

241. 97



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "CUAUTITLÁN"



EVALUACION DE ARREGLOS TOPOLOGICOS Y MAQUINARIA AGRICOLA PARA LA COSECHA MECANIZADA DE YUCA (Manihot esculenta Crantz) EN HUIMANGUILLO, TABASCO.

## TESIS PROFESIONAL

Que para Obtener el Título de:

### INGENIERO AGRICOLA

Presenta.

Mario Rodríguez Cuevas



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

	Pág.
RELACION DE CUADROS . . . . .	I
RELACION DE FIGURAS . . . . .	II
RELACION DE CUADROS DEL ANEXO . . . . .	III
RESUMEN . . . . .	VI
I. INTRODUCCION . . . . .	1
Objetivos . . . . .	4
Hipótesis . . . . .	4
2. REVISION DE LITERATURA . . . . .	5
2.1. Importancia a nivel mundial . . . . .	5
2.2. La yuca en México . . . . .	6
2.3. Clasificación taxonómica de la yuca . . . . .	8
2.4. Morfología de la planta de yuca . . . . .	8
3. PROCESO PRODUCTIVO . . . . .	12
3.1. Preparación del terreno . . . . .	12
3.1.1 Método de preparación . . . . .	12
3.2. Siembra . . . . .	14
3.2.1 Método de siembra . . . . .	14
3.2.2 Densidad y distancia . . . . .	15
3.2.3 Epoca . . . . .	16
3.2.4 Efecto del sistema y posición de siembra en las raíces . . . . .	17
3.2.5 Implicaciones del patrón de siembra o arreglo espacial en el cultivo . . . . .	21
3.2.6 Características de las raíces tuberosas . . . . .	22
3.3. Labores culturales . . . . .	23
3.3.1 Fertilización . . . . .	23
3.3.2 Control de maleza . . . . .	24
3.3.3 Combate de plagas y enfermedades . . . . .	25
3.4. Cosecha . . . . .	26
3.4.1 Epoca . . . . .	26

	Pág.
3.4.2 Método manual . . . . .	28
3.4.3 Método semimecanizado . . . . .	29
3.4.4 Maquinaria para la cosecha . . . . .	32
3.4.5 Requerimientos de mano de obra para la cosecha . . . . .	34
3.4.6 Rendimiento . . . . .	35
3.5. Aspectos generales del cultivo . . . . .	36
3.5.1 Costos de producción . . . . .	36
3.5.2 Comercialización . . . . .	36
3.5.3 Usos . . . . .	37
3.5.4 Mercado nacional . . . . .	38
3.5.5 Mercado local . . . . .	39
4. MATERIALES Y METODOS . . . . .	40
4.1. Descripción del área de estudio . . . . .	40
4.1.1 Localización del sitio experimental . . . . .	40
4.1.2 Vegetación . . . . .	40
4.1.3 Suelos . . . . .	41
4.1.4 Clima . . . . .	43
4.2. Trabajos de campo . . . . .	44
4.2.1 Descripción de las cosechadoras . . . . .	44
4.2.2 Evaluación de las cosechadoras . . . . .	45
4.2.3 Variables medidas . . . . .	46
4.3. Evaluación de los arreglos topológicos . . . . .	47
4.3.1 Diseño experimental y tratamientos . . . . .	49
4.3.2 Labores del cultivo . . . . .	49
4.4. Variables analizadas . . . . .	52
5. RESULTADOS . . . . .	56
6. ANALISIS ECONOMICO . . . . .	69
7. DISCUSION . . . . .	76
8. CONCLUSIONES . . . . .	80
9. RECOMENDACIONES . . . . .	82
10. ANEXOS . . . . .	83
11. LITERATURA CONSULTADA . . . . .	115

## RELACION DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
1	SISTEMA DE HILERAS DOBLES E HILERAS SENCILLAS DE YUCA ESTUDIADAS (RANCHO "La Palma") . . . . . 48
2	RENDIMIENTO DE RAIZ DE YUCA EN HILERAS DOBLES SIEMBRA INCLINADA EN SUELOS DE SABANA (RANCHO "La Palma") . . . . . 62
3	RENDIMIENTO DE RAIZ DE YUCA EN HILERAS DOBLES EN SIEMBRA HORIZONTAL EN SUELOS DE SABANA (RANCHO "La Palma") . . . . . 63
4	RENDIMIENTO DE YUCA EN HILERAS DOBLES EN DOS POSICIONES DE SIEMBRA ENCLINADA Y HORIZONTAL (RANCHO "La Palma") . . . . . 64
5	COSTOS POR HECTAREA DE LA COSECHA DE YUCA MEDIANTE LOS SISTEMAS MANUAL Y MECANIZADO. . . . . 75
6	PLANTA DE YUCA CON SUS ORGANOS . . . . . 84
7	CROQUIS DEL EXPERIMENTO . . . . . 85
8	PROMEDIOS MENSUALES DE 20 AÑOS DE PRECIPITACION EVAPORACION, EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL Y LLUVIAS MAXIMAS EN 24 HORAS EN mm DE LA SABANA DE HUIMANGUILLO, TABASCO (1958-1978) . . . . . 86
9	PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C) MAXIMA, MEDIA Y MINIMA EN LA SABANA DE HUIMANGUILLO, TABASCO, (1958-1978) . . . . . 87
10	PLANOS DE LA COSECHADORA TIPO CIAT. . . . . 88
11	FIGURAS DE LAS COSECHADORAS EVALUADAS . . . . . 89

## RELACION DE CUADROS DEL ANEXO

CUADRO	Pág.
1 ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	90
2 ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA . . . . .	90
3 ANALISIS DE VARIANZA DEL TAMAÑO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA (15-30 cm) . . . . .	90
4 ANALISIS DE VARIANZA DEL TAMAÑO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA HORIZONTAL CONSIDERANDO RAICES CORTAS (0-15 cm) . . . . .	91
5 ANALISIS DE VARIANZA DEL TAMAÑO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA HORIZONTAL CONSIDERANDO RAICES LARGAS (MAS DE 30 cm) . . . . .	91
6 ANALISIS DE VARIANZA DEL TAMAÑO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA CONSIDERANDO RAICES CORTAS (0-15 cm) . . . . .	91
7 ANALISIS DE VARIANZA DEL TAMAÑO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA CONSIDERANDO RAICES LARGAS (MAS DE 30 cm) . . . . .	92
8 ANALISIS DE VARIANZA DE LA CANTIDAD DE RAICES DE YUCA PERDIDAS EN LA COSECHA DE DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA . . . . .	92
9 ANALISIS DE VARIANZA DE LA CANTIDAD DE RAICES DE YUCA PERDIDAS EN LA COSECHA DE DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	92

## CUADRO

Pág.

10	ANALISIS DE VARIANZA DEL INDICE DE COSECHA DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA HORIZONTAL. . . .	93
11	ANALISIS DE VARIANZA DEL INDICE DE COSECHA DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA . . . .	93
12	ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE RAICES QUE SE DISTRIBUYERON EN FORMA LATERAL AL SURCO EN SIEMBRA INCLINADA. . . . .	93
13	ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE RAICES QUE SE DISTRIBUYERON EN FORMA LATERAL AL SURCO EN SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	94
14	ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE RAICES (DE 28 PLANTAS) SIEMBRA INCLINADA . . . . .	94
15	ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE RAICES LARGAS, SIEMBRA INCLINADA . . . . .	94
16	ANALISIS DE VARIANZA DEL ESPACIO CUBIERTO DE LA PLANTA SIEMBRA INCLINADA . . . . .	95
17	ANALISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA ALCANZADA A LOS 12 MESES, SIEMBRA INCLINADA . . . . .	95
18	ANALISIS DE VARIANZA DEL ESPACIO CUBIERTO DE LA PLANTA SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	95
19	ANALISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA ALCANZADA A LOS 12 MESES, SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	96
20	ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE RAICES QUE SE DISTRIBUYERON EN FORMA LATERAL AL SURCO, SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	96

## CUADRO

Pág.

21	ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE RAICES QUE SE DISTRIBUYERON EN FORMA LATERAL AL SURCO, SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	96
22	ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE RAICES LARGAS, SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	97
23	ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE RAICES DE 28 PLANTAS SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	97
24	ANALISIS DE VARIANZA DE LA PROFUNDIDAD DE RAICES, SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	97
25	ANALISIS DE VARIANZA DEL DIAMETRO DE RAIZ, SIEMBRA HORIZONTAL . . . . .	98
26	ANALISIS DE VARIANZA DE LA PROFUNDIDAD DE RAICES, SIEMBRA INCLINADA . . . . .	98
27	ANALISIS DE VARIANZA DEL DIAMETRO DE RAIZ SIEMBRA INCLINADA . . . . .	98
28	ANALISIS DE VARIANZA DE LA PROFUNDIDAD DE RAIZ DE DOS POSICIONES DE SIEMBRA DE YUCA (ANALISIS CONJUNTO) . . . . .	99
29	COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS PRIVADOS POR HÉCTAREA DE LA PRODUCCION DE YUCA EN MEXICO (HUIMANGUILLO), A PRECIOS DE JULIO DE 1986. . . . .	113
30	COSTOS DE CULTIVO. PROGRAMA DE YUCA, CICLO OTONO-INVIERNO 86/87. . . . .	114

## RESUMEN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es un cultivo noble, es un arbusto perenne, que se caracteriza por sus raíces amiláceas. Se encuentra entre los 30° de latitud norte y sur, cerca al Ecuador crece a altitudes hasta de 2,300 m y altitudes menores cuando se aparta de éste. Generalmente se cultiva en zonas tropicales de suelos pobres donde la precipitación es mayor de 750 mm, por año.

Debido a que las raíces tuberosas almacenan grandes cantidades de almidón en forma de carbohidratos, éstas constituyen una fuente de alimentación energética para unos 800 millones de habitantes de estas zonas.

Por otra parte, en México existe un gran potencial para este cultivo, pues existen las condiciones favorables para su desarrollo, debió a que pueden ser un excelente sustituto del sorgo que anualmente importa el país.

La yuca que se ha cultivado comercialmente es en Tabasco, contando actualmente con aproximadamente 3,000 hectáreas arrendadas; sin embargo esta expansión no ha sido fácil debido a la falta de mano de obra en períodos críticos del cultivo, pues existen altos requerimientos de 90-95 jornales/hectáreas, de los cuales casi el 50 por ciento las absorbe la cosecha que encarecen los costos del cultivo. Hay también limitantes de

maquinaria agrícola que se adapten a las condiciones de la región y que disminuyan los costos; así como también variedades que permitan hacer una cosecha eficiente.

Por lo anterior, como alternativa se pretende mecanizar esta labor. Debido a ésto se evaluaron dos cosechadoras CIAT y API y tres arreglos topológicos en bloques al azar con cuatro repeticiones, con el objetivo de conjuntar y adaptar maquinaria, espacio y variedad, a fin de facilitar la cosecha.

Los resultados indican que las cosechadoras están limitadas a trabajar bajo ciertas condiciones de campo; como poca incidencia de maleza, humedad y sistema de siembra. La cosechadora CIAT es más eficiente con 2.38 horas/hectárea por 4.34 de la API.

La pérdida de raíces fue menor empleando las dos cosechadoras en comparación con el sistema manual con 16 y 20% para la CIAT y API respectivamente; por 28 de la manual. Los requerimientos de potencia para la CIAT es de 19 (C.F.)\* a la barra de tiro y 25 C.F.\* de la API.

Por otra parte, en lo que corresponde a los arreglos topológicos, las tres dimensiones que se evaluaron fueron: (1 X 1 m), (1.5 X 0.50 X 1 a doble hilera) y (1.40 X 0.60 X 1 m a doble hilera), los resultados indican que en general no

\*C.F. = Caballos de Fuerzas.

hubo diferencias significativas de acuerdo a los análisis estadísticos. En lo que se refiere a rendimientos se obtuvo una media general de 17 ton/ha; las características de la raíz fueron muy similares (casi idénticas), aproximadamente el 50% de las raíces fueron mayores de 30 cm de longitud; el número de raíces por planta fue de 4.6 a 5.5 en la siembra inclinada y de 5.2 a 5.5 en la horizontal.

El diámetro o grosor de las raíces tuberosas no se vió afectado por los espacios más cortos (doble hilera), ya que varió de 4.3 a 4.4 y 4.4 a 5.0 cm para la posición de siembra inclinada y horizontal, respectivamente.

En la profundidad que alcanzaron las raíces, se presenta ron diferencias significativas, resultados más profundas en la siembra inclinada que en promedio fue de 8.8 a 12.1 y de 5.9 a 6.9 cm en la horizontal, esto es un factor muy importante sobre todo para facilitar la cosecha, pues a mayor profundidad más dificultad en la operación.

Otro parámetro que también resultó significativo fue la evaluación de la pérdida de raíces por el sistema de siembra en la cual el sistema de 1 X 1 m fue el que resultó con 1.8 a .8 ton/ha, en tanto que en los arreglos a hilera doble se obtuvieron cantidades tan inapreciables como lo son 70 kg/ha.

Por otra parte, de los análisis económicos se desprende

que aproximadamente se reduce en un 50 por ciento la mano de obra a la cosecha con el empleo de las dos cosechadoras (21 jornales con la CIAT, por 19 de la API) y el cambio de un sistema a otro, se justifica económicamente su uso después de 100 has para la cosechadora CIAT, en tanto que la API, debido a su ancho de trabajo (1 m) y su costo de precios actuales, tienden a ser más elevados que la cosecha manual y el empleo de la API.

De la evaluación se concluye que en la cosechadora tipo CIAT fue la que dió los mejores resultados de trabajo, eficiencia y menor costo; en tanto que los arreglos topológicos a hilera doble son los que dieron los mejores resultados para mecanizar la cosecha.

## INTRODUCCION

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es un cultivo tradicional de las regiones tropicales del mundo, constituyendo la principal fuente de alimentación energética para unos 800 millones de habitantes de estas regiones (Philips, 1982). Esta planta es originaria de América tropical, es perenne, arbustiva y pertenece a la familia euphorbiaceae. La yuca es un cultivo noble con un amplio rango de adaptación a condiciones edafoclimáticas adversas de los trópicos seco y húmedo, con suelos ácidos y de baja fertilidad, características de las sabanas tropicales, en donde es difícil la producción de cultivos tradicionales como el maíz y frijol. Por lo que estas áreas se encuentran subutilizadas con pastos de baja calidad alimenticia para la ganadería (Legorreta, 1983).

La yuca se caracteriza por poseer una amplia capacidad de producción de carbohidratos, los que almacena en forma de almidón en sus raíces tuberosas, con rendimientos potenciales hasta de 60 ton/ha (Cock, 1982), motivo por el cual constituyen la parte más importante económicamente de la planta. La parte aérea es rica en proteína y vitaminas, y puede servir como complemento para elaborar un alimento de buena calidad.

Este cultivo en México, actualmente cuenta con gran potencial para su desarrollo, ya que existen las condiciones edafoclimáticas, sociales y económicas para su expansión, en don-

de además es considerado como una alternativa que contribuirá a disminuir el déficit de la balanza comercial causado por la fuga de divisas; de las importaciones de granos que se realizan para cubrir la demanda nacional.

Estas consideraciones han servido de base para que se implemente un programa de incremento a la producción de yuca en Tabasco, el cual se inició en 1981, con 120 hectáreas, en 1985, se tenían establecidas más de 2,400 y para 1990 se estima que se sembrarán alrededor de 10,000 hectáreas. Sin embargo, este incremento ha significado una serie de problemas técnico-agronómico y socioeconómico entre los que destacan la falta de maquinaria adecuada para la siembra, cosecha y la escasez y elevados requerimientos aunados a los costos de mano de obra. En éste último aspecto demanda de 90 a 95 jornales para cultivar una hectárea, de las cuales cerca de 50% son absorbidos durante la cosecha.

Esta labor es la más costosa y pesada, ya que se realiza en forma manual, requiriéndose de mucho esfuerzo físico, además de que la mano de obra es escasa en la zona productora durante el período de la misma, y la baja población de la sabana.

Aunado a lo anterior, la variedad utilizada en la siembra comercial, tiene la característica de producir raíces largas y dispersas que dificultan la cosecha tanto manual como mecánica.

zada. Por otra parte el sistema de siembra se realiza en base a un arreglo de un metro entre plantas y surcos en el cual se presentan serios problemas para la cosecha mecanizada, ya que no existe suficiente espacio para el paso de la maquinaria, la que provoca rompimiento y pérdida de raíces.

Por lo anterior, se consideró importante investigar para conjuntar la maquinaria para la cosecha, el arreglo topológico y la variedad en un sistema mediante el cual se reduzcan las pérdidas de raíces y se mejore la operación de la maquinaria, de manera que esta labor resulte técnica y económicamente eficiente.

## OBJETIVOS

Evaluar la mecanización de la cosecha de yuca con el propósito de reducir los costos y requerimientos de mano de obra, facilitar la cosecha y minimizar pérdidas de raíz por daños mecánicos.

Proponer un arreglo agronómico que permita facilitar la cosecha en forma mecanizada.

Determinar la eficiencia y costos de operación de dos cosechadoras de yuca.

## HIPOTESIS

Mecanizando la cosecha de yuca, conjuntando maquinaria arreglo topológico y variedad, se reducen un 50% la demanda de mano de obra, para esta labor y mediante el arreglo topológico con el sistema de siembra en hileras dobles, permitirá facilitar la cosecha mecanizada, con menor rompimiento y pérdida de raíces sin afectar los rendimientos.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Importancia a nivel mundial

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es un arbusto de crecimiento perenne, se encuentra entre los 30° de latitud norte y sur, cerca al Ecuador crece a altitudes hasta de 2,300 m y altitudes menores cuando se aparta de éste. Generalmente se cultiva en zonas tropicales de suelos pobres donde la precipitación es mayor a 750 mm, por año. El ciclo de crecimiento (siembra a cosecha) depende de las condiciones ambientales, siendo más corta (9 meses-1 año) en áreas cálidas. (Cock, 1982).

Anualmente se cultivan alrededor de 10 millones de hectáreas en 80 países. (Cobo, 1985). La disponibilidad de tecnología para aumentar los rendimientos y la posibilidad de utilizar excedentes de producción en la alimentación animal así como otros usos industriales, han llamado la atención de muchos países para incluir el cultivo de la yuca dentro de su planes de producción, lo que hace preveer en el futuro una mayor expansión de esta importante fuente energética.

La importancia que ha tomado la yuca ha favorecido el incremento del área sembrada, en los países tropicales, la yuca ocupa el cuarto sitio después del arroz, maíz y la caña de azúcar en la producción de calorías utilizadas directamente para el consumo humano, (Bellotti, 1983). Se estima que esta

raíz constituye la principal fuente energética para 800 millones de habitantes que viven en las regiones tropicales del mundo. (Phillips, 1982).

La producción de yuca en 1980, se estimó en 118 millones de toneladas (Cuadro 1) y el uso de la producción 1975-1977 según Cock (1982) fue de 64.6% para el consumo humano, 11.5% para la alimentación animal, 5.5% para la industria y el resto en otros usos.

**CUADRO 1. PRODUCCION ESTIMADA (1980) Y USO DE LA YUCA PRODUCIDA ENTRE 1975 Y 1977 DIFERENTES AREAS DEL MUNDO. (ESTIMADA EN PORCENTAJE SEGUN EL CONTINENTE).**

Area	Producción (1980)	Utilización 1975 - 1977				
		Alimento		Uso	Exportación (%)	Desperdicios (%)
	Producción de ton	Humano (%)	Animal (%)	Industrial (%)		
Africa	45.5	88.8	1.4			9.5
Asia	41.0	55.3	2.9	8.6	2.3	6.3
América	37.7	42.4	33.4	9.6		14.0
Mundo	118.1	64.6	11.5	5.5	7.0	10.0

Cock. 1982.

## 2.2. La yuca en México

El cultivo de la yuca en México es muy antiguo, hay evidencias arqueológicas y registros históricos que señalan que los mayas la cultivaban con el nombre de "guacamote" nombre

que aún conserva en algunas regiones e inclusive se considera a México como un posible centro de origen de esta planta. (González y Méndez 1981)

El cultivo de la yuca tiene un gran potencial agrícola y socioeconómico en las zonas tropicales de México, donde actualmente se cultivan más de 4,000 hectáreas a nivel huerto familiar distribuidas en los estados de Tabasco, Veracruz, Chiapas, Campeche, Guerrero, Morelos y Yucatán. (Holguín, et al. 1982), el mismo autor menciona que dentro del área tropical de México existe una extensión aproximada de medio millón de hectáreas con suelos ácidos, de baja fertilidad subexplotadas que pueden ser sembradas con este cultivo. Esta área se localiza en la vertiente del Golfo de México, comprendida desde la parte central de Veracruz, hasta la península de Yucatán y el norte de Chiapas.

La yuca produce más carbohidratos por unidad de superficie y tiempo que otros cultivos básicos, además la excelente calidad de sus carbohidratos le permiten sustituir a los granos como raíz y sorgo que se destinan para la alimentación animal y se presenta como una alternativa para cubrir el déficit de granos que tiene actualmente México. A pesar de la gran diversidad de cultivos que se practican en México, llama la atención la falta de estadísticas oficiales sobre la evolución que ha tenido la yuca con el correr del tiempo. (Sáez, 1986). Sin embargo, existe la impresión de que pudieran encontrarse entre 3,000 y 6,000 hectáreas sembradas en todo el trópico mexicano.

El mismo autor señala que la década de los 80's el gobierno de Tabasco, ha impulsado a este cultivo con el objeto de generar productos que puedan ser utilizados en la alimentación de cerdos, aves y ganado de leche. Así mismo otros estados del sureste como: Campeche, Yucatán, Chiapas, Oaxaca y Veracruz, tienden a incrementar sus áreas comerciales.

### 2.3. Clasificación taxonómico de la yuca

La planta de yuca dentro de las jerarquías sistemáticas, pertenece a la clase dicotyledoneae, (su semilla presenta dos cotiledones) y a la subclase archichlamydeae, que se diferencian por el perianto poco evolucionado; el orden de la euphorbiales, familia euphorbiaceae, tribu Manihoteae. género *Manihot esculenta* Crantz. En el siguiente orden se resume su gerarquía zación sistemática. (Dominguez et al. 1982).

Clase:	Dicotyledoneae
Subclase:	Archichlamydeae
Orden:	Euphorbiales
Familia:	Euphorbiaceae
Tribu:	Manihoteae
Género:	Manihot
Especie:	<i>Manihot esculenta</i> Crantz

### 2.4. Morfología de la planta de yuca

**Raíz.** Las raíces de la planta de yuca tienen como caract

terística principal la capacidad de almacenar almidones los cuales constituyen del 20 al 30% de la raíz en base fresca razón por la cual es el órgano de la planta que actualmente posee mayor valor económico. La raíz está compuesta de la corteza (floema) y la parte comestible(xilema); la corteza puede ser de color blanco, café o rosado y el xilema blanco, amarillo o rosado. (Saldívar, 1977).

En el sistema radical de una planta adulta de yuca se distinguen dos tipos de raíces: Las raíces tuberosas, las cuales almacenan almidón y las raíces fibrosas, que sirven para absorber nutrientes, agua etc.

**Tallo.** El tallo maduro es de forma cilíndrica y de diámetro de dos a cinco centímetros, de color plateado, gris, morado o amarillo, según la variedad. Presenta nudos y entrenudos observándose a lo largo del tallo protuberancias que muestran en los nudos la posición que ocuparon inicialmente las hojas. Aparte, en el nudo se cuenta una yema axilar protegida por una escama y dos estípulas laterales la cual es la responsable de la propagación vegetativa de la especie (Conceicao, 1979). Una planta proveniente de una estaca puede producir tantos tallos primarios, cuantas yemas viables tenga la estaca.

La yuca es una planta de ramificación simpoidal, cuyo tallo o tallos principales se ramifican en dicotomía, tricotomía

o tetracotomía y tipos intermedios. (Conceicao, 1979).

**Hojas.** Se forman a partir de los meristemos axilares localizados en los nudos del tallo y están dispuestas en forma de espiral, son simples y están compuestas por la lámina foliar y el peciolo. La lámina es palmeada y lobulada y puede ser de distintos colores (morado, verde oscuro y verde claro), según el cultivar. (Domínguez, et al. 1982).

**Flor.** Las flores se presentan en una inflorescencia, cuyos arreglos estructurales son los racimos y la panícula. La yuca es una planta monoica, tiene flores masculinas y femeninas en una misma planta. En la inflorescencia las flores femeninas abren primero que las masculinas, una o dos semanas antes, (Protogenia). Por lo que la polinización en la yuca es cruzada; de ahí que sea una planta altamente heterocigota. (Domínguez, et al. 1982).

Las flores no tienen cáliz ni corola, sino una estructura indefinida denominada perianto o perigonio, compuesta de cinco tépalos de color amarillo, rojizo o morado, que en la flor femenina se encuentran separados hasta la base, lo que no sucede en la masculina.

La flor masculina, cuyo tamaño es aproximadamente la mitad del de la flor femenina, tiene el pedicelo delgado, recto y muy corto, mientras que el de la flor femenina es grueso, curvo y largo.

En el interior de la flor masculina se encuentra un disco basal dividido en diez lóbulos. En el centro del disco se observa un rudimento de ovario. De los espacios entre los lóbulos del disco basal nacen, dispuestos en dos series, los diez estambres que sostienen las anteras; de estos estambres cinco son externos, separados y más largos que los internos, al unirse forman un conjunto de anteras. Sobre los estambres se encuentran las anteras que tienen forma elongada, y están inclinadas hacia la parte central de la flor.

La flor femenina tiene en su interior un disco menos lobulado que el de la flor masculina, el cual descansa sobre la pared central del ovario. En algunas variedades se observan estaminoides provenientes de los lóbulos glandulares del disco basal. El ovario es supero dividido en tres lóculos cada uno de los cuales contiene un óvulo. Sobre el ovario se encuentra un estilo muy pequeño que da origen a un estigma compuesto de tres lóbulos ondulados y carnosos. Por lo general las flores masculinas una vez que producen el polen se desprenden del racimo floral; mientras que las femeninas que han sido fecundadas permanecen en la planta para convertirse en frutos. (Domínguez, et al. 1981).

**Fruto.** El fruto es una cápsula dehiscente y trilobular en forma ovoide o globular de 1 a 1.5 cm de diámetro con seis aristas longitudinales, estrechas y prominentes. La semilla es elíptica de 10 mm de largo por 5 mm de ancho con

testa dura y brillante cubierta de manchas oscuras. Estas se utilizan casi exclusivamente para formación de híbridos en el mejoramiento genético y no como método de propagación en siembras comerciales pues su desarrollo es muy lento y requiere de muchos cuidados, además de ser una planta altamente heterocigota. (González y Méndez, 1980).

### **3. PROCESO PRODUCTIVO**

#### **3.1. Preparación del terreno**

La yuca al igual que otros cultivos requiere una buena preparación del suelo y este varía en función del clima, el tipo de suelo, vegetación, topografía, el grado de mecanización y otras prácticas agronómicas (Seixas, 1976). La yuca se adapta bien a diferentes tipos de suelos con excepción de terrenos inundables, se sugiere cultivar yuca donde otros cultivos como el frijo y el maíz no prosperan, debido a la acidez del suelo como los de las sabanas tropicales. Además no se recomienda sembrar yuca en terrenos con pendientes mayores del 6 por ciento con el propósito de prevenir la erosión del suelo. (Sánchez, 1984).

##### **3.1.1. Método de preparación**

Montaldo, (1977) mencionó que en los suelos vírgenes primero se corta la vegetación existente y posteriormente se que

ma, plantando la yuca a los pocos días abriendo solamente un pequeño hoyo en el lugar que se coloca la estaca. Este método es el que tradicionalmente utiliza el pequeño productor que no tiene recursos para mecanizar su cultivo.

Para terrenos abiertos al cultivo se recomiendan las siguientes labores por lo menos un mes antes de la siembra:

**Desvare:** Esta labor consiste en cortar los zacates y arbustos al nivel del suelo con el objetivo de facilitar los trabajos posteriores; ésto se puede hacer con una chapeadora acoplada al tractor.

**Barbecho:** El barbecho solo conviene llevarlo a cabo en suelos arcillosos (pesados). Esta labor se realiza con el arado a una profundidad de 25 cm y el objetivo es romper el suelo e incorporar los residuos vegetales además facilitar el rastro.

**Rastro:** Esta labor se realiza en suelos pesados y ligeros y se dan dos pasos; el segundo, una semana después del primero en forma perpendicular y un día antes de sembrar. Esta labor permite desmoronar los terrenos y se obtienen una buena cama de siembra adecuada para la formación y engrosamiento de las raíces, además de disminuir la incidencia de maleza. (Holguín, et al. 1982).

### 3.2. Siembra

#### 3.2.1. Método de siembra

La yuca se puede sembrar en cama, camellones, surcos y en plano, cualquiera que sea el método debe hacerse énfasis en que la buena brotación y enraizamiento de las estacas requiere una humedad adecuada del suelo y una buena preparación por lo que el método empleado debe estar en función principalmente del tipo de suelo y del clima. (Toro, 1982). La siembra se puede hacer en forma manual o mecanizada y la estaca se puede colocar en posición inclinada, vertical u horizontal.

La siembra se realiza tradicionalmente en forma manual, sin embargo, en los últimos años se han empezado a utilizar diferentes tipos de máquinas para realizar esta labor como lo señalaron Wahab et al. (1977), quienes mencionaron que en Cuba, debido a la escasez de mano de obra se está mecanizando el cultivo de la yuca, principalmente la siembra y la cosecha que requieren de mayor cantidad. En este país se ha utilizado para la siembra una máquina TR-4 diseñada en Bulgaria, la cual siembra de tres a cinco hileras con eficiencia de 1 a 1.6 ha/hora. Este implemento es jalado por tractores de 28 a 48 caballos de fuerza.

Toro, (1982) indicó que en Brasil se logró reducir de 30 a solamente ocho jornales en la siembra de 10 ha/día, mediante la utilización de una sembradora de dos unidades, la

cual también fertiliza al momento de la siembra requiriendo un tractor de 50 caballos de fuerza mínimo para su operación. La misma máquina fue evaluada en Huimanguillo, Tabasco, por Rodríguez (1985), con el objeto de mecanizar el cultivo de la yuca, encontrándose que existe un ahorro de tiempo por hora de trabajo en comparación con la siembra manual, ya que la máquina tiene un rendimiento de 0.50 ha/hora (2 hr/ha) utilizando tres personas contra 0.05 ha/horas (20 hr/ha) con el sistema manual.

### 3.2.2. Densidad y distancia

Villa, (1936) estudió diferentes densidades de población con dos variedades de yuca (Sabanera y Costeña) de crecimiento ramificado variando la población de 10,000; 15,000; 20,000 y 25,000 plantas/ha; el espacio entre surcos fue de un metro y solo varió la distancia entre plantas de 1.0; 0.66; 0.50 y 0.40 metros en el mismo orden de las densidades antes señaladas y los resultados indican que las densidades de 10,000 y 15,000 plantas/ha no resultaron con diferencia significativa entre sí y es en éstas en donde se encuentran los más altos rendimientos con 15 y 18 ton/ha, respectivamente; en tanto que para las poblaciones de 20,000 y 25,000 plantas/ha se obtuvo 9 y 8 ton/ha para las densidades antes señaladas.

En el CIAT, (1973) estudiaron densidades de poblaciones desde 2,000 a 80,000 plantas/ha con diferentes variedades de

yuca y espaciamientos. Cosechando a los siete meses, los rendimientos más altos se obtuvieron con las variedades CMC-84, CMC-49 y Llanera, con rendimiento (ton/ha) y densidad (plantas/ha) de 18 y 5,000; 28 y 9,000; 24 y 3,000 respectivamente por lo que se considera que la variedad es un factor importante que influye en la densidad de población.

Por otra parte Mandal (1973), citado por Sánchez (1984) mencionó que éste realizó estudios sobre densidad de población con variedades ramificadas y no ramificadas en el Central Tuber Crops Research Institute de la India y encontró que con 12,345 plantas/ha se obtenía rendimientos más altos para una variedad ramificada y con 17,777 plantas/ha para la variedad no ramificada.

Méndez, (1982) indicó que la densidad de población para los suelos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, fluctúa entre 15,000 y 20,000 plantas/ha para la variedad criolla (porte erecta) y 10,000 a 12,500 para la variedad Sabanera y Costeña (porte ramificada).

### 3.2.3. Época

La época de siembra varía de acuerdo con las condiciones de cada región; sin embargo, Toro, et al. (1982) mencionaron que el tiempo, la disponibilidad de material de propagación y la humedad del suelo son importantes en el establecimiento del cultivo. En forma general Holguín y colaboradores (1982) indica-

ron que cuando la cantidad de lluvia es mayor a 2,000 milímetros al año se debe sembrar durante los meses de noviembre a febrero, pero que en las regiones con cantidad de lluvia menor de 2,000 milímetros al año y con períodos de sequía bien definidos es conveniente sembrar al inicio de la época de lluvia o sea en el mes de junio.

Toro y Atlee, (1981) mencionaron que tanto el tiempo como la disponibilidad de material de propagación influyen en la época de siembra. Estos autores hicieron una revisión de literatura y señalan que la época de lluvias es un factor muy importante por lo que varía de una región a otra y señalan que la época de siembra más común para la yuca parece ser al comienzo de la época seca; por lo que puede constituir un problema por cuanto que a menudo hay competencia de otros cultivos por la mano de obra disponible.

#### 3.2.4. Efecto del sistema y posición de siembra en las raíces

Las estacas de yuca se pueden sembrar en posición inclinada, horizontal o vertical sin que afecte el rendimiento (Cock, 1982), aunque en zonas con escasas lluvias los resultados indican ser más favorables si se siembran en posición vertical, ya que garantizan mejor brotación, distribución de raíces alrededor del tallo y mejor anclaje para evitar el volcamiento en zonas con mucho viento. Además de que la estaca debe ser enterrada a la mitad y con las yemas hacia arriba. Toro, et al. (1983) men-

cionaron que en Maracay, Venezuela se realizaron estudios en los cuales se varió la posición de siembra: horizontal, inclinada y vertical, para determinar la mejor posición de siembra. Los resultados se muestran en el Cuadro 2, en donde se observa que los mejores rendimientos se obtuvieron al sembrar la estaca en posición inclinada.

**CUADRO 2. VARIACION DE LA POSICION DE SIEMBRA DE LA ESTACA Y SUS EFECTOS.**

Efectos	Posición		
	Horizontal	Inclinada	Vertical
Desarrollo de plantas (altura m)	4.80	4.90	4.60
Raíces (ton/ha)	28.8	24.9	19.3
Peso por planta (kg)	2.930	3.506	2.717
Número de raíces comerciales por planta	6.0	8.0	5.7
Número de tallos por planta	1.4	1	1

Saldívar, 1977.

La distribución de las raíces puede ser afectada por la variedad, la posición en que la estaca sea sembrada, así como del ángulo de corte de la estaca. Cuando la estaca la siembran en posición vertical las raíces brotan alrededor de la callosidad del extremo inferior de la estaca; algunas raíces provenientes de yemas laterales pueden convertirse también en raíces tuberosas cuando la estaca se siembra inclinada, las raíces tienden a formarse en la callosidad y algunas pueden brotar de

las yemas laterales que están bajo tierra. Si la posición de siembra es horizontal las raíces tuberosas se distribuyen a lo largo de la estaca, debido a que se forman en las yemas laterales y en ambos extremos de la estaca (Domínguez et al., 1982).

Sin embargo, Saldívar, (1977) señaló que en estacas sembradas en forma horizontal se observó que la distribución de las raíces de yuca fueron en forma extendida a lo largo de la estaca y en la posición inclinada y vertical la distribución se presenta concentrada alrededor del corte de la estaca.

En la siembra vertical las raíces penetran en el suelo en la misma dirección de la estaca por lo que profundiza demasiado y se dificulta la cosecha. Sin embargo, resisten más la sequía que en la siembra inclinada de 45° a 60°, pero en esta posición la cosecha se facilita, ya que las raíces que dan más superficiales, pero soporta el volcamiento. En la horizontal, las raíces son poco profundas y se facilita la mecanización tanto de la siembra como la cosecha; este método es el más susceptible al volcamiento. (Saldívar, 1977).

Brandao, (1982) comparó dos sistemas de siembra en suelos pesados. Las estacas basales de 40 cm de largo sembradas verticalmente a 10 cm de profundidad dieron un 30% más de producción que las sembradas horizontalmente. La distribución de las raíces fue diferente para cada tratamiento. Las estacas sembradas verticalmente alcanzaron casi cinco centímetros más de pro-

fundidad que aquellas sembradas horizontalmente. Sin embargo, éstas fueron más fáciles de cosechar.

La variación de los factores edáficos y climáticos influyen también en alto grado en la posición de siembra, por lo que antes de hacer cualquier recomendación es necesario experimentar en diferentes zonas ecológicas con el propósito de determinar la posición más apropiada.

Cock, (1982) asimismo menciona que los resultados de estudios sobre posición de siembra vertical, inclinada u horizontal en plano o en camellones, no muestran tendencia consistente. Aunque Cham (1982), no encontró diferencias estadísticas en el rendimiento cuando sembró estacas de 15 cm de largo en forma inclinada, horizontal y vertical.

Domínguez, (1982) reportó que existen variadas formas y tamaño de las raíces, algunas variedades producen raíces grandes o pequeñas; sin embargo, tiene marcada influencia las condiciones en que la planta desarrolle. En lo que se refiere a la forma, el CIAT considera tres formas básicas: cilíndrica, fusiforme y cónica, aunque otras instituciones consideran formas intermedias entre éstas como la cilíndrica-cónica. En Venezuela, Echeverría, (1973) mencionó que para mecanizar el cultivo de yuca primeramente han intentado determinar ciertos patrones en relación a la forma de dispersión de las raíces tuberosas de yuca en el suelo midiendo el ancho y la profundidad

del área de influencia de las raíces en el suelo, así como sus hábitos de crecimiento de acuerdo a la posición del plantío de la estaca. Esto ha permitido determinar varios parámetros utilizables en el futuro como elementos de diseño en mecanismos de implementos para la plantación y cosecha de la yuca.

### 3.2.5. Implicaciones del patrón de siembra o arreglo especial en el cultivo

Leihner, (1983) menciona que un patrón de siembra en el cual cada planta se encuentre a igual distancia de las otras sería idial ya que hace un uso más eficiente de los recursos para crecer y producir; sin embargo, por razones prácticas como la preparación del terreno, la facilidad de la siembra, las labores de cultivo, así como la cosecha, muchas veces hacen más deseable un ordenamiento diferente de la yuca.

La Empresa Brasileña de Asistencia Técnica y Extensión Rural, (1981) recomienda sembrar la yuca en hileras dobles (2.00 X 0.60 X 0.60 m), debido a que observan aumentos en la productividad de un 25% en relación con el testigo 1 X 1 m y menciona que el cultivo en hileras dobles presenta las siguientes ventajas; facilita la asociación con otros cultivos (maíz, frijól, arroz, sorgo) hace posible la utilización masiva de la misma área mediante rotación de hileras en el mismo sitio, aumenta la producción mediante el mejor aprovechamiento de luz y de CO<sub>2</sub> (efecto de bordos); se maneja mejor el control de plagas y enfermedades, además de facilitar la cosecha.

Leihner, (1982) mencionó que la ventaja de que un patrón de siembra de 2 m (entre hileras) por 0,50 m (entre plantas en una hilera) dé los mismos resultados que un patrón de siembra de 1 X 1 m ya que éste tiene importantes implicaciones de carácter agronómico, pues los espaciamientos más anchos pueden permitir un control más adecuado de las malezas y facilitar la cosecha. Esto coincide con lo señalado por Toro, et al. (1981) quienes consideran que para utilizar adecuadamente la maquinaria agrícola en la cosecha de yuca, hay que considerar la distancia entre surcos en el momento de planear el cultivo.

### 3.2.6. Características de las raíces tuberosas

Moltaldo, (1977) señaló que las características de las raíces presentan diferencias según la variedad; se agrupan en número variable y tienen por lo general una dirección de crecimiento oblicuo de 20 a 40 cm de largo y de 5 a 8 cm de diámetro; sin embargo, pueden producirse raíces hasta de dos metros y de .20 a .30.m de diámetro. Por su parte Saldívar, (1977) menciona que la longitud de las raíces tuberosas oscilan entre 30 y 50 cm pudiendo encontrarse raíces de más de un metro y algunas variedades tienen una longitud radicular promedio de 20 cm y aún menor en condiciones adversas al cultivo. En lo que se refiere al número, el mismo autor reporta que existe gran variación y pueden ser de 5 a 20 ó más raíces, con una media de 10 por planta y el peso puede variar desde 100 gr hasta extraordinariamente 60 kg por raíz siendo las más co-

munos de 3 kg. Por otra parte Cobo, (1985) al evaluar tres posiciones de siembra (inclinada, vertical y horizontal) no encontró diferencias significativas, el número de raíces/planta fue de 4.45, 3.92 y 4,5 respectivamente y el diámetro fue de 5.12, 5.42 y 5.43 cm para las mismas posiciones, lo que demuestra que las características de las raíces son independientes de la posición en que se siembra las estacas, en lo que se refiere al largo la posición inclinada fueron un poco más largas las raíces (35.76 cm en promedio); sin embargo, en los rendimientos no se reflejaron

### 3.3. LABORES CULTURALES

#### 3.3.1. Fertilización

En general, la yuca se considera como un cultivo rústico que crece relativamente bien en suelos pobres, sin la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes (Howeler, 1982). El mismo autor menciona que aún cuando la información varía considerablemente entre las diferentes condiciones del suelo y la misma variedad, señala que por cada tonelada de raíces la yuca extrae aproximadamente 2.14 kg de nitrógeno, 0.46 kg de fósforo, 3.5 kg de potasio, 0.69 kg de calcio y 0.39 kg de magnesio cuando se cosechan las raíces exclusivamente.

Para las condiciones generalmente pobres de los suelos de la región de Huimanguillo, la yuca responde a la fertilización y la que mejores resultados ha dado es la fórmula 60-120-

60 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente al espeque o banda, y la aplicación puede ser al momento de la siembra y hasta los 30 días posteriores (Sánchez, 1984).

### 3.3.2. Control de maleza

Las malezas en el cultivo de la yuca al igual que en los otros cultivos compiten por el agua, los nutrientes y la luz, lo que se traduce en bajos rendimientos.

Al respecto Doll y Leihner, (1981) indican que las malezas al competir por los factores antes señalados y causar reducción en los rendimientos, además ocasionan otros tipos de daños en la producción yuquera como: la baja calidad de las raíces, ya que algunas especies como las de *Cyperus Rotundus*, en donde los rizomas pueden perforar las raíces de la yuca, por lo que no tienen buena aceptación en el mercado; así también dificultan las labores agrícolas como la aplicación de herbicidas y fungicidas, debido a que las malezas se enredan en la planta como los del género *Ipomoea*, que dificulta la cosecha y aumentan los costos de producción.

Estos mismos autores señalan que la época crítica de competencia de las malezas con el cultivo de yuca, comprende los primeros 120 días del ciclo de vida del cultivo, edad en que cierra el espacio entre surcos y plantas.

Para las condiciones de Huimanguillo, Méndez, (1982) menciona que la yuca requiere de un período libre de maleza (período crítico) de tres meses, por lo que necesita de dos a tres deshierbes manuales. Aunque puede también combatirse con productos químicos, como el herbicida preemergente Gesapax, cuyo efecto dura hasta 60 días, requiriéndose posteriormente de un solo chapeo o deshierbe (Legorreta, 1984).

### 3.3.3. Combate de plagas y enfermedades

Las plagas de mayor importancia económica por el daño que producen son los trips, ácaros, escamas, piojo harinoso, barrenadores de tallo, gusano cachón y mosca de la fruta. En América Latina, se ha reportado el mayor número de insectos que atacan a la yuca, (Bellotti, et al. 1982).

Las plagas más importantes para México, por el daño que causan es el gusano cachón (*Erinnyis ello* (L.) y los trips *Frankliniella williamsi*, el primero es un lepidóptero defoliador y en cada ataque (defoliación) que dá a la planta, se reduce el rendimiento en un 20% (Urías, 1983); en tanto que los trips, su ataque no tiene como resultado la defoliación, pero si la reducción del área fotosintética y dependiendo de la susceptibilidad de la variedad, el rendimiento se reduce entre 5.6 y 28.4% (Schoonhoven E, Peña, 1976, citado por Bellotti, 1983).

Por otra parte, en lo que se refiere a las enfermedades, la yuca puede ser atacada por más de 30 agentes bacterianos, fagosos virales y micoplasmas y éstos pueden causar pérdidas en el establecimiento del cultivo, disminuir el vigor, reducir su capacidad fotosintética y causar pudriciones radicales anteriores o posteriores a la cosecha, (Lozano, 1982), y éste mismo autor menciona que dentro de las enfermedades más importantes que causan el mayor daño económico a la yuca, están las de origen bacterial, dentro de las cuales se encuentra el añublo bacterial o muerte descendente [*Xanthomonas manihotis*] y la pudrición bacterial del tallo [*Erwinia carotovora*], éstas dos enfermedades se consideran como las más limitantes de la producción de yuca en las áreas afectadas, ocasionando a veces pérdidas durante la estación lluviosa.

Tanto las plagas y enfermedades se les puede controlar con variedades resistentes, sin embargo, para el gusano solo se le puede combatir con productos químicos.

### 3.4. COSECHA

#### 3.4.1. Época

La época de cosecha está en función de la fecha de siembra, sin embargo Montaldo, (1977), menciona que el engrosamiento de las raíces reservantes es visible al exterior por grietas o cuarteaduras que hacen las raíces en el suelo, alrededor del

cuello de las plantas y ésto ocurre por lo general desde los 8 ó 10 meses para algunas variedades.

Sin embargo, existen otros criterios como el consumo familiar o la demanda del mercado. Para consumo humano se cosecha entre los 8 y 12 meses y para la industria o consumo animal se puede desde los 12 hasta los 24 meses.

Al respecto González, (1978) en Huimanguillo, Tabasco, estudió los efectos sobre la edad a la cosecha, con una variedad criolla, el período de cosecha fue desde los 9 a los 23 meses de edad. Los resultados indican diferencias significativas, el rendimiento aumentó de 10,7 a 18.5 ton/ha a los nueve meses promedio de las últimas tres cosechas, lo que significa un 80% de incremento en el rendimiento y concluye que en base a los análisis económicos, relación beneficio costo y la edad óptima es a los 13 meses de edad, cuando la yuca está completamente defoliada.

En tanto que Conceicao, cita a Normanha, (1963) y dice que las épocas más indicadas para cosechar la yuca son aquellas en que las plantas se encuentran en "período de reposo" o sea cuando las condiciones de clima (temperatura máxima y poca lluvia), la yuca tira las hojas teniendo un máximo de producción de raíces con elevadas tasas de almidón, de este modo los mejores meses para este fin son de mayo a agosto.

### 3.4.2. Método manual

Para la preparación de la cosecha de yuca los productores cortan la parte aérea dejando un "tocon" de 30 cm de largo, el cual es agarrado y usado para sacar las raíces de la planta. Si el suelo es duro, los productores se auxilian de una palanca para tirar del "tocon" y levantan. Las cosechadoras mecánicas y otras formas de cosecha tienen un uso limitado, (Cock, 1985).

En tanto que la demanda de mano de obra por esta labor González, (1984) menciona que se requiere de aproximadamente 10 jornales/ha y que algunas veces, como preparación a la cosecha, se necesita del control de maleza y remoción del suelo alrededor de la planta. El mismo autor, menciona que en la cosecha de yuca manual, la extracción es muy laboriosa, requiriéndose dos fuerzas, una de tracción y otra de vibración. La tracción es la fuerza ascendente y la vibración permite que las raíces se desprendan con mayor facilidad del suelo.

Al respecto, INIA (1985) dice que la cosecha se puede realizar en forma manual o mecanizada. La primera se efectúa cuando se siembra pequeñas áreas y consiste en cortar las ramas dejando un pedazo del tallo que se jala repetidas veces para aflojar las raíces del suelo. Para extraerlas con menos esfuerzo, se pueden utilizar cintos y palancas que disminuyen el esfuerzo humano. En tanto que Toro y Atlee, (1984) mencionan

que la cosecha de raíces bajo el sistema manual representa altos requerimientos de mano de obra y de un gran esfuerzo físico de los agricultores, siendo esta práctica la más común, costosa y pesada.

### 3.4.3. Método semi-mecanizada

En la mayoría de los métodos para la recolección de la yuca, con el uso de máquinas o implementos de tracción mecánica o animal se puede denominar semi-mecánicos y se efectúan por la adaptación de la maquinaria existente.

En estos casos el arranque es mecánico en gran parte, pero debe ser completamente por la mano de obra. (Toro, et al. 1978).

En la relación a la cosecha semi-mecánica, existen algunas modalidades para extraer las raíces:

**Palancas.** Consisten en un palo, en el cual es atada una cuerda, con la que se amarra con una cinta el tocón, esta va al centro del tronco, de tal manera, que un extremo va al suelo y el otro es impulsado hacia arriba disminuyendo el esfuerzo físico.

**Coa o macana.** Esto es utilizado por los productores y consiste de un palo con punta con la cual, es clavado junto al tocón (en el cuello de las raíces) y son empujados hacia la pa

lanca exterior, este sistema se puede utilizar en suelos livianos.

**Cinchos.** Mediante una cuerda es amarrado el tocón y el cincho puede ir alrededor del cuello del trabajador o a la cintura, para tirar lentamente del tocón y así extraer las raíces.

**Tarpalas.** Este es otra manera de auxiliarse para la cosecha, consiste de un palo con una cuña de metal (pala) y mediante excavaciones se sacan las raíces, (Toro, et al, 1979).

En relación a la cosecha de yuca se han estudiado labores manuales de arranque de raíces, comparándolas con la aplicación de diversos implementos, como subsoladores provistos de aletas zanjadoras, arrancadoras de papa de cadenas, modificados con promedio de producción de 15 ton/ha de acuerdo a los hábitos de crecimiento de la raíz, se ha comprobado que las zanjadoras pueden ser utilizadas cuando la plantación de las estacas se hacen en forma inclinada, (Echeverría, 1973).

El subsolador provisto de aletas zanjadoras y las arrancadoras de papa, presentaron una capacidad de trabajo promedio de 0.36 ha/hora y 0.30 ha/hora con eficiencia de 80 y 55%, respectivamente.

Leihner, Dietrich E., (1984) evaluó dos cosechadoras de yuca, una comercial fabricada por Richterm Engineering Ltd.,

Boonah Australia y el implemento diseñado y construido en el CIAT. Comparó la eficiencia, estableciendo dos ensayos con dos variedades de yuca (Chiroza), una difícil de cosechar manualmente en tres sistemas de siembra: cama, camellones y en plano, en hileras con un metro de separación entre surcos y diferentes espaciamiento de plantas, con el objeto de variar la población en tre 5,000 y 20,000 plantas/ha y el segundo experimento, se hicieron las siembras en plano, con tres variedades de yuca: M Col 22 (plantas con raíces cortas y cónicas, de crecimiento radical compacto), CMC 84 (con raíces de tamaño intermedio) y M Mex 11 (con raíces largas y dispersas). Los resultados se presentan en los siguientes Cuadros 3 y 4.

**CUADRO 3. COMPORTAMIENTO DE DOS IMPLEMENTOS MECANICOS QUE FACILITAN LA COSECHA DE LAS RAICES DE YUCA Y DEL SISTEMA MANUAL DE COSECHA CON LA VARIEDAD CHIROZA, EN CIAT-QUILICHAO<sup>1</sup>.**

Sistema de cosecha	Pérdida de raíces (ton/ha)	Raíces partidas (\$)	Raíces cortadas (\$)	Escala de pelado <sup>2</sup> (0-10)
Manual	1,62	1.9	0,0	0.0
Cosecha comercial	1,55	17.0	0.5	1.5
Cosechadora CIAT	0,23	3.3	0.1	1.0

CIAT, 1982

1. La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medias de tres sistemas de siembra y a tres densidades.
2. Evaluación visual con base en una escala de 0-10; 0 = sin pelar; 10 = daños en la mitad o más de la superficie de la raíz.

**CUADRO 4. EFECTOS DE TRES SISTEMAS DE SIEMBRA, CON LA VARIEDAD CHIROZA, SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE DOS IMPLEMENTOS MECANICOS QUE FACILITAN LA COSECHA DE YUCA, EN CIAT QUILICHAO<sup>1</sup>.**

Sistema de cosecha	Pérdida de raíces (ton/ha)	Raíces partidas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado <sup>2</sup> (0-10)
<b>Cosechadora comercial</b>				
Camellones	2.1	16.8	1.5	2
Camas	1.4	19.5	0.0	1
Suelo a nivel	1.2	17.7	0.0	1
<b>Cosechadora CIAT</b>				
Camellones	0.5	4.1	0.3	1
Camas	0.2	2.7	0.0	1
Suelo a nivel	0.0	3.1	0.0	1

CIAT, 1982.

1. La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a los promedios de densidad de siembra de 10,000; 15,000 y 20,000 plantas/ha.
2. Evaluación visual con base en una escala de 0-10; 0=sin pelar; 10=daños en la mitad o más de la superficie de la raíz.

#### 3.4.4. Maquinaria para la cosecha

La cosecha de las raíces es la operación más difícil para mecanizar; además del tamaño irregular, forma, profundidad y distribución, el problema se agrava por el arrastre y remoción de tierra de las raíces sin que sufran mucho daño. De esto se

desprende, que el diseño de una cosechadora eficiente es muy difícil, ya que las variedades han sido seleccionadas en base a resistencia de plagas y enfermedades; sin considerar la cosecha mecanizada, por lo que, es necesario considerar en el futuro variedades que presenten raíces estrechamente agrupadas de forma simi-cónica, que no profundicen mucho y con sistema radical corto, (Toro, et al. 1978).

Beeny, citado por Toro, et al. (1979), menciona que los problemas de la cosecha de las raíces de yuca, debido a los suelos duros, tamaño y disposición de las raíces, etc., sugiere el uso de un implemento acoplado con una reja de arado o partidor, cuya vibración reduce la tracción y hace la labor manejable por un tractor mediano o grande, pues es una realidad técnica que el principio vibratorio aplicado en la cosecha mecánica facilita el desprendimiento de las raíces.

Por otra parte, hay que considerar que las características del terreno influyen grandemente en los requerimientos de potencia del tractor, como las condiciones físicas de los materiales cultivados como: rendimiento, altura de planta, humedad, entre otros, (Ordaz y Martínez, 1986), además de incidir en los requerimientos de potencia Ashburner y Sims, (1984), indican que los costos de operación dependen de las diferentes circunstancias en que se trabaja la maquinaria como: condiciones del terreno, buena humedad, limpio de maleza, sin obstáculo, etc., además de la experiencia de los operadores; todo ello influye considerablemente en el rendimiento de una máquina y ésta impli

ca un mayor o menor costo de operación por unidad de superficie.

Toro, et al. (1979), a su vez mencionan, que debido a que la yuca es un cultivo profundo, la cosecha mecánica requiere de tractores grandes, por lo que, es necesario hacer estudios de costos comparativos con la cosecha manual tendientes a determinar en que tamaño de explotación es rentable la cosecha mecánica. Además, de considerar la distancia entre surcos en el momento de planear el cultivo, para utilizar adecuadamente la maquinaria agrícola en la yuca.

#### 3.4.5. Requerimiento de mano de obra para la cosecha

En Venezuela, la cosecha manual directa de raíces de yuca en condiciones libres de maleza, consumió alrededor de 115 horas/ha.

Para la preparación de la cosecha de la yuca, se requiere de 10 jornales por hectárea.

La operación de la cosecha consume una gran cantidad de mano de obra y de esfuerzo físico cuando se efectúan manualmente, siendo ésta la práctica más común, la cosecha en Colombia representa más del 30% de los costos de producción, debido principalmente al uso de métodos manuales redimentarios, usualmente ineficientes. (Toro y Atlee, 1982).

En Venezuela, reportan para la yuca bajo el sistema de producción mejorada, la cosecha absorbe un 37% de los costos de producción con rendimientos de 30 ton/ha. (Guillén y Quintero, 1973).

Echeverría, (1973) menciona que para la recolección y ensacado de las raíces en forma manual, esta operación consume alrededor de 100 horas-hombre/ha.

#### 3.4.6. Rendimiento

La yuca a pesar de que se da en condiciones edafoclimáticas muy adversas como son los trópicos, se obtienen buenos rendimientos; al respecto, Cock, (1982), menciona que se han obtenido rendimientos potenciales hasta de 60 ton/ha, motivo por el cual es la parte económica más importante, en tanto que Ibarra, (1984), menciona que en México, tradicionalmente la yuca ha sido producida por pequeños agricultores, con un mínimo de insumos, teniendo un rendimiento bajo de 12 ton/ha/año, con una tecnología propia del agricultor como lo es la selección de variedades en diferentes condiciones agroclimáticas.

A su vez Méndez, (1982) reporta rendimientos máximos de 35 ton/ha para la sabana de Huimanguillo, utilizando la tecnología generada por el grupo de investigación de yuca en México.

### 3.5. - ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO

#### 3.5.1. Costos de producción

Los costos de producción han variado enormemente de 1982 año en que se inició la producción comercial del cultivo, (\$35,000) a 1986 en la cual Sáez, (1986) hizo un análisis económico de los costos, ingresos y beneficios por hectárea de producción de yuca en Huimanguillo, Tabasco, en la cual reporta una rentabilidad por hectárea por año de 23.9% y a 17 meses un 33.8% sobre la inversión (Anexo).

Actualmente el último costo que ha autorizado el Banco de Crédito Rural para el ciclo 86/87, es de \$ 320,009/ha (Distrito de Temporal No. 151, 1987).

#### 3.5.2. Comercialización

La comercialización se puede hacer en fresco o procesada solo que la primera forma es muy restringida, debido a que la raíz es altamente perecedera, ya que no dura más de tres días después de ser cosechada; por lo que este mercado está limitado hasta ahora.

Otra forma de comercialización es deshidratada (procesada) en forma de hojuelas o rodajas y en harina, de esta forma tiene un período más largo de conservación, además de que se facilita el transporte y adquiere un mejor precio en el mercado (Méndez, 1986).

Para que la yuca pueda cubrir mercados más amplios en la industria de alimentos balanceados, es necesario someterla a un proceso de deshidratación, mediante el cual se reduce su contenido de humedad inicial (60-65%) a niveles entre 10-14% lo cual facilita su manejo y permite el almacenamiento por mayores períodos de tiempo. (INIA, 1986).

### 3.5.3. Usos

Hay diferentes usos que se le puede dar a la yuca para uso industrial, en la elaboración de gomas, alcohol, almidón, etc., o en la alimentación humana que según (Phillips, 1982) es un alimento energético para unos 800 millones de habitantes en los trópicos y Normanha, (1970), menciona que en Brasil, se come cocida, frita o en postre, también hacen pan, agregando cierta cantidad de pulpa molida y cocida de yuca a la harina de trigo y los ingredientes complementarios. También es utilizada en la alimentación animal. Al respecto Cruz y Ballinas, (1984) mencionan que las raíces de yuca representan una fuente energética, por un alto contenido de carbohidratos (80-90% B.S.) por otro lado, las hojas contienen una cantidad considerable de proteínas (20-30% B.S.). Una mezcla adecuada de tubérculos y hojas de yuca podría reemplazar en cierto nivel a los granos, principalmente al maíz y al sorgo en las raciones para animales monogástricos. En tanto que Méndez, (1982), señala que la yuca se puede utilizar de tres formas, como en harina, fresca y ensilada; este producto puede sustituir al

sorgo y al maíz en las raciones balanceadas siempre y cuando vaya suplementada con algún concentrado proteico.

#### 3.5.4. Mercado nacional

Hasta el momento existe un buen mercado potencial para la yuca, se ha estimado que la demanda de yuca en seco en México para el año de 1990 será del orden de 1'376,867 toneladas, lo que requerirá de 238,666 hectáreas a sembrar, permitiendo ahorros en la importación de sorgo del orden de \$ 1'194,378 toneladas (Sáez, 1986).

En tanto que (Rodríguez, 1987) menciona que mediante una estrategia de investigación del mercado potencial se puede lograr la conquista del mercado demandante, como su tamaño, necesidades de los consumidores, su preferencia etc., lo cual hasta el momento no se ha hecho, pero que es fundamental para retroalimentar a la producción en términos de planeación.

INIA, (1986) indica que uno de los mercados potenciales de la raíz de yuca que ofrece mejores perspectivas en su utilización, como substituto de los cereales en las raciones balanceadas destinadas a la alimentación animal, debido a la baja disponibilidad de cereales como el sorgo, el cual se importa en cantidades crecientes,

### 3.5.5. Mercado local

La raíz de yuca que se cosechó el año pasado, según Méndez,\*(1986) responsable del Programa de Yuca en Tabasco, mencionó que aproximadamente se vendieron a las granjas porcinas del Plan Chontalpa, 28 toneladas de yuca fresca para silos y unas 700 toneladas de yuca seca a diferentes compradores, como engordadores de cerdos en Campeche, Mérida, Puebla y a comerciantes de alimentos en pequeña escala dentro del estado.

De acuerdo con Rodríguez, (1987) la comercialización actual de la yuca en Tabasco, no está planeada; por lo que constituye uno de los principales problemas del Programa de Producción. Sin embargo, los canales de comercialización que se siguen son: a través del procesamiento que se ha destinado el 77% de la producción, de las cuales el secado en patios de cemento constituye el 18.8 por ciento, plantas procesadoras un 6.9 por ciento y el ensilado con el 52.4 por ciento de la producción, de la cual de este último se ha canalizado a los silos del Plan Chontalpa, principalmente para la alimentación de cerdos.

El mismo autor menciona que el consumo en fresco se encuentra limitada por las condiciones de alto contenido de agua de las raíces (65%) y solamente en un 22 por ciento de la producción se ha consumido en fresco.

\*Comunicación verbal.

#### 4. MATERIALES Y METODOS

##### 4.1. Descripción del área de estudio

La sabana de Huimanguillo, Tabasco, geográficamente se encuentra localizada entre las coordenadas 17°45' y 17°51' de latitud norte y los 83°24' y 92°43' de longitud oeste, está situada al sur de Chontalpa, abarcando parte de los municipios de Huimanguillo, Tabasco, y las Choapás, Veracruz, con una superficie aproximada de 140,000 hectáreas (Calderón, 1971).

##### 4.1.1. Localización del sitio experimental

El sitio donde se condujo el experimento de arreglos topológicos, se encuentra ubicado en el rancho "La Palma", localizado en el km 25 de la carretera Huimanguillo-Francisco Rueda en el municipio de Huimanguillo, Tabasco,

##### 4.1.2. Vegetación

El estrecho vegetativo inferior que predomina en las sabanas es típicamente de sabana herbácea y algunas de las especies de gramíneas más comunes: El *Paspalum plicatulum*, *Paspalum notatum*, *Andropogon* sp., *Axonopus* sp. (Sánchez, 1984). En el estrato superior, las especies más comunes que destacan son: El Guiro (*Crescentia cujeta*), Tachicón (*Curatella americana*), Nance (*Byrsonimia crassifolia*), Tocoy (*Coccoloba* sp.) y Encino prieto (*Quercus cleoides*), (Legorreta, 1983).

#### 4.1.3, Suelos

Las características físico-químicas de los suelos de sabana donde se llevó a cabo el trabajo se presentan en el Cuadro 5, en donde se pueden observar los diferentes parámetros cuantificados. Los suelos de sabana son considerados como profundos, con horizonte "A" de 0-40 cm de profundidad, de textura franco o franco-arenosa, de color pardo muy oscuro, estructura granular chica y consistencia suave. El horizonte "B" de 40 cm a mas de 1 m de profundidad, es de textura franco-arenosa, color amarillo rojizo o rojo amarillento, sin estructura y de consistencia suave, presenta moteaduras y franjas rojizas amarillentas o blancas. El drenaje en el horizonte "A" es bueno y en el "B" es malo, estos suelos son ricos en M.O. y en ocasiones presentan gravas sueltas de diferentes materiales. (COTECOCA, 1968).

Calderón, (1971) cita a Mann F.G. y éste menciona que en América Latina, predominan las sabanas húmedas y como condición requieren de la existencia de un período húmedo de nueve meses para reunir esta característica. A su vez, cita a Miranda y éste ubica a la sabana como una etapa final de la hidroserie a partir del pantano y menciona a Penington-Sarukhan y éstos hacen una interrelación de factores y dicen que el clima, relieve, vegetación y la actividad del hombre, influyen en la formación de las sabanas,

**CUADRO 5. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO DEL RANCHO "LA PALMA", EN LA SABANA DE HUIMANGUILLO, TABASCO\***

NUMERO DE MUESTRA				
Parámetro	1	2	3	4
Profundidad (cm)	0-20	0-20	0-40	0-40
Color en seco	Café- grisáceo muy oscuro	Café- oscuro	Café- oscuro	Café- oscuro
Color en húmedo	Café oscuro	Café muy oscuro	Café muy oscuro	Café muy oscuro
pH 1:1 (en agua relación 1:1)	4.7	4.6	4.8	4.6
Textura	Arena	Arena	Arena Migajosa	Arena
Materia orgánica (%)	5.47	3.98	3.81	4.08
Nitrógeno total (%)	0.196	0.143	0.118	0.098
Fósforo ppm	1.33	1.19	Trazas	0.56
Potasio ppm	11.25	6.5	4.75	5.75
Calcio ppm	31	40	42	43
Magnesio ppm	5	20	17	20
Manganeso ppm	9.6	6.1	6.8	8.0
Zinc ppm	1.40	0.52	0.76	0.72
Arena (%)	89.38	88.38	83.38	86.38
Limo (%)	7.18	8.18	12.18	9.18
Arcilla (%)	3.44	3.44	4.44	4.44

Legorreta, 1983.

\*ANALISIS REALIZADOS POR LA UNIDAD DE LABORATORIOS DE SUELOS DEL CIAGOC-  
INIA (1981).

West, (1966) opina que las sabanas del estado de Tabasco, se han formado principalmente por la acción del hombre, mediante el proceso de roza, tumba y quema.

#### 4.1.4. Clima

El tipo de clima es Am de acuerdo con la clasificación de Koopen, modificado por García (1964). La precipitación media anual de los últimos 20 años es de 2,415 mm, en la cual el 78 por ciento de la precipitación se presenta de junio a diciembre. En tanto que los meses más secos son de marzo y abril, que registran solo el 4,7% de la precipitación total anual, agosto es el mes en que ocurre el mayor número de días con precipitación superior a 0,1 (18 días), y el mes de abril es donde suceden el menor (4.1 días); en octubre ocurren las mayores precipitaciones en 24 horas (94.9 mm) y en el mes de marzo los menores (13.6 mm).

La temperatura media anual es de 25.8°C, registrándose las más altas temperaturas medias en mayo (28.6°C) y junio (28.1°C) y las más bajas en diciembre (22.5°C) y enero (22.02°C).

La evaporación es más alta en mayo (151 mm), disminuyendo en febrero en más del 50 por ciento,

La evapotranspiración solo en los meses de febrero a mayo es superior a la precipitación con 509 mm. Estos datos se pueden observar en la Figura 8, que corresponden a un período de

20 años (1958-1978), (Cisneros et al, 1979),

#### 4.2. TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos de campo se llevaron a cabo en dos etapas de la siguiente manera; primero se evaluaron las características de las cosechadoras, y la segunda consistió en la evaluación de los arreglos topológicos,

La evaluación de las cosechadoras se inició en junio de 1984 y éstas fueron la cosechadora diseñada en el Centro Inter nacional de Agricultura Tropical (tipo CIAT), con sede en Colombia y la otra fue una cosechadora de origen inglés, hecha por la Compañía Agri-Proyect International (tipo API),

##### 4.2.1. Descripción de las cosechadoras

###### Cosechadora CIAT

La cuchilla fue diseñada en el CIAT y construída en México para cosechar dos surcos. Básicamente consta de una cuchilla horizontal, con dos soportes en sus extremos, los cuales van acoplados a una barra porta-implementos. En la parte superior de la cuchilla se colocan dos plataformas a manera de planos inclinados en un ángulo de 17 grados. En conjunto la cuchilla y planos inclinados funcionan como una cuña al penetrar en el suelo; la profundidad deseada se mantiene por la acción del sistema hidráulico del tractor,

En la Figura 9, se dan las especificaciones de las diferentes partes del implemento,

#### Cosechadora API

Consta de una cuchilla horizontal inclinada, que sirve para levantar las raíces hacia una cadena elevadora, donde una limpieza es realizada por vibración. En la parte frontal de la cosechadora lleva unos discos cortados de maleza. Es acoplada a los tres puntos del tractor y a la toma de fuerza. Esta cosechadora es de 1 m de ancho de trabajo y el diseño original es para cosechar papa (*Solanum tuberosum*), pero se pretende adaptarla para cosechar yuca. En la Figura 10, se aprecian ambos implementos,

#### 4.2.2. Evaluación de las cosechadoras

Para cumplir con los objetivos de esta primera etapa, se llevó a cabo la evaluación de las dos cosechadoras en parcelas comerciales de agricultores. En esta fase no se utilizó ningún diseño experimental, únicamente se midieron áreas iguales mayores a media hectárea para ambas cosechadoras, en diferentes sitios de la sabana de Huimanguillo, (Economía, Pato Escondido, Tierra Nueva 3ra. Sección) empleando la siguiente metodología,

- Primero se cortó y se retiró el follaje de la parcela.
- Las dos cosechadoras se acoplaron cada una por separado al tractor y se ajustaron para su operación correcta en el tractor.
- Se midió la superficie del terreno donde cada cosechadora trabajó.
- Se procedió a pasar la cosechadora tipo CIAT, se enterró a una profundidad de 28 cm, jalándola con tractor de 82 caballos de fuerza de tal manera que aflojaran el suelo para después manualmente sacar las raíces.
- La cosechadora inglesa API, se enterró a una profundidad de 23 cm pero como tiene una banda transportadora, sacó las raíces y quedaron sobre la superficie del terreno.
- Para medir los requerimientos de potencia de las cosechadoras, se emplearon dos tractores de 82 caballos de fuerza uno se le acoplo la cosechadora y el otro jalaba. Entre ambos tractores se colocó un dinámetro electrónico. Para la cosechadora API debido a que emplea la toma de fuerza del tractor, se utilizó otro dinámetro electrónico que permite la medición de la velocidad, torque y potencia en el eje de toma de fuerza del tractor.

#### 4.2.3. Variables medidas

Las variables que se midieron fueron:

1. Ancho de trabajo de las cosechadoras (m).
2. Velocidad de desplazamiento de trabajo en kilómetros por hora (km/hr) (en 100 m de largo).
3. Rendimiento de trabajo en hectáreas por hora (ha/hr).
4. Cálculo y determinación de requerimientos de potencia para operar las cosechadoras a la barra de tiro y a la toma de fuerza, para la estimación de estos parámetros se utilizaron las siguientes formulas: (Ashburner y Sims 1984).

Potencia al eje de toma de fuerza

$$P_o = 2qN T_o$$

donde:

$P_o$  = potencia en KW

$N$  = velocidad del eje en rev/seg

$T_o$  = torque en el eje en KNm

Potencia a la barra de tiro

$$P_F(\text{kW}) = \frac{F_x (\text{kN}) \cdot d (\text{m})}{t (\text{seg})}$$

Las unidades de la fuerza  $F_x$  se miden en kilonewton (KN), en donde

$$1\ 000\ \text{kg} = 9.81\ \text{KN}$$

5. Cantidad de raíces dejadas en el terreno.
6. Número de jornales.
7. Análisis económico.

#### 4.3. Evaluación de los arreglos topológicos.

Una vez que se probaron las cosechadoras, se procedió a establecer la segunda etapa que constó de los arreglos agrónomos que se presentan en el Cuadro 6 y Figura 1, éstos consideran tres distanciamientos ( 1 X 1, 1.50 X 0.50 X 1, 1.40 X 0.60 X 1 m) y dos posiciones de siembra de la estaca (inclinada y horizontal), la variedad que se utilizó como material de siembra fue la sabanera y la densidad de población de 10,000 plantas por hectárea.

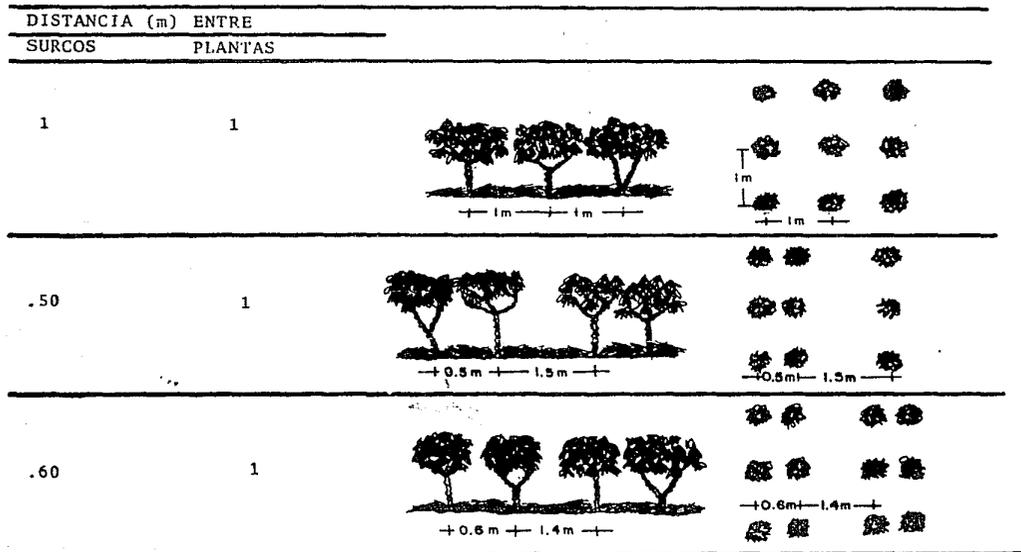


Figura 1. Sistema de hileras dobles e hileras sencillas de yuca estudiadas. (Rancho "La Plama").

CUADRO 6. ARREGLOS TOPOLOGICOS DE YUCA ESTUDIADOS.

No. Trat.	Arreglos entre Surcos (m)	Arreglo entre Plantas (m)	Densidad de Plantas/ha	POSICION DE SIEMBRA	
				Inclinada	Horizontal
1	1 X 1	1	10,000	"	"
2	(1.50X0.50)X1	1	10,000	"	"
3	(1.40X0.60)X1	1	10,000	"	"

#### 4.3.1. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó el diseño experimental en bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, con dos posiciones de siembra, inclinada y horizontal. La superficie total del experimento constó de  $6,386 \text{ m}^2$ , con una superficie de 2 m, entre bloques y tratamientos (Figura 7). Las unidades experimentales fueron parcelas de  $210 \text{ m}^2$  (donde se ubicaron 14 hileras de 15 m de largo). A la parcela experimental se le quitó dos hileras de bordo a cada lado del ancho y uno en el largo, obteniéndose una parcela útil de  $140 \text{ m}^2$ .

#### 4.3.2. Labores del cultivo

##### Preparación del terreno

Chapeo (desvare). La preparación del terreno se inició el 10 de diciembre de 1984, el primer trabajo consistió en limpiar de malezas el terreno, mediante un chapeo o desvare de los resi

duos de cosecha, esto se hizo con una chapeadora acoplada al tractor.

**Barbecho.** El barbecho se hizo a una profundidad de 25 cm, ocho días después del chapeo, y se hizo con un arado de tres discos.

**Rastreo.** El rastreo se hizo con una rastra semipesada de 28 discos, se dieron dos pasos de rastra en forma cruzada, la primera después de la aradura y la segunda dos días antes de la siembra. Posteriormente se trazaron las parcelas del experimento, marcando los bloques o repeticiones y las unidades experimentales.

#### **Siembra.**

La siembra se efectuó el 31 de enero de 1985 en forma manual, utilizando estacas de 20 cms de largo, que tenían de 8 a 10 yemas, en dos posiciones de siembra en forma inclinada y horizontal; las primeras quedaron enterradas dos terceras partes de la estaca a un ángulo de 45° aproximadamente, con las yemas orientadas hacia arriba y la segunda, quedó completamente cubierta en el suelo a una profundidad de 10 cms.

#### **Tratamiento del material vegetativo**

Se desinfectaron las estacas antes de sembrarlas con una solución de los siguientes ingredientes en 100 lts de agua,

(sumergiendo las estacas durante cinco minutos en la solución): 125 gr de Manzate o Dhitane, 100 cm<sup>3</sup> de Malathion, 1000 y 4 kg de Sulfato de Zinc. Este tratamiento se hace con la finalidad de proteger a las estacas del ataque de plagas y enfermedades del suelo y de evitar la deficiencia de Zinc.

#### Fertilización.

La fertilización se llevó a cabo un mes después de la siembra (27 de febrero), se hizo en forma manual y a espeque a 10 cm de la base de la planta, cavando un pequeño agujero y depositando todo el fertilizante (una sola aplicación). La fórmula que se empleó fue la 60-120-60 kg/ha de N, P y K. Las fuentes de los elementos fueron: urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio, respectivamente. (Tanto el tratamiento del material vegetativo como la fórmula de fertilización y las labores culturales son de acuerdo a las recomendaciones que da el INIA para el cultivo de la yuca). (INIA 1985)

#### Control de maleza.

Durante el ciclo se le dieron tres deshierbes en forma manual, quedando éstos repartidos dentro del período crítico de cultivo que comprende los tres primeros meses, (espaciados a un mes).

#### Cosecha.

La cosecha se realizó a los 13 meses de edad del cultivo

en forma semi-mecanizada, empleando la cuchilla tipo CIAT.

#### 4.4. Variables analizadas.

Los resultados en rendimiento de raíces frescas para los diferentes arreglos agronómicos, la toma de datos basicamente se hizo al momento de la cosecha, con el propósito de tener los datos comparativos para evaluar los tratamientos y estos fueron los siguientes:

##### Altura y cobertura de la planta.

Con el propósito de medir el comportamiento del cultivo en cuanto a su desarrollo final en los diferentes arreglos, se midieron la altura en mts de la base de la planta a la copa y el ancho o cobertura radial hacia los lados, esto se hizo tomando 5 plantas al azar de cada parcela útil, para obtener una media de altura y de cobertura.

##### Longitud de raíz.

Para medir el largo de las raíces, ésto se hizo descubriendo dos surcos de cada parcela experimental y se hicieron al azar, con un total de 28 plantas y se midieron del cuello a la parte terminal fibrosa, de las raíces tuberosas se tomaron como referencia tres tamaños de 0-15, 15-30 y mayores de 30 cm, este criterio se tomó en base a que una raíz mayor de 30 cm se considera como difícil de cosechar, se contaron además el número total de raíces de cada planta de las 28 descubiertas por tra-

tamiento.

#### Diámetro de raíz.

Se tomó un muestreo de cinco raíces cosechadas y se les cortó por la parte media y se midió su diámetro o grosor.

#### Profundidad de raíz.

Este es un factor muy importante para la facilidad de cosecha, por lo que se cuantificó lo más exacto posible, midiendo todas las raíces de las 28 plantas descubiertas de la parte media de la raíz al nivel del suelo.

#### Distribución de raíces.

Con el objeto de observar el comportamiento de la distribución de las raíces en los arreglos, se cuantificó el número de raíces que desarrollaron en forma perpendicular a la dirección del surco, ya que este es un factor muy importante, desde el punto de vista de la mecanización, debido a que si crecen en esta dirección son quebradas por los implementos y las llantas del tractor con las consecuentes pérdidas. Para este factor se cuantificó el mismo número de plantas que el punto anterior.

Se trazaron simétricamente dos líneas de 25 cms a cada lado de la planta, a lo largo del surco, y se cuantificó el número de raíces que tomó la dirección en forma perpendicular a la orientación de los surcos.

### Pérdida de raíz por efecto del sistema de siembra.

Se estimó la pérdida de raíces por el hábito de crecimiento, esto en las mismas 28 plantas descubiertas y se hizo en forma similar al punto anterior, midiendo dos distancias paralelas al surco una 25 cm y otro a 30 cm, se cosecharon todas aquellas raíces que crecieron perpendicularmente a la orientación del surco que rebasaron primeramente los 30 cm y se cuantificó; posteriormente se cosecharon a los 25 cm.

Estas mediciones se hicieron debido a que en el sistema 1 X 1 m para todas aquellas raíces que crecen en forma perpendicular a la dirección del surco y rebasan los 25 cm, son compactadas y quebradas por la llanta del tractor, ya que abarca 50 cm aproximadamente el ancho del neumático al pasar por entre las líneas, o bien son quebradas por los timones de las cosechadoras (ancho).

### Índice de cosecha.

Para sacar esta relación de la parte aérea de la planta y el peso fresco de raíz por cada parcela útil, usándose la siguiente fórmula matemática (Villa, 1985).

$$\text{Índice de cosecha (I.C.)} = \frac{\text{Peso total de las raíces}}{\text{Peso total de raíces} + \text{Peso total del follaje frescas.}}$$

### Rendimiento en peso fresco por hectárea.

En la obtención de este dato se tomó el peso en fresco

total de las raíces para cada parcela útil en cada unidad experimental (parcela útil 140 m<sup>2</sup>) y se hizo la conversión de la producción a una hectárea, expresándola en ton/ha.

## 5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la evaluación de las eficiencias de las cosechadoras se presentan en el siguiente Cuadro:

CUADRO 7. EFICIENCIA DE TRABAJO DE DOS COSECHADORAS DE YUCA

IMPLEMENTO	ANCHO DE TRABAJO (m)	VELOCIDAD DE TRABAJO (km/hr)	CAPACIDAD DE CAMPO				EFICIENCIA EN EL CAMPO (%)
			TEORICA (ha/hr)	TEORICA (hr/ha)	EFFECTIVA (ha/hr)	EFFECTIVA (hr/ha)	
Cosechadora CIAT	2.00	2.62	0.52	1.90	0.42	2.38	80
Cosechadora API	1.00	3.00	0.30	3.33	0.23	4.34	76

en el se pueden notar los diferentes parámetros evaluados, como la velocidad en el cual indica el promedio de desplazamiento de los dos implementos en el campo; los valores alcanzados de 2.62 y 3.00 km/hr respectivamente por las cosechadoras CIAT y API, bajo las mismas condiciones de terreno. De su velocidad y su ancho de trabajo se desprende su capacidad en el campo, calculando la teórica como la efectiva. Los resultados indican que se requiere de un tiempo neto de 2.38 y 4.34 hr/ha para aflojar las raíces con la cosechadora CIAT y API respectivamente. Asimismo, se estimó la eficiencia de cada una y éstos fueron de 80 y 76% para la CIAT y la API. Estos valores están dentro de un buen rango de aceptación, ya que se considera que una máquina que trabaje por arriba de un 70% de eficiencia, está bajo un nivel aceptable de trabajo.

La calidad de trabajo de ambas cosechadoras es diferente aunque las dos tienen una buena eficiencia en condiciones óptimas del cultivo al momento de la cosecha, como son: La humedad del suelo, la incidencia de malezas, la edad del cultivo, así como el sistema de siembra. Se observó que en suelos muy secos y con alta incidencia de maleza, el comportamiento de ambas cosechadoras se tendía a atascar rápidamente, ocasionando amontonamiento de maleza y suelo en la cosechadora que impedía el avance del tractor, por otra parte, la edad a la cosecha y el sistema comercial de 1 X 1 m, ocasiona que cuando se cosecha después de los 12 meses de edad, las raíces se desarrollan más largas y dispersas, por lo que no existe el espacio suficiente entre los surcos para que libre el paso tanto de las llantas del tractor como de los timones de la cosechadora, lo que lesiona y rompe las raíces.

#### Cosecha manual

Para la cosecha manual, en cuanto a los requerimientos de mano de obra, los resultados indican que se necesita entre 35 y 40 jornales por hectárea. Esto varía al igual que en la cosecha mecanizada, en función de las condiciones en que esté el cultivo al momento de la cosecha como: el tamaño y distribución de la raíz, el rendimiento, la incidencia de maleza y el contenido de humedad del suelo.

Se observó que la cosecha manual, con la variedad Sabanera se dificulta, debido a que sus raíces son largas y dispersas y ésto se complica más cuando el cultivo está enmalezado y el suelo seco.

### **Pérdida de raíces**

En lo que se refiere a la cantidad de raíces dejadas en el campo se hizo una estimación, la cual se presenta en el Cuadro 8. Los diferentes porcentajes están relacionados con el tipo de cosechadora empleada, ya que la cosechadora CIAT afloja las raíces, mediante la cuchilla que en promedio penetra 32 cm bajo el suelo, en cambio la API profundiza a 23 cm y mediante una cadena vibradora levanta las raíces y las deja parcialmente descubiertas sobre el suelo. Otro factor que influyó es el ancho de trabajo de la cosechadora, pues la API con 1 m troza raíces en ambos lados de cada surco que cosecha, en cambio la CIAT por su ancho de 2 m sólo lesiona en dos lados por cada 2 surcos.

Por otra parte, en la cosecha manual siempre queda un porcentaje mayor (27%), debido a que no existe un aflojamiento previo de las raíces. Estos resultados están acordes con los reportados por Díaz (1979), quien encontró un porcentaje mayor de pérdidas con la API, en cambio la cosecha manual sin aflojar las raíces fue mayor (1.62 ton/ha).

**CUADRO 8. PERDIDA DE RAIZ DE YUCA COSECHADAS MANUAL Y MECANIZADA\*.**

COSECHADORA	No. DE JORNALES	% DE RAIZ DEJADA EN EL CAMPO
CIAT	20	16
API	20	20
MANUAL	40	27

\*En 100 plantas cosechadas.

#### Requerimientos de potencia

Otro parámetro que se midió en el proceso de evaluación de las cosechadoras o implementos fue la potencia que desarrolla el tractor en la cosecha al mover los implementos. Los resultados como se puede observar en el Cuadro 9, muestran las características de trabajo de cada uno de los implementos, el transductor de par registraba los kilogramos fuerza que iba desarrollando el tractor, por lo que se pudo calcular la potencia, tanto en kilovatios y caballos de fuerza, tomando en cuenta que un kilovatio es una forma de medir la potencia, la cual equivale 60,000 newton-metros de trabajo por minuto.

CUADRO 9. POTENCIA QUE REQUIEREN LOS IMPLEMENTOS EN LA COSECHA.

IMPLEMENTO	ANCHO DE TRABAJO (m)	VELOCIDAD (m/seg)	PROFUNDIDAD DE TRABAJO (m)	PROMEDIO		MAXIMA	
				Kw*	Hp**	Kw	Hp
CIAT	2.00	0.81	0.32	12	16	14	19
API	1.00	0.91	0.23	15	21	19	25

\* Kw = KILLOWATT

\*\* Hp = CABALLOS DE FUERZA

Los resultados indican que la cosechadora CIAT, requiere en promedio de 12 kw o su equivalente 16 Hp en la cosecha. Los 19 Hp como máximo que se registran, es la potencia desarrollada por el tractor cuando la cosechadora encuentra a su paso mayor resistencia, como partes duras del terreno, pequeños tocones, etc.

Como se puede apreciar en el mismo Cuadro, la cosechadora API, los requerimientos de potencia son mayores, ya que necesita de la toma de fuerza para mover la cadena vibradora y de los tres puntos del tractor, éstos dos esfuerzos dan como promedio 21 Hp y como máximo 25 Hp.

Los valores antes señalados son muy importantes, debido a que se puede seleccionar el tamaño de máquina adecuada para no sobrecargar a los tractores y por ello acorte su vida útil de trabajo.

A los resultados de la evaluación de los arreglos topológicos, se hicieron los análisis estadísticos, utilizando el "Paquete estadístico de la Universidad de Michigan (MSTAT) en la microprocesadora de datos APPLE IIe" y los resultados que se obtuvieron del análisis de las diferentes variables son los siguientes:

### **Rendimiento**

En lo que se refiere a los rendimientos, de acuerdo a los análisis estadísticos Cuadros 1 y 2; figuras 2, 3 y 4, no existen diferencias significativas entre tratamientos en ambas posiciones de siembra de la varetta, con rendimientos superiores a las 17 ton/ha. Sin embargo, desde el punto de vista práctico, para efectos de maniobrabilidad de la cosechadora y el tractor existen algunas ventajas sobre todo al momento de trabajar entre las líneas a doble hilera, no sucediendo lo mismo con el tratamiento de siembra de 1 X 1 m, debido a que se dificulta más la entrada a los surcos, pues no hay un buen espacio, lo suficiente para el libre paso de las llantas del tractor y la cosechadora sin que dañe las raíces.

### **Índice de cosecha**

La relación que existe en cuanto a la parte aérea y la raíz entre los tratamientos, los resultados indican que en la siembra inclinada no existen diferencias significativas,

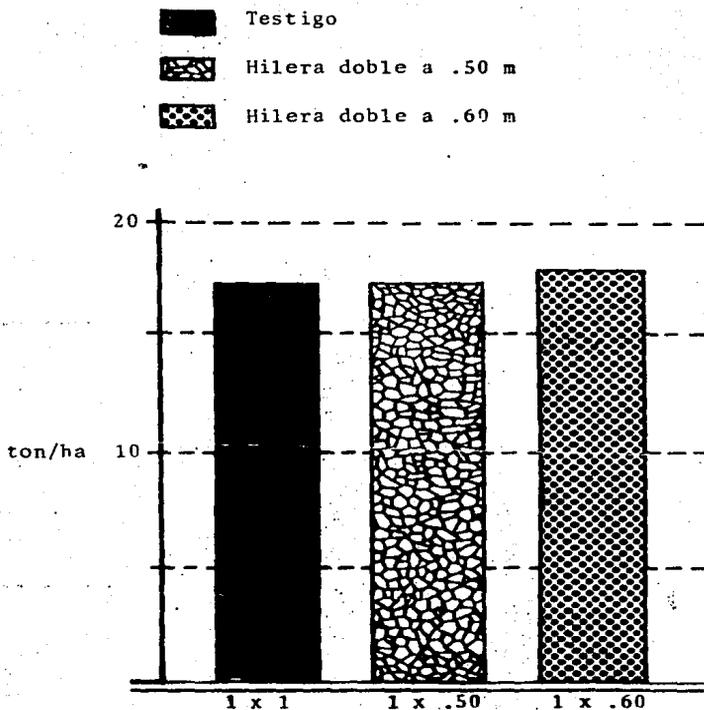


Figura 2. Rendimiento de raíz de yuca en hileras dobles siembra inclinada en suelos de sabana. (Rancho "La Palma")

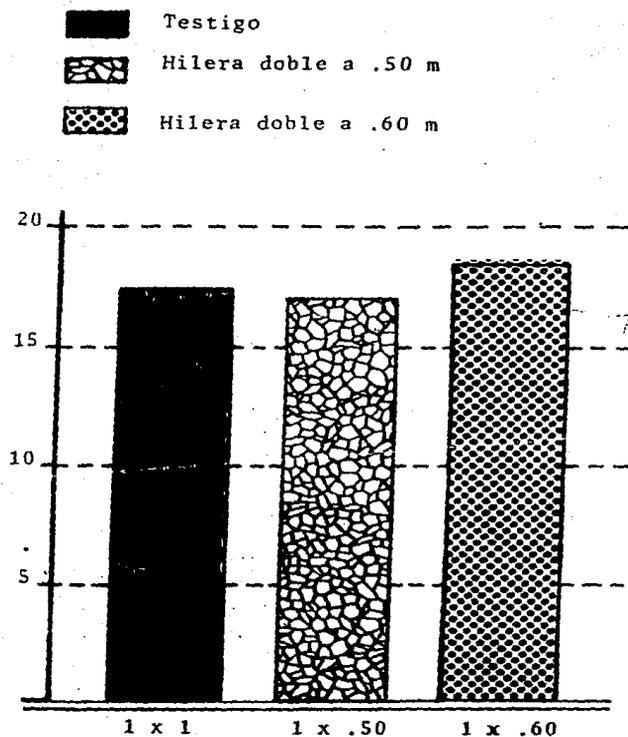


Figura 3. Rendimiento de raíz de yuca en hileras dobles en siembra horizontal en suelos de sabana. (Rancho "La Palma")

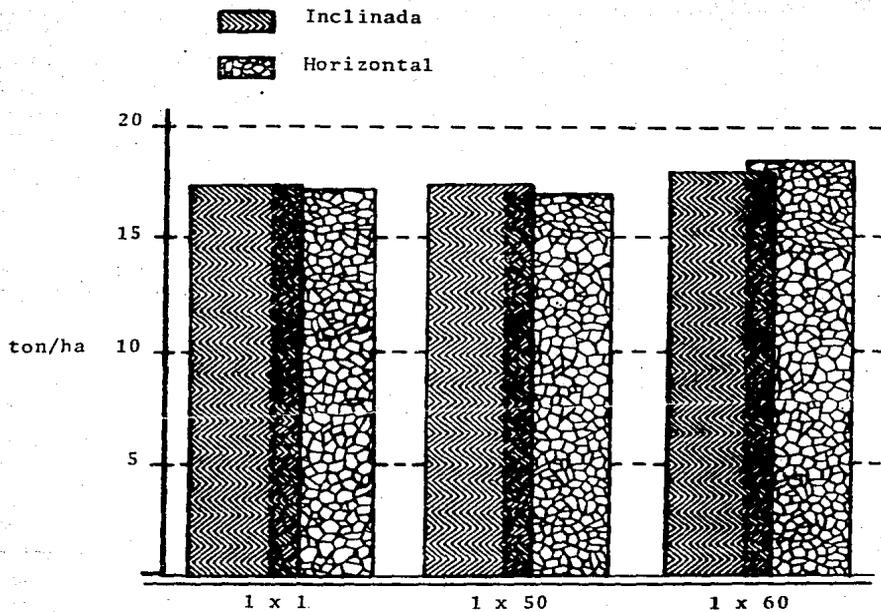


Figura 4. Rendimiento de yuca en hileras dobles en dos posiciones de siembra, inclinada y horizontal, (Rancho "La Palma").

Cuadro 23, y en la siembra horizontal si existen diferencias significativas como se muestra en el Cuadro 10. Este efecto puede ser debido a que en la siembra horizontal tienden a brotar en ocasiones más de dos yemas que posteriormente se ramifican teniendo más follaje, no sucede lo mismo con la siembra inclinada, en la cual se observan por lo regular la brotación de una o dos yemas que da origen a una menor ramificación.

### Características de las raíces

#### Longitud de raíz

El tamaño de las raíces se podía esperar que en los tratamientos a doble hilera tendieran a ser más pequeñas por estar más cerca las plantas y existiera mayor competencia, sin embargo no sucedió así, el largo de las raíces se comportó de forma similar entre los tratamientos de acuerdo a los análisis estadísticos, Cuadros 3, 4, 5, 6 y 7.

Para las dos posiciones de siembra, las raíces fueron largas y dispersas, aproximadamente el 50 por ciento rebasaron los 30 cm de longitud y crecieron en forma perpendicular a la dirección del surco. Esto puede deberse a que en la siembra de 1 X 1 m están simétricamente bien distribuidas, por lo que la competencia por los nutrientes, espacios, luz, etc. es la misma para todas las plantas.

Sin embargo, sucede lo contrario para los tratamientos de hileras dobles, las dimensiones son diferentes para las plantas, éstas se juntan a .50 m y .60 m entre surcos y la distancia entre plantas es de 1 m para ambos tratamientos. Por otra parte, aunque no existe simetría entre los surcos se pudiera esperar que en las hileras dobles las raíces fueran más pequeñas, no sucedió así, puede ser que sea compensada por el efecto de bordo que tiene cada línea, pues el espacio que hay entre cada doble hilera es de 1.50 m para la que está a 0.50 y de 1.40 m para la que está a 0.60 m.

#### Profundidad de raíz

En el Cuadro 11, se pueden observar las medias de los diferentes factores estudiados, tanto en los distanciamientos como en las dos posiciones de siembra, se nota que no hubo altos contrastes entre una y otra, pues el comportamiento fue similar. Sin embargo, en lo que respecta a profundidad, se marca un ligero contraste entre la posición inclinada y horizontal, por lo que se hizo el análisis estadístico en forma conjunta para detectar si dicha diferencia era significativa y los resultados indican diferencias significativas a un nivel de 5 por ciento, Cuadro 28.

Estos resultados están de acuerdo con los reportados por Domínguez, et al (1982 y 1977), en la cual mencionan que las siembras de yuca en posición inclinada profundizan más las

raíces, por lo que se dificulta la cosecha.

#### Número de raíces

En el Cuadro No. 11, se puede apreciar las medias generales por tratamiento para ambas posiciones, la cual indica un comportamiento muy similar, y no dieron resultados significativos de acuerdo a los análisis estadísticos, Cuadros 4 y 23.

Los promedios fueron de 4.6 a 5.5 y de 5.2 a 5.5 de raíces por planta para la posición de siembra inclinada y horizontal respectivamente. Esto indica que no se produjo ningún efecto por el arreglo espacial en cuanto al número de raíces.

#### Diámetro de raíz

En lo que respecta a este factor, los análisis estadísticos no muestran diferencias significativas, Cuadros 25 y 27 en los diferentes arreglos y el diámetro o grosor de las raíces en promedio fue de 4.3 a 5 cm en la parte media, como se muestra en el Cuadro 11, o sea que en general las raíces tuvieron un comportamiento muy parejo, la cual no influyó la posición ni los diferentes espacios en el desarrollo.

#### Pérdida de raíces

En lo que se refiere a este parámetro, en ambas posiciones de siembra existen diferencias significativas entre

CUADRO 10. PROMEDIOS GENERALES DE LAS VARIABLES MEDIDAS A LOS 12 MESES EN LOS DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN DOS POSICIONES DE SIEMBRA.

VARIABLE MEDIDA	ARREGLO TOPOLOGICO	POSICION DE SIEMBRA	
		INCLINADA	HORIZONTAL
Rendimiento de raíz fresca (ton/ha)	1	17.5	17.3
	2	17.5 N.S.	17.0 N.S.
	3	18.0	18.5
Altura de la planta (m)	1	233.8	220.3
	2	258.3 N.S.	231.0 N.S.
	3	224.8	215.0
Cobertura de la plan- ta (m)	1	122.0	104.8
	2	155.5 N.S.	93.5 N.S.
	3	127.3	99.8
Indice de cosecha (ton/ha)	1	.40	.42
	2	.43 N.S.	.49*
	3	.44	.49
Número de raíces de 28 plantas	1	148.8	155.5
	2	154.3 N.S.	156.3 N.S.
	3	155.3	148.0
Número de raíces por planta	1	4.6	5.5
	2	5.5 N.S.	5.5 NS
	3	5.5	5.2
Porcentaje de raíces largas	1	45.8	67.0
	2	51.8	57.5 N.S.
	3	61.5	55.5
Porcentaje de raíces que se distribuyeron en forma perpendicular al surco	1	49.8	53.5
	2	43.8 N.S.	60.8 N.S.
	3	43.8	43.8
Profundidad de raíz (cm)	1	12.1	6.8 N.S.
	2	11.5 N.S.	6.9
	3	8.8	5.9 (*)
Diámetro de raíz (cm)	1	4.3	5.0
	2	4.5 N.S.	4.7
	3	4.4	4.4
Pérdida de raíz	1	1.8	2.0
	2	0.0**	0.0**
	3	0.0	0.3

1. 1 X 1 m \*Significativo ( $P \leq 0.05$ )

2. (1.50 X .50) X 1m \*\*Altamente significativo

3. (1.40 X .60) X 1 m NS No significativo

(\*) En análisis conjunto es significativo.

tratamientos. Para el tratamiento de 1 X 1 m se obtiene una media de 1.8 ton/ha en la siembra inclinada y de 2.0 ton/ha para la posición horizontal.

Esta mínima diferencia puede ser debida a que en la siembra horizontal las raíces tienden a crecer en forma lateral y superficial y en la inclinada profundiza más, Cuadros 8 y 9.

Para los tratamientos de hilera en ambas posiciones de siembra, las pérdidas se pueden considerar despreciables.

#### Altura y cobertura de la planta

Otro de los parámetros cuantificados fue el desarrollo vegetativo al momento de la cosecha, como la altura alcanzada en los diferentes arreglos y el espacio cubierto por la copa de las plantas. Los resultados indican que no hubo diferencias significativas, Cuadros 16, 17, 18 y 19 y los promedios se pueden apreciar en el Cuadro 11, en la cual la altura varió de 224.8 cm a 258.3 en la inclinada y 215.3 a 232.0 en la horizontal, en tanto que el espacio cubierto por la copa cerró las líneas, dando promedios de 122.0 a 155.5 y 93.5 a 104.8 para la posición inclinada y horizontal respectivamente.

## 6. ANALISIS ECONOMICO

En base a los resultados obtenidos se estimaron los

diferentes costos de operación para cosechar la raíz de yuca, bajo el sistema manual y empleando las dos cosechadoras, asimismo se determinó el rango de superficie para justificar cada sistema.

### Sistema manual

En este caso se utiliza la mano de obra, para extraer las raíces de yuca en el suelo, así como para picarla o separarla de los tallos y recolectar las raíces en el campo.

Los costos que se determinaron para las labores de este sistema se especifican a continuación:

Rendimiento en extracción	=	344 horas-hombre/ha
Costo de mano de obra	=	\$3,000/día
Tiempo efectivo de trabajo	=	8 horas
Costo de mano de obra	=	$\frac{\$3,000/\text{día}}{8 \text{ horas}} = \$ 375/\text{hr}$
Costo total de cosecha	=	\$375/hr X 344 hrs-hombre/ha
	=	\$129,000/ha

El cambio de un sistema manual a uno semimecanizado (empleo de cosechadora) se puede observar en la Figura 5.

### Sistema semimecanizado

En este sistema se emplean la máquina API y la cosechadora tipo CIAT. La primera coloca las raíces de yuca

parcialmente descubiertas en la superficie del terreno y la otra solo las afloja. En el empleo de ambas cosechadoras son recogidas manualmente las raíces.

En este sistema no incluyen los costos de transporte dentro del mismo terreno para apilar las raíces, debido a que se introduce un vehículo para coleccionar la cosecha.

Los costos de esta práctica se describen enseguida:

Para las dos cosechadoras:

Máquina API

Rendimiento de la cosechadora API = 4.3 horas-máquina/ha

Rendimiento de la recogida = 152 horas-hombre/ha.

Costo de mano de obra = \$375/hr.

Costo de tractorista = \$625/hr (estimado)

El costo total de cosecha para este implemento para un determinado número de hectáreas cosechadas por año (5 a 300) se puede observar en el Cuadro 12 y Figura 5.

Cosechadora CIAT

Rendimiento de la cosechadora CIAT - 2.4 hrs-máquina/ha.

Rendimiento de la recogida = 169 hrs-hombre/ha.

Costo de mano de obra = \$375/hr.

Costo de tractorista = \$625/hr (estimado)

El costo total de cosecha para este implemento para un determinado número de hectáreas cosechadas por año (5 a 200)

se puede observar en el Cuadro 11 y Figura 5.

El tipo de tractor que se utilizó para estos cálculos fue el internacional de 86 Hp, con 1000 horas de uso por año, debido a que se utiliza durante el proceso productivo de la yuca, desde el chapeo o desvare, hasta la cosecha, sin embargo las cosechadoras API y CIAT solo son utilizadas en una sola labor (cosecha de yuca), por lo que sus costos están determinados o dependen de la superficie que van a trabajar.

En forma resumida en los Cuadros 11 y 12 se presentan los costos totales del sistema semimecanizado, mediante las máquinas cosechadoras. Cabe mencionar que en estos cálculos se considera los costos de operación del tractor en (\$21,825/hr) que se calcularon de acuerdo a lo especificado en los anexos 1 y 2.

Por otra parte, en la Figura 5, se observa que los costos del sistema mecanizado se abaten conforme aumenta la superficie cosechada, lo cual aumenta su eficiencia.

CUADRO 11., CALCULO DE LOS COSTOS DE LA COSECHADORA (CIAT) PARA EL SISTEMA SEMIMECANIZADO

Superficie cosechada (ha/año)		5	10	20	50	100	200
I	Hora de uso/año-Cosechadora CIAT	12	24	48	120	240	480
II	Vida útil (años)-Cosechadora CIAT	8	8	7	6	4	2
DETALLE DE COSTOS		COSTO DE LA COSECHADORA CIAT (\$)					
III	Depreciación anual	160,142	160,142	183,019	215,522	320,283	640,567
IV	Interés sobre la inversión anual	704,623	704,623	704,623	704,623	704,623	704,623
V	Almacenaje, seguro e impuesto anual	28,470	28,470	28,470	28,470	28,470	28,470
VI	Costos fijos totales/año	893,235	893,235	916,112	946,615	1,055,376	1,373,660
VII	Costos fijos totales/hr	74,436	37,218	19,086	7,888	4,389	2,862
VIII	Costos de reparación como % del costo inicial	6%	6%	10%	14%	26%	46%
IX	Costo de reparación/hr	7,117	3,559	2,965	1,661	1,542	1,364
X	Costo de lubricantes/hr	0	0	0	0	0	0
XI	Costos variables totales/hr	7,117	3,559	2,965	1,661	1,542	1,364
		COSTOS DEL SISTEMA SEMIMECANIZADO (\$)					
XII	Costo total de operación de la cosechadora CIAT/hr	81,553	40,777	22,051	9,549	5,931	4,226
XIII	Costo de mano de obra/hr en recoger raíces de yuca	375	375	375	375	375	375
XIV	Costo del tractor/hr	21,825	21,825	21,825	21,825	21,825	21,825
XV	Costo de mano de obra/ha	63,375	63,375	63,375	63,375	63,375	63,375
XVI	Costo del tractor/ha	52,380	52,380	52,380	52,380	52,380	52,380
XVII	Costo de operación de la cosechadora CIAT/ha	195,727	97,865	52,922	22,918	14,234	10,142
XVIII	Costo total semimecanizado/ha	311,482	213,620	168,677	138,673	129,989	125,897

CUADRO 12. CALCULO DE LOS COSTOS DE LA MAQUINA INGLESA (API) PARA EL SISTEMA SEMIMECANIZADA

Superficie cavada (ha/año)		5	10	20	50	100	200	300
I	Hora de uso/año-cosechadora API	21,55	43,10	86,2	215,5	431,0	862	1,293
II	Vida útil (años)-cosechadora API	8	8	7	6	4	2	2
DETALLE DE COSTOS		COSTOS DE LA COSECHADORA API (\$)						
III	Depreciación anual	281,250	281,250	521,429	375,000	562,500	1,125,000	1,125,000
IV	Interés sobre la inversión anual	1'237,500	1'237,500	1'237,500	1'237,500	1'237,500	1'237,000	1'237,000
V	Almacenaje anual	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
VI	Costos fijos totales/año	1'568,750	1'568,750	1'608,929	1'662,500	1'850,000	2'412,500	2'412,500
VII	Costos fijos totales/hr	72,796	36,398	18,665	7,715	4,292	2,798	1,866
VIII	Costos de reparación como % del costo inicial	6%	6%	10%	14%	26%	46%	56%
IX	Costo de reparación/hr	6,960	3,480	2,900	1,624	1,508	1,334	1,083
X	Costo de lubricantes/hr	100	100	100	100	100	100	100
XI	Costos variables totales/hr	7,060	3,580	4,000	1,724	1,608	1,434	1,483
		COSTOS DEL SISTEMA SEMIMECANIZADO (\$)						
XII	Costos total de operación de la cosechadora API/hr	79,856	39,978	22,665	9,439	5,900	4,232	3,049
XIII	Costo de mano de obra/hr en recoger raíces de yuca	375	375	375	375	375	375	375
XIV	Costo del tractor/hr	21,825	21,825	21,825	21,825	21,825	21,825	21,825
XV	Costo de mano de obra/ha	57,000	57,000	57,000	57,000	57,000	57,000	57,000
XVI	Costo del tractor/ha	93,847	93,847	93,847	93,847	93,847	93,847	93,847
XVII	Costo de operación de la cosechadora API/ha	343,381	171,905	97,459	40,588	25,370	18,198	18,111
XVIII	Costo total semimecanizado/ha	494,228	322,752	248,306	191,435	170,217	169,045	163,950

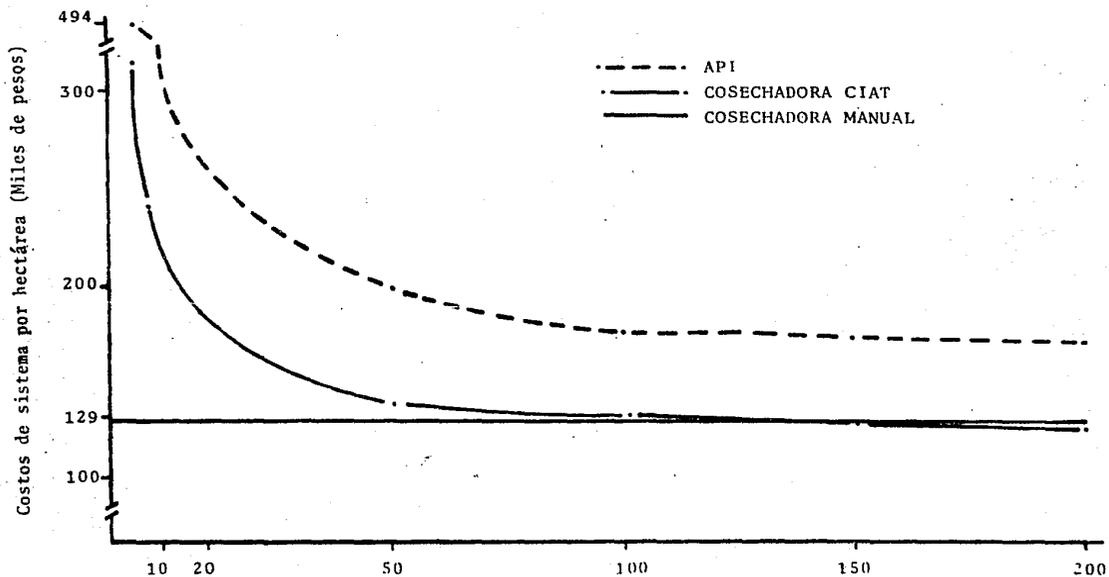


Figura 5. Costos por hectárea de la cosecha de yuca mediante los sistemas manual y mecanizado.

## 7. DISCUSION

En lo que se refiere a la evaluación de las cosechadoras tanto la CIAT como la API, están limitadas bajo ciertas condiciones del cultivo al momento de la cosecha, dentro de las cuales destacan la alta incidencia de maleza, que obstaculiza el avance de la maquinaria, ya que se atora el implemento, lo cual no permite profundizar en el suelo por debajo de las raíces para aflojarlas, debido a ésto existe un amontonamiento de suelo y maleza.

La eficiencia depende mucho de los factores antes mencionados, sin embargo bajo condiciones normales del cultivo se logra obtener una capacidad efectiva de campo de 2.38 y 4.34 hr/ha de raíces aflojadas para las cosechadoras CIAT y API, respectivamente. Estos valores son muy similares y se debe principalmente a que la cosechadora API, puede trabajarse a una mayor velocidad 3 km/hr en promedio contra 2.6 de la CIAT y ésto se debe a que la API cuenta con unos discos cortadores de maleza y una cadena vibradora que hace que fluya la capa de suelo y raíces.

En lo que se refiere a las pérdidas de raíces dejadas en el suelo, resulta con un 16% la cosechadora CIAT, 20% la API y un 27% comparado con el sistema manual. Estos resultados están acordes con los reportados por Leihner (1982), que evaluó los dos tipos de cosechadoras y el sistema manual,

lo que reporta una mayor pérdida de raíces dejadas en el suelo cosechadas manualmente de 1.62 a 2.1 y 1.4 a 1.5 para la API contra 0.23 ton/ha de la cosechadora CIAT, y menciona que hubo una mayor pérdida en el sistema manual porque no se aflojaron las raíces previamente. Los rendimientos de trabajo reportan 0.2 y 0.5 ha/hr para la API y CIAT, respectivamente.

En lo que se refiere a los requerimientos de potencia, la cosechadora CIAT requiere de 16 a 19 caballos de fuerza en comparación con la API, que necesita de un 21 a 25, esto se debe a que esta última cosechadora requiere de dos fuentes de potencia de la toma de fuerza del tractor y de tracción (brazos y el tercer punto).

Por otra parte, en lo que comprende a la evaluación de los arreglos topológicos, las diferentes variables cuantificadas, como el rendimiento y las características de las raíces y la parte aérea de forma general no hubo grandes diferencias entre los arreglos, como el rendimiento que no se vió afectado con 17 ton/ha. Esto va de acuerdo a las aseveraciones de Cock, (1982), que menciona que no hay altos contrastes en cuanto a los rendimientos en cualquier posición en que se siembre la vareta, y en Brasil, (1971) que recomiendan la siembra en hileras dobles, porque dan mayores rendimientos y facilita el manejo del cultivo y las prácticas culturales, así como la cosecha. En lo que respecta a las características de las raíces, como la longitud, número, grosor, profundidad y la

parte aérea, no hubo altos contrastes; el 50% de las raíces fueron mayores de 30 cm de longitud. El número de raíces por planta varió de 4.6 a 5.5 para la posición inclinada y de 5.2 a 5.5 en la horizontal para los tres tratamientos, respectivamente.

En cuanto a diámetro, no se registran diferencias de 4.3 a 4.4 y de 4.4 a 5.0 cm para las mismas posiciones.

Estas características están de acuerdo con los resultados de Cobo, (1985), en la cual evaluó cuatro densidades de siembra de 10,000 a 20,000 plantas/ha y tres posiciones: inclinada, vertical y horizontal, reporta un grosor de 5.1 y 5.4 para las mismas posiciones y (Domínguez, 1982), en la cual señala que las raíces tuberosas oscilan entre 30 y 50 cm. de longitud

Otro parámetro muy importante al momento de la cosecha, tanto manual como mecanizado es la profundidad que alcanzan las raíces, pues éste es otro factor que depende la facilidad de la cosecha, por lo que se hicieron los análisis en forma conjunta y los resultados indican que la siembra inclinada profundiza más las raíces, con promedios de 8.8 a 12.1 y de 5.9 a 6.9 cm para la posición inclinada y horizontal, respectivamente. Estos factores están de acuerdo a las aseveraciones de Toro, (1982), en la cual indicó que la siembra inclinada profundiza más, dificultándose la cosecha.

Por otra parte, se hicieron los análisis económicos del costo de cosecha con datos de 1987 y los resultados indican que se ahorra aproximadamente el 50% de mano de obra, empleando las dos cosechadoras, ya que se requieren 21 jornales con la CIAT y 19 con la API, contra 50-45 de la cosecha manual, sin embargo, la decisión de emplear un sistema u otro como se observa en la Figura 5, la cual indica que se justifica después de 100 hectáreas para la cosechadora CIAT, en cambio para la API, debido a que tiene un ancho de trabajo de 1 m ésta requiere de más horas máquina por hectárea 4.3 contra 2.4 de la CIAT, la cual eleva el costo, lo que de acuerdo a la gráfica el costo por hectárea es siempre más elevado en comparación con la cosechadora CIAT y el sistema manual.

Los resultados antes señalados, están de acuerdo a la hipótesis que se planteó al principio de este trabajo, ya que por un lado el empleo de maquinaria en la cosecha disminuye la mano de obra, esto es muy importante debido a que la sabana de Huimanguillo es escasa.

Por otra parte, el sistema de siembra en hileras dobles tiene ventajas con respecto al sistema comercial de 1 X 1 m ya que se adapta muy bien a la maquinaria de cosecha de 2 m de ancho de trabajo, la que determina que haya mayor facilidad de cosecha con menores lesiones y pérdidas de raíces.

## 8. CONCLUSIONES

En base a la evaluación de las cosechadoras de la primera etapa, así como los arreglos agronómicos que correspondió a la segunda, se desprenden las siguientes conclusiones:

La cosechadora tipo CIAT, dió los mejores resultados, debido a su ancho de trabajo de 2 m, con una capacidad de 2.38 hr/ha, con menores pérdidas de raíces 16%, así como de un menor requerimiento de potencia para el trabajo con un máximo de 19 Hp de tracción, y de mano de obra (50%).

-Los costos de la cosecha con la cuchilla CIAT, son más bajos después de 100 hectáreas en comparación con la cosechadora API y el sistema manual.

-El cambio de un sistema manual a uno mecanizado, se justifica después de 100 hectáreas para la cosechadora CIAT, en cambio para la API siempre resultan más elevados.

-La siembra bajo el arreglo de hileras dobles se manifiesta igualando los rendimientos y características de las raíces en comparación con el sistema comercial de 1 X 1 m (arriba de 17 ton/ha). Mejorando la facilidad de manejo de maquinaria.

-Existen ventajas de manejo del cultivo y de la cosecha mecanizada, en el sistema de hileras dobles, que se manifiestan mediante menores pérdidas de raíces, mayor eficiencia de la cosechadora y facilidad de maniobrabilidad entre hileras, que se traducen en un menor número de raíces perdidas y lesionadas 0 y 0.3 ton/ha para los tratamientos de (1.50 X .50) X 1 y (1.40 X .60) X 1 m respectivamente, en comparación con el sistema de 1 X 1 m de 2 ton/ha.

-Las conclusiones antes señaladas, corroboran la hipótesis de disminuir la mano de obra en la cosecha, (50%), así como modificando el sistema de siembra en hileras dobles, permite facilitar la mecanización de la cosecha, ya que este sistema cumple con las características de rendimiento del sistema comercial de siembra de 1 X 1 m.

## 9. RECOMENDACIONES

La presente investigación constituye un primer paso para la mecanización de la cosecha de yuca, pues ésta es una de las labores más difíciles de mecanizar.

Tanto la maquinaria y las variedades existentes en México son limitadas para este cultivo, para obtener una mecanización eficiente, motivo por el cual hubo la inquietud de adaptar tanto la maquinaria y la variedad a un arreglo especial que permitiera hacer eficientemente las labores sin alterar los rendimientos; por lo que se necesita más investigación para diseñar equipo para la cosecha de este cultivo. Así como de un mejor control de maleza, previo a la cosecha.

Debido a que hay una estrecha relación entre la maquinaria, variedad y espacio, se sugiere seguir investigando en diseño y evaluación de equipos de cosecha que permitan tener un amplio rango de adaptabilidad a las condiciones del cultivo al momento de la cosecha, además de aflojar la raíz se debe de pensar en mecanismo que permitan levantar y vaciar a un remolque, así también en maquinaria para remover la vareta.

En lo que respecta a las variedades, evaluar las variedades promisorias con características de raíces fáciles de cosechar (cortas, compactas y arrasimadas), así como estudiar el mejor arreglo topológico que permita hacer un manejo mecanizado eficiente del cultivo de yuca.

## 10. ANEXOS

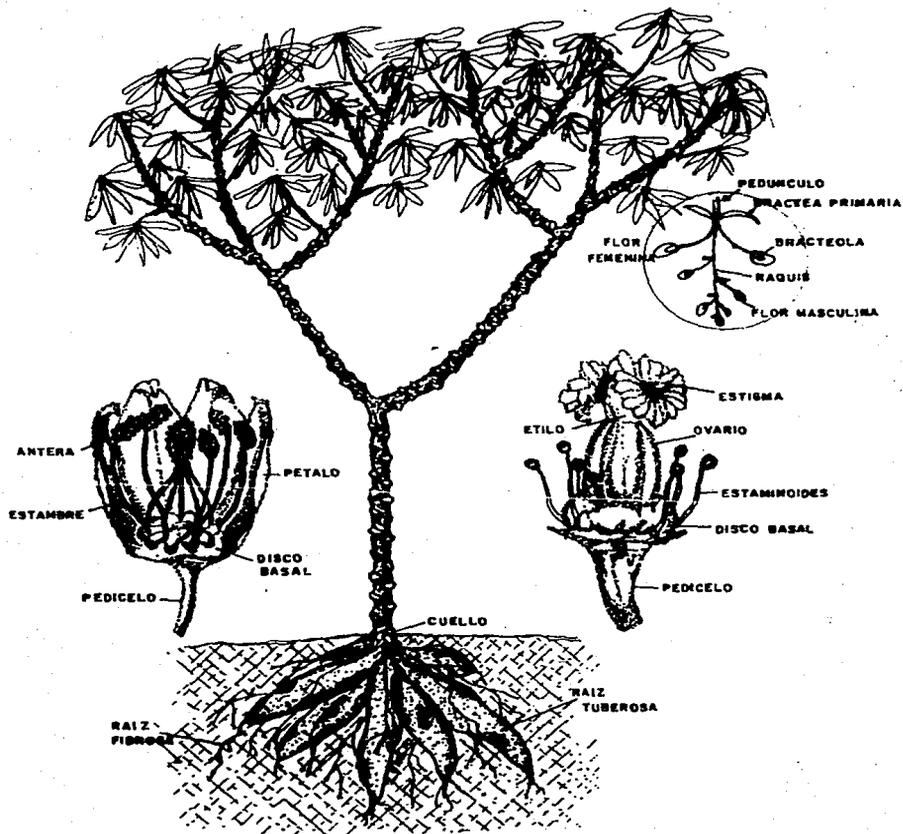


Figura 6. Planta de yuca con sus órganos

## TRATAMIENTOS

- 1... 1x1m.  
 2... (1.30x0.50)x1m.  
 3... (1.40x0.60)x1m.

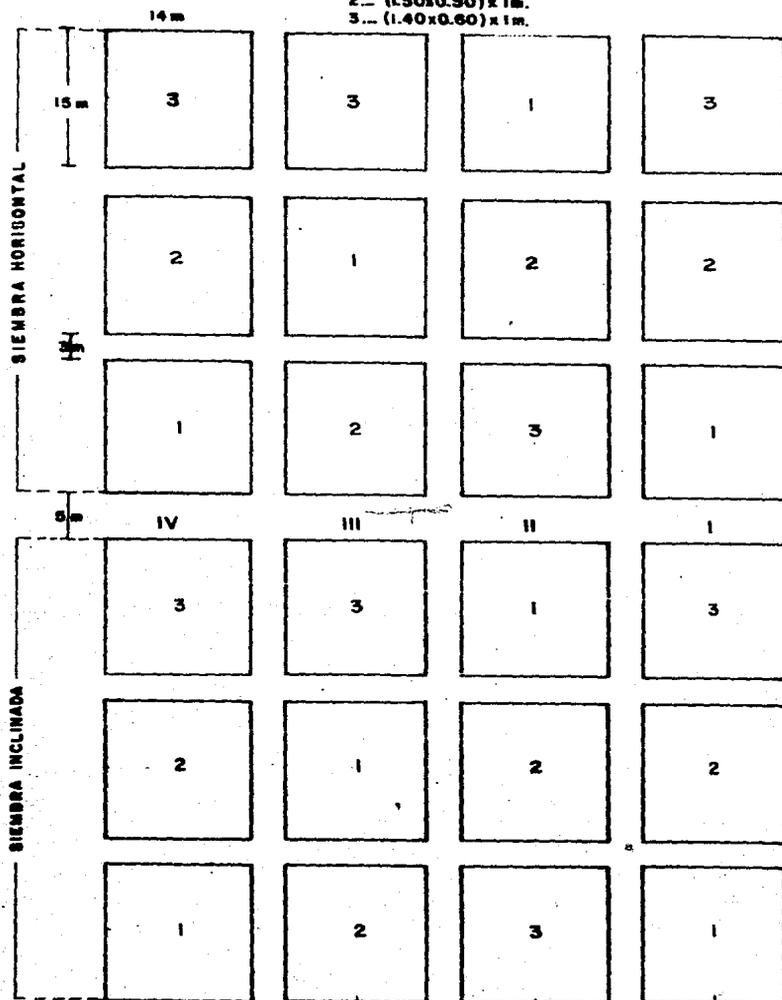


Figura 7. Croquis del experimento

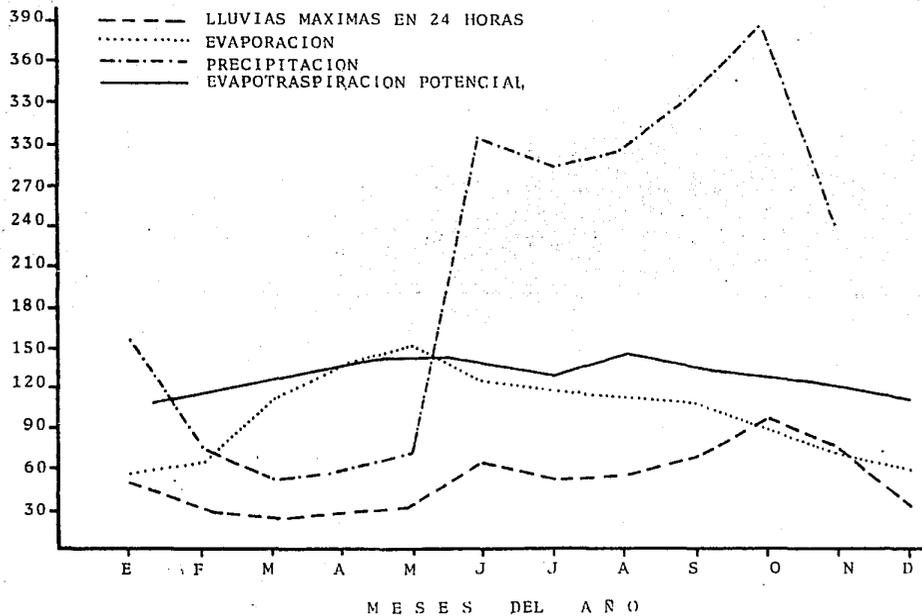


Figura 8. Promedios mensuales de 20 años de precipitación, evaluación, evapotranspiración potencial y lluvias máximas en 24 horas, en mm de la sabana de Huimanguillo, Tabasco. (1958 - 1978)

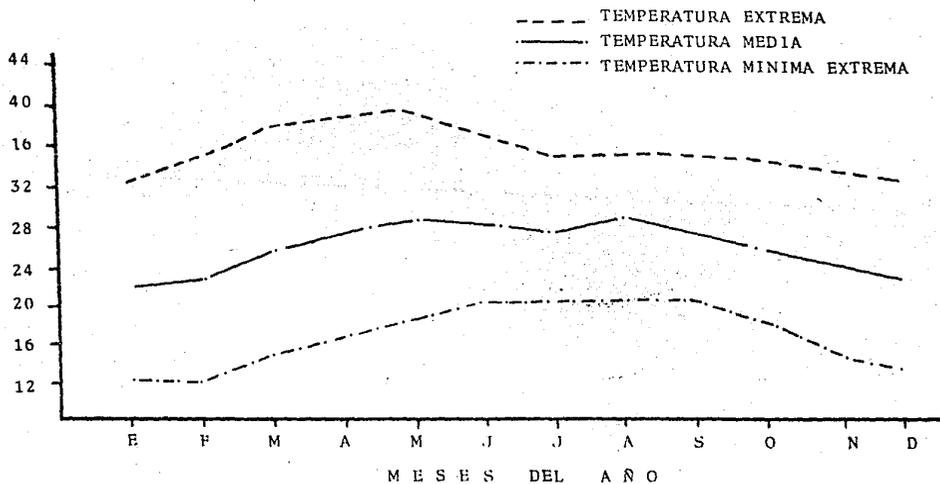
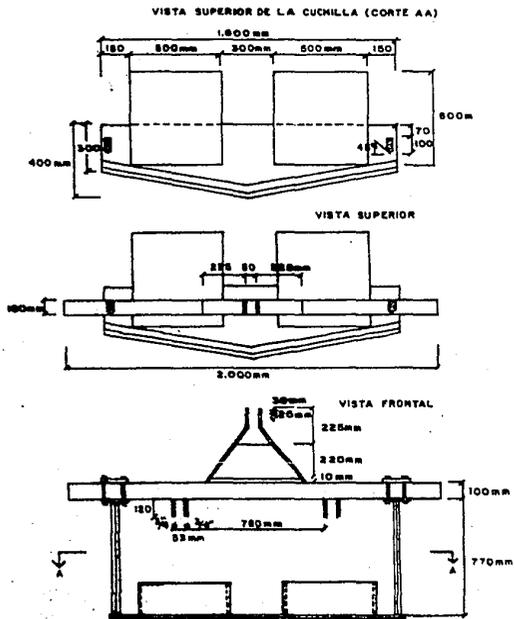
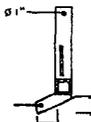


Figura 9. Promedios mensuales de temperatura (°C) máxima, media y mínima en la sabana de Huimanguillo, Tab. (1958 - 1978).

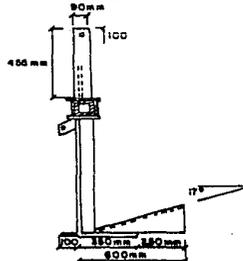


- 1- BARRA PORTAMPLEMETOS FORMADA POR 2 ANGULOS SOLDADOS DE 4" x 4" x 1/2".
- 2- ENSANCHES, PIEZAS PREFABRICADAS EN PLATINA DE 3/4".
- 3- DEFLECTORES, CUÑAS A 17° Y LAMINAS DE 5/8" CON REFUERZO INTERNO EN CUÑAS DE 1/2".
- 4- CUCHILLA: PUNTO CORTANTE EN CUCHILLA DERECHADA DE MOTONIVELADORA, EN LAMINA DE 1/2" Y REFORZADA POR DEBAJO CON PLATINA DE 3/4" x 3".
- 5- TORNILLOS DE SUJECION A LA BARRA DE 1" x 1" LARGO
- 6- BARRA DE ACERO TRIFILADO SAE 1045
- 7- PLATINA DE SOPORT DE 8" x 8" Y 1" DE ESPESOR.

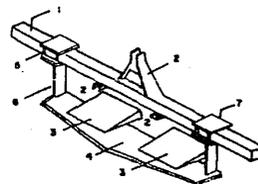
CORTE POR EL ENSANCHE



VISTA LATERAL



PERSPECTIVA AXONOMETRICA

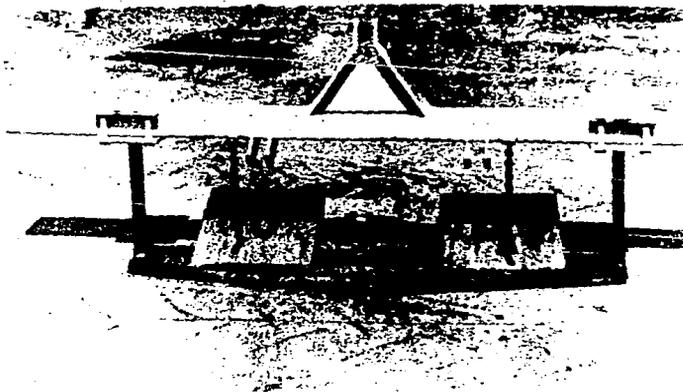


C	I	A	T
ARRANCADORA DE YUCA			
UNIDAD DE OPERACION DE CAMPO			
DISEÑO: Ing. ALFONSO DIAZ D.			
DIBUJO: JESUS DE LUNA T.			

Figura 10. Planos de la Cosechadora Tipo CIAT



Cosechadora tipo API



Cosechadora tipo CIAT

FIGURA 11. COSECHADORAS EVALUADAS

CUADRO 1. ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	FC	P%
Repetición	3	11	3.64	2.02	21.31 N.S
Tratamiento	2	5	2.58	1.43	31.06 N.S
Error	6	11	1.81		
T O T A L	11	27	2.45		
C.V. = 7.64%					

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	FC	P%
Repetición	3	35	11.56	9.45	1.7 *
Tratamiento	2	1	.33	.27	N.S.
Error	6	7	1.22		
T O T A L	11	43	3.88		
C.V. = 6.25%					

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA DEL TAMANO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA CONSIDERANDO RAICES MEDIANAS. (15-30 cm).

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M	FC	P%
Repetición	3	489	162.97	.71	N.S.
Tratamiento	2	310	154.75	.67	N.S.
Error	6	1382	230.31		
T O T A L	11	2180	198.20		
C.V. = 20.8%					

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA DEL TAMAÑO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA HO RIZONTAL CONSIDERANDO RAICES CORTAS, (0-15 cm).

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	147	48.97	.23	N.S.
Tratamiento	2	369	184.33	.87	N.S.
Error	6	1269	211.56		
T O T A L	11	1785	162.27		

C.V. = 25.02%

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA DEL TAMAÑO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA HO RIZONTAL CONSIDERANDO RAICES LARGAS, (MAS DE 30 cm)

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	310	103.22	.40	N.S.
Tratamiento	2	910	455.08	1.78	24.77 N.S.
Error	6	1538	256.31		
T O T A L	11	2759	250.70		

C.V. = 17.36%

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA DEL TAMAÑO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA IN CLINADA CONSIDERANDO RAICES CORTAS, (0-15 cm).

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	221	73.56	.25	N.S.
Tratamiento	2	175	87.58	.30	N.S.
Error	6	1737	289.47		
T O T A L	11	2133	193.88		

C.V. = 28.49%

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA DEL TAMANO DE RAIZ DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA CONSIDERANDO RAICES LARGAS, (MAS DE 30 cm)

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	993	331.	2.09	20.32 N.S.
Tratamiento	2	843	421.58	2.66	14.88
Error	6	952	158.58		
T O T A L	11	2788	253.42		

C.V. = 14.66%

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANZA DE LA CANTIDAD DE RAICES DE YUCA PERDIDAS EN LA COSECHA DE DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	0	.08	1.0	
Tratamiento	2	8	4.08	49.0	.05 **
Error	6	1	.08		
T O T A L	11	9	.81		

C.V. = 47.14%

CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA DE LA CANTIDAD DE RAICES DE YUCA PERDIDAS EN LA COSECHA DE DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	0	.08	1.0	
Tratamiento	2	10	4.75	57.0	.04 **
Error	6	1	.08		
T O T A L	11	10	.93		

C.V. = 37.21%

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA DEL INDICE DE COSECHA DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%	
Repetición	3	4	2.22	.13		N.S.
Tratamiento	2	126	63.08	6.54	3.12	*
Error	6	58	9.64			
T O T A L	11	188	17.06			

C.V. 6.62%

CUADRO 11. ANALISIS DE VARIANZA DEL INDICE DE COSECHA DE YUCA CON DIFERENTES ARREGLOS AGRONOMICOS EN SIEMBRA INCLINADA.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%	
Repetición	3	42	14	4.80	4.94	N.S.
Tratamiento	2	25	12.58	4.31	6.89	N.S.
Error	6	18	2.92			
T O T A L	11	85	7.70			

C.V. = 4%

CUADRO 12. ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE RAICES QUE SE DISTRIBUYERON EN FORMA LATERAL AL SURCO. SIEMBRA INCLINADA.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%	
Repetición	3	353	117.56	0.92		N.S.
Tratamiento	2	71	25.58	0.28		N.S.
Error	6	771	128.47			
T O T A L	11	1195	108.61			

C.V. = 16%  
N.S. = No significativo

CUADRO 13. ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE RAICES QUE SE DISTRIBUYERON EN FORMA LATERAL AL SURCO, SIEMBRA ORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%	
Repetición	3	222	74.08			
Tratamiento	2	96	48.00	2.42	16.47	N.S.
Error	6	184	30.67	1.57	28.38	N.S.
T O T A L	11	502	45.66			

C.V. = 12% = 45.80%  
N.S. = No significativo

CUADRO 14. ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE RAICES (DE 28 PLANTAS), SIEMBRA INCLINADA.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%	
Repetición	3	45	14.97			
Tratamiento	2	98	49.00	.04	-	N.S.
Error	6	2229	371.56	.13	-	N.S.
T O T A L	11	2372	215.66			

C.V. = 12%  
N.S. = No significativo

CUADRO 15. ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE RAICES LARGAS. SIEMBRA INCLINADA

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%	
Repetición	3	1737	578.89	2.24	18.35	N.S.
Tratamiento	2	450	225.08	.87		N.S.
Error	6	1548	257.97			
T O T A L	11	3735	339.52			

C.V. = 30%  
N.S. = No significativo

CUADRO 16. ANALISIS DE VARIANZA DEL ESPACIO CUBIERTO DE LA PLANTA, SIEMBRA INCLINADA.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	7419	2472.97	.54	N.S.
Tratamiento	2	2597	1298.58	.28	N.S.
Error	6	27599	4599.81		
T O T A L	11	37615	3419.54		

C.V. = 50%

N.S. = No significativo

CUADRO 17. ANALISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA ALCANZADA A LOS 12 MESES. SIEMBRA INCLINADA.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	p%
Repetición	3	2694	898.08	1.75	25.63 N.S.
Tratamiento	2	2405	1202.33	2.34	17.71 N.S.
Error	6	3084	514.00		
T O T A L	11	8183	743.90		

C.V. = 9.4%

N.S. = No significativo

CUADRO 18. ANALISIS DE VARIANZA DEL ESPACIO CUBIERTO DE LA PLANTA. SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	721	250.22	.45	N.S.
Tratamiento	2	254	127.08	.23	N.S.
Error	6	3328	554.64		
T O T A L	11	4333	393.88		

C.V. = 23.70%

N.S. = No significativo

CUADRO 19. ANALISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA ALCANZADA A LOS 12 MESES. SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	686	228.56		
Tratamiento	2	518	259.08	1.57	29.08 N.S.
Error	6	872	145.31	1.78	24.65
T O T A L	11	2076	188.70		

C.V. = 5%

N.S. = No significativo

CUADRO 20. ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE RAICES QUE SE DISTRIBUYERON EN FORMA LATERAL AL SURCO. SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	717	238.89		
Tratamiento	2	1667	833.58	1.13	41.12 N.S.
Error	6	1273	212.14	3.93	8.1 *
T O T A L	11	3657	332.42		

C.V. = 18%

N.S. = No significativo

\* = Significativo

CUADRO 21. ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE RAICES QUE SE DISTRIBUYERON EN FORMA LATERAL AL SURCO. SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	272	90.67	.64	
Tratamiento	2	582	291.08	2.05	20.89 N.S.
Error	6	851	141.75		
T O T A L	11	1705	154.97		

C.V. = 22%

N.S. = No significativo

CUADRO 22. ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE RAICES LARGAS. SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Repetición	3	56	18.67	.19	
Tratamiento	2	302	151.00	1.57	28.33 N.S.
Error	6	578	96.33		
T O T A L	11	936	85.09		

C.V. = 16%

N.S. = No significativo

CUADRO 23. ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE RAICES DE 28 PLANTAS. SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	p%
Repetición	3	297	98.97	.19	N.S.
Tratamiento	2	167	83.25	.16	
Error	6	3181	530.14		
T O T A I.	11	3644	331.30		

C.V. = 15%

N.S. = No significativo

CUADRO 24. ANALISIS DE VARIANZA DE LA PROFUNDIDAD DE RAICES. SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	P%
Bloques	3	4.0867	1.4256		N.S.
Tratamiento	2	2.3267	1.2174		N.S.
Error	6	5.7333			
T O T A L	11	12.1467			

$\bar{x}$  = 6.5667

CV =14.89%

CUADRO 25. ANALISIS DE VARIANZA DEL DIAMETRO DE RAIZ. SIEMBRA HORIZONTAL.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	Ft
Bloques	3	1.2967	0.4322	1.2242	N.S.
Tratamiento	2	0.7350	0.3675	1.0404	N.S.
Error	6	2.1183	0.3531		
T O T A L	11	4.15			

X = 4.75  
CV = 12.51%

CUADRO 26. ANALISIS DE VARIANZA DE LA PROFUNDIDAD DE RAICES. SIEMBRA INCLINADA.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	Ft
Bloques	3	6.1558	2.3378	0.3378	5.14 N.S.
Tratamiento	2	24.065	12.0325	1.9811	N.S.
Error	6	36.4417	6.0736		
T O T A L	11	66.6625			

X = 10.825.  
CV = 22.77%

CUADRO 27. ANALISIS DE VARIANZA DEL DIAMETRO DE RAIZ. SIEMBRA INCLINADA.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C.	C.M.	FC	Ft
Bloques	3	0.3492	0.1164	0.7522	N.S.
Tratamiento	2	0.065	0.0325	0.2101	N.S.
Error	6	0.9283	1.1547		
T O T A L	11	1.3425			

X = 4.425.  
CV = 8.89%

CUADRO 28. ANALISIS DE VARIANZA DE LA PROFUNDIDAD DE RAIZ DE DOS POSICIONES DE SIEMBRA DE YUCA (ANALISIS CONJUNTO)

FUENTE DE VARIACION	g1	S.C.	C.M.	F observ.	F requerida	
					5%	1%
Parcelas: Posición x para trat. (Subp.)	23	187.61				
Parcelas de posición: (Parcelas principales)	7	119.04				
Bloques	3	0.48	0.16	O N.S	9.28	29.46
Posición	1	108.80	108.80	33.47*	18.51	98.49
Error (a)	3	9.76	3.25		10.13	34.12
Tratamientos	2	20.33	10.16	2.89 N.S		
Posición X Trat.	2	6.06	3.03	0.86 N.S	3.88	6.93
Error (b)	12	42.18	3.51			

N.S. = No significativo.

\* = Significativo.

C.V. = 63%.

## ANEXO 1

El análisis de los costos de operación dependen de las diferentes circunstancias en que se trabaja una maquinaria: como las condiciones óptimas del terreno; buena humedad, limpia de maleza, sin obstáculos, etc. La experiencia de los operadores todo ello influye considerablemente en el rendimiento de una máquina y ésto implica un mayor o menor costo de operación por unidad de superficie. (Ashburner y Sims, 1984).

Para calcular los costos de operación de cualquier maquinaria o equipo, se dividen en costos fijos y costos variables.

## 1. COSTOS FIJOS

Dentro de los costos fijos en un sistema de mecanización pueden incluirse los siguientes factores:

- a. Depreciación - se siguió el de línea recta =  $\frac{C.I. - V.R.}{V.U.}$
- b. Interés sobre la inversión
- c. Almacenaje
- d. Impuestos.

C.I. = Costo inicial

V.R. = Valor de recuperación = 10% del C.I.

V.U. = Vida útil = 8 años

## II. COSTOS DE VARIABLES

Bajo estos rublos se incluyen los siguientes parámetros.

- a. Reparación y mantenimiento
- b. Combustible y lubricante
- c. Mano de obra.

### a. REPARACION Y MANTENIMIENTO

Se pueden estimar los costos de reparación y mantenimiento como un porcentaje del costo inicial de la maquinaria en un 2%.

### b. COMBUSTIBLE

Costos del combustible se hizo en base a los litros que gasta el tractor por hora.

### c. COSTO DE MANO DE OBRA

La mano de obra se estima en base al salario que se tiene en la región.

## COSTOS TOTALES DE OPERACION

Los tractores agrícolas, tienen trabajo prácticamente todo el año en las diferentes labores, por lo que se justifica estimar los costos en base en el número total de horas de trabajo por año. En cambio las herramientas son específicas para determinar labores, por ejemplo: las cosechadoras API y CIAT y sus costos de operación dependen de la superficie o tiempo de su

trabajo. Es obvio que los costos por unidad de superficie para las cosechadoras disminuyen con el aumento del área de trabajo.

#### EVALUACION DEL COSTO DEL TRACTOR

Costo inicial	=	\$ 26'229,136.00
Vida útil	=	8 años con 1,000 horas de uso/año
Valor residual	=	10% costo inicial

Ashburner y Sims, (1984), indicaron que el valor residual se puede estimar por medio de un estudio local del mercado de maquinaria de segunda mano o bien puede tomarse como regla aproximada un 20% del costo inicial. Sin embargo, el valor residual para el trópico se consideró un 10% dadas las condiciones del medio ambiente de alta humedad relativa.

Valor residual del tractor	=	10% del costo inicial
Tasa de interés	=	90% (estimado).

#### CALCULO DE LOS COSTOS FIJOS DEL TRACTOR

1. Valor residual	=	10% X 26'229,136
	=	2'622,913.6
Depreciación por año	=	$\frac{\text{Costo inicial} - \text{valor residual}}{\text{Vida útil (años)}}$
	=	$\frac{26'229,136.00 - 2'622,913.6}{8}$
	=	2'950,777.8

$$\begin{aligned}
 \text{Depreciación por hora} &= \frac{\text{Depreciación/año}}{\text{Horas de uso/año}} \\
 &= \frac{2'950,777.8}{1,000} \\
 &= \$ 2,950.77
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{II. Inversión promedio} &= \frac{\text{Costo inicial} + \text{valor residual}}{2} \\
 &= \$ 14'426.025
 \end{aligned}$$

El interés sobre la inversión representa el costo al agricultor por no invertir en el mercado local; sino en su maquinaria agrícola. Este se puede calcular por medio de la tasa de interés local y con base en su inversión promedio.

$$\begin{aligned}
 \text{Interés sobre la inversión/año} &= \text{tasa de interés} \times \text{inversión promedio.} \\
 &= 96\% \times 14,426,025.0 \\
 &= 12'983,423
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Intereses/hora} &= \frac{\text{Interés sobre la inversión/año}}{\text{horas/año}} \\
 &= \frac{12,893.423}{1000} \\
 &= 12,893,423
 \end{aligned}$$

### III. ALMACENAJE, SEGURO E IMPUESTOS

Para estos costos fijos, se pueden estimar en un 2% del costo inicial del tractor, estos costos dependen mucho de la situación local y del país de estudio.

ASAE, recomienda un valor de un 2% del costo inicial en ausencia de otros datos, si bien en circunstancia diferente se le puede ignorar.

Almacenaje, seguro e impuestos/año = 2% X 26'229,136.0

= \$ 524,582.72

Almacenaje, seguro e impuestos/hr = \$  $\frac{524,582.72}{1,000}$

= \$ 524.58

#### IV. COSTOS FIJOS TOTALES/HORA

Los costos fijos totales por hora es la integración de la depreciación más el interés, más el almacenaje, seguro e impuestos. Esto se muestra de la siguiente manera:

Costos fijos totales/hora = Depreciación+Intereses+Almacenaje

= 2,950.77 + 12,983.42 + 524.58

= 16,458.77

#### CALCULO DE LOS COSTOS VARIABLES DEL TRACTOR

Bajo estos rublos se encuentran la reparación, mantenimiento, combustible y lubricantes:

## I. REPARACION Y MANTENIMIENTO

Para estimar estos aspectos en ausencia de datos confiables por no llevar registros de las unidades se calculó en base a la estimación que reportan otros países, (Gran Bretaña).

El costo anual de respuestos y reparaciones como porcentaje del costo de acuerdo con las horas de uso que tenga en la región.

HORAS	DE	USO	ANUAL	PARA CADA 100 HRS ADICIONALES SUMAR
500	750	1,000	1,500	
5%	6.7%	8%	10.5%	0.5%

$$\text{Reparación y mantenimiento} = \frac{8\% \times \text{costo inicial}}{\text{horas/año}}$$

$$= \frac{8\% \times 26'229,136}{1'000}$$

$$\text{Reparación y mantenimiento/hora} = \$ 2,098.33$$

## II. COMBUSTIBLE Y LUBRICACION

Este parámetro se puede tomar como la relación del consumo total, con respecto a la potencial que desarrolla una máquina.

Esto se indica en gramos por kilowatts horas (g/kw/hr) y representa la medida de la eficiencia de la conversión de energía del combustible en trabajo útil.

El consumo total del combustible se expresa en kilogramos hora (kg/hr), de medir directamente en el campo al operar los implementos. Para la cosecha gasta un promedio de nueve litros por hora para el tractor de 86 Hp y el costo de combustible es de \$ 267/litros.

$$9 \text{ litros} \times 267 = 2,403$$

El costo de lubricante se calcula como un 10% del costo del combustible/hora,

$$10\% \times 2,403 = 240.3/\text{hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Combustible y lubricantes/hora} &= \$ 2,403 + 240.3 \\ &= \$ 2,643.3 \end{aligned}$$

### III. COSTO DEL TRACTORISTA

Se estimó en \$ 625/hora para la región de Huimanguillo.

**IV. COSTOS VARIABLES TOTALES/HORA**

= Reparación + combustible + tractoristas

= \$ 2,098.33 + 2,643.3 + 625

= \$ 5,366.63

**COSTO TOTAL/HORA**

Integrando los costos fijos más los costos variables ob  
tendríamos el costo de operación del tractor.

Costo total/hr = Costos fijos + costos variables  
= \$ 16,458.77 + 5,366.63  
= \$ 16,458.77 + 5,366.63 = 21,825.40

**Costo total de operación del tractor = \$21,825.40**

## ANEXO 2

## ESTIMACION DE LOS COSTOS DE LAS COSECHADORAS API Y CIAT

## COSECHADORA INGLESA API

Costo inicial	=	2'500.00
Tasa de interés	=	90%
Valor residual	=	10% del costo inicial

## COSECHADORA TIPO CIAT

Costo inicial	=	\$ 1'423,482
Tasa de interés	=	90%
Valor residual	=	10% del costo inicial

El cálculo de los costos dependen ahora del uso anual que se le de a las cosechadoras.

- I. Integrando en los Cuadros (1 y 2) las horas de uso por año en base al rendimiento de la máquina que son: 4.3 y 2.4 máquinas/ha.
- II. La vida útil para ambas cosechadoras se estima en: 8,8,7, 6,4, y 2 años de acuerdo a la superficie y horas de trabajo.
- III. La depreciación anual se calcula de acuerdo con la vida útil de la máquina utilizando las mismas fórmulas de de

preciación para el tractor.

- IV. Interés sobre la inversión anual: es igual a la inversión promedio por la tasa de interés 90%.
- V. El almacenaje se toma como un 2% del costo inicial.
- VI. Total de los costos fijos/año.
- VII. Total de los costos fijos/hora, es en base a los costos fijos/año y las horas del año/año (1).
- VIII. El costo de reparación se estima como porcentaje del costo inicial para ambas cosechadoras, en un 6,6,10,14,26 y 46%, de acuerdo a sus horas de trabajo.
- IX. El costo/hora se basa en el uso anual.
- X. El costo de lubricantes se considera una engrasada por jornal de ocho horas, con un costo de \$ 200 ó sea \$ 25 y para la cosechadora CIAT no se considera ningún costo de lubricantes, (no tiene partes que requiera de lubricación).
- XI. Costos variables totales por hora (suma de I a X).
- XII. Los costos totales de operación por hora para las cosechadoras API y CIAT están compuestas por la sumatoria de VII y XI.

**COSTOS TOTALES DEL SISTEMA SEMIMECANIZADO**

En los mismos Cuadros 11 y 12 se integran los costos totales por hora y por hectárea de la cosecha semimecanizada.

- XIII. Costo de mano de obra
- XIV. Costo por hora del tractor
- XV. Los costos por hectárea XVI y XII, se basan en un rendimiento de 152 horas-hombre/ha y 4.31 horas-máquinas/ha para la cosechadora API; para la CIAT 169 horas-hombre/ha y 2.4 horas-máquina/ha con el tractor.
- XVI. Costo total semimecanizado/ha, es la sumatoria de los costos totales del sistema semimecanizado.

## FORMULARIO

Las fórmulas que se utilizarán para calcular la eficiencia de las cosechadoras son las siguientes:

$$\text{Velocidad (km/hora)} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{tiempo (min)} \times 16.66}$$

$$\text{Capacidad teórica (hectárea/hora)} = \frac{\text{Velocidad} \times \text{ancho de trabajo}}{10}$$

$$\text{Capacidad efectiva en el campo (hectáreas/hora)} = \frac{\text{Total de hectáreas}}{\text{Total de horas}}$$

$$\text{Eficiencia en el campo (Porcentaje)} = \frac{\text{Capacidad efectiva en el campo} \times 100}{\text{Capacidad teórica}}$$

En base a estas fórmulas se pueden caracterizar el trabajo de cualquier máquina o implemento (1).

Cosecha de yuca con cosechadora tipo CIAT.

$$\begin{aligned} \text{Velocidad} &= \frac{150 \text{ m}}{3,43 \times 16.66} \\ \text{km/hr} &= 2.62 \text{ km/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Capacidad teórica} &= \frac{2.62 \text{ kg/hr} \times 2\text{m}}{10} \\ \text{(hectáreas/horas)} &= 0.524 \text{ hectáreas/hora} \end{aligned}$$

Capacidad efectiva en el campo =  $\frac{0.4200 \text{ ha}}{1 \text{ hora}}$   
(hectárea/hora)

.4200 hectáreas/hora

Eficiencia en el campo =  $\frac{0.4200 \text{ ha/hr} \times 100}{0.524 \text{ ha/hr}}$   
(hectárea/hora)

= 80%

**CUADRO 29. COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS PRIVADOS POR HECTAREA DE LA PRODUCCION DE YUCA EN MEXICO (HUIMANGUILLO, A PRECIOS DE JULIO DE 1986.**

**A). COSTOS PRIVADOS DE PRODUCCION**

<u>Concepto</u>	<u>Trabajo</u>		<u>Insumos</u>	<u>Total</u>
	<u>Cantidad</u>	<u>Costo Total</u>		
a) Preparación de terreno (contratada)			22,500	22,500
b) Corte y trat. de estacas	4	6,000	2,134	8,134
c) Estacas			4,050	4,050
d) Siembra	6	9,000		9,000
e) Fertilización	6	9,000	20,505	29,505
f) Herbicida	2	3,000	9,000	12,000
g) Deshierbe manual	16	24,000		24,000
h) Insecticida	6	9,000	14,134	23,134
i) Cosecha	21	31,500	8,800	40,300
j) Intereses (8% sobre 2/3 costos 17 meses)			13,039	13,039
k) Seguro agrícola (6.25%)			11,604	11,604
l) Imprevistos (5%)			9,863	9,863
<b>T O T A L:</b>	<b>61</b>	<b>91,500</b>	<b>115,629</b>	<b>207,129</b>

**B). INGRESOS BRUTOS**

- a) 15 ton yuca fresca/ha  
a \$ 17,000/ton

MEX \$ 255,000

**C). BENEFICIOS PRIVADOS**

- a) Ingresos-costos (255,000-207,129)

MEX \$ 47,871

- b) Relación insumo/producto

81.2%

- c) Inversión en tierra

- (\$100,000/ha en 17 meses)

MEX \$ 141,667

- d) Rentabilidad/ha 17 meses

33.8%

- e) Rentabilidad/ha en 1 año

23.9%

- Beneficio neto + administración)

FUENTE: SAEZ, 1986.

CUADRO 30. COSTOS DE CULTIVO PROGRAMA DE YUCA CICLO 0-I  
 86/87

Concepto	Costo Unitario	Importe \$
<b>PREPARACION DE TERRENO</b>		
Chapeo	9,000.00	48,500.00
Barbecho	18,000.00	
Rastreo (2)	18,000.00	
Surcado	3,500.00	
<b>S I E M B R A</b>		
Material vegetativo	8,000.00	22,508.00
Siembra (6 jornales \$1,500.00 c/u)	9,000.00	
Tratamiento de vareta	2,508.00	
Mano de obra (2 jornales \$1,500.00 c/u)	3,000.00	
<b>FERTILIZACION</b>		
Fertilizante	38,514.00	37,514.00
Aplicación	9,000.00	
<b>CONTROL DE MALEZAS</b>		
Deshierbes (3)	36,000.00	42,500.00
Aporque a escarda	6,500.00	
<b>CONTROL DE PLAGAS</b>		
Insecticidas	7,362.00	18,362.00
Control biológico	6,000.00	
Aplicación	5,000.00	
<b>C O S E C H A</b>		
Chapeo	9,000.00	20,000.00
Paso de cuchilla	*300.00	
Arránque	*10,700.00	
<b>COSTO DIRECTO</b>		
		129,384.00
<b>SEGURO AGRICOLA</b>		
		11,522.00
<b>INTERESES (58.5%)</b>		
		<u>119,162.00</u>
<b>C O S T O</b>		
		\$ 320,069.00
<b>*COSTO SIMBOLICOS.</b>		

## 11. LITERATURA CONSULTADA

1. Ashburner, J. y Brians S. (1984). Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza. San José Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. p. 454-459.
2. Bellotti, A.C. (1983). Control integrado de plagas de la yuca. In: "Reyes, J.A. Comp. Yuca: Control integrado de plagas". Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 249-264.
3. \_\_\_\_\_ et al. (1983). Pérdidas en rendimiento de yuca causadas por insectos y ácaros. In: "Reyes, J.A. Comp. yuca: Control integrado de plagas. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 115-127.
4. Bower, W. (1977). Manejo de maquinaria; fundamentos de funcionamiento de maquinaria. Mollini, Illinois, USA. John Deere. 8 p. (FMO. Publicaciones de series John Deere).
5. Brasilia, D.F., Brasil. Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensao Rural. (1981). Mandioca: Sistema de plantío en fileiras duplas. 3p. (Serie Técnica para Producao Vegetal EMBRATER T 17).

6. Brandao S.S. (1982). Ensaio sobre sistemas de plantíos da mandioca. Revista Ceres 11 (61): 1-7.
7. Calderón C.F. (1971). Características pedológicas de los suelos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco. In: H. Cárdenas, Tabasco. México. Colegio Superior de Agricultura Tropical, Estudio de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco. Seminario del Semestre de otoño de 1971. Secretaría de Agricultura y Ganadería. p. 20-43.
8. CIAT. (1973). Efectos of different spacing. In: Annual Report 1972. Cali, Colombia. p. 50-53.
9. CIAT. (1977). Informe Anual. Cali, Colombia. p. 75.
10. Cobo Delgado, Z. (1985). Evaluación de tres posiciones de estaca (inclinada, vertical y horizontal) de yuca (Manihot esculenta Crantz), en la región de la Chontalpa, Tabasco, México. Tesis. H. Cárdenas, Tabasco, Colegio Superior de Agricultura Tropical. p. 31.
11. Cock, J. (1982). Cassava: A basic energy source in the tropics. Science. 218:755-762.
12. Cock, H.J. (1985) Cassava: New potential for a neglected crop. Westvien press/Boulder and London. 191 p.

13. Cisneros Dominguez J. (1979). Suelo, clima y cultivos de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco. Tesis. 181 pag.
14. Cruz, M.C. y Ballinas J.E. (1984). Elaboración de una harina integral de raíz y hoja de yuca (Manihot esculenta Crantz). In: "Memorias del Primer Seminario Nacional sobre Yuca I. junio. México, D.F. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Distritos y Unidades de Temporal. p. 106-107.
15. Díaz, D.A. (1979). Un implemento para cosechar la yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 14 p.
16. Doll, J. y Leihner, D. (1981). Manejo y Control de las malezas en el cultivo de la yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT, Cali, Colombia. p. 37.
17. Dominguez, C.E. et al (1981). Morfología de la planta de yuca; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 44 p. (Serie 0456-02.03).

18. Domínguez, C.E. et al. (1982). Morfología de la planta de yuca. In: Domínguez C.E. Comp. yuca: Investigación, producción y utilización. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 29-49.
19. Echeverría, H. (1973). Agronomía, mecanización del cultivo de la yuca. Primer Seminario Nacional sobre Yuca. Maracay, Venezuela, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, p. 45-49.
20. García, E. (1964). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, México. Universidad Nacional Autónoma de México. 246 p.
21. González Lauck, V.W. (1978). Efecto de la edad a la cosecha sobre el rendimiento de la yuca (Manihot esculenta Crantz), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Campo Agrícola Experimental Huimanguillo, Tabasco. 17 pag. (mimeografiado).
22. González Lauck, V.W. y Méndez Rodríguez A. (1980). VI Curso de Orientación, Evaluación y Selección para aspirantes a Investigadores del INIA. La Yuca. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 119 pag.

23. González Lauck, V.W. (1984). La cosecha de la raíz de Yuca. In: Memorias del 1er. Seminario Nacional sobre Yuca I. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría de Agricultura y Operación. Dirección General de Distritos y Unidades de temporal. México, D.F. pag. 1-4.
24. Guillén, R.D. y Quintero, F. (1973). Economía. In: Primer Seminario Nacional sobre Yuca. Tacarigua, Maracay, Venezuela. Estación Experimental Saman Mocho. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía.
25. Holguin Meléndez, F. et al. (1982). La producción de yuca y su potencial en el Trópico Húmedo de México, Huimanguillo, Tab. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Campo Experimental Huimanguillo. (folleto para productores No. 1).
26. Howeler, Reinhardt H. (1982). Nutrición mineral y fertilización de la yuca: in Dominguez C.E. Yuca: Investigación, producción y utilización. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 317-357.
27. Huimanguillo, Tabasco, México. Campo Agrícola Experimental Huimanguillo, (1981). Informe de Resultados y Avances

del Programa de Yuca. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. p. 26-27. (mimeografiado).

28. Huimanguillo, Tabasco, México. Campo Agrícola Experimental Huimanguillo, (1985). Guía para la Asistencia Técnica Agrícola, Area de Influencia del Campo Agrícola Experimental Huimanguillo. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 126 p.
29. Huimanguillo, Tabasco, México. Campo Agrícola Experimental Huimanguillo, (1986). Informes de resultados del área de procesamiento del programa de yuca. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 140 p. (mimeografiado).
30. Ibarra López, F. (1984). Potencial agronómico para la producción de yuca en suelos vertisoles del Golfo de México. In: "Memorias del Primer Seminario Nacional sobre yuca II. México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Distritos y Unidad de Temporal, p. 144-153.
31. Kemp, D.F. (1978). Harvesting; a field demonstration and evaluation of two machines. In: "Weber, E.J. Cock,

J.H. and chovinard, A eds. Cassava haversting and Processing. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 53-57.

32. Legorreta Padilla, F. de J. (1983). Efecto de la fertilización N-P-K y densidad de población (Dp/ha) sobre el rendimiento de forraje fresco de yuca (Manihot esculenta Crantz) en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, Tesis Lic. Cuautitlán, Izcalli, Estado de México. 64 p.
33. Legorreta Padilla, F. de J. (1984). Informes de resultados del área de agronomía del programa de yuca. Campo Agrícola Experimental, Huimanguillo. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. p. 96 (mimeografiado).
34. Leihner, E.F. (1978). Falow-up evaluations of two harvesting machines. In: "Weber, E.J. Cock, J.H. and Chovinard, A. Cassava harvesting and proceessing. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 58-59.
35. \_\_\_\_\_ (1982). Cosecha mecanizada de la yuca, dos equipos diferentes. In: Dominguez, C.E. comp. yuca: Investigación, producción y utilización", Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 167-207.

36. \_\_\_\_\_ (1982). Yuca en cultivos asociados, manejo y evaluación. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 80 p.
37. Lozano, J.C. (1982). Descripción de las enfermedades de la yuca, Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, p. 35.
38. Méndez Rodríguez, A. (1982). Avances del Programa de Yuca en México. In: "Toro, J.C. Evaluación de variedades promisorias de yuca en América Latina y el Caribe. Memoria de un taller celebrado en Cali, Colombia del 10-14 de mayo". Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 37-49.
39. \_\_\_\_\_ (1982). Informe de resultados y avances en el programa de yuca. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Campo Agrícola Experimental Huimanguillo, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 120 p, (mimeografiado).
40. Montaldo Alvaro (1977). Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, San José, Costa Rica. 284 p.
41. Normanha, E.S. (1970). General Aspects of Cassava for root production in Brasil. In: International sympo-

sium on tropical Root Crops. 2 nd. Honolulu, Hawaii, Proceeding S. Honolulu, Hawaii, University of Hawaii, College of Tropical Agriculture, V 1. 61-63 pag.

42. Ordaz Tellez A. Y Martínez Hernández A. (1986). Determinación de las eficiencias de campo de las operaciones ejecutadas por la maquinaria agrícola en la producción de maíz forrajero en la Facultad de estudios Superiores Cuautitlán. Tesis. Cuautitlán Izcalli, México. Universidad Nacional Autónoma de México. 68 p.
43. Phillips, P.T. (1982). Panorama de la producción y uso de la yuca, El consumo y la producción de yuca, un resumen. In: "Delange, F. y Ahluwalia, T., comp. Toxicidad de la yuca y tiroides: Aspectos de investigación y salud. Trabajos de un Seminario celebrado en Ottawa, Canadá. mayo 31- junio 2. Ottawa, Canadá. International Development Research Center, p. 85-90.
44. Rodríguez, C.M. (1985). Resultados de Investigación en el área de mecanización del cultivo de la yuca. Huimanguillo, Tabasco. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Campo Experimental Huimanguillo. 24 p. (mimeografiado).

45. Rodríguez N.A. (1980). Mechanical planting and other Cassava Cultural practices. In: "Cuba. In. Weber E.J., Toro J.C. and Graham, M. eds. Workshop on Cassava cultural practices, Salvador-DA, Brasil. Proceedings Ottawa". Canadá, International Development Research Center.
46. Rodríguez Hernández, R.F. (1987). La comercialización de yuca en Tabasco. In: "La yuca como cultivo de alternativa para la alimentación animal en México" México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. p. 220-238.
47. Saez, R.R. (1986). El potencial de la yuca en México y su relación con el resto de la economía. México, D.F. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo 35 p, (mimeografiado).
48. \_\_\_\_\_ y Martínez Cruz, V. (1986). Estimación de la demanda potencial de yuca en México, para su utilización en la preparación de alimentos concentrados. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 36 p.
49. Saldivar, C.A. (1977). El cultivo de la yuca. México FIRA. 62 p. (Mimeografiado).

50. Sánchez, E.F. (1984). Fertilización (N- P- K) y densidad de población de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en suelos ácidos de Tabasco. México. Tesis Lic. Venecia, Gómez Palacio, Durango. Universidad Juárez del Estado de Durango. 95 p.
51. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1977). Estudios para el proyecto de incremento de la producción e industrialización de la yuca. México. Comisión del Rio Grijalva, Consultores de Ingeniería y Desarrollo Agropecuario. 191 p. (mimeografiado).
52. Seixas, E.L. (1976). Preparo do solus. In: "Curso intensivo Nacional de Mandioca". Cruz Das Almas, Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. p. 183-189.
53. Toro J.C. G. Jaramillo, (1979). Métodos de cosecha de yuca In: Curso de producción de yuca, tomo I, edición preliminar, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia, pp. 335-340 (Mimeografiado).
54. Toro, J.C. y Atlee, C.E. (1981). Prácticas agronómicas para la producción de yuca (una revisión de literatura) Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 44p.

55. \_\_\_\_\_ (1982). Prácticas agronómicas para la producción de yuca. In: "Domínguez, C.A. Comp. yuca investigación, producción y utilización, Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 359-364.
56. \_\_\_\_\_, E. Celis y Jaramillo, G. (1982). Nueva guía para la conducción de pruebas regionales de yuca. In: "Domínguez, C.E. comp. yuca: Investigación, producción, y utilización". Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical.
57. Urias López, M.A. (1983). Informes del área de entomología del programa de yuca. Campo Agrícola Experimental Huimanguillo. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 83 p. (Mimeografiado).
58. Villa Cruz, R. (1986). Comparación de diferentes densidades de población en dos variedades de yuca (Manihot esculenta Crantz) en la región de la Chontalpa, Tabasco. Tesis. Colegio Superior de Agricultura Tropical, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 73 p.
59. West R.E. et al, (1976) , Las tierras bajas de Tabasco en el sureste de México. Villahermosa, Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco. p. 119.

60. Wahab, A.H., P.F. Robinson y Hassa, I. (1977). Mechanized planting of cassava (Manihot esculenta Crantz) stem-cutting on Guyana's light peats and peaty clays. Turrialba. 27 (7): 137-141.