

66091



**Estudio de la viabilidad técnica y económica de sistemas de  
producción de yuca a escala comercial basados en la  
mecanización de las labores de siembra, fertilización y cosecha**



**Informe Final  
Diciembre de 2003**



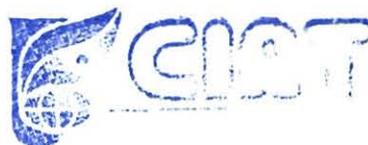
**Estudio de la viabilidad técnica y económica de sistemas de producción de yuca a escala comercial basados en la mecanización de las labores de siembra, fertilización y cosecha**

M.Sc. Luis Fernando Cadavid (CLAYUCA)  
Álvaro Andrés Albán (CLAYUCA)

**Informe Final, presentado a**



*Ministerio de Agricultura  
y Desarrollo Rural*



UNIDAD DE INFORMACION Y  
DOCUMENTACION

18 MAR. 2003

220479

**Diciembre de 2003**

# **Estudio de la viabilidad técnica y económica de sistemas de producción de yuca a escala comercial basados en la mecanización de las labores de siembra, fertilización y cosecha**

## **1. Presupuesto y duración**

El Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca - CLAYUCA, solicitó al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural la suma de \$COL 36.720.000 para la financiación del proyecto que se describe a continuación, previsto para desarrollarse en el término de un año, durante el período 2001 - 2002.

## **2. Colaboradores**

- Monómeros Colombo-Venezolano S.A.
- Inyucal S.A.

## **3. Localidades**

El proyecto será desarrollado en los departamentos de Atlántico y zona sur del Valle del Cauca, regiones de tradición yuquera, bajo la coordinación de CLAYUCA.

## **4. Antecedentes y justificación**

Uno de los componentes que más pesa en los costos de producción de yuca es el precio excesivo de la mano de obra, especialmente en las labores de siembra y cosecha. El Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca - CLAYUCA, con el apoyo del MADR, ha venido trabajando en la adaptación de tecnologías para la siembra y la cosecha mecanizadas de yuca, a partir de equipos fabricados en Brasil y disponibles comercialmente. Los resultados iniciales de estas evaluaciones indican que es posible obtener ahorros significativos en los costos de producción con la introducción de la mecanización. Por ejemplo, en la zona plana del Valle del Cauca, se encontró que la siembra mecanizada de yuca permite economías de hasta el 11% en los costos de esta labor y que la combinación de siembra y cosecha mecanizada permite ahorros hasta del 20% sobre los costos totales por hectárea, una economía muy importante para ayudar a tornar el cultivo de la yuca más competitivo.

Esta información fue obtenida en trabajos controlados a nivel de estación experimental y en lotes de agricultores, pero a escala piloto. Se hace necesario validar esta información a escala comercial, trabajando en las mismas condiciones en que se realizan las siembras de grandes extensiones del cultivo. Adicionalmente, se plantea la necesidad de evaluar la viabilidad técnica y económica de incorporar la mecanización en la labor de fertilización. Esta práctica ya es aplicada a escala comercial en el Sur de Brasil con excelentes resultados. Los efectos positivos se relacionan no solamente con la disminución en costos de mano de obra, sino que también se obtienen efectos benéficos sobre

el desarrollo del cultivo por la aplicación del fertilizante en la profundidad adecuada, minimizando las pérdidas que se ocasionan por evaporación y escorrentía cuando se aplica al nivel de la superficie del suelo.

Esta propuesta ha buscado evaluar la viabilidad de dichas alternativas de mecanización para los sistemas de siembra de yuca en Colombia, con el fin de contribuir con el mejoramiento de la rentabilidad y la competitividad del cultivo. Se espera que los resultados de este proyecto puedan beneficiar a los productores, a los procesadores y a los consumidores de yuca en Colombia y en otros países yuqueros de América Latina y el Caribe.

### **5. Meta y objetivo general**

Apoyar el desarrollo agroindustrial del cultivo de la yuca en Colombia como una alternativa que contribuya a la reactivación del sector agrícola, la generación de empleo en zonas rurales, el ahorro de divisas, la seguridad alimentaria y el manejo adecuado de los recursos naturales del país.

### **6. Propósito y objetivo del proyecto**

Contribuir con el desarrollo del sector yuquero en Colombia a través de la evaluación y la adaptación de sistemas mecanizados de siembra, fertilización y cosecha de yuca, que ayuden a transformar el cultivo en una actividad más rentable, eficiente y competitiva.

### **7. Marco tecnológico de referencia**

La yuca extrae gran cantidad de nutrientes y si no se realiza un manejo adecuado del nivel de fertilidad del suelo, los sistemas de producción no son sostenibles en el mediano y el largo plazo. La yuca extrae menos cantidad de nutrientes del suelo que otros cultivos durante su ciclo vegetativo, pero mayor cantidad durante la cosecha, haciendo necesaria la reposición de estos elementos para tener éxito en el siguiente ciclo.

En promedio, se extraen durante la cosecha, cuando el suelo es removido 4,4 kg./ha de Nitrógeno, 0.7 kg./ha de Fósforo y 4.0 kg./ha de Potasio, por cada tonelada de yuca fresca cosechada. Con los avances tecnológicos que se han dado en el país en relación con el desarrollo de variedades de alto potencial de rendimiento y de tecnologías más eficientes de procesamiento, y la creciente demanda del sector de producción animal por cereales importados para la elaboración de los alimentos balanceados, se está generando para la yuca una gran oportunidad de mercado doméstico, en la forma de harina de yuca que puede ser utilizada como sustituto parcial energético de los cereales importados. Este nuevo potencial de mercado ha motivado a muchas regiones a iniciar la formulación de proyectos de inversión en torno del cultivo de la yuca.

Para garantizar la competitividad y la sostenibilidad de estos programas de siembra intensiva de yuca se hace necesario realizar ajustes en los sistemas de siembra. La fertilización adecuada es una de las áreas más importantes, ya que existe la tendencia de utilizar fertilizantes sin un análisis adecuado de las

condiciones de fertilidad del suelo, se emplean algunas veces cantidades excesivas de fertilizante y su aplicación se hace de forma superficial reduciendo su eficiencia y ayudando a contaminar las fuentes disponibles de agua.

Para contrarrestar los efectos nocivos de la cosecha sobre la fertilidad del suelo, deben ser aplicadas grandes cantidades de Potasio y Nitrógeno. Las pérdidas de Fósforo son pequeñas; sin embargo, la deficiencia de Fósforo es uno de los problemas nutricionales más comunes en el cultivo de la yuca en Latinoamérica, ya que muchos de los suelos son bajos en este nutrimento.

La forma de aplicación de los fertilizantes en la producción de yuca es otro tema que genera polémica entre los investigadores. Se han realizado diversos trabajos y, en general, se ha concluido que las aplicaciones superficiales del fertilizante de origen químico ayudan a aumentar las pérdidas por efecto de evaporación, reduciendo la eficiencia de esta práctica. La posibilidad de mecanizar esta labor, realizándola simultáneamente con la siembra puede ayudar a que el fertilizante sea aplicado en el suelo a una mayor profundidad.

### **8. Relevancia del proyecto**

Este proyecto hace parte de los esfuerzos pioneros que CLAYUCA, con el apoyo financiero del MADR, está realizando para ayudar a validar y adaptar tecnologías mecanizadas de siembra de yuca en Colombia. Los esfuerzos iniciales dieron resultados muy satisfactorios y se propuso la continuidad de este trabajo con la evaluación de la fertilización mecanizada.

Una característica importante de este proyecto es que plantea un trabajo colaborativo con algunas de las pocas empresas privadas que están desarrollando siembras de yuca en Colombia a escala comercial. Estos esfuerzos conjuntos con empresas del sector privado, para validar y adaptar tecnología mecanizada de siembra, fertilización y cosecha mecanizada de yuca tienen el doble efecto positivo de ayudar a generar la tecnología mejorada en condiciones de escala comercial de producción y también ayudar a validar los resultados obtenidos anteriormente a escala experimental.

### **9. Metodología**

Para la ejecución de este proyecto se establecieron lotes comerciales de producción en el departamento del Atlántico, con un área de 10 hectáreas. Los lotes sembrados para el proyecto hacen parte de las áreas comerciales que están siendo utilizadas por la empresa colaboradoras del proyecto, Industrias del Maíz.

En el lote de 10 hectáreas se establecieron los siguientes tratamientos:

*Tratamiento 1:* Testigo absoluto; cero fertilización.

*Tratamiento 2:* Fertilización manual a los 30 días después de la siembra..

*Tratamiento 3:* Fertilización simultánea durante la siembra mecanizada (1/2 dosis) y manual a los 30 días (1/2 dosis).

**Tratamiento 4:** Fertilización simultánea durante la siembra mecanizada.

**Tratamiento 5:** Fertilización simultánea durante la siembra mecanizada usando fertilizantes comerciales compuestos.

Los tratamientos 2 y 3 se realizaron utilizando fertilizantes a partir de mezclas físicas, en el tratamiento 5 se repite el tratamiento 2, pero utilizando fertilizantes compuestos comerciales (por ejemplo el 15-15-15). La formulación de estos compuestos y mezclas físicas se realizaron según el análisis de suelo en cada sitio de ensayo.

El área para cada tratamiento es 1 ha; es decir, 5 ha en cada sitio de ensayo. Para la toma de datos se establecen subparcelas dentro de cada área de tratamiento.

Los fertilizantes son suministrados por la empresa Monómeros Colombo-Venezolano S.A.

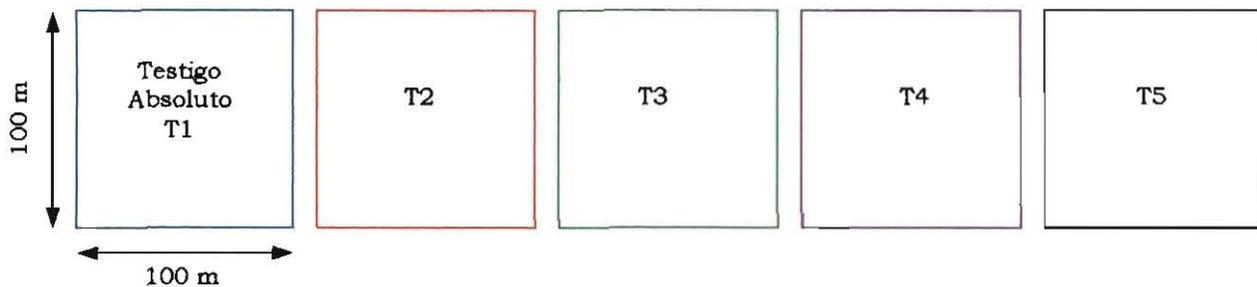


Figura 1. Plano de ordenamiento de los tratamientos en el campo.

Es necesario que en cada sitio de ensayo se siembre la misma variedad y se realicen prácticas culturales en todos los tratamientos.

Para determinar el impacto agronómico se mide al final del ciclo los siguientes parámetros:

Peso fresco de raíces y parte aérea  
Peso seco de raíces y parte aérea  
% de materia seca de raíces y parte aérea  
% Ácido cianhídrico HCN total en raíces

Para determinar el impacto económico se debe medir en campo la eficiencia de la aplicación del fertilizante, el costo de la aplicación manual y mecanizada y el costo del fertilizante.

## **10. Productos**

*a) Sistemas de siembra, fertilización y cosecha mecanizadas de yuca, validados y ajustados a las condiciones y sistemas de producción de Colombia, en función de su eficiencia técnica y económica.*

CLAYUCA ha evaluado y adaptado a las condiciones de Colombia, dos prototipos de sembradoras mecánicas de yuca desarrolladas en Brasil. Estas evaluaciones se realizaron en varias zonas productoras de yuca del país y los resultados obtenidos mostraron buen desempeño agronómico, técnico y económico mostrando que su introducción en los sistemas actuales de producción de yuca permite reducir notablemente los costos de producción y mejorar la competitividad del cultivo.

Se plantea la continuación de este trabajo incorporando la fertilización simultánea con la operación de siembra, ya que las máquinas sembradoras disponibles lo permiten. Se harán evaluaciones de la eficiencia agronómica y económica de la fertilización simultánea con la sembradora Planticenter PC-20 que fue la de mejor desempeño en las condiciones de siembra del país. Se identificarán correcciones y ajustes que puedan ayudar a mejorar el desempeño y la eficiencia de la máquina.

*b.) Fuentes de fertilización compatibles con la siembra mecanizada identificadas y evaluadas por la viabilidad técnica y económica de introducir esta práctica en los sistemas de siembra de yuca que existen actualmente en el país.*

En cada lote de cultivo de yuca, la fertilización requerida depende del análisis y la evaluación de las condiciones de fertilidad del suelo. Los sistemas más comunes de aplicación de fertilizantes en el cultivo de la yuca están basados en el uso de fertilizantes químicos y en su aplicación de forma manual. Se plantea estudiar la respuesta que una aplicación mecanizada de fertilizantes, a una mayor profundidad del suelo y en el momento de la siembra, pueda tener sobre los rendimientos, sobre los costos de producción y sobre la competitividad del cultivo.

*c.) Estructura de costos de producción de yuca, a escala comercial, con sistemas mecanizados de siembra, fertilización y cosecha, actualizada y validada para dos regiones productoras de yuca en Colombia.*

La información disponible actualmente sobre la eficiencia de emplear siembra y cosecha mecanizada de yuca y su potencial de ayudar a reducir los costos de producción y mejorar la competitividad del cultivo en Colombia, ha sido obtenida a partir de trabajos a escala experimental, en condiciones controladas. Se hace necesario un trabajo de validación de esta información en condiciones de siembra de yuca a escala comercial, con las características específicas de las regiones productoras de yuca en las cuales se están impulsando los planes de desarrollo del cultivo. La disponibilidad de datos confiables y validados ayudará a mejorar la información sobre los efectos que tiene la introducción de prácticas mecanizadas sobre los costos de producción de yuca. Estas referencias son muy importantes para la preparación de proyectos de inversión y análisis de rentabilidad económica.

*d.) Actividades de divulgación, capacitación y disseminación de información relevante a grupos de productores, procesadores, consumidores, técnicos, empresarios y otros sectores interesados en el desarrollo de sistemas eficientes, rentables y competitivos de producción de yuca.*

CLAYUCA está implementando una estrategia de cooperación entre entidades, del sector público y privado en Colombia y en otros países productores de yuca de América Latina y el Caribe. Una de las estrategias principales del Consorcio es la organización de eventos de capacitación que ayuden a la formación de una masa crítica de productores y técnicos, actualizada en los avances que se han logrado en los últimos años con las tecnologías de producción y procesamiento de la yuca en el CIAT y en otros centros avanzados de investigación agrícola, nacionales e internacionales. Se plantea la realización de días de campo, complementados con la elaboración de material divulgativo, basado en los resultados obtenidos en este proyecto, para que los grupos de productores, procesadores y otros sectores interesados puedan estar bien informados. También se aprovecharán los cursos de capacitación que dicten el CIAT y CLAYUCA en diferentes regiones del país, para divulgar los resultados obtenidos en este proyecto.

*e.) Empresas con capacidad de producir estos prototipos en Colombia, identificadas y contactadas para apoyar la fabricación en el país de los prototipos evaluados.*

Se fortalecerán los contactos existentes con algunas empresas del sector metal-mecánico del país que han mostrado interés en fabricar los implementos de siembra y cosecha de yuca. Se organizarán visitas demostrativas al CIAT y en las zonas de influencia del proyecto para que los representantes de estas empresas puedan observar los implementos en operación. Se les entregará toda la información técnica disponible sobre el desempeño de los prototipos. De esta forma, se contribuirá a formar vínculos anteriores y posteriores con otros sectores agroindustriales que están relacionados con el desarrollo agrícola del país.

## **11. Actividades**

*Producto 1. Sistemas de siembra, fertilización y cosecha mecanizada de yuca, validados y ajustados a las condiciones y sistemas de producción de Colombia, en función de su eficiencia técnica y económica.*

- Análisis químico y físico del suelo de cada uno de los sitios de ensayo.
- Evaluación de desempeño agronómico y técnico de la sembradora Planticenter PC-20 en diferentes regiones del país con fertilización simultánea.
- Análisis de los rendimientos al final del ciclo del cultivo.
- Ajustes en los diseños, identificación de posibles mejoras y correcciones para el sistema de fertilización.
- Análisis de viabilidad técnica y económica.
- Formulación de conclusiones y recomendaciones.

*Producto 2. Fuentes de fertilización compatibles con la siembra mecanizada identificadas y evaluadas por la viabilidad técnica y económica de introducir esta práctica en los sistemas de siembra de yuca que existen actualmente en el país.*

- Evaluación de la viabilidad técnica y económica de la aplicación mecanizada de fertilizantes, simultáneamente con la siembra y después de ella y las dosis de aplicación en diferentes regiones del país respecto del patrón de fertilización de cada una.
- Recomendaciones para casos generales, según los resultados de la actividad anterior.
- Análisis de resultados.
- Formulación de conclusiones y recomendaciones.

*Producto 3. Estructura de los costos de producción de yuca, a escala comercial, con sistemas mecanizados de siembra, fertilización y cosecha actualizada y validada para dos regiones productoras de yuca en Colombia*

- Recolección de información.
- Análisis estadístico de los datos.
- Elaboración de planillas de costos específicas para cada región.
- Publicación y divulgación de los resultados.

*Producto 4. Actividades de divulgación, capacitación y diseminación de información relevante a grupos de productores, procesadores, consumidores, técnicos, empresarios y otros sectores interesados en el desarrollo de sistemas eficientes, rentables y competitivos de producción de yuca.*

- Seminarios.
- Días de Campo.
- Capacitación en servicio para técnicos y productores.
- Elaboración de material divulgativo.

*Producto 5. Empresas con capacidad de producir estos prototipos en Colombia, identificadas y contactadas para apoyar la fabricación en el país de los prototipos evaluados.*

- Identificación de empresas de metalmecánica.
- Apoyo técnico e informativo para la fabricación de prototipos mejorados.
- Evaluación técnico-económica de prototipos mejorados.

Cuadro 1. Cronograma de actividades.

Actividad	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Calibración tolvas de fertilización	X											
Recolección de información por región	X	X										
Toma de muestras de suelo en cada sitio de ensayo y análisis de las muestras		X										
Interpretación y recomendación de fertilización y selección de variedades			X									
Siembra en cada sitio de ensayo			X	X								
Análisis foliar						X	X					
Análisis de rendimientos										X	X	
Procesamiento de los datos de validación y fertilización							X	X	X			
Análisis agronómico							X	X				
Análisis económico - financiero- social									X	X	X	
Recomendaciones de diseño					X	X	X	X	X	X		
Divulgación de los resultados												X

## **12. Desarrollo de las actividades de los productos a y b**

### *Labores preliminares*

- Se seleccionó un lote en la finca Palapa, Campeche, municipio de Sabanalarga, Atlántico, Colombia.
- Para la preparación, se empleó una cortadora de maleza, dos pases con arado de discos y un pase de romel (pulida).
- Se sembró (junio 5 de 2003) con la máquina sembradora modelo Plantcenter PC-20 y como material de siembra, el cultivar M TAI - 8 (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Sembradora PC-20.



Figura 3. Características de la sembradora PC-20.

### Características

- Alce hidráulico
- Corte de semillas por sierras circulares accionadas por el toma de fuerza
- Distancia entre semillas variable de 40 a 90 cm
- Distancia entre líneas variable de 0.8 a 1.2 m
- Descarte de punta de rama
- Tolva de abono con capacidad para 100 kg. de abono granulado
- Aporque por discos cóncavos dobles
- Control de profundidad en el abre surco
- Rendimiento aproximado: 7 ha/día
- Potencia mínima requerida: 70 HP
- Capacidad deposito de semilla: 1.5 m<sup>3</sup>

Para la siembra, se empleó una distancia aproximada de 1.10 \* 0.90 m, según ajuste de la máquina para un total de 10.000 plantas por hectárea en parcelas comerciales de 7.000 m<sup>2</sup>, para un total de 5 parcelas en un área de 3.500 m<sup>2</sup> según plano adjunto (Figura 4)

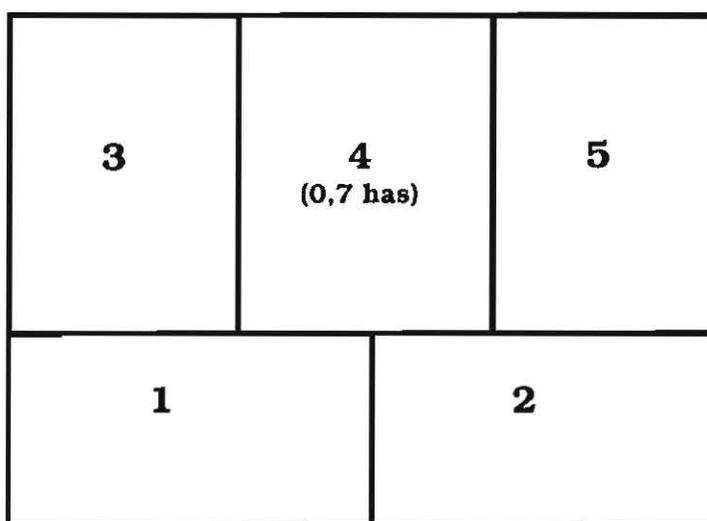


Figura 4. Plano de siembra en el campo.

- Se aplicó con máquina (capacidad de 1000 litros) los herbicidas presiembra a razón de 0.8 kg/ha de Karmex (Diurón) y 2.0 litros/ha de Lazo (Alaclor).
- Previo a estas labores se tomaron muestras de suelos y se enviaron al laboratorio de Servicios Analíticos del CIAT, Palmira para su respectivo análisis, determinación, interpretación y recomendaciones. También se tomaron muestras para la determinación de densidad aparente por el método del núcleo y a 20 cm de profundidad (Cuadro 2.)

Cuadro 2. Características del suelo

<b>pH</b>	6.04	Ligeramente ácido
<b>% MO</b>	1.4	Muy baja
<b>P (ppm)</b>	7.8	Bajo
<b>K (meq/100g)</b>	0.1	Bajo
<b>Ca (meq/100g)</b>	1.59	Medio
<b>Mg (meq/100g)</b>	0.52	Medio
<b>ClCe (meq/100g)</b>	2.28	Muy baja
<b>S (ppm)</b>	38.96	Alto
<b>Zn (ppm)</b>	1.03	Bajo
<b>B (ppm)</b>	0.67	Medio
<b>Textura</b>	FA	Mayor % de arena
<b>Densidad aparente (g/cc)</b>	1.4	Método del núcleo

- Se recomendaron los fertilizantes químicos de acuerdo con el tratamiento estipulado y los resultados del análisis de suelos, según la fórmula:

$$NF = \left( \frac{RPC - S}{E} \right) * 100$$

En donde:

- NF** : Necesidad de fertilización, kg/ha  
**RPC** : Requerimiento ponderado del cultivo, kg/ha  
**S** : Disponibilidad de nutrientes en el suelo, kg/ha  
**E** : Eficiencia de la fertilización  
**100** : Constante porcentual

Esta fórmula está descrita por Cadavid (2002) en el libro "La yuca en el tercer milenio"<sup>1</sup>

El Cuadro 3. muestra la recomendación de fertilizantes a partir de mezcla física de DAP, úrea y KCl y un fertilizante compuesto granulado tipo 15-15-15.

<sup>1</sup> La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. 2002. Compilado y dirigido por Bernardo Ospina y hernán Ceballos. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA). 586 p. ISBN 958-694-043-8

**Cuadro 3. Recomendación de fertilizantes químicos en suelos de Palapa, Sabanalarga, Atlántico.**

<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
80	30	80

DAP	200 kg/ha
Úrea	96 kg/ha
KCl	160 kg/ha
15-15-15	600 kg/ha

El ensayo se llevó a cabo en la Finca Palapa, por el personal técnico de Industrias del Maíz S.A. y los fertilizantes fueron donados por Monómeros Colombo-Venezolano S.A. con sede en la ciudad de Barranquilla, Atlántico, y a razón de:

	<b>Cantidad</b>	
DAP	600 kg	12 bultos de 50 kg
Úrea	288 kg	6 bultos de 50 kg
KCl	480 kg	10 bultos de 50 kg
15-15-15	600 kg	12 bultos de 50 kg

- Cuando el ensayo tenía cuatro meses (4) después de siembra (6 a 8 de octubre de 2003), se realizó una visita técnica y de inspección, en donde se encontró una pequeña diferencia a nivel de vigor y altura de las plantas, al comparar los diferentes tratamientos (Figuras 5 a 9); un excelente estado fitosanitario y algunas plantas con volcamiento (caídas) debido a fuertes aguaceros en la región.



**Figura 5. Testigo absoluto.**



Figura 6. Fertilización a los 45 días, fórmula completa y mezcla.



Figura 7. Fertilización con máquina a la siembra (15-15-15).



Figura 8. Fertilización con máquina a la siembra (fórmula completa, mezcla)



Figura 9. Fertilización con máquina a la siembra (50% fórmula completa, mezcla) y 50% fórmula completa, mezcla a los 45 días (manual)

### **13. Análisis de los resultados**

Se cosechó en abril 8 de 2003. Para el efecto, se demarcaron parcelas de 20 plantas para un total de 4 repeticiones por tratamiento como se observa en la Figura 10.

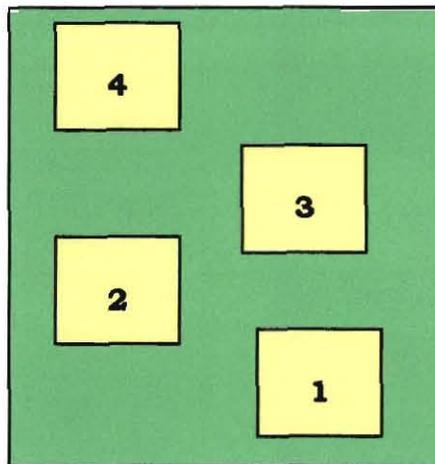


Figura 10. Plano de cosecha.

Se tomaron datos de peso fresco en raíces y follaje (Figura 11).



Figura 11. Cosecha de raíces.

Se tomaron submuestras de raíces tuberosas / tratamiento para la determinación del porcentaje de materia seca por el método de gravedad específica, aplicando la fórmula:

$$\frac{\text{Peso en aire}}{\text{Peso en aire} - \text{peso en agua}} = \text{Gravedad específica}$$

$$\% \text{ MS} = 158.26 (\text{GE}) - 142.05 (\text{Según Toro y Cañas, 1983, citados por Ospina et al, 2002})$$

Los datos tomados en kg/parcela se convirtieron a t/ha y con el dato de peso fresco y % de materia seca de raíces, se llevaron los resultados a peso seco de raíces en t/ha. Se realizó un análisis estadístico por el método SAS y un test de DMS. Los resultados se pueden observar en la Cuadro 4.

Cuadro 4. Respuesta de la yuca a la siembra y la fertilización mecanizada en suelos del departamento del Atlántico.

Tratamiento	Rendimiento toneladas por hectárea			
	Peso raíces frescas	Peso follaje fresco	% materia seca de raíces	Peso raíces secas
1	18.6 b	18.8 c	28.0 a	5.22 b
2	28.6 ab	38.0 a	30.4 a	8.65 a
3	30.2 a	19.4 c	29.7 a	8.92 a
4	29.2 ab	23.1 bc	28.3 a	8.29 ab
5	35.2 a	31.4 ab	29.6 a	10.41 a
Promedio	28.3	26.1	29.2	8.3

A nivel de PFR, PFF y PRS hubo una respuesta altamente significativa ante la fertilización química y poca respuesta a la fertilización mecanizada, aunque con un ligero efecto positivo al compararlo con la aplicación manual.

Con el fertilizante granulado 15-15-15 se obtuvieron los mejores resultados 35.2 t/ha en fresco y 10.4 t/ha en seco para raíces tuberosas.

Analizando los resultados, es claro suponer que con la mezcla de abonos (DAP, úrea y KCl) y aplicados a mano o con la máquina, se consigue el mismo resultado pero la diferencia radica en el ahorro de mano de obra disminuyendo los costos de producción, ya que para fertilizar una hectárea de yuca se requieren de 4 a 5 jornales y para la siembra de la misma hectárea, 8 jornales mientras que la máquina puede sembrar de 5 a 7 hectáreas por día de 8 horas.

Indudablemente, utilizando la máquina y empleando el 15-15-15 se obtienen mejores resultados, lo que nos indica que el abono tiene menores pérdidas, pero debe ser un abono compuesto y de tipo granular para aumentar la eficiencia de la fertilización.

La época de cosecha coincidió con tiempo de lluvias y se presentó que los contenidos de materia seca en las raíces no fueron muy altos y no se presentaron diferencias significativas con los tratamientos como se observa en la Figura 12.





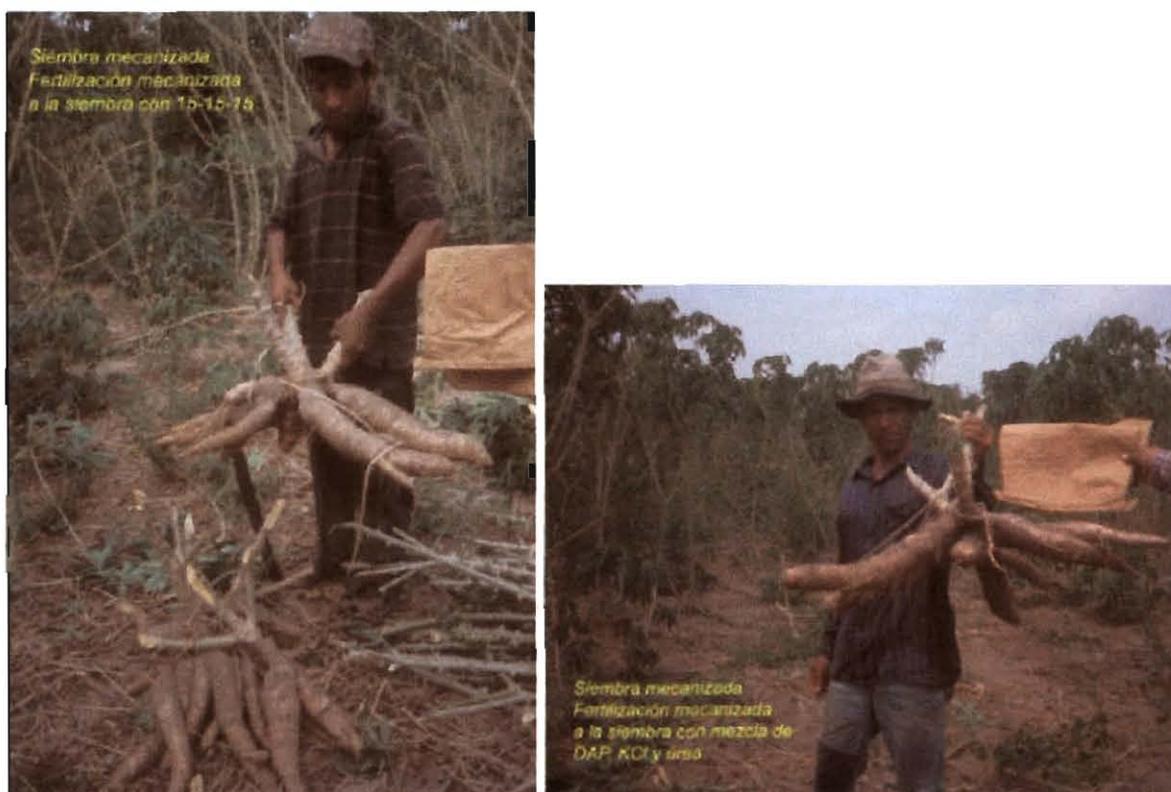


Figura 12. Detalles sobre la cosecha.

#### **14. Desarrollo de las actividades del producto d**

*Actividades de divulgación, capacitación y disseminación de información relevante a grupos de productores, procesadores, consumidores, técnicos, empresarios y otros sectores interesados en el desarrollo de sistemas eficientes, rentables y competitivos de producción de yuca.*

De echo, la empresa patrocinadora de este proyecto a nivel de campo, Industrias del Maíz S.A., se vio favorecida con los resultados del ensayo y están implemenando esta nueva tecnología en campos comerciales en el departamento del Atlántico y el Magdalena empleando abonos granulados de la otra empresa patrocinadora, Monómeros Colombo-Venezolano S.A.

También, en mayo 30 de 2003 se transfirió tecnología mediante una conferencia en la ciudad de Barranquilla a 60 profesionales de la empresa Monómeros Colombo-Venezolano S.A. en un seminario sobre fertilización de cultivos de clima cálido y en otro seminario organizado por la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, capitulo Tolima se dictó la conferencia "Respuesta de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) a la siembra y a la fertilización mecanizadas en suelos del departamento del Atlántico". La audiencia de este seminario estaba compuesta por profesionales, técnicos y estudiantes de la Universidad del Tolima.

Además, en cursos adicionales sobre fertilización del cultivo de la yuca se trató este tema, especialmente en la ciudad de Tamalameque, Cesar (septiembre 7 de 2003) y en Barrancabermeja, Santander (noviembre 18 al 20 de 2003).

En las instalaciones de CLAYUCA se dispone de un CD con el título "Respuesta de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) a la siembra y a la fertilización mecanizadas en suelos del departamento del Atlántico".