos.
- Realizar estudios para determinar el comportamiento de la yuca frente a diferentes niveles de fertilización orgánica y momentos de aplicación.
- Evaluar el efecto de éstos abonos orgánicos en otras variedades de yuca de explotación actual y potencial en Nicaragua.
- Llevar a cabo estudios de suelo en el tiempo para conocer el grado de mejoramiento de éste por efecto de la aplicación de abonos orgánicos.
- Incluir en ensayos posteriores un análisis económico como otro factor de estudio.
- Tomar en cuenta este cultivo para futuras investigaciones dirigidas a proyectos de seguridad alimentaria

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. 1995. Agroecología: creando sinergias para la agricultura sostenible. Universidad de Berkeley y Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo (CLADES). 63 p.
- BLANDÓN, A. 2008. Crecimiento y rendimiento del cultivo de sorgo en respuesta a la aplicación de diferentes abonos orgánicos, El Plantel, 2007. Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. UNA. 18-19 p.
- CASTRO, J. 1996. Manual práctico para el cultivo de raíces. San José, El Salvador. 95 – 96 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT), 2002. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización, Cali Colombia. 586 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT), 1989. Producción de material de siembra de yuca. Cali, Colombia.
- COCK H.J 1980. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo de la planta de yuca.
- COCK H.J 1999. La yuca: Una fuente básica de energía en los trópicos. CIAT, Cali, Colombia. p. 3
- DOMÍGUEZ C.E. et al. 1989. Morfología de la planta de yuca. Cali, Colombia.
- FERNÁNDEZ, J. 2002. Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería - Cultivo de la yuca. España. ed. Océano. 248 – 269p.
- FAO. 2001. IN: Anuario de producción de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia. Vol. 54. Pp 45 – 74.
- INSTITUTO NICARAGUENSE DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA), 2004. Manejo integrado de plagas de la yuca. Managua, Nicaragua. 34 – 35 p.
- INSTITUTO NACIONAL TECNOLÓGICO (INATEC). 2003. Generalidades, establecimiento de raíces y tubérculos. Managua, Nicaragua. 28 – 30 p.

- INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC). 2001.
- KROCHMAL, A Y C. SAMUEL. 1968. Síntomas de deficiencia de nutrientes en experimentos de yuca.
- LARIOS, R. Y GARCÍA, C. 1999. Evaluación de tres dosis de gallinaza, compost y un fertilizante mineral en el cultivo de maíz (*Zea mays*) variedad NB-6. Trabajo de tesis. Managua, Nicaragua. 97 p.
- MAG-FOR, 2002. Informe Anual de Producción de Hortalizas por regiones I, II, IV, V, RAAN, RAAS. Dirección de Estadísticas. Cuadro 4-H. Managua, Nicaragua.
- MALAVOLTA, E. et al. 1984. Estudios sobre alimentación mineral de Mandioca (*Manihot utilissima* Pohl)
- MENDEZ, G. M. 1993. Validación de variedades de yuca. INTA, Managua, Nicaragua. 10 p.
- MOJENA M, BERTOLI M. 2000. Comportamiento del rendimiento y sus componentes en la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en agrosistemas de intercalamiento con maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos tropicales. Costa Rica.
- MONTALDO, A. 1983. La yuca Mandioca: cultivo, industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación y mejoramiento. IICA. San José, Costa Rica. 386 p.
- MONTALVÁN. R. 1984. Ministerio de desarrollo agropecuario y reforma agraria. Primer jornada científica de cultivo de trópico húmedo, Estación experimental, El Recreo, Managua, Nicaragua. 135-136 p.
- NAVARRO, M.F. 1983. Guía técnica para el cultivo de yuca. Estación experimental DEAM PAOGETTB. Managua, Nicaragua. 7-9 p.
- PEREIRA, J.F. 1999. Fisiología de la yuca. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ing. Agronómica. 123 p.
- RESTREPO, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizante foliares. San José, Costa Rica. IICA. 157 p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA. 1990. Raíces y tubérculos. Cultivo de yuca. Managua, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

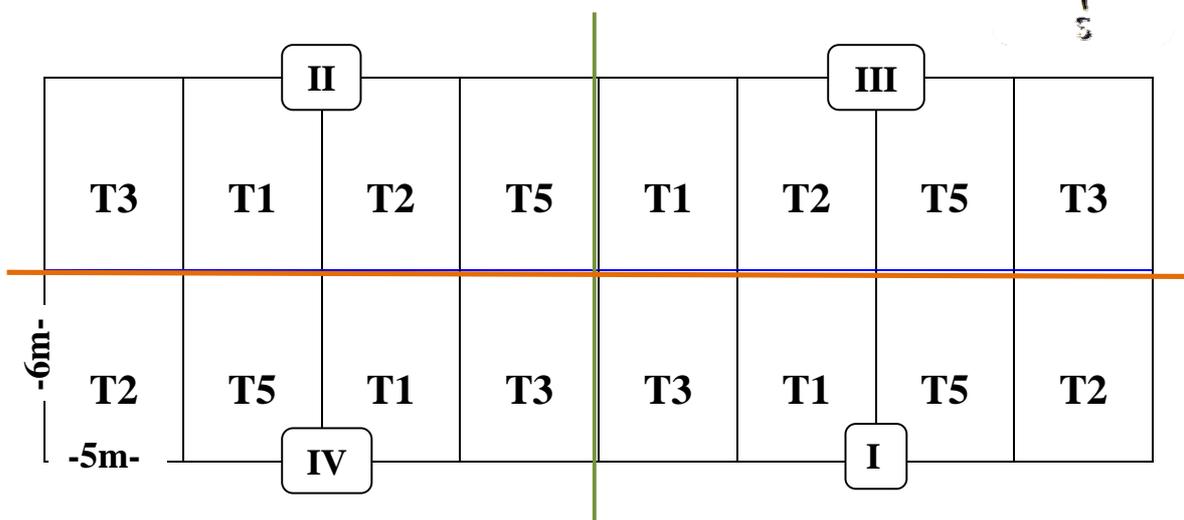
- VILLA C.V Y RODRÍGUEZ S.G, 1993. El cultivo de yuca. Managua, Nicaragua. Lima, Perú. 10 p.
- WIDDOWSON, R. 1993. Hacia una agricultura holística, un enfoque científico. Ed. Hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina. 270 p.

Otras

- RIVERO, C. 2008. Efecto del uso de residuos orgánicos y fertilizantes sobre el comportamiento del nitrógeno mineral en el suelo. (en línea) consultado el 05 enero 2008. disponible en: www.erfa.com.ve/revista/revistas2006/321/31-1art1.pdf
- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. 2004. Programa de investigación y proyección social en raíces y tuberosas. (en línea) consultado el 09 junio 2008. disponible en http://www.clayuca.org/PDF/libro_yuca/capitulo05.pdf.

V. ANEXOS

Anexo 1: Plano de campo, ensayo yuca, Plantel, 2007.



Área total del experimento: 800 m²

Anexo 2: Presupuesto de materiales para fabricación de biofertilizante, material vegetativo y abonos orgánicos utilizados, ensayo yuca, Plantel, 2007.

Conceptos	Unidad medida	Cantidad	Costo unitario C\$	Costo total C\$
Madera de yuca	flete	0.5	700.00	350.00
Humus	quintales	4.2	90.00	378.00
Compost	quintales	8.3	40.00	332.00
Leche	galones	2	26.00	52.00
Dulce	atados	4	12.50	50.00
Barriles de 200 litros	und	2	800.00	1,600.00
Mangueras	metros	2	20.00	40.00
Adaptadores machos	und	2	15.00	30.00
Adaptadores hembras	und	2	15.00	30.00
Tubos de pega PVC	und	1	25.00	25.00
Orrines	und	4	10.00	40.00
Otros	und	-	-	560.00
TOTAL			1,753.50	3,487.00

Anexo 3: Cronograma de actividades, ensayo yuca, Plantel, 2007.

Actividades	Año 2007										Año 2008										2009
	Meses del año										Meses del año										Meses
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Abril	
Formulación de un proyecto de investigación	X																				
Preparación del suelo		X																			
Siembra		X																			
Fertilización		X																			
Poda						X															
Limpieza de malezas				X		X		X		X											
Toma de datos en campo				X			X	X	X	X											
Visitas de seguimiento							X	X	X	X	X										
Procesamiento de datos de campo				X			X		X		X	X	X								
Análisis de los resultados														X	X	X	X				
Elaboración de documento de tesis																	X	X	X		
Presentación de resultados																			X		