

**RENDIMIENTO, CONTENIDO NUTRICIONAL, ACIDO CIANHIDRICO Y
CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS DE 10 LINEAS DE YUCA
(*Manihot esculenta*, Crantz)**

POR

JUAN CARLOS MURILLO SANCHEZ

TESIS

300480

PRESENTADA A LA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

BIBLIOTECA WILSON POPENOR
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 98
TEGUCIGALPA HONDURAS

El Zamorano, Honduras

Abril, 1995

#581
C. Murillo Sanchez

DEDICATORIA

Al rey de reyes y creador del universo JEHOVA.

A mi madre Elizabeth Sanchez, con quien tuve buenos y malos ratos, pero al final siempre Dios nos recompensa !GRACIAS MAMA POR TODO!.

A mi padre Edgardo Murillo Reina, por su apoyo incondicional, sin el cual no hubiera sido posible llegar hasta donde me encuentro !GRACIAS!

A mis hermanos Ing. Agr. Angel Murillo S. y Cesar Oscar Murillo S., sepan que los aprecio mucho y que sus consejos me fueron de gran ayuda !GRACIAS!.

A mis buenos amigos:

Carlos Quan y el grupo Coyolito, Walter Ortiz, Franklin Amaya, Mauricio Suazo y demás compañeros del PA y el PIA.

A mi buen amigo Jano Arnaldo Posadas Urbina (QDDG).

AGRADECIMIENTOS

A JEHOVA por la vida.

A mi madre por TODO, al igual que a mi padre y mis hermanos (Angel y Cesar Oscar).

A mis asesores:

Dr. Alfredo Montes, Doña Gladys de Flores y el Dr. Odilo Duarte, gracias por su apoyo en este proyecto.

Al personal de Tecnologia de alimentos, cosecha y post cosecha, Hortalizas y el Laboratorio de Bromatología de la Escuela Agricola Panamericana, gracias por su colaboración y ayuda.

Al señor José Montenegro, Ramón Villeda Bermudez (ministro de Recursos Naturales) y el excelentísimo señor presidente de la república Dr. Carlos Roberto Reina y su distinguida esposa, gracias por la confianza depositada en mi.

A las familias: Murillo C., Rivas Murillo, Murillo C., Murillo Reina, Quan Carrasco, Illa, Murillo Fernandez y demás que me apoyaron.

A Ivan por la ayuda en el laboratorio, Eva y Helga por su tiempo prestado para ayudarme en la parte de computo.

A la Dr. Beatriz Murillo por comenzar conmigo en este proyecto, aunque no lo lograra culminar.

A todas las demás personas que de una u otra forma tuvieron que ver en la realización de este proyecto.

A HONDURAS.

INDICE GENERAL

	PAGS.
PORTADA.....	i
APROBACION DE TESIS.....	ii
DERECHO DE PROPIEDAD Y REPRODUCCION.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE GENERAL.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE GRAFICOS.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
A.- <u>Origen y características</u>	3
B.- <u>Utilización y valor nutricional</u>	3
C.- <u>Suelos, temperatura y humedad</u>	5
D.- <u>Propagación</u>	5
E.- <u>Plantación y espaciamento</u>	6
F.- <u>Fertilizantes</u>	6
G.- <u>Insectos y enfermedades</u>	6
H.- <u>Rendimiento</u>	7
I.- <u>Evaluación poscosecha</u>	9
J.- <u>Contenido de ácido cianhídrico</u>	15
III. MATERIALES Y METODOS.....	20
A.- <u>Siembra</u>	20

B.- <u>Cosecha</u>	21
C.- <u>Rendimiento</u>	21
D.- <u>Evaluación poscosecha</u>	22
E.- <u>Contenido nutricional y de ácido Cianhídrico</u>	22
F.- <u>Características organolépticas</u>	24
G.- <u>Diseño estadístico</u>	25
IV. RESULTADOS	28
A.- <u>Rendimiento</u>	28
1.- <u>Rendimiento a los 7 meses</u>	28
2.- <u>Rendimiento a los 9 meses</u>	29
3.- <u>Rendimiento a los 11 meses</u>	30
B.- <u>Evaluación poscosecha</u>	32
C.- <u>Contenido nutricional y de ácido cianhídrico</u> ..	35
1.- <u>Contenido nutricional</u>	35
2.- <u>Contenido de ácido cianhídrico</u>	38
D.- <u>Características organolépticas</u>	40
V. DISCUSION.....	42
A.- <u>Rendimiento</u>	42
B.- <u>Deterioro fisiológico</u>	45
C.- <u>Contenido nutricional y de ácido cianhídrico</u> ..	47
D.- <u>Características organolépticas</u>	48
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES.....	51
VIII. RESUMEN.....	52
IX. BIBLIOGRAFIA.....	54
X. ANEXOS.....	58
XI. DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR.....	62

INDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Análisis Proximal promedio de raíces de yuca en base húmeda y seca.....	4
Cuadro 2. Rendimiento promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca a los 7 meses de edad.....	28
Cuadro 3. Rendimiento promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca a los 9 meses de edad.....	29
Cuadro 4. Rendimiento promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca a los 11 meses de edad.....	30
Cuadro 5. Cuadro resumen de las separaciones de medias y significancia del rendimiento obtenido de las 10 líneas de yuca estudiadas.....	31
Cuadro 6. Deterioro fisiológico promedio mostrado en condiciones de cuarto frío a diferentes edades en raíces de 10 líneas de yuca (porcentajes).....	33
Cuadro 7. Cuadro resumen de las separaciones de medias y significancia del deterioro fisiológico en condiciones de cuarto frío (12° C) mostrado por las raíces de 10 líneas de yuca (porcentajes).....	34
Cuadro 8. Análisis proximal promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca en base fresca a los 7 meses de edad (porcentajes).....	35
Cuadro 9. Análisis proximal promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca en base fresca a los 9 meses de edad (porcentajes).....	36
Cuadro 10. Análisis proximal promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca en base fresca a los 11 meses de edad (porcentajes).....	36
Cuadro 11. Cuadro resumen de las separaciones de medias y significancia del análisis Proximal realizado a 10 líneas de yuca durante 3 edades de cosechas.....	37

Cuadro 12. Contenido de ácido cianhídrico (HCN) de raíces de 10 líneas de yuca a varias edades en base fresca (mg/Kg de materia fresca).....38

Cuadro 13. Cuadro resumen de la separación de medias y grado de significancia para el contenido de ácido cianhídrico mostrado por la raíces de 10 líneas de yuca.....39

Cuadro 14. Ordenamiento en cuanto a consistencia de raíces cocidas de 10 líneas de yuca a diferentes edades (orden ascendente para la consistencia de suave a duro).....41

INDICE DE GRAFICOS.

Gráfico 1. Rendimiento comercial total de 10 líneas de yuca a los 7 meses de edad.....	43
Gráfico 2. Rendimiento comercial total de 10 líneas de yuca a los 9 meses de edad.....	43
Gráfico 3. Rendimiento comercial total de 10 líneas de yuca a los 11 meses de edad.....	44
Gráfico 4. Comparación de rendimientos obtenidos entre líneas y entre edades.....	45
Gráfico 5. Deterioro fisiológico mostrado en condiciones de cuarto frío por 10 líneas de yuca a diferentes edades.....	46
Gráfico 6. Concentración de ácido cianhídrico obtenido de raíces de 10 líneas de yuca a diferentes edades.....	48

INDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Análisis de Varianza del deterioro fisiológico mostrado por las raíces de 10 líneas de yuca a los 7 meses de edad.....	58
Anexo 2. Análisis de Varianza del deterioro fisiológico mostrado por las raíces de 10 líneas de yuca a los 9 meses de edad.....	58
Anexo 3. Análisis de Varianza del deterioro fisiológico mostrado por las raíces de 10 líneas de yuca a los 11 meses de edad.....	58
Anexo 4. Análisis de Varianza del rendimiento obtenido de las raíces de 10 líneas de yuca a los 7 meses de edad.....	59
Anexo 5. Análisis de Varianza del rendimiento obtenido de las raíces de 10 líneas de yuca a los 9 meses de edad.....	59
Anexo 6. Análisis de Varianza del rendimiento obtenido de las raíces de 10 líneas de yuca a los 11 meses de edad.....	59
Anexo 7. Mapa de campo del ensayo.....	60
Anexo 8. Escala propuesta por el CIAT para de terminar porcentaje de deterioro poscosecha.....	61

I. INTRODUCCIÓN

Gran parte de la humanidad vive en déficit alimentario, tanto en relación a proteína como al componente energético de la ración, por lo que la acción requerida de la ciencia y la tecnología tiene que dirigirse a una solución global y no parcial. Pero como el problema no es único, las soluciones tampoco lo serán.

Además no puede ser única la solución del problema alimentario propiamente dicho y menos aún, si se considera que al lado de las deficiencias energéticas y proteicas, a las que se puede denominar macrodeficiencias, existen otras cuyas respuestas no dependen, o pueden no depender en alto grado, del trabajo agrícola (Montaldo, 1985).

La yuca se considera como una alternativa a estos problemas en el trópico, ya que se reporta tanto en Africa como en Latinoamérica como la segunda o tercera fuente más importante de calorías (Phillips, 1974).

A diferencia de otros cultivos la yuca posee varias ventajas comparativas como son:

- a.- Las sequías prolongadas que son características en extensas zonas tropicales, afectan poco el cultivo.
- b.- Tanto la planta como sus productos, cuando son debidamente procesados, son poco atacados por enfermedades o plagas.
- c.- La cosecha puede recolectarse desde los 10 hasta los 24 meses, sin la premura característica de los otros cultivos.
- d.- Los productos de la yuca tienen una vida útil muy larga, en comparación con otros alimentos, cuando no se emplean métodos de conservación que requieran de una tecnología especial (Montaldo, 1973).

Debido pues a la importancia que tiene la yuca para un gran numero de personas en los trópicos, es que se realizó este estudio, cuyo objetivo principal fue el de establecer la mejor fecha o edad de la planta en la cual se obtenga un mayor rendimiento, un bajo contenido de HCN, al igual que una buena calidad de raíz.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A.- ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS.

Se da el nombre de yuca o mandioca a la raíz farinácea de Manihot esculenta Crantz, planta del orden Euforbiaceas originaria de Brasil, y que tiene su área de producción comprendida entre los 30 grados de latitud norte y los 30 grados de latitud sur, y está limitada a zonas de menos de 2000 metros de altura sobre el nivel del mar y que reciben una precipitación anual de 200 a 2000mm. (Phillips, 1974) citado por Phillips (1982).

Una parte importante en el manejo de este cultivo se debe a que ésta, sigue cuatro fases principales de desarrollo que son : brotación de las estacas, formación del sistema radicular, desarrollo de tallos y hojas y engrosamiento de las raíces reservantes y acumulación de almidón en sus tejidos (Montaldo, 1985).

B.- UTILIZACION Y VALOR NUTRICIONAL.

Los brotes y las hojas tiernas de la yuca son comestibles ya cocinados. Las hojas son altas en proteína variando los porcentajes en algunos cultivares de 20 a 30 %.

36.4% en base fresca. Distintos análisis indican que también contienen altos contenidos de Vitamina C, según un estudio de la Universidad de Georgia. La parte más utilizada es la raíz, la que se consume de varias maneras: asada, hervida, frita o convertida en harina. Además de su alto contenido de carbohidratos, usados como alimento energético, también tiene cantidades significativas de ácido ascórbico, calcio, tiamina, riboflavina, y niacina (Cásseres, 1981).

En el cuadro 1 se muestran los resultados comparativos del contenido nutricional de la raíz de la yuca tanto en base fresca como en base seca.

Cuadro 1. Análisis Proximal promedio de raíces de yuca en base húmeda y seca.

COMPONENTE	PORCENTAJE EN BASE HUMEDA	PORCENTAJE EN BASE SECA
Humedad	61.0	---
Proteína	1.2	3.1
Grasa	0.4	1.1
Carbohidratos	34.9	89.4
Fibra	1.2	3.1
Cenizas	1.3	3.3

Fuente Montaldo (1982), citado por Cardona (1994).

C.- SUELOS, TEMPERATURA, HUMEDAD.

Los suelos más apropiados para la yuca son los migajones arenosos, friables, profundos y bien drenados. La soltura de la tierra es necesaria para la buena formación de las raíces y para facilitar la cosecha. Los suelos que se aniegan no son buenos; en ellos se debe sembrar la yuca en lomillos o montículos. Para asegurar su crecimiento rápido, la planta requiere bastante humedad y las temperaturas uniformemente cálidas comunes desde el nivel del mar hasta unos 1000 metros sobre el nivel del mar. Cuando ya tiene varios meses de edad, la planta de yuca resiste varias semanas de sequía y si hacia el final del ciclo ocurre un período de poca lluvia, se aprovecha para hacer la cosecha (Cásseres, 1981).

D.- PROPAGACION.

Algunos cultivares de yuca florecen y en ciertos casos producen semillas viables. Esta reproducción sexual se aprovecha sólo en programas de mejoramiento genético. En la práctica la multiplicación se hace vegetativamente por secciones de tallo de 30 a 60cm. de largo llamadas estacas (Cásseres, 1981).

E.- PLANTACION Y ESPACIAMIENTO.

Las estacas se colocan en posición inclinada encima de una cama y se les cubre o entierra con 20 a 30cm. de tierra. El espaciamiento varía de 0.8 a 1 m entre plantas y de 1 a 1.5 m entre surcos (Montaldo, 1985).

F.- FERTILIZANTES.

La yuca se le considera como poco exigente de elementos nutritivos y por lo general produce bien aun en suelos pobres. En la mayoría de las siembras de subsistencia en suelos tropicales no se aplica abono. Sin embargo, la yuca responde a fertilizantes balanceados con NPK. La abundancia de nitrógeno no parece aumentar el rendimiento de la yuca, pues la planta utiliza el N mayormente en el follaje y así no se traduce su aplicación en mejores cosechas. La omisión de N y P puede reducir el contenido de proteína y el rendimiento de las raíces. La falta de K reduce el desarrollo de la planta y peso de las raíces (Cásseres, 1981).

G.- INSECTOS Y ENFERMEDADES.

Los insectos y las enfermedades no parecen ser factores limitantes para la producción de yuca. Esto no

quiere decir que no haya problemas y que ciertos insectos o enfermedades no puedan ser de importancia (Cásseres, 1981).

H.- RENDIMIENTO.

Los rendimientos son muy diversos y dependen de la naturaleza de los cultivares, la duración del período vegetativo, las condiciones del medio ambiente y la forma de cultivo.

Montaldo (1985), considera que un rendimiento fácilmente logable aplicando buenas técnicas agronómicas al cultivo es de 30 t/ha de raíces reservantes a los 12 meses de vegetación, que corresponde a 2,5 toneladas de raíces por hectárea y por mes.

En trabajos experimentales citados por Montaldo (1985), indica rendimientos de 55.1 y 62.5 t/ha en material de híbridos en 11 meses. Mientras que Montaldo (1972), registra rendimientos en el cultivar UCV 2194 de 31.39 t/ha a los 10 meses y de 67.69 t/ha en el cultivar UCV 2078 a los 16 meses. Por último, en esta misma revisión Henaín y Cenoz (1970), dan para la región de Corrientes, Argentina, rendimientos experimentales que van desde un máximo de 21.6 t/ha para el cultivar Blanco a 6.2 t/ha para el cultivar Colorado con

ciclo vegetativo de 9 a 10 meses citados por Montaldo (1985).

Brasil es el mayor productor de yuca del mundo, con una producción de 31 millones de toneladas sobre el total mundial de 105.417 millones de toneladas, lo que constituye el 29% del total mundial (Montaldo, 1985).

En la República Dominicana la yuca ocupa el segundo lugar en la escala de consumo de raíces, tubérculos y musáceas producidas en el país. En años anteriores, el consumo per capita registró una disminución de un 50%, no porque haya habido un cambio en la dieta del dominicano, sino porque la producción ha sufrido un proceso de estancamiento mientras que la población, de 1962 para acá, se ha triplicado, en esa época el país sembró de 20,000 a 25,000ha. con un rendimiento, en promedio, de 10 t/ha (Guzmán, 1982).

Rodríguez (1981), reportó que en Cuba el área total sembrada fue de 37,218 ha de las cuales 24,192 (65%) fueron sembradas con cultivares seleccionados. De esta manera, el área total aumentó en los últimos cuatro años (desde 1977), en 15,000 ha y el rendimiento promedio en esta área pasó , en el mismo lapso de 7 a más de 20 t/ha.

En el Paraguay, durante la campaña agrícola 1979-1980 se sembraron alrededor de 135,700 ha que, con un rendimiento promedio de 14.9 t/ha, representaron una producción de un poco más de dos millones de toneladas (Cáceres, 1982).

En Perú, la yuca es cultivo muy importante, en especial para la población que habita en la región de la selva, donde se siembra el 80% de las 37,000 ha que comprenden el área sembrada con yuca. El promedio nacional de rendimiento fue de 11 t/ha, que esta por debajo del potencial alcanzado en los trabajos de investigación aplicada, realizados por las estaciones experimentales, las que han obtenido rendimientos de 20 t/ha en campos de agricultores (Solórzano, 1980).

En experimentos realizados en la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras, existe un amplio rango de rendimientos que van desde 4 hasta 64 t/ha según varios autores (Vamosy y colaboradores, 1988; Vamosy, 1988; Zepeda y Montes, 1990; Zepeda y colaboradores, 1990; Nieto y Montes, 1993), citados por Cardona (1994).

I.- EVALUACION POSCOSECHA.

El deterioro fisiológico poscosecha de las raíces de la yuca es un serio factor limitante que afecta su

almacenamiento por cierto tiempo, aunque éste sea corto. Los pigmentos negros que resultan hacen que las raíces sean no comestibles por humanos como por animales (Wheatley, 1980), citado en CIAT (1981).

En el CIAT (1980), se llevó a cabo una investigación en la cual se quería tener un mejor conocimiento de las causas de este problema y métodos de control. Mediante un procedimiento sencillo de evaluación, se encontró que la variación dentro y entre cultivares en relación con la susceptibilidad al deterioro fue considerable. Se verificó que la poda de plantas antes de la cosecha induce resistencia al deterioro en cultivares susceptibles como también conduce a una disminución en el contenido de almidón en las raíces. Se encontró que esto continúa por períodos considerables después de la poda (mayor de 9 semanas). Los estudios del ecosistema muestran que existe un componente ambiental en la variación en la susceptibilidad dentro de un cultivar y que los estrés fisiológicos en general (climáticos, bióticos o edáficos) pueden conducir a una disminución en la susceptibilidad.

Estudios bioquímicos proporcionan evidencia de la existencia de un fenol (escopoletina) que presenta una fluorescencia azul bajo luz ultra violeta y aparece en

tejidos frescos unas cuantas horas después de la cosecha y se acumula rápidamente. Las aplicaciones de escopoletina a tejidos frescos inducen la pigmentación negro azul de los vasos en un período de 6 horas. Los tejidos de las plantas antes de podar (resistentes), no acumulan escopoletina con la misma intensidad pero sí responden al compuesto exógeno. (Wheatley, 1980), citado en CIAT (1981).

Rickard y colaboradores (1979), citados por CIAT (1980), mencionan que la utilización de la yuca está seriamente impedida por el rápido deterioro poscosecha . Esto ocurre en dos etapas: (1) decoloración vascular (proceso fisiológico); (2) pudrición microbiana. Ellos realizaron exámenes histoquímicos en el material descolorido y sin pigmentación y en las superficies de las lesiones, en trozos de raíces de yuca congeladas y volubles, provenientes de Jamaica (cv. Yellow Heart) y Ghana (cv. Ankrah). Con base en los resultados que obtuvieron de los exámenes, manifestaron que parece ser que el decoloramiento vascular en la yuca es un proceso fisiológico que responde a la lesión, y que el material xilemático con pigmentación contiene lípidos, lignina e hidratos de carbono, derivados de células parenquimatosas adyacentes. Las pudriciones bacterianas, en cambio son ocasionadas por la infección de las raíces por

patógenos (bacterias, hongos, virus) durante el cultivo, al momento de la cosecha, o en el almacén.

Según Chevaugéon (1956), citado por Montaldo (1985), la superficie de corte en la base de las raíces de yuca a la cosecha representa lo mismo que el corte de las estacas, al momento de la plantación, una excelente puerta de entrada a diferentes organismos patogénicos, como ejemplo se pueden mencionar el Fusarium solani var. eumartii, Mucor mucedo, Lasiodiplodia theobromae, entre otros.

Un ensayo realizado por Pillai y colaboradores (1970), citados en CIAT (1981), en el cual se almacenaron raíces de yuca por dos meses o más, no hubo deterioro cuando se enterraron en un suelo con arena o grava o en aserrín, siempre y cuando la humedad se mantuviera cerca del 20 %; contenidos de humedad mayores produjeron el deterioro de las raíces. Raíces conservados en envases de barro con agua en el fondo y cubiertos con costales húmedos también permanecieron sin deterioro por dos meses. Los raíces en almacenamiento mostraron incrementos en el peso y el contenido de azúcares y disminución en el contenido de almidón. No se afectó durante el almacenamiento la calidad de cocción y las raíces permanecieron sanas.

En el ñame, un cultivo de raíces anual y tropical, las raíces presentan latencia durante la cosecha o poco tiempo después, y en ausencia de daño físico o patológico se pueden almacenar satisfactoriamente durante largos períodos hasta que se presenten los vástagos, después de lo cual las raíces muestran envejecimiento natural. En contraste, la yuca es un cultivo perenne, y sus raíces de almacenamiento engrosadas presentan envejecimiento natural inmediatamente después de la cosecha y normalmente no se pueden almacenar sino durante unos pocos días (Possam y Noon, 1977), citados en CIAT (1980).

Las principales pérdidas poscosecha de raíces frescas de yuca se deben a las pudriciones blandas provocadas por infecciones de hongos o bacterias, la pérdida de peso y el ennegrecimiento del tejido vascular. Estas raíces pierden su valor comercial a los pocos días de haber sido cosechadas y se asocian a daños mecánicos causados durante la cosecha y el transporte. El envolver las raíces en plástico prolonga la vida de almacenamiento y en gran parte reduce las pérdidas, especialmente cuando se emplean en el curado de raíces al poco tiempo de la cosecha y el almacenamiento en frío. Los tratamientos parecen tener viabilidad económica, dando al producto una atractiva apariencia en el mercado. Sin embargo, todavía se presenta el problema del estriado

vascular. Los recubrimientos con parafina y el almacenamiento en materiales que preserven la humedad o el almacenamiento en frío lograron reducir las pérdidas incluso del estriado vascular, pero aparte del tratamiento con parafina las otras se consideraron no aptas para el mercado (Thompson, 1977), citado en CIAT (1981).

Montaldo (1973), citado por Montaldo (1985), experimentó con un cultivar susceptible al deterioro fisiológico (ucv 2106), que fue sometido a 0, 5, 10, 24° C. El rayado marrón fue extremo después de una semana, en las raíces almacenadas a 10° C y 24° C, con una pérdida de peso elevada. El almacenamiento a 0° C y 5° C no produjo rayado marrón después de una semana, pero cuando el almacenamiento frigorífico fue seguido por temperatura de 24° C éste se desarrolló rápidamente. El almacenamiento prolongado a 0° C y 5° C no produjo rayado marrón en las raíces grandes, pero si algo en las raíces pequeñas y medianas después de tres semanas. Las raíces pequeñas presentaron un mayor porcentaje de pérdida de peso que las raíces grandes.

J.- CONTENIDO DE ACIDO CIANHIDRICO.

La propiedad de ciertas plantas para sintetizar bajo determinadas circunstancias, el ácido cianhídrico o sus precursores, se denomina cianogénesis. Aproximadamente mil plantas, representantes de 90 familias y por lo menos 250 géneros, se señalan como cianogenéticas. Se han identificado 11 glúcósidos cianogénéticos (Conn, 1969), citado por Montaldo (1985).

Según Montaldo (1972), citado por Montaldo (1985), la mayoría de los glúcósidos cianogénéticos son sintetizados por la planta a partir de alguno de los siguientes aminoácidos: valina, isoleucina, fenilalanina y tirosina.

Los glúcósidos cianogénéticos son tóxicos, porque de ellos se genera por degradación enzimática el ácido cianhídrico (HCN). En la yuca se han identificado los B-glucósidos Linamarina y Lotaustralina (Bisset et al, 1969) citados por Montaldo (1985).

Entre las plantas cianogenéticas se incluyen muchas de gran valor económico, por su producción alimenticia y sobre todo de materias primas para industrias. Entre otras se pueden citar: el sorgo, el lino, el caucho, el almendro, el durazno, el damasco, la yuca, etc. (Montaldo, 1985).

El patrón de distribución de linamarina y sus tres enzimas catabólicas (linamarasa, hydroxinytrielyasa (HNL) y B-cyanoalanina sintetasa (B-CAS), fueron estudiadas en yuca. En otros cultivares estudiados las altas acumulaciones de linamarina comparadas con la de las raíces fueron observadas en hojas, tallos y cáscara. Las tres enzimas estuvieron presentes en los cultivos de la yuca, indicando una producción activa de linamarina en la planta. Se encontró que la distribución de linamarina varía en diferentes estados de crecimiento de planta. Estudios acerca del metabolismo de linamarina en tempranas fases de crecimiento mostraron que durante la germinación, casi toda la linamarina presente en el tallo fue utilizada. Los niveles se mantuvieron invariables inicialmente hasta que las raíces y las hojas desarrollaron y entonces decrecieron rápidamente. Una parcial traslocación de linamarina a las raíces fue observada. Sin embargo la presencia de actividad de linamarasa, HNL y B-CAS en todos los estados de crecimiento, sugieren una parcial movilización y utilización de linamarina como un compuesto no cianogénico. El potencial total de HCN decrece inicialmente pero luego se incrementa debido a la subsecuente biosíntesis en las hojas. Estudios detallados de la enzima linamarasa indicaron el rol de ciertos inhibidores, los cuales podrían evitar la acción de ésta, por consiguiente facilitando el transporte de

linamarina. Estos estudios podrían en un futuro explicar el metabolismo de transporte de linamarina en la planta, el cual es necesario para un efectivo control de la cianogénesis en la yuca (Nambisan, 1992).

Yeoh y Oh (1979), citados en CIAT (1981), realizaron un ensayo en el cual se evaluó el contenido de HCN de hojas y raíces tuberosas de yuca (la pulpa y la cáscara o corteza) de 31 cultivares desarrollados en la Universidad de Pertanian de Malaysia. Las hojas mostraron una amplia variación en el contenido de HCN en el rango de 12.5 - 85.4 mg/100g de peso fresco. En las raíces, la pulpa presentó un contenido de HCN menor (2.2 - 16.6 mg/100g de peso fresco) que en la cáscara (11.1 - 70 mg/100g de peso fresco). No se observó relación significativa entre la cantidad de HCN en la hoja y la pulpa, la hoja y la cáscara y la pulpa y la cáscara.

Los cultivares de yuca se clasifican en:"dulces" y "amargos" de acuerdo con el bajo o alto contenido de cianuro de las raíces. Sin embargo, el contenido de cianuro en las raíces de los diferentes cultivares estudiados es muy variable (Joachim y Pandittesekere, 1944; de Bruijn, 1973; Muthuswany et., al 1973; Cooke et al., 1978; Gómez et al., 1980), citados por Montaldo (1985). El contenido de cianuro

cultivares, sino por algunos otros factores ambientales como condiciones de los suelos y temperaturas (Bolhuis 1954; de Bruijn 1973), citados por Montaldo (1985).

Bolhuis (1954), Gómez (1980) y Koch (1954) citados por Montaldo (1985), coinciden en que una concentración de más de 100 mg/kg de HCN en yuca fresca, puede ser perjudicial para la salud humana, ya que el HCN es un potente inhibidor de la respiración celular.

Bruijn (1973) citado por Bruijn (1982), no encontró ninguna relación entre el contenido de glucósidos de las raíces y la edad de la planta; sugirió que la diferencia de concentración hallada, algunas veces, en muestreos sucesivos, se debe más a cambios en las condiciones ecológicas que a cambios en la edad de las plantas.

Las condiciones ambientales pueden modificar el contenido de cianuro en raíces de yuca. Ciertos cultivares con bajos contenidos de cianuro, podrían resultar con incrementos de HCN bajo diferentes condiciones ambientales (Domínguez et al., 1979), citados en CIAT (1980).

Ferrero y Villegas (1993), utilizaron dos grupos de plantas del mismo cultivar para luego analizar el efecto de

la distribución de las lluvias durante el ciclo de la planta sobre el contenido de HCN. Las plantas fueron producidas in vitro, se mantuvieron sembradas por un mes bajo condiciones controladas en invernaderos y subsecuentemente transferidas al campo. Después de ocho meses en el campo, las raíces fueron cosechadas y los contenidos de cianuro fueron evaluados. Un valor significativo más alto en el contenido de HCN (18 mg HCN/g de parénquima fresco) fue obtenido en plantas cosechadas después de dos meses de sequía comparadas con aquellas cosechadas a mediados de Enero las cuales no sufrieron de este problema (5 mg HCN/g de parénquima fresco). Cuando la lluvia se extendió por más tiempo, no existió un efecto significativo de la lluvia total en el contenido de HCN de los cultivares que fueron estudiados. Estos resultados sugieren que los contenidos de HCN dependen más de la humedad prevalente en el suelo durante el ciclo de cultivo que del total de lluvia caída. De acuerdo a estas bases es posible decidir la fecha en que las plantas deben ser transferidas al campo, de acuerdo con el uso que se les de a las raíces producidas.

III. MATERIALES Y METODOS

A.- SIEMBRA.

El ensayo fue realizado en el lote numero 18, de la zona II de la sección de Hortalizas del Departamento de Horticultura, Escuela Agrícola Panamericana (EAP) localizada en el valle del río Yeguaré, a 14 grados de latitud norte y 87 grados de latitud oeste, a una altitud de 800 metros sobre el nivel del mar.

El ensayo se instaló el 23 de diciembre de 1993, se sembraron 48 líneas de yuca, correspondiéndole a cada línea 10 plantas. Las 10 líneas analizadas en este ensayo habían sido objeto de una investigación anterior (tesis de Cardona 1994), en la cual se les habían encontrado características más deseables que las restantes, por lo que se efectuó el trabajo en ellas.

El arreglo espacial fue de 1 m. entre plantas y 1.5 m. entre surcos, haciendo una densidad final para cada línea de aproximadamente 6666 plantas/ha, las plantas fueron sembradas de acuerdo al método utilizado comúnmente, que es el de estaca, las estacas se plantaron con 45 grados de inclinación.

B.- COSECHA.

Se realizaron tres cosechas una a los 7 meses de edad (23 de julio), otra a los 9 meses (23 de septiembre) y la última a los 11 meses (23 de noviembre). Estas se hicieron con machete y piocha solamente. De las 10 plantas que habían por cada línea, por cosecha se extraían 3 plantas, de las cuales se obtenía el rendimiento, se hacía la evaluación con el panel de degustación y también los análisis de laboratorio (HCN y Proximal).

C.- RENDIMIENTO.

Cada planta que se cosechaba se metía en canasta plástica, para luego ser llevada a la Planta de Poscosecha del Departamento de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), en donde eran pesadas y luego se separaban las raíces en comerciales y no comerciales. Una raíz no era comercial cuando tenía un diámetro menor de 3 cm., cabe mencionar que el rendimiento total era la suma de los dos tipos de raíces.

D.- EVALUACION POSCOSECHA.

Se realizaron tres evaluaciones poscosecha, correspondiéndole una a cada cosecha, las cuales fueron tomadas a los 7 días después de haber sido cosechadas, mediante una escala propuesta por el CIAT (1972) ver anexo 8.

Al cosechar, se metían las raíces de cada planta dentro de una canasta de plástico y se procedía a pesarlas. Después de tomar el rendimiento, se seleccionaron 27 raíces similares, por cada línea cosechada y se dividieron al azar en grupos de 9 raíces por canasta dentro del cuarto frío. Las raíces estuvieron almacenadas en el cuarto frío, a una temperatura de 10° C a 12° C por 1 semana.

A la semana de almacenamiento se evaluó el deterioro fisiológico de acuerdo a una escala propuesta por el CIAT en 1972. Para esto se seleccionaron al azar 3 raíces por canasta.

E.- CONTENIDO NUTRICIONAL Y DE ACIDO CIANHIDRICO (HCN).

Los análisis para determinar tanto el contenido nutricional como el de HCN, se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia de la Escuela Agrícola Panamericana.

Los análisis fueron hechos para cada cosecha. Las muestras eran tomadas a partir de raíces enteras, las cuales se lavaron y se les quitó la cáscara para poder partirlas transversalmente. Luego se llevaron al laboratorio donde se pasó una parte de cada línea a una bolsa de polietileno para su futuro uso en los análisis de HCN. Para obtener el contenido nutricional se realizó un análisis proximal (A.O.A.C., 1990) a cada una de las muestras. La concentración de HCN se midió cuantitativamente a través del método de destilación alcalina (A.O.A.C., 1980), utilizando raíces partidas que se mantuvieron en las bolsas de polietileno dentro del congelador y cuyo procedimiento se menciona a continuación:

Poner de 10-20g de la muestra molida a través de una criba del número 20 en un matraz de Kjeldahl, agregar aproximadamente 200 ml de agua y dejar reposar de 2-4 horas (la hidrólisis debe realizarse en el aparato para destilación ya conectado). Destilar, recoger de 150-160 ml del destilado en la solución NaOH (0.5g de NaOH en 20 ml de agua) y diluir a un volumen definido. A 150 ml de destilado (es preferible diluir a 250 ml y tomar una alícuota de 100 ml) agregar 8 ml de NH_4OH 6N y 2 ml de solución de yoduro de potasio al 5%, titular con AgNO_3 0.02N usando una microbureta. El punto final se determina por una turbidez ligera, pero permanente,

la cual es fácil de observar si se colocan los matraces contra un fondo oscuro.

NOTA: 1 ml AgNO_3 0.02N = 1.08 mg de HCN.

F.- CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS.

Se llevó a cabo un panel de degustación por cosecha, con los panelistas previamente seleccionados, a los cuales se les hizo una prueba de determinación de sabores básicos (Watts y colaboradores, 1992), citado por Cardona (1994), haciéndose panelistas 4 personas que fueron las que obtuvieron mayor puntaje.

Las muestras que se les presentaron a los panelistas fueron cocidas en la planta de Tecnología de Alimentos del Departamento de Horticultura de la E.A.P.

Antes de ser cocidas las muestras fueron primeramente limpiadas quitándosele también la cáscara. Se cortaron en pedazos las partes centrales de las raíces, con dimensiones similares. Teniendo ya los pedazos de yuca de cada línea, se procedió a meterlos en frascos de vidrio con una capacidad de 1,000 g, los cuales fueron llenados con agua a tres cuartas partes de su capacidad. Estos frascos se metieron en una canasta metálica, para luego ponerlos en un esterilizador

abierto, que funciona a base de vapor, en donde se les dio una cocción a baño maría por 45 minutos, controlando la temperatura, ya que una vez hervía el agua se mantenía a una temperatura constante. Se les presentó la muestra a los panelistas en platos desechables, previamente rotulados.

El objetivo de este panel fue más que todo percibir si la consistencia era blanda o dura, como también para notar la presencia o ausencia del sabor amargo en las raíces de yuca.

G.- DISEÑO ESTADISTICO.

1.-RENDIMIENTO.

Para el análisis estadístico, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), empleando cada edad de cosecha (7, 9 y 11 meses de edad) como repetición, teniendo entonces tres repeticiones. La parcela experimental estuvo formada por 48 líneas distintas (cada una con 10 plantas), distribuidas en 7 surcos, haciendo un area total de $735m^2$, como se muestra en el anexo 7. Se realizó también un análisis de correlación con el promedio del peso correspondiente a tres plantas o sea por cosecha (ya que tres era el número de plantas que se cosechaban por edad) versus la edad, se hizo

también un análisis de varianza y su correspondiente separación de medias.

2.- EVALUACION POSCOSECHA.

Para la evaluación poscosecha en cuarto frío se utilizó un DCA con tres repeticiones por cosecha, cada repetición estuvo constituida por una caja con 9 raíces, de las cuales se seleccionaron al azar 3 a las cuales se les determinó el porcentaje de deterioro a través de la escala propuesta por el CIAT (1972). Se determinó además la correspondiente separación de medias y análisis de varianza, también se hizo un análisis de correlación entre las variables edad versus deterioro.

3.- CONTENIDO DE ACIDO CIANHIDRICO.

Para el análisis estadístico, se emplearon los promedios de las concentraciones de HCN de las tres plantas evaluadas por cosecha de cada línea, para determinar el análisis de varianza y la separación de medias (Duncan), como también el análisis de correlación entre las variables edad versus concentración.

4.- CONTENIDO NUTRICIONAL.

Para el análisis estadístico, se emplearon los promedios de los porcentajes obtenidos del Análisis Proximal de las tres plantas evaluadas por cosecha de cada línea, para determinar el análisis de varianza y la separación de medias (Duncan).

IV. RESULTADOS.A. RENDIMIENTO.

1.- RENDIMIENTO A LOS 7 MESES.

Los rendimientos obtenidos en los 7 meses de cosecha se muestran en el cuadros 2, donde se observa que la línea con mayor rendimiento comercial fue la 14204, con un rendimiento comercial total de 20.8 t/ha y la de rendimiento menor fue la 6435 con un escaso rendimiento de 3.8 t/ha, constituyéndose en la menos indicada para cosecharla a los 7 meses.

CUADRO 2. Rendimiento promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca a los 7 meses de edad.

LÍNEA	RENDIMIENTO PROMEDIO(kg/planta)	RENDIMIENTO TOTAL (t/ha.)
14204	3.13	20.8
72332	2.89	19.3
6487	2.84	18.9
6469	2.79	18.6
6472	2.45	16.3
7351	2.13	14.2
7266	1.69	11.3
6433	1.64	10.9
6434	1.34	8.9
6435	0.57	3.8

Raíz comercial = mas de 3 cm de diámetro.

2.- RENDIMIENTO A LOS 9 MESES.

Para los 9 meses se observa en el cuadro 3 que fue otra la línea que mostró el mayor rendimiento comercial, siendo esta la 72332 con 42.3 t/ha y por el contrario la que presentó el menor rendimiento fue la línea 6434 con un rendimiento más bajo, de 22.5 t/ha. La línea 14204 que había presentado el más alto rendimiento a los 7 meses se situó dentro de las 5 mejores con 35.8 t/ha.

CUADRO 3. Rendimiento promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca a los 9 meses de edad.

LÍNEA	RENDIMIENTO PROMEDIO(kg/planta)	RENDIMIENTO TOTAL (t/ha.)
72332	6.34	42.3
6487	6.20	41.3
6469	5.67	37.8
6435	5.58	37.2
14204	5.37	35.8
6472	5.32	35.5
6433	5.29	35.3
7266	4.90	32.7
7351	3.60	24.0
6434	3.38	22.5

3.- RENDIMIENTO A LOS 11 MESES.

A esta edad la línea que mejor se comportó fue la 14204 con un rendimiento comercial de 53.7 t/ha, esta misma fue la que había mostrado el mejor rendimiento a los 7 meses de edad. La línea que en este caso mostró el más bajo rendimiento fue la 7266 con un rendimiento total por hectárea de 27.3 t/ha, la línea que había mostrado el mejor rendimiento a los 9 meses se mantuvo dentro de las primeras 5 con un total de 49.3 t/ha. El cuadro 4 muestra los resultados arrojados en esta edad de cosecha.

CUADRO 4. Rendimiento promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca a los 11 meses de edad.

LÍNEAS	RENDIMIENTO PROMEDIO (kg/planta)	RENDIMIENTO TOTAL (t/ha.)
14204	8.05	53.7
6472	7.60	51.0
6435	7.57	50.5
72332	7.40	49.3
6487	7.31	48.7
6469	6.25	42.0
7351	5.38	35.9
6433	5.07	33.8
6434	4.63	31.0
7266	4.09	27.3

El cuadro 5 muestra claramente que la línea 72332 fue superior significativamente a las líneas 6433, 7351, 7266 y 6434. No se encontró diferencia estadística entre las líneas 6469 y 6472, como tampoco entre la 6433 y 7351, el cuadro muestra entonces que si hay diferencias entre líneas como también entre edad de cosecha a excepción de los 11 meses donde no se pudo encontrar o no existió.

CUADRO 5. Cuadro resumen de las separaciones de medias y significancia del rendimiento obtenido de las 10 líneas de yuca estudiadas.

Línea	Rendimiento total (kg/planta).				media(línea)	
	7 meses	9 meses	11 meses			
72332	3.15	6.81	8.34	6.1	a	
14204	3.4	5.89	8.94	5.957	ab	
6487	3.1	6.81	7.07	5.660	abc	
6469	3.02	6.06	7.52	5.533	abc	
6472	2.64	5.98	7.79	5.470	abcd	
6435	0.6	6.06	8.33	4.997	abcde	
6433	1.74	5.75	5.45	4.313	cde	
7351	2.26	4.01	6.05	4.107	cde	
7266	1.81	5.38	4.59	3.927	de	
6434	1.43	3.62	5.38	3.477	e	
media	2.279c	5.637b	6.646a			
signific.	**	**	n.s.			

/medias con letras iguales no presentaron diferencias significativas.

** = diferencia significativa al 5%.

n.s. = no significativo al 5%.

Se encontró también en este análisis que hubo una correlación alta positiva (0.84), con una probabilidad significativa (0.001), entre la edad de cosecha y el rendimiento

B.- EVALUACION POSCOSECHA.

Los datos obtenidos después de haberse tomado el porcentaje de deterioro fisiológico en condiciones de almacenamiento en cuarto frío (12° C), se observan en el cuadro 6, el cual muestra que la línea con menor porcentaje de deterioro fisiológico a los 7, 9 y 11 meses fue la 6472 con 25, 16.6 y 8.3% respectivamente y la que presentó un más alto deterioro al momento de la toma del porcentaje fue la 6487 con 38.8, 33.3 y 13.8% respectivamente. Las líneas 14204 y 72332 que en general habían mostrado mejores rendimientos que las demás estuvieron dentro de las líneas menos susceptibles al deterioro .

CUADRO 6. Deterioro fisiológico promedio mostrado en condiciones de cuarto frío (12° C) a diferentes edades en raíces de 10 líneas de yuca (porcentajes).

LÍNEAS	7 MESES DE EDAD.	9 MESES DE EDAD.	11 MESES DE EDAD.
6472	25.0	16.6	8.3
7351	27.7	22.2	8.3
14204	27.7	22.2	11.1
6433	30.5	25.0	11.1
72332	30.5	27.7	8.3
6469	33.3	19.4	8.3
7266	33.3	25.0	13.8
6435	36.1	27.7	11.1
6434	38.8	33.3	8.3
6487	38.8	33.3	13.8

/deterioro tomado a los 7 días después de cosecha, siguiendo la escala propuesta por el CIAT (1972).

susceptibles al deterioro, ya que vemos que la línea 6487 fue significativamente más susceptible que la línea 6472, la cual mostró un porcentaje de 16.6% siendo este el más bajo para todas líneas. No se pudo encontrar diferencias entre la línea 6435 con la 7266, entre la 6433 y 72332 y tampoco entre la 14204, 6469 y 7351.

CUADRO 7. Cuadro resumen de las separaciones de medias y significancia del deterioro fisiológico en condiciones de cuarto frío (12° C) mostrado por las raíces de 10 líneas de yuca (porcentajes).

Línea	promedio(línea)		
6487	28.633	a	
6434	26.800	ab	
6435	24.967	abc	
7266	24.033	abc	
6433	22.200	bcd	
72332	22.167	bcd	
14204	20.333	cd	
6469	20.333	cd	
7351	19.400	cd	
6472	16.633	d	
media (edad)	7 meses	9 meses	11 meses
	32.170a	25.240b	10.240c
significancia	**	**	n.s.

** = diferencia significativa al 5%.
n.s. = no significativo al 5%.

Se obtuvo también una correlación alta negativa (-0.89) con una probabilidad significativa (0.001), entre la edad con el deterioro, o sea que mientras más tarde se coseche la yuca sufrirá un menor deterioro fisiológico.

C.- CONTENIDO NUTRICIONAL Y DE ACIDO CIANHIDRICO.

1.- CONTENIDO NUTRICIONAL.

Los cuadros 8, 9 y 10, muestran los datos obtenidos en laboratorio después de someter a las raíces de yuca cosechadas a diferentes edades a su correspondiente análisis proximal.

CUADRO 8. Análisis Proximal promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca en base fresca a los 7 meses de edad (porcentajes).

LÍNEA	HUMEDAD	CENIZAS	EXTRACTO ETERE0	FIBRA CRUDA	PROTEINA CRUDA	ALMIDON
7351	59.57	1.00	0.19	0.45	0.77	38.02
7266	59.95	1.26	0.36	0.52	0.6	37.31
6469	61.09	1.11	0.33	1.00	0.69	35.78
14204	61.48	1.18	0.25	0.45	0.7	35.94
72332	63.27	0.98	0.26	0.57	0.7	34.22
6433	63.84	1.03	0.24	0.57	1.00	33.32
6435	63.45	1.06	0.36	0.48	0.83	33.82
6487	64.70	0.87	0.20	0.50	0.86	32.87
6472	65.82	1.22	0.20	0.57	0.51	31.68
6434	66.32	0.97	0.29	0.42	1.08	30.92

HUMEDAD = determinada en horno a 60° C por 72 horas.
ALMIDON = obtenido por diferencia.

CUADRO 9. Análisis proximal promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca en base fresca a los 9 meses de edad (porcentajes).

LINEA	HUMEDAD	CENIZAS	EXTRACTO ETEREO	FIBRA CRUDA	PROTEINA CRUDA	ALMIDON
7351	58.29	1.04	0.41	0.53	0.82	38.91
7266	59.35	1.29	0.41	0.44	0.42	38.09
6472	61.04	1.10	0.44	0.74	0.47	36.21
6469	61.47	1.16	0.37	0.72	0.52	35.76
6434	62.25	1.14	0.48	0.54	0.80	34.79
72332	62.29	1.16	0.40	0.70	0.64	34.81
14204	62.75	1.11	0.35	0.60	0.55	34.64
6433	63.4	1.10	0.38	0.41	0.44	34.27
6487	64.21	1.09	0.39	0.43	1.02	32.86
6435	67.58	0.93	0.35	0.49	0.40	30.25

CUADRO 10. Análisis proximal promedio de raíces comerciales de 10 líneas de yuca en base fresca a los 11 meses de edad (porcentajes).

LINEA	HUMEDAD	CENIZAS	EXTRACTO ETEREO	FIBRA CRUDA	PROTEINA CRUDA	ALMIDON
6434	60.47	0.81	0.28	0.74	0.68	37.02
6472	61.87	0.95	0.28	0.51	0.4	35.99
6469	62.39	1.02	0.37	0.66	0.44	35.12
72332	62.56	0.87	0.23	0.63	0.53	35.18
14204	62.71	0.98	0.28	0.41	0.39	35.23
7351	62.8	0.81	0.27	0.36	0.47	35.29
7266	63.72	0.99	0.22	0.54	0.31	34.22
6435	65.49	0.99	0.30	0.64	0.36	32.22
6487	66.03	0.91	0.26	0.52	0.53	31.75
6433	66.43	1.28	0.33	0.64	0.45	30.87

Cuadro 11. Cuadro resumen de las separaciones de medias y significancia del análisis Proximal realizado a 10 líneas de yuca durante 3 edades de cosecha (porcentajes).

línea	humedad	cenizas	extracto	fibra	proteína	almidón
6435	65.51 a	0.34 a	0.99 a	0.54 b	0.53 ab	32.09 c
6487	64.98 ab	0.28 a	0.96 a	0.48 b	0.80 ab	32.49 bc
6433	64.56 abc	0.32 a	1.14 a	0.54 b	0.63 ab	32.82 bc
6434	63.01 abcd	0.35 a	0.97 a	0.57 b	0.85 a	34.24 abc
6472	62.91 abcd	0.31 a	1.09 a	0.61 ab	0.46 b	34.63 abc
72332	62.71 abcd	0.29 a	1.00 a	0.63 ab	0.62 ab	34.74 abc
14204	62.31 abcd	0.29 a	1.09 a	0.49 b	0.55 ab	35.27 abc
6469	61.65 bcd	0.36 a	1.10 a	0.79 a	0.55 ab	35.55 ab
7266	61.01 bcd	0.33 a	1.18 a	0.50 b	0.44 b	36.54 a
7351	60.22 bcd	0.29 a	0.95 a	0.45 b	0.69 ab	37.41 a
media	62.88	0.32	1.05	0.56	0.61	34.58
significancia	ns					

n.s. = no significativo al 5%

Los resultados muestran que para la humedad, la línea 6435 fue distinta al resto, no así para las cenizas y el extracto etéreo en donde no se encontró diferencia alguna entre líneas. Para la fibra cruda la única significativamente diferente fue la línea 6469 con 0.79%, a diferencia de la proteína cruda en la cual la línea 6434 fue diferente a la 6472 y 7266. Para el almidón las líneas 6435, 6487, y 6433 presentaron los valores de almidón más bajos. En general se observó que el contenido nutricional no vario para las tres edades evaluadas.

2.- CONTENIDO DE ACIDO CIANHIDRICO.

Los resultados obtenidos se muestran resumidos en el cuadro 11, donde se puede apreciar que la línea con menor porcentaje de HCN a los 7 meses fue la línea 7351 con un promedio de 38.13 mg/kg de HCN para el total de la muestra, 66.47 mg/kg de HCN correspondió al porcentaje mas alto obtenido en los análisis y fue obtenido de la línea 6433, la cual se mantuvo con los niveles más altos incluso a los 11 meses donde mostró una concentración de 83.62 mg/kg de M.F.

CUADRO 12. Contenido de ácido cianhídrico (HCN) de raíces de 10 líneas de yuca a varias edades en base fresca (mg/Kg de materia fresca).

LINEA	EDAD DE LA PLANTA		
	7 MESES	9 MESES	11 MESES
7351	38.13	69.5	71.47
6435	49.60	43.1	72.50
14204	54.77	58.2	81.00
7266	55.17	65.0	79.15
72332	56.63	73.4	77.00
6434	57.13	50.6	70.35
6487	59.37	53.5	77.00
6472	59.90	65.0	76.16
6469	62.50	75.3	67.23
6433	66.47	72.4	83.62

Para el contenido de ácido cianhídrico se realizó la correspondiente separación de medias y grado de significancia el cual se muestra resumido en el cuadro 12.

CUADRO 13. Cuadro resumen de la separación de medias y grado de significancia para el contenido de ácido cianhídrico mostrado por la raíces de 10 líneas de yuca.

Línea	promedio(línea)		
6433	74.163 a		
72332	69.010 ab		
6469	68.343 ab		
6472	67.020 ab		
7266	66.440 ab		
14204	64.657 ab		
6487	63.290 ab		
7351	59.700 ab		
6434	59.360 b		
6435	55.067 b		

media (edad)	7 meses	9 meses	11 meses
	55.548b	62.600b	75.548a
significancia	**	**	n.s.

** = diferencia significativa al 5%.

n.s. = no significativo al 5%.

En resumen podría decirse que la línea 6433, es la que tiende a acumular más HCN en sus raíces (74.1 mg/kg de M.F.), si es comparada con 6435 y 6434 las cuales mostraron una concentración significativamente menor con 59.3 y 55.1 mg/kg de M.F., respectivamente. Se encontró además diferencia entre líneas al cosecharse a diferentes edades, siendo la más marcada entre la cosecha a los 7 meses con la que se realizó a los 11 meses.

El análisis de correlación realizado para las variables **edad** versus concentración de HCN muestra un coeficiente de **0.70** con una probabilidad significativa (0.001), con lo cual **se podría** asegurar que existe una relación entre estas dos **variables**.

D.- CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS.

La presencia de las características tales como sabor **amargo** y consistencia se muestran en el cuadro 13, donde se **muestra** que a los 7 meses no se presentó dureza en ninguna de **las 10** líneas, tampoco presencia del sabor amargo (el cual no **se pudo** detectar en las subsecuentes pruebas organolépticas). **La línea** 6434 fue la que mejor consistencia presentó al **momento** de hacerse las evaluaciones correspondientes. Las **líneas** 7266, 7351, 6487 y 6433 se mantuvieron constantes en **cuanto** a su consistencia correspondiéndoles los lugares 7, 8, **9 y 10** respectivamente.

CUADRO 14. Ordenamiento en consistencia de raíces cocidas de 10 líneas de yuca a diferentes edades (orden ascendente para la consistencia de suave a duro). ¹

LINEAS	EDAD DE LA PLANTA		
	7 MESES [*]	9 MESES ^{**}	11 MESES ^{**}
6434	1/npa	1/npa	1/npa
7266	1 "	2 "	6 "
14204	1 "	3 "	3 "
6469	1 "	4 "	5 "
72332	1 "	5 "	2 "
6435	1 "	6 "	4 "
7266	1 "	7 "	7 "
7351	1 "	8 "	8 "
6487	1 "	9 "	9 "
6433	1 "	10 "	10 "

¹ = ninguna variedad presentó amargura.

* = todas suaves.

** = de más suave (1) a más dura (10).

V.- DISCUSION.

A.- RENDIMIENTO.

Las gráficas 1, 2 y 3, muestran los rendimientos totales obtenidos por las diferentes líneas a 3 edades de cosecha, se muestra tanto el rendimiento comercial como el no comercial. Las grandes diferencias que existieron en rendimiento entre las edades de cosecha pudieron deberse a las condiciones edafoclimáticas que se presentaron mientras se dejaban las plantas en el campo para la próxima cosecha, ya que no se cosechaban las 10 plantas de cada línea en una sola cosecha; y como lo afirma Montaldo (1985), este depende de la naturaleza de los cultivares, como también de la duración del período vegetativo. Los altos rendimientos exhibidos por la línea 14204 (53.7 t/ha), fueron similares los obtenidos en la Escuela Agrícola Panamericana por Vamosy (1988) a nivel experimental (hasta 64 t/ha).

Montaldo (1985) y Montes (1990), coinciden en que un buen rendimiento en yuca está en el orden de 20-30 t/ha, por lo tanto estas líneas pueden ser cosechadas a partir de los 9 meses, considerando siempre las condiciones antes mencionadas.

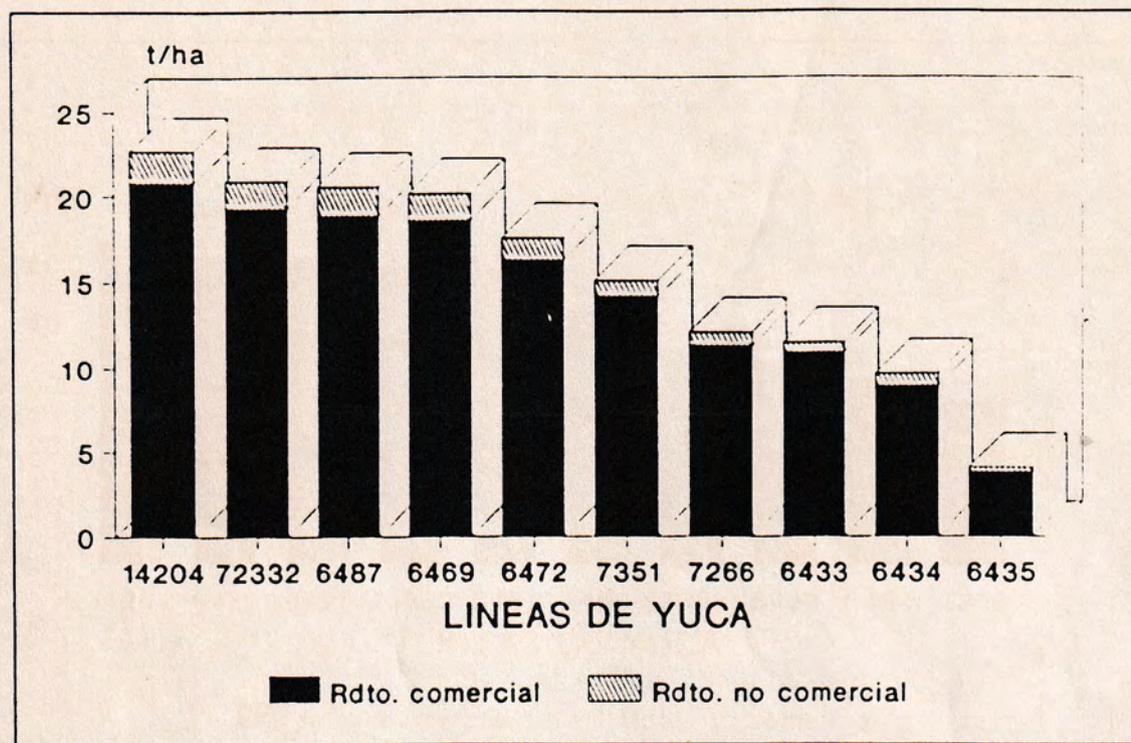


Gráfico 1. Rendimiento comercial total de 10 líneas de yuca a los 7 meses de edad.

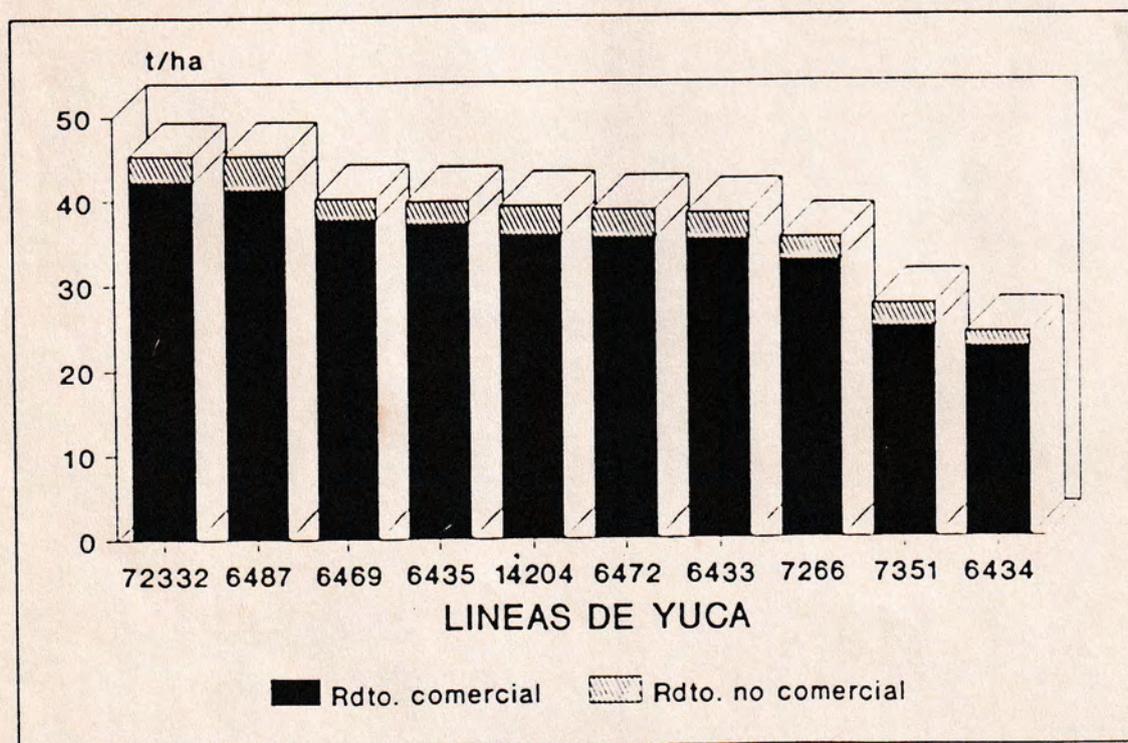


Gráfico 2. Rendimiento comercial total de 10 líneas de yuca a los 8 meses de edad.

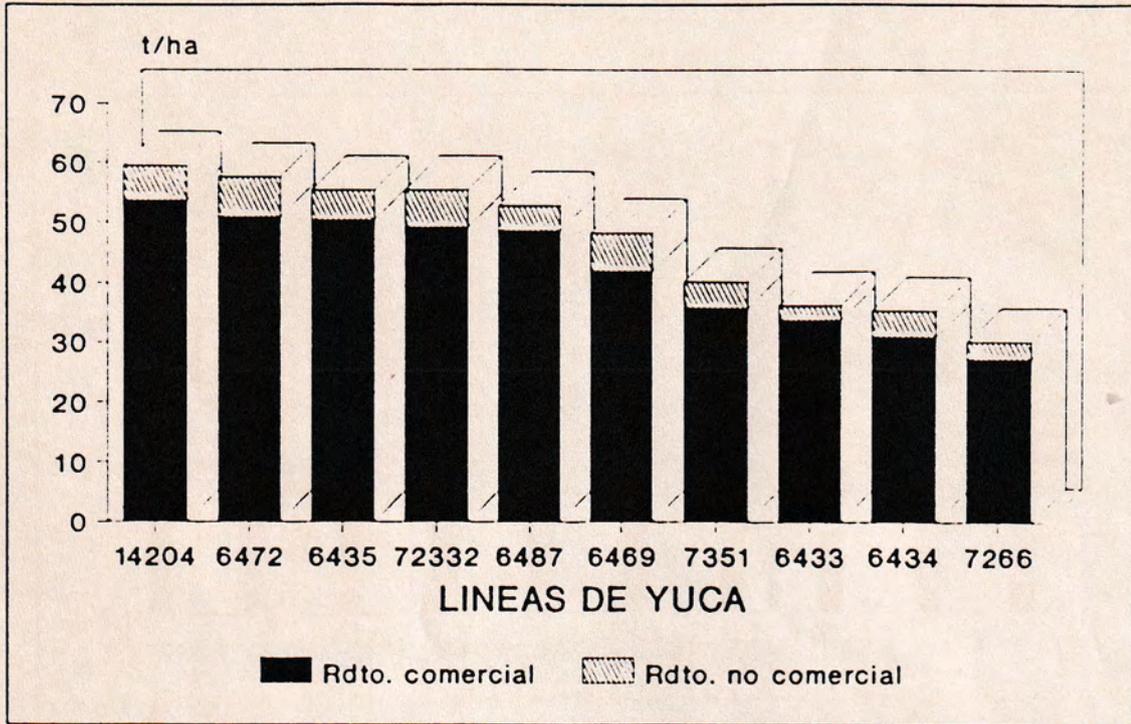


Gráfico 3. Rendimiento comercial total de 10 líneas de yuca a los 11 meses de edad.

La gráfica 4 da una idea de las diferencias registradas entre línea por cosecha, como también de las registradas por edad de cosecha.

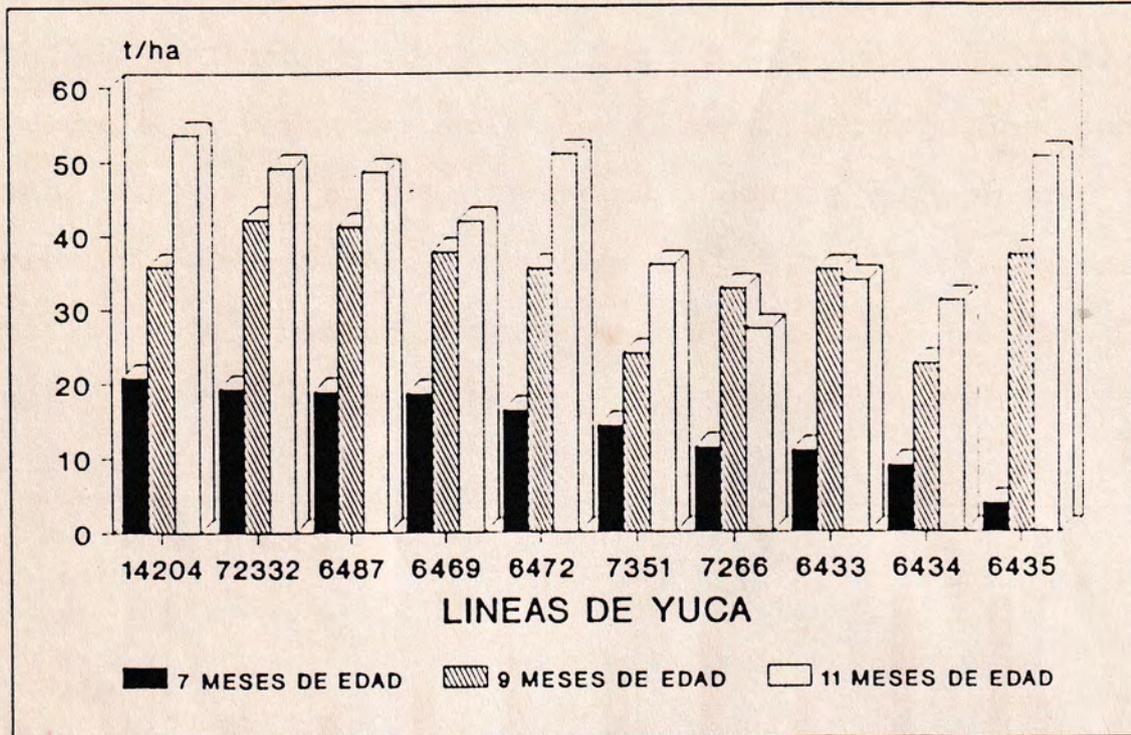


Gráfico 4. Comparación de rendimientos obtenidos entre líneas y edades de yuca.

B.- DETERIORO FISIOLÓGICO.

Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica 5, la cual indica que realmente existen líneas resistentes y susceptibles al deterioro fisiológico, como lo afirma Montaldo (1985), este deterioro fue menos marcado a los 11 meses de edad en el cual las raíces alcanzaron, tanto los máximos tamaños de raíz como los más altos rendimientos, coincidiendo nuevamente con resultados obtenidos por Montaldo

(1985) al evaluar raíces de yuca en condición de baja temperatura, presentándosele rayado marrón solamente en las raíces medianas y pequeñas después de tres semanas, esto puede explicarse ya que las raíces más pequeñas son más sensibles a la pérdida de agua. Durante este ensayo no se presentó rayado marrón ya que las raíces permanecieron un total de 8 días en almacenamiento, lo cual no fue tiempo suficiente como para que se presentara este problema.

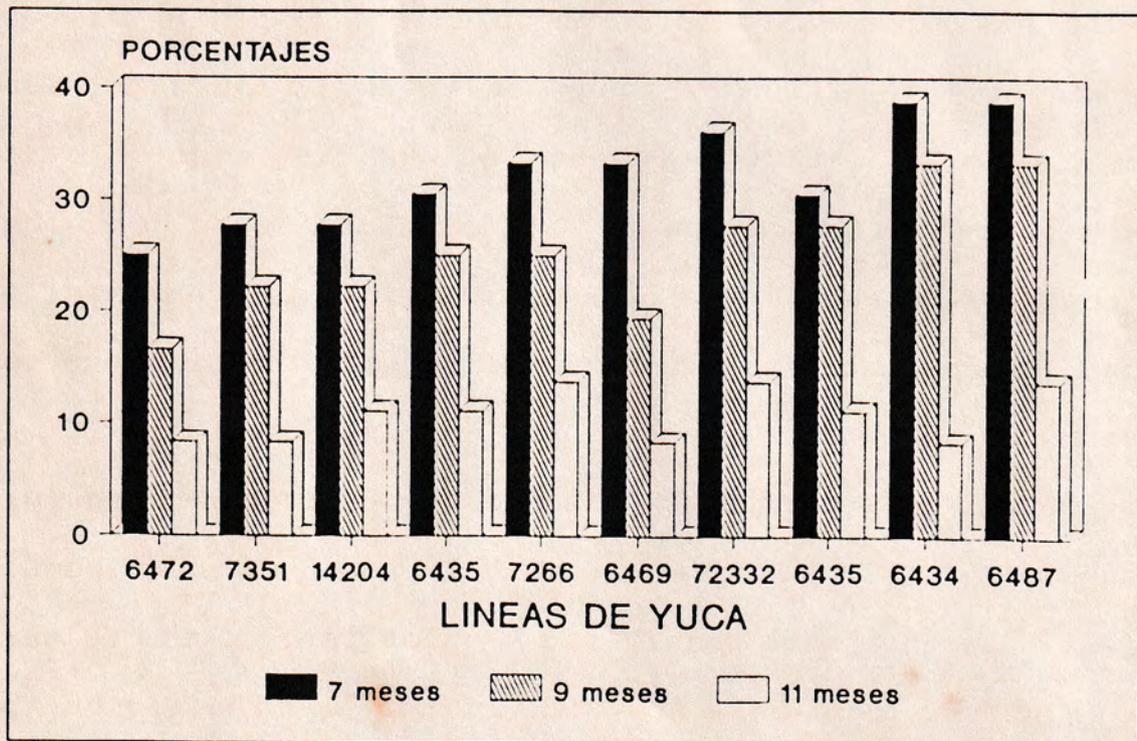


Gráfico 5. Deterioro fisiológico mostrado en condiciones de cuarto frío por 10 líneas de yuca a diferentes edades.

C.- CONTENIDO NUTRICIONAL Y DE ACIDO CIANHIDRICO.

Los resultados obtenidos de los análisis proximales hechos a las raíces de las 10 líneas de yuca al compararse con los obtenidos por Montaldo (cuadro 1) muestran claramente que éstos son similares a las obtenidas por este autor, por lo cual se puede concluir que las 10 líneas se encuentran dentro del rango de calidad.

En cuanto al contenido de ácido cianhídrico por línea a cada edad de cosecha, se muestra en la gráfica 6. La correlación media que se presentó (0.70), no es el mejor indicador para establecer que al aumentar la edad de planta se incrementa el contenido de HCN, aunque esa es la tendencia que se observó. Este no concuerda con lo expresado por Bruijn (1973) citado por Bruijn (1982) ya que este autor no encontró ninguna relación entre el contenido de glúcidos cianogénicos de las raíces (precursor del HCN), y la edad de planta. Las concentraciones estuvieron debajo de las llamadas perjudiciales las cuales son aquellas que presentan una concentración de 100 ó más mg/kg de M.F.

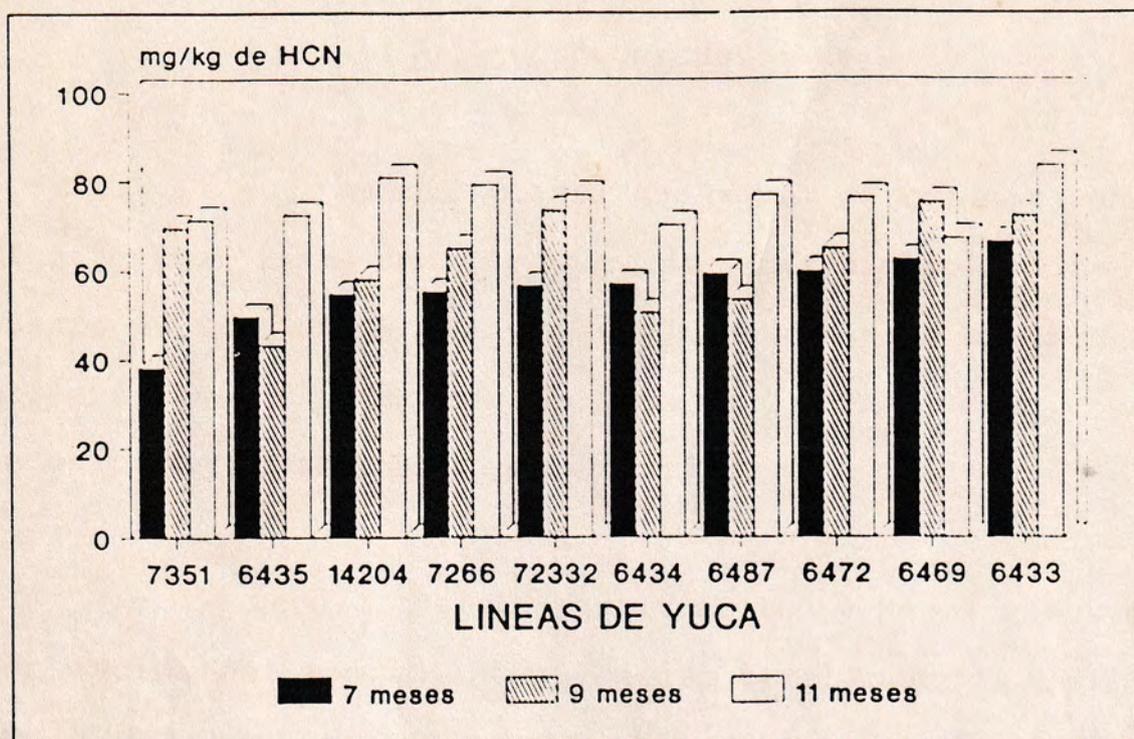


Gráfico 6. Concentración de ácido cianhídrico obtenido de raíces de 10 líneas de yuca a diferentes edades.

D.- CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS.

Realmente fue imperceptible el sabor amargo en las diez líneas de yuca, lo cual representa una buena característica para este producto. En lo referente a la consistencia podría esperarse que al aumentar la edad aumente la cantidad de fibra, la cual es importante para determinar esta característica en otras especies como el frijol verde. En este ensayo no se encontró que realmente fuera significativo el aumento de la fibra en las raíces, incluso si se observan los cuadros 8, 9 y 10 se puede ver que en algunas líneas esta disminuyó al aumentar la edad de planta.

VI.- CONCLUSIONES.¹

1.- La yuca es una planta que varia significativamente tanto entre líneas como entre plantas de la mismas línea, en cuanto a las características estudiadas en este experimento, excepto en la composición química en la cual no se encontraron diferencias significativas.

2.- Los rendimientos a partir de los 9 meses estuvieron por encima del rendimiento promedio para Honduras según la FAO (20 t/ha), citado por Cardona (1994). La línea que presentó los mejores rendimientos en general fue la 72332, correspondiéndole el segundo lugar con una diferencia mínima la línea 14204. Por otra parte, el menor promedio de rendimiento fue el de la línea 6434.

3.- La línea 6487 resultó ser la más susceptible al manejo poscosecha bajo condiciones de cuarto frío (12°C), en cambio la línea 6472 fue la más resistente a este manejo.

4.- La tendencia del experimento en cuanto al HCN, hace pensar que la edad de la planta influye en la concentración de este, lo que puede ser una desventaja en cuanto al criterio de cosechar la yuca más tarde que fue donde mostró las concentraciones más altas; pero también se sabe que al

cocer la yuca esta pierde más del 95% de su HCN. La línea con menor concentración fue la 6435 y la mayor fue la 6433.

5.- Las pruebas de degustación demostraron que fue la línea 6434 la que en promedio tuvo mejor consistencia y que los lugares 7, 8, 9 y 10 correspondieron a las líneas 7266, 7351, 6487, y 6433 respectivamente.

6.- En términos generales la mejor edad de cosecha para estas líneas fue 11 meses.

VII.- RECOMENDACIONES.

1.- Evaluar más líneas que puedan ser promisorias tanto para la industria como para el consumo humano.

2.- Evaluar el deterioro fisiológico en cuarto frío a diferentes temperaturas, como también otros tipos manejos poscosecha.

3.- Hacer un análisis económico para poder establecer las ventajas que pudiera tener sembrar yuca versus otro cultivo determinado como rentable.

4.- Determinar como afectan las prácticas culturales en el rendimiento y otras características.

VIII.- RESUMEN.

El trabajo se llevo a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), de julio de 1994 a Marzo de 1995 evaluando 10 líneas de yuca (Manihot esculenta, Crantz), su rendimiento, durabilidad poscosecha en condiciones de cuarto frío a 12° C, contenido nutricional y de ácido cianhídrico (HCN) así como sus características organolépticas, a 7, 9 y 11 meses de cosecha. Los rendimientos variaron de 3.8 t/ha a 20.8 t/ha para 7 meses, de 22.5 t/ha a 42.3 t/ha para 9 meses y de 27.3 t/ha a 53.7 t/ha para 11 meses, teniendo la línea 72332 el más alto rendimiento promedio para las 3 edades (6.1 kg/planta), equivalente a 44 t/ha aprox. El rendimiento total fue la suma del rendimiento comercial (raíces con más de 3 cm de diámetro) más el no comercial. Para la evaluación poscosecha se utilizó un DCA con tres repeticiones por cosecha, cada repetición estuvo constituida por 9 raíces, de las cuales se seleccionaron al azar 3 a las cuales se les determinó el porcentaje de deterioro a través de la escala propuesta por el CIAT (1972), siendo la línea 6487 la más susceptible con un promedio para las 3 edades de 28.6% y resultando la 6472 la más resistente con 16.6%. En los valores nutricionales no hubo diferencias significativas, no así para el HCN en donde la edad tuvo un papel importante (coeficiente de correlación 0.70), siendo el rango de las concentraciones encontradas de 30 mg/kg de M.F. para la más baja a los 7 meses de edad (línea 7251) hasta la más alta a

los 11 meses presentada por la línea 6435 (83.62 mg/kg). Para la evaluación organoléptica que incluyo consistencia y la presencia o ausencia del sabor amargo en las raíces previamente cocidas de las 10 líneas de yuca, no se pudo determinar el sabor amargo y la línea con mejor consistencia fue la 6434. Para el análisis estadístico se utilizo un DCA, realizando la correspondiente separación de medias (Duncan) con su significancia, como también una correlación entre las variables HCN vs. edad, deterioro vs. edad y rendimiento vs. edad. En términos generales la mejor edad para la cosecha de las líneas analizadas fue la de 11 meses de edad.

IX. BIBLIOGRAFIA.

- A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis of the association of official Analytical chemists. (15th Ed.). Arlington, EE.UU.
citado por: MURILLO, B. 1994. Manual de laboratorio: Nutrición animal. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana.
- A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis of the association of official Analytical chemists. (13th Ed.). Washington, D.C. EE.UU.
citado por: TEJADA DE HERNANDEZ, I. 1983. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. México. INIP-SARH. 388 p.
- ANZULES, V.; CARCELEN, R. 1982. Investigación sobre yuca en el Ecuador. IN EVALUACION DE variedades promisorias de yuca en América Latina y el Caribe; Memorias de un taller celebrado en Cali, Colombia, 10-14 mayo, 1982. 1983 Ed. por J.C. TORO. CIAT, Cali, Colombia. p. 83-91.
- BRUIJN, DE G. H. 1982. Necesidad de reducir la cianogenesis de la yuca. IN TOXICIDAD DE la yuca y tiroides: aspectos de investigación y salud: Trabajos de un seminario celebrado en Ottawa, Canadá, mayo 31-2 junio, 1982. 1984. Ed. por F. DELANGE Y R. AHLUWALIA. Ottawa, Ont. p. 121-124.
- CACERES, L.A. 1982. Programa de yuca en Paraguay: Comienzo y desarrollo. IN EVALUACION DE variedades promisorias de yuca en América Latina y el Caribe; Memorias de un taller celebrado en Cali, Colombia, 10-14 mayo, 1982. 1983 Ed. por J.C. TORO. CIAT, Cali, Colombia. p. 51-60.
- CARDONA, F. 1994. Selección de líneas de yuca (Manihot esculenta Crantz) para consumo humano directo, en condiciones del valle del río Yegua, Francisco Morazan, Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana (EAP), valle del Río Yegua, Francisco Morazan, Honduras. 50 p.

CASSERES, E. 1981. Producción de hortalizas. San José, C.R. IICA. 3 ed., 1a. reimpression. 387 p.

CIAT. Resúmenes analíticos sobre yuca (Manihot esculenta, Crantz). Cali, Colombia, 1977. v.2. 327 p.

----- Resúmenes analíticos sobre yuca (Manihot esculenta, Crantz). Cali, Colombia, 1980. v.6. 249 p.

----- Resúmenes analíticos sobre yuca (Manihot esculenta, Crantz). Cali, Colombia, 1981. v.7. 288 p.

FERRERO, M.T.; VILLEGAS, L. 1993. Effect of rainfall on HCN content in cassava roots. IN ROCA, W.; THRO, A. 1993. Proceedings of the first international scientific meeting of cassava biotechnology network, Cartagena, Colombia, 25-28 august 1992. Cali, Colombia. CIAT. p. 433-437.

GUZMAN, L. 1982. Desarrollo del programa de yuca en la República Dominicana. IN EVALUACION DE variedades promisorias de yuca en América Latina y el Caribe; Memorias de un taller celebrado en Cali, Colombia, 10-14 mayo, 1982. 1983 Ed. por J.C. TORO. CIAT, Cali, Colombia. p. 13-28.

MONTALDO, A. 1985. La yuca o mandioca. San José, C.R. IICA. 1 ed., 1 reimpression. 386 p.

MONTES, A. 1990. Olericultura I, 1990. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 163 p.

NAMBISAN, M. 1992. Cyanogenesis in cassava. IN ROCA, W.; THRO, A. 1993. Proceedings of the first international scientific meeting of cassava biotechnology network, Cartagena, Colombia, 25-28 august 1992. Cali, Colombia. CIAT. p. 433-437.

- OKE, O. L. 1982. Tratamiento y detoxificación de la yuca. IN TOXICIDAD DE la yuca y tiroides: aspectos de investigación y salud: Trabajos de un seminario celebrado en Ottawa, Canadá, mayo 31-2 junio, 1982. 1984. Ed. por F.DELANGE Y R. AHLUWALIA. Ottawa, Ont. p. 131-139.
- PHILLIPS, T. 1982. El consumo y la producción de yuca: Un resumen. IN TOXICIDAD DE la yuca y tiroides: aspectos de investigación y salud: Trabajos de un seminario celebrado en Ottawa, Canadá, mayo 31-2 junio, 1982. 1984. Ed. por F.DELANGE Y R. AHLUWALIA. Ottawa, Ont. p. 85-90.
- RODRIGUEZ, A. 1981. El cultivo de la yuca en Cuba durante la última década. IN EVALUACION DE variedades promisorias de yuca en América Latina y el Caribe; Memorias de un taller celebrado en Cali, Colombia, 10-14 mayo, 1982. 1983 Ed. por J.C. TORO. CIAT, Cali, Colombia. p. 1-12.
- SOLORZANO, A. 1982. Evaluación y difusión de variedades promisorias de yuca en Perú. IN EVALUACION DE variedades promisorias de yuca en América Latina y el Caribe; Memorias de un taller celebrado en Cali, Colombia, 10-14 mayo, 1982. 1983 Ed. por J.C. TORO. CIAT, Cali, Colombia. p. 73-82.
- VAMOSY, M.; SANTOS, H.; MONTES, A. 1988. Ensayo de observación de 175 selecciones de yuca en el valle del río Yeguaré, Zamorano, Honduras. IN Investigación en hortalizas: informes de avances, 1988. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. p. 57-70. citado por: CARDONA, F. 1994. Selección de líneas de yuca (Manihot esculenta, Crantz) para consumo humano directo, en condiciones del valle del río Yeguaré, Francisco Morazan, Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana (EAP), valle del Río Yeguaré, Francisco Morazan, Honduras. 50 p.
- WATTS, B.M.; YLIMAKI, G.L.; JEFFERY, L.E.; ELIAS, L.G. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa, Ont., CIID. 170 p.

WHEATLEY, C.C.; ORREGO, J.I.; SANCHEZ, J.; GRANADOS, E. 1993. Quality evaluation of cassava core collection at CIAT. IN ROCA, W.; THRO, A. 1993. Proceedings of the first international scientific meeting of cassava biotechnology network, Cartagena, Colombia, 25-28 august 1992. Cali, Colombia. CIAT. p. 433-437.

ZEPEDA, J.; NIETO, J.; MONTES, A. 1990. Ensayo de observación de 6 selecciones de yuca en el valle del río Yeguaré, Zamorano, Honduras. IN Investigación en hortalizas: Informe de avances, 1990. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. p. 47-50.

ANEXOS

ANEXO 1

Análisis de Varianza del deterioro fisiológico mostrado por las raíces de 10 líneas de yuca a los 7 meses de edad.

FACTOR DE VARIACION	GDOS. DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PROB
Tratamiento	9	610.6	67.84	4.18	
Error	20	323.9	16.19		
TOTAL	29	934.4			

ANEXO 2

Análisis de Varianza del deterioro fisiológico mostrado por las raíces de 10 líneas de yuca a los 9 meses de edad.

FACTOR DE VARIACION	GDOS. DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PROB
Tratamiento	9	767.1	85.23	3.49	
Error	20	444.3	22.21		
TOTAL	29	1186.9			

ANEXO 3.

Análisis de Varianza del deterioro fisiológico mostrado por las raíces de 10 líneas de yuca a los 11 meses de edad.

FACTOR DE VARIACION	GDOS. DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PROB
Tratamiento	9	154.4	17.16	1.39	
Error	20	227.5	11.37		
TOTAL	29	369.7			

ANEXO 4.

Análisis de Varianza del rendimiento obtenido de las raíces de 10 líneas de yuca a los 7 meses de edad.

FACTOR DE VARIACION	GDOS. DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PROB
Tratamiento	9	22.18	2.46	4.63	
Error	20	10.65	0.53		
TOTAL	29	32.93			

ANEXO 5.

Análisis de Varianza del rendimiento obtenido de las raíces de 10 líneas de yuca a los 9 meses de edad.

FACTOR DE VARIACION	GDOS. DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PROB
Tratamiento	9	30.23	3.35	7.12	
Error	20	25.59	1.27		
TOTAL	29	55.82			

ANEXO 6.

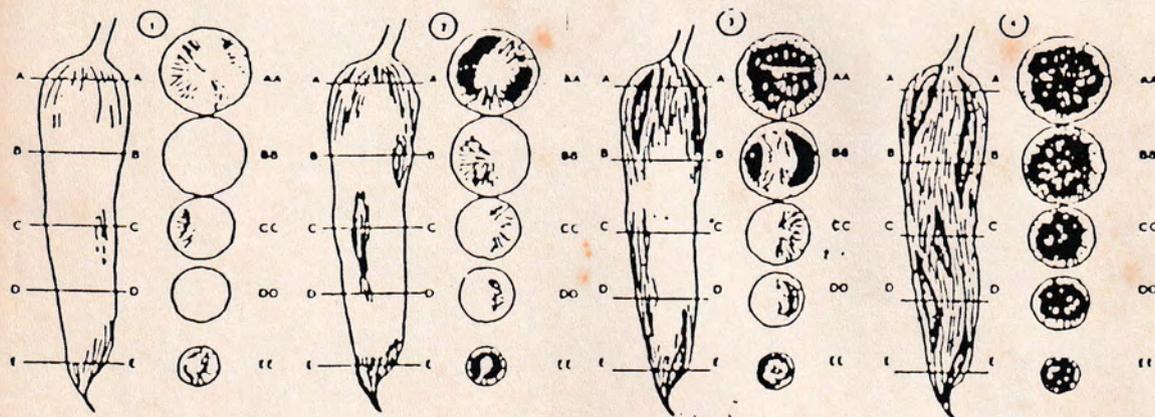
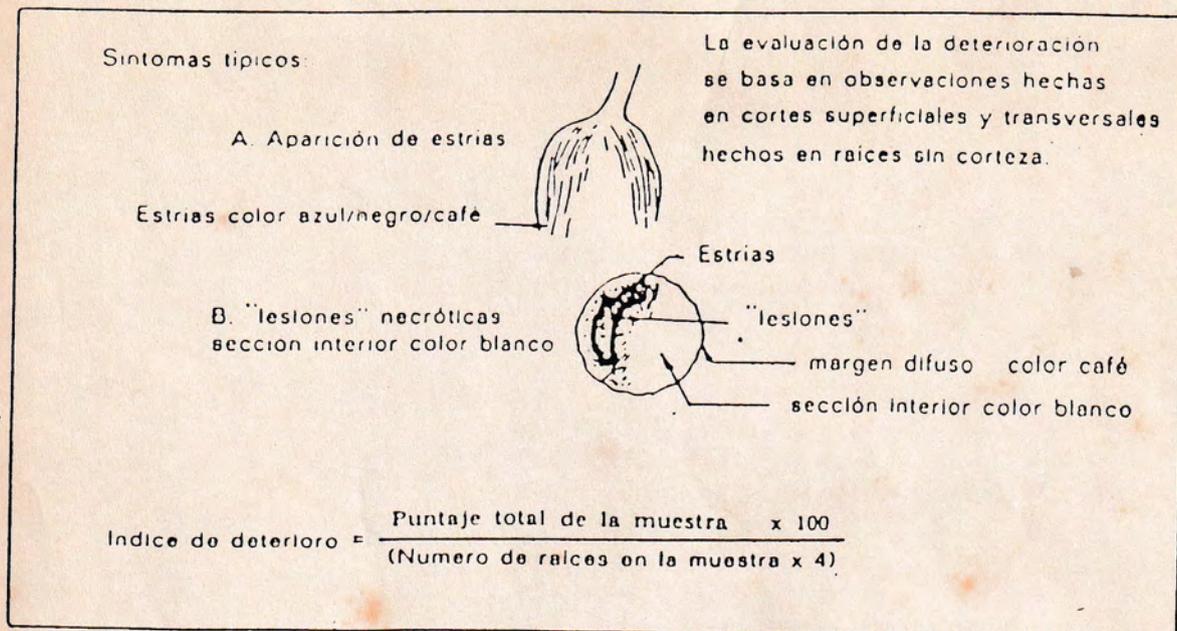
Análisis de Varianza del rendimiento obtenido de las raíces de 10 líneas de yuca a los 11 meses de edad.

FACTOR DE VARIACION	GDOS. DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE F	PROB
Tratamiento	9	59.75	6.63	1.13	
Error	20	117.55	5.87		
TOTAL	29	177.93			

MAPA DE CAMPO DEL ENSAYO.

6383	7266*	3032	6475	6500	2888	72332*
2069	4208-B	6470-B	7352	77024	6387	6389
6430	6405	3069	6472*	6476	2769	6484
6378	6397	7351*	6375	14214	6414	6435*
6434*	6385	14204*	6482-B	6481-A	7431	6431
6380	6381	S/N	6469*	6487*	7264	6433*
3131	6470	9957	6481	6423		7256

* = Líneas usadas durante el ensayo.



ANEXO 8. Escala propuesta por el CIAT (1972), para determinar deterioro fisiológico en raíces de yuca.

citado por : Cardona (1994).

XI. DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR.

NOMBRE: Juan Carlos Murillo Sanchez.

LUGAR Y FECHA DE

NACIMIENTO:

Tegucigalpa, D. C. , Honduras. 25 de enero de
1973. .

EDUCACION SECUNDARIA:

Bachiller en ciencias y letras.
Instituto San Francisco (1989)
Comayaguela, D. C.

EDUCACION SUPERIOR:

Agrónomo
(1991-1993)
Escuela Agrícola Panamericana.

Ingeniero Agrónomo
(1994-1995)
Escuela Agrícola Panamericana.