



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

CARACTERIZACION Y EVALUACION DE LAS  
CONDICIONES DEL SECADO ARTIFICIAL Y  
PROCESAMIENTO DE RAIZ DE YUCA CON EL  
CONJUNTO DE MAQUINAS D' ANDREA  
(PLANTA PILOTO DE HUIMANGUILLO,  
TABASCO)

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES - CUAUTITLÁN

**T** **E** **S**  
Departamento de  
Exámenes Profesionales  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA  
P R E S E N T A :  
SAMUEL JOAQUIN CORTES QUIROZ

Director de Tesis: Ing. Carlos Gerardo Deolarte Martínez

Cuautitlán Izcalli, Méx.,

1986

14  
2ej.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

# CONTENIDO

	PAG.
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	4
3. OBJETIVOS	6
4. REVISION BIBLIOGRAFICA	7
4.1. Taxonomía	7
4.2. Características generales de la yuca.	7
4.2.1. Raíz	7
4.2.2. Tallo	8
4.2.3. Hojas	8
4.2.4. Flor	9
4.2.5. Fruto	9
4.3. Consideraciones generales del cultivo.	10
4.3.1. Siembra	10
4.3.2. Ciclo vegetativo.	12
4.3.3. Cosecha.	12
4.4. Calidad alimenticia de la raíz de yuca.	13
4.5. Perecibilidad de la raíz.	23
4.6. Aspectos de procesamiento y secado.	24
4.7. Productos y utilización de la yuca.	29
4.8. La yuca en México.	35
4.8.1. Descripción del área de estudio.	36
4.8.2. Localización	36
4.8.3. Clima.	37
5. MATERIALES Y METODOS	38

6.	RESULTADOS	49
	6.1. Análisis de resultados.	49
7.	DISCUSION	61
8.	ANALISIS ECONOMICO	64
9.	CONCLUSIONES	66
10.	SUGERENCIAS	68
11.	BIBLIOGRAFIA	69
12.	ANEXOS	73

## RELACION DE CUADROS, GRAFICAS Y FIGURAS

	Pág.
CUADRO No.1. Rendimiento promedio mundial de calorías de un número de cultivos tropicales.	14
CUADRO No.2. Uso potencial de la yuca (yuca fresca).	34
CUADRO No.3. Uso potencial de la yuca (yuca seca).	35
CUADRO No.4. Máquinas utilizadas en el módulo de procesamiento de raíz de yuca y datos a tomar.	39
PLANO No. 1. Descripción del predio (rancho "Cuacamote").	41
TABLA No. 1. Listados de los componentes del predio y dimensiones.	42
PLANO No. 2. Módulo experimental de procesamiento de yuca.	43
DIAGRAMA No.2. Flujo del procesamiento y secado artificial con el conjunto D'ANDREA.	48
FIGURA No. 1.Sistema hidráulico.	53
FIGURA No. 2.Secadora vertical.	54
CUADRO No.5. Capacidad de la maquinaria que integra el conjunto D'ANDREA para secado y procesamiento de raíz de yuca.	55
CUADRO No.6. Costos de operación del procesamiento y secado de raíz de yuca (equipo D'ANDREA).	56

	Pág.
CUADRO No.7. Pérdida de humedad y de ácido cianhídrico en la raíz de yuca de la variedad Sabanera, procesada en la secadora vertical del equipo D'ANDREA.	57
GRAFICA No.1. Curva de secado de los trozos de yuca y reducción del HCN, mediante la secadora vertical del equipo D'ANDREA.	58
CUADRO No.8. Calidad de los trozos secos y harina de yuca (análisis químico).	59
CUADRO No.9. Costos del cultivo de yuca (Banco de Crédito Rural del Golfo ciclo 84/85).	64

## R E S U M E N

La yuca (Manihot esculenta Crantz) es una planta de la familia de las Euforbiáceas, es originaria de América. Se adapta en los trópicos bajos del mundo, hasta una altura de 2000 msnm.

La yuca puede reemplazar o tomar el lugar que hoy en día ocupan los cereales como el maíz o el sorgo que están siendo importados actualmente para la elaboración de alimentos balanceados. Debido a que ésta planta posee almacenada en su raíz gran cantidad de hidratos de carbono que se pueden utilizar en la alimentación animal. Steeden (1981).

Actualmente en el país se desconocen sistemas artificiales eficientes para el secado e industrialización de la raíz de yuca, por lo que en este trabajo se planteó encontrar la factibilidad económica del proceso de secado y procesamiento de raíz de yuca con el conjunto de máquinas D'ANDREA.

El estado de Tabasco ocupa el primer lugar en la producción de raíz de yuca, a el le corresponde el 26% de la superficie sembrada con yuca. Los otros Estados productores potenciales, cuyas condiciones de estrecha acidez e infertilidad de los suelos, se encuentran actualmente marginados o subutilizados son: Quintana Roo, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Nayarit y Colima, entre otros. (GRUPO DE YUCA-1980).

El estudio se realizó en la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, en el Rancho "El Guacamote" dependiente del CAEHUICIAGOC-INIA, donde las condiciones climatológicas, principalmente de alta precipitación y humedad relativa impiden o retrasan el secado natural de la raíz de yuca aprovechando la radiación solar.

El conjunto de máquinas D'ANDREA es funcional y seguro en cuanto a su operación. La prensa hidráulica y la secadora vertical por su baja eficiencia y capacidad incrementan los costos de procesamiento. No existen problemas en el producto final en cuanto al contenido de ácido cianhídrico (HCN). Los trozos secos de yuca contienen 19.25 ppm base seca (BS) de HCN y la harina panificable 6.44 ppm (BS). Estos productos cumplen con las normas de calidad exigidas para productos a base de yuca y se les considera adecuados tanto para la alimentación animal y humana.

## 1. INTRODUCCION

La yuca (Manihot esculenta Crantz) también conocida como mandioca se está convirtiendo en algo parecido a una maravilla botánica con características de fuerza productora única entre todos los cultivos.

Este cultivo con una producción de energía de 250 000 cal/ha/día se coloca entre los más eficientes para fijar energía por unidad de área y tiempo superando a los cultivos como maíz, trigo, arroz y sorgo. (GRUPO DE YUCA 1979).

La yuca tiene amplia capacidad de producir grandes cantidades de energía en forma de carbohidratos almacenados fuertes volúmenes de almidón en sus raíces, ocupa el cuarto lugar de importancia como fuente de energía alimenticia producida en los trópicos, más de 2/3 partes de la producción total de éste cultivo en el mundo se utiliza para la alimentación humana y en menor proporción está siendo usada como alimento para animales y otras aplicaciones industriales. (COCK 1980).

La superficie con que cuenta México en el Sureste para cultivar yuca sin afectar otros cultivos es de 500 000 hectáreas aproximadamente, con un rendimiento de 20 toneladas promedio que una vez transformadas en trozos secos pueden utilizarse para la alimentación animal.

Es decir, se tiene un potencial de producción de trozos secos de yuca, que de hecho pueden reemplazar total o parcialmente los granos como el sorgo y el maíz en la preparación de alimentos balanceados, de cultivarse la superficie mencionada se evitaría del 75 al 100% la dependencia del exterior en sorgo para la producción de raciones balanceadas, dependiendo de los rendimientos por hectárea.

Conociendo la importancia de este cultivo en la alimentación animal una de las principales limitantes para su expansión, es el procesamiento o industrialización, el cual facilita la diversificación del producto en otros de mayor demanda, fácil manejo y comercialización.

México cuenta con un amplio mercado para comercializar la raíz de la yuca una vez seca y procesada. El problema de la yuca fresca es su alto contenido de humedad (65-70% base húmeda), la cual la hace incosteable al ser transportada a largas distancias. Por otro lado la raíz fresca de yuca comienza a deteriorarse fisiológicamente a las 24 hrs después de la cosecha y a partir de los tres días de cosechada empieza la descomposición patogénica de las raíces, lo que disminuye la aceptación y calidad del producto.

Para solucionar el problema de secado de la raíz de yuca, se cuentan con los sistemas de secado natural y artificial; debido a las condiciones climatológicas adversas del estado de

Tabasco de alta humedad relativa (85%) y de poca disponibilidad de días soleados, se debe estudiar la implementación del sistema de secado artificial, para esto se cuenta con un conjunto de máquinas de origen Brasileño denominado D'ANDREA. En esta planta piloto se realizaron estudios para determinar la factibilidad técnica y económica del proceso de secado con este conjunto de máquinas. Este equipo tiene la finalidad de - expandir el cultivo a nivel comercial, facilitando la diversificación del producto en otros de fácil manejo, comercialización y demanda.

En la actualidad, los investigadores estudian la yuca desde todos los ángulos, a la vez que los medio comerciales y gubernamentales invierten millones de pesos en proyectos para desarrollarla.

## 2. ANTECEDENTES

El secado de productos agrícolas como parte de un proceso de industrialización es la forma más fácil y económica de conservación. Durante estos últimos años de producción en Tabasco de raíz fresca de yuca, constituyó el rendimiento de - 2400 has., que están enfrentando un problema serio de comercialización al no existir un sistema de secado artificial económico a nivel comercial.

El secado artificial es un sistema eficiente e independiente de las condiciones climatológicas.

Los antecedentes de la planta piloto de secado artificial y procesamiento de raíz de yuca son los siguientes: con el pedido oficial del 18 de mayo de 1981 que hiciera el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas a Industrias Máquinas D'ANDREA en Sao Paulo, Brasil, se empezó a gestar el establecimiento de la planta piloto para procesar la raíz de yuca en el Campo Agrícola Auxiliar "El Guacamote", dependiente del Campo Agrícola Experimental Huimanguillo en Tabasco. (CAEHUI).

La maquinaria D'ANDREA llegó a la aduana del Puerto de Veracruz el 3 de septiembre del mismo año, habiéndose trasladado al Campo Agrícola Experimental Cotaxtla en Veracruz (CAECOT), el 28 de mayo de 1982, de donde fue trasladada al CAEHUI a principios de 1983 y fue hasta junio de éste mismo año cuando

se trató de ensamblar la máquina secadora o deshidratadora de yuca.

Cuando se tuvo conocimiento de que la maquinaria se encontraba en la aduana de Veracruz, se empezaron a desarrollar algunas ideas sobre características del local donde se alojaría dicha maquinaria con base en los planos de construcción y distribución que proporcionó Industria Máquinas D'ANDREA.

Con fecha 10. de julio de 1982, se realizó el primer presupuesto, por lo que la obra civil se inició el 17 de septiembre de 1983 y se terminó a mediados de 1984.

Paralelamente al avance de la obra, se hicieron las limitaciones de las bases para soportar y colocar cada una de las máquinas, las cuales se montaron y ensamblaron, después fueron probadas en vacío, lo que les permitió detectar algunos problemas que se corrigieron. Este tipo de pruebas de arranque inicial (calibración y ajustes) se terminaron a fines de agosto de 1984.

Actualmente la planta procesadora de yuca trabaja en forma experimental para determinar los costos del procesamiento y secado de raíz de yuca.

### 3. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar y evaluar las condiciones del secado y procesamiento de raíz de yuca con el conjunto de máquinas D'ANDREA como una alternativa para deshidratar y transformar la raíz fresca de yuca en productos que conserven por mayor tiempo su características nutricionales en la alimentación animal prioritariamente y humana.

#### OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar capacidades y tiempos de operación de cada una de las máquinas.
2. Determinar consumo de energía eléctrica, combustible, agua, insumos y mano de obra por cada máquina respectivamente.
3. Evaluar los costos del secado y procesamiento de la raíz de yuca para determinar la factibilidad económica de cada una de las operaciones.
4. Evaluar la calidad del producto final.

#### 4. REVISION BIBLIOGRAFICA

##### 4.1. Taxonomía.

Clasificación	Botánica (Brambila 1972).
División	Fanerógamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Arquiolamideas
Orden	Geraniaceas
Familia	Euforbiáceas
Género	Manihot
Especie	Esculenta (Crantz) Utilissima (Pohl).

##### 4.2. Características generales de la yuca.

###### 4.2.1. Raíz.

Montalvo (1972) informa que las raíces son tuberosas y agrupadas en un número variable con dirección generalmente oblicua de 20 a 40 cm de longitud por 5 a 8 cm de diámetro normalmente. Las raíces reservantes son fibrosas y nacen de los cortes de las estacas y a nivel de los entrenudos alcanzando profundidades de 0.5 m a 1.00 m.

Las partes constitutivas de la raíz son:

- a). Periderma o película suberosa que se desprende fácilmente y que representa 1 a 2% de la raíz total.

- b). Cáscara o corteza que forma del 12 al 21% de la raíz.
- c). Cilindro central o pulpa, compuesto de liber (Floema) y tejido leñoso (Xilema). Teniendo el xilema dos clases de elementos: Vasos leñosos y células parenquimatosas llenas de almidón, forma del 78 a 85% de la -- raíz.

#### 4.2.2. Tallo.

Montalvo (1972), la yuca es un arbusto que puede llegar a medir de 4 a 5 m de alto pero los tipos cultivados no pasan de 2 a 3 m con ramificación variable según condiciones ecológicas y variedad (2 ó 3 ramas dicotómicas o tricotómicas respectivamente).

León (1968), las plantas obtenidas por semilla tienen por lo común un solo tallo largo y simple con escasa ramificación en el ápice.

#### 4.2.3. Hojas.

Montalvo (1972), las hojas son lobuladas de color verde hasta rojizo, color que se acentúa más en el pecíolo, son caedizas y duran 12 meses.

La lámina es palmeada por lo común con 5 ó 7 folíolos, además el número de folíolos varían según la posición. También cambia con la estación, pues la hoja formada en la estación lluviosa tiene por lo común menos folíolos.

Los pecíolos largos y finos de 20 a 40 cm son rectos o curvos, según la variedad. El color del pecíolo es una característica varietal, puede ser púrpura, rojo, verde uniforme o manchado.

#### 4.2.4. Flor.

Montalvo (1972) las inflorescencias aparecen en los extremos de las ramillas o en las axilas de las hojas, son palmípedas de 5 a 15 cm de largo, provistas de brácteas basales angostas y agudas, mantienen alrededor de 50 flores estaminadas y seis pistiladas, éstas últimas en su parte inferior. En algunos clones se presentan flores hermafroditas en abundancia y no es raro encontrar que una inflorescencia contenga solamente flores estaminadas.

#### 4.2.5. Fruto.

León (1968), el fruto es una cápsula ovoide, verde 1 a 1.5 cm de largo con seis aristas longitudinales prominentes, onduladas y a menudo de color diferente al resto del fruto, contiene tres celdas normales con una semilla cada una. El fruto tarda unos cinco meses en madurar; luego se abre y expulsa la semilla, siendo ésta aplanada y de perfil elíptico por el frente de 10 cm de largo y 5 mm de ancho, con testa dura y brillante, cubierta de manchas oscuras.

#### 4.3. Consideraciones generales del cultivo.

La preparación del suelo para el cultivo de la yuca debe hacerse con el mismo esmero que el puesto en otros cultivos tradicionales (desvare, barbecho y rastreo). Como la yuca es muy susceptible a los excesos de humedad y a los patógenos - que por ellos son favorecidos por ejemplo: (Phytohthora y -- Puthium spp), el drenaje del terreno debe hacerse eficientemente y de acuerdo con la precipitación pluvial y distribución de las lluvias en el ecosistema. (Booth 1977, Lozano y Perry 1977; Oliveros, Lozano y Booth 1974).

##### 4.3.1. Siembra.

CIAT (1979-1980) la yuca se propaga comercialmente en forma vegetativa, sembrando trozos de tallos lignificados, la calidad del material de siembra, determinada por las presiones climáticas y edáficas y el ataque de patógenos y pestes, factores negativos a la producción, (FNP, además de la tolerancia de los genotipos a los FNP del ecosistema, influye un alto porcentaje sobre el éxito del cultivo en cada ciclo.

Lozano et al (1977), la calidad de las estacas para siembra en yuca depende de ciertas características agronómicas - (lignificación, pleno grosor según la variedad, tamaño, número de nudos por estaca, corte de los extremos, ausencia de heridas); de su estado sanitario (libres de patógenos sistemáticos o localizados e insectos y ácaros que se diseminan por es

tacas y de la desinfestación y protección que se les suministre a las estacas con fungicidas protectantes antes de la siembra o almacenamiento).

La siembra de la estaca debe ser hecha en forma inclinada con las yemas hacia arriba, pues de su posición puede depender un enraizamiento satisfactorio, con buena distribución de raíces (Toro, Celis y Castro 1976). Esto puede conllevar a un buen desarrollo radical, a obtener plantas vigorosas que resistan más a los problemas bióticos y a que en la cosecha se facilite el arranque. Cuando esto se relaciona con el daño mecánico que pueda causarse a las raíces al arranque, la aparición de deterioraciones fisiológicas y microbiales obviamente se restringe (Booth, 1976, Lozano, Cock y Castaño, 1977).

CIAT (1974) cuando se siembra en áreas con altas temperaturas o durante los períodos más secos del año, pueden ocurrir pérdidas considerables por el efecto del calor del suelo sobre la estaca si ésta es colocada horizontalmente. Si la estaca se coloca en forma oblicua o vertical, la acción del aire sobre el extremo superior de la estaca plantada reduce el efecto del calor del suelo sobre la estaca y la mantiene a temperaturas tolerables.

Se debe tener en cuenta que el punto térmico de inactivación de las yemas de las estacas de yuca es de aproximadamente 52.5°C/10 min., además el calor excesivo puede herir la estaca

plantada, dejando puertas de entrada a patógenos del suelo.

#### 4.3.2. Ciclo vegetativo.

Lozano (1979) el ciclo vegetativo del cultivo es considerablemente largo (entre 8 a 24 meses, según la variedad y/o el ecosistema). En un mismo ciclo la planta sufre presiones climáticas (sequía, bajas y altas temperaturas, etc) y ataques de patógenos, insectos y ácaros. Estas presiones y/o ataques varían en intensidad y magnitud entre un ciclo a otro, lo cual generalmente depende de las condiciones ecológicas imperantes en cada ciclo del cultivo y de que exista material genético susceptible.

Nennigs (1976) la yuca es un cultivo perenne, con indeterminada madurez biológica.

Doll (1978), la eliminación de las malezas en toda plantación de yuca constituye una labor esencial para el cultivo, debido a que ésta es una especie poco competitiva.

#### 4.3.3. Cosecha.

La cosecha debe planificarse teniendo en cuenta su utilización inmediata de acuerdo a la demanda, pues las raíces de yuca sufren deterioraciones fisiológicas y/o microbiales al poco tiempo después de la cosecha (Lozano, Cock y Castaño, 1977). Igualmente, debido a que tales deterioraciones se incrementan en incidencia y severidad por los daños mecánicos

que ocurren a la cosecha, empaque y transporte (Booth 1977), estas operaciones debe estar dirigidas a minimizar tales daños.

#### 4.4. Calidad alimenticia de la raíz de yuca.

Díaz R.O. (1980) actualmente el empleo más importante de la yuca es en la alimentación de los humanos, se ha estimado que el 56% de la producción mundial se destina para este fin.

Existe amplia evidencia experimental sobre el uso de las raíces de yuca como alimento para animales, especialmente por cinos en crecimiento y finalización. (Nestel and Graham 1977).

Nestel (1974), ya sea para consumo humano o elaboración de concentrados, la yuca se utiliza solamente como fuente de energía dado su nivel bajo de proteínas y su disponibilidad de calorías. La yuca también tiene otras aplicaciones en la industria (almidones, adhesivos, alcohol, etc).

Purseglove (1978), la raíz de yuca está constituida por carbohidratos (almidón y materia seca), son deficientes en proteína, grasas, algunas vitaminas y minerales.

Robert P. Levry 1952. La yuca posee más calcio y fósforo que el trigo, vitamina B y riboflavina, doble cantidad de niacina y ácido ascórbico, además de contener poca grasa,

tiene menos protefna que el trigo, pero mucho más hidratos de carbono.

Vries (1967) la producción de calorías/ha resulta muy alta en comparación con otros cultivos. Si se analiza detenidamente la producción de calorías, se observa que la yuca tiene menos cantidad de calorías/100 gr que los cereales, pero más que cualquier otro cultivo productor de carbohidratos de tipo raíz o tubérculo. Ver Cuadro 1.

CUADRO No.1. Rendimiento Promedio Mundial de Calorías de un Número de Cultivos Tropicales.

CULTIVO	TON/HA	CAL/100 Gr.	PORCION COMESTI BLE.	CAL/HA $\times 10^6$	PERIODO VEGETA- TIVO. (DIAS).	CAL/HA/DIA $\times 10^6$
Arroz	2.0	325	70	5.0	150	33
Trigo	1.2.	344	100	4.1	120	34
Mafz	2.1	363	100	7.6	135	56
Sorgo	1.0	355	50	3.2	135	24
Yuca	9.1	153	83	11.6	330	35
Camote	6.5	114	88	6.5	135	48
Ñame	8.0	104	85	7.1	280	25
Colocasia	5.8	113	85	5.5	120	46
Plátano	21.1	128	59	15.9	365	44

VRIES, DE C.A. FERWERDN AND H. FLACIA 1967. CHALE OF FOODS CROPS IN RELATION TO ACTUAL AND POTENCIAL PRODUCCION IN THE TROPS. NETH. J. AGR. 241-148.

Al comparar la calidad alimenticia de la yuca con la del sorgo y el maíz, la cantidad de proteína de los productos derivados de la yuca es inferior a la de estos granos. Sin embargo, el valor calórico y digestibilidad del almidón de yuca son altos al compararlo con los cereales, como fuente de energía para las especies pecuarias. El contenido de Co, P, Na y Mg son bajos y como sucede en la mayoría de otras raíces y tubérculos el nivel de potasio es alto (Contreras, G. J. 1979).

Según Close et al (1953), mencionado por Maner et al (1976) la proteína de la harina de yuca contiene los siguientes aminoácidos:

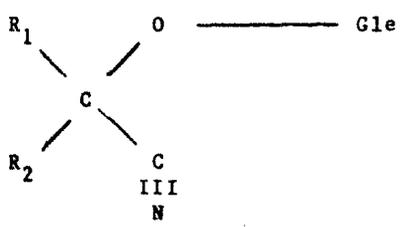
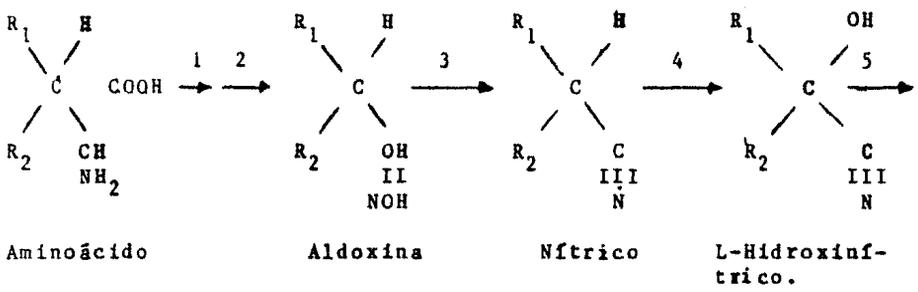
21 % de Treonina (Thr)	2.4% de Glicina (Gly)
12.7% de Acido Glutámico (Glu)	2.3% de Fenilalanina (Phe)
10.4% de Ornitina (Orn)	2.0% de Isoleucina (Ile)
4.6% de Alanina (Ala)	1.9% de Serina (Ser)
4.4% de Acido Aspártico (AsP)	1.6% de Prolina (Pro)
3.7% de Arginina (Arg)	1.6% de Tirosina (Tyr)
3.5% de Lisina (Lys)	1.2% de Histidina (Hys)
2.9% de Leucina (Leu)	1.0% de Metionina (Met)
2.6% de Valina (Val)	0.16% de Cistina
	0.15% de Triptófano (Trp)

Según Conn (1973), parece existir una estrecha relación entre los aminoácidos y ciertos glucósidos cianogénicos, habiendo posibilidad de que los posibles precursores de estas sustancias sean los aminoácidos. Los glucósidos cianogénicos, son definidos químicamente como glucósidos de hidroxinítricos (ciano-hidrinas), Linamarina y Lotoaustralina.

A pesar de conocer que los posibles precursores de los glucósidos cianogénicos son los aminoácidos, un ciclo biosintético de estas sustancias, todavía se encuentran en fase de estudio, siendo que en 1968 Humabrock citado por Conn (1978), postuló el siguiente ciclo biosintético envolviendo algunos compuestos intermedios.

En el caso de la síntesis de la linamarina y lotaustralina los aminoácidos precursores son respectivamente la L-Vanilina y la L-Isoleucina. La existencia de los productos intermedios de este ciclo (aldoxina nítrico e hidoxinítrico), fue comprobada en 1972 por Taper y Buter, Conn (1978) afirma que la fase que necesita de comprobación es el paso de aminoácido para aldoxina.

"Ciclo Biosintético para la formación de los glucósidos cianogénicos".



Glucósido cianogénico.

Con la ruptura de los tejidos de yuca, en enzima linamasa, entra en contacto con la linamarina o lotaustralina y provoca un proceso hidrolítico.

La toxicidad de la yuca es atribuida a la liberación del ácido cianhídrico (principio tóxico activo), aunque todavía son contradictorios los estudios de acción tóxica del glucósido cianogénico-linamarina y lotaustralina no hidrolizado. Santa María H.T. (1976).

La concentración de glucósido cianogénico en las plantas de yuca varía con el período y lugar de crecimiento. Varios factores intervienen en los niveles de glucósidos ciano-

génicos de la yuca (Bruijn 1973), cita los siguientes:

- a). Edad de la planta y variedad.
- b). Humedad de la planta. Fue evidenciado en trabajos de secado en la estufa de aire, haber un aumento en el contenido de glucósidos cianogénicos de las raíces tuberosas. En condiciones de campo el contenido de glucósidos fue aumentando solamente después de un largo período de seca, debido a la adaptación de la planta.
- c). Nutrición Mineral. Altas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados tienden a elevar el nivel de glucósidos cianogénicos, una vez que estos fertilizantes contribuyen para aumentar el nivel de aminoácidos en la planta particularmente de L-valina y L-isoleucina que son los respectivos precursores de la linamarina y lotaustralina. Fue evidenciado que abonamientos potásicos disminuyen el contenido de glucósidos cianogénicos. La acción otros macro y micronutrientes es aun controvertida.
- d). Sombreamiento.  
El sombreamiento aumenta el nivel de los glucósidos cianogénicos en las hojas y provoca la disminución correspondiente en las raíces. Tal vez este factor sea debido a una disminución de translocación de los propios glucósidos cianogénicos o sus precursores.

En base a que la función de los glucósidos cianogénicos es controvertida y donde se realizan una serie de estudios, fueron sugeridas algunas funciones para estas sustancias:

- 1). De acuerdo con Wood (1966), la posible función de los glucósidos cianogénicos en la yuca es la de liberar el HCN que repelen algunos insectos que atacan las plantas, confiriendo resistencia a las mismas.
- 2). Según Hatey (1978), los productos de la hidrólisis de los glucósidos cianogénicos puede ser utilizados en la respiración e incorporación de los aminoácidos contribuyendo para la síntesis proteica.

La cantidad de ácido cianhídrico encontrada en las raíces descascaradas de yuca, es de 15 a 400 ppm (calculándolo como miligramos de HCN por kg de peso fresco); Coursey (1973) encontró muestras con contenido de 10 a 2000 ppm, siendo que las cantidades más comunes encuadran en contenidos de 30-150 ppm.

La dosis letal de HCN es de 50 a 60 miligramos en una persona adulta pesando 50 kg, con base a esta dosis letal los contenidos de ácido cianhídrico presentados en las yucas Koott (1933), Bolhuis (1954) y Bruijn (1971) citados por Coursey (1973), propone la siguiente guía de toxicidades:

Inocuas: Menos de 50 ppm en las raíces tuberosas sin cáscara.

Moderadamente venenosas: 50 a 100 ppm de ácido cianhídrico en la raíz tuberosa sin cáscara.

Peligrosamente venenosas: Por arriba de 100 ppm de HCN en la raíz tuberosa sin cáscara.

Las yucas se describen como bravas o mansas de acuerdo con el contenido de ácido cianhídrico presentado. Las yucas mansas presentan generalmente contenidos de HCN inferiores a 50 ppm. En cuanto a que las bravas presentan valores superiores, Bolmois (1954) mencionado por Maner (1976).

Los cultivares de yuca según su sabor se clasifican como dulces o amargas, por ejemplo: Sinha y Nair, citados por Coursey (1973) afirman que solamente el contenido de ácido cianhídrico no puede ser tomado como base para esta clasificación, una vez que otros factores, posiblemente los azúcares de las raíces influyan en esta validez organoléptica.

El conocimiento de la distribución de los glucósidos cianogénicos, la actividad de la linamarasa en la planta es de importancia para posibilitar el desarrollo de los métodos más efectivos de eliminación de toxicidad de yucas utilizadas en la alimentación humana y animal. Santa María H.E. (1976).

I. Distribución del glucósido cianogénico en la planta de yuca.

a). Glucósido cianogénico en las hojas. La concentración de los glucósidos de las hojas disminuye con la edad. En los limbos y pedúnculos de las hojas más viejas presentan concentraciones de ácido cianhídrico inferiores a las hojas más nuevas.

b). Glucósidos en los tallos. En la corteza de los tallos sin hojas la concentración de los glucósidos es más alta.

c). Glucósidos en las raíces tuberosas. El contenido de glucósido en la corteza de las raíces es superior que el presentado en la médula. Esta diferencia es más marcada en las variedades de yucas mansas que en los de yuca brava.

II. Distribución de la linamarasa en la planta de yuca.

a). Linamarasa en las hojas. La actividad es mejor en las hojas jóvenes que en las más desarrolladas.

b). Linamarasa en el tallo. En la parte de la corteza de los tallos más próximos a las hojas viejas, la linamarasa presenta mayor actividad, esta actividad torna a quedarse nula en las partes con más hojas.

c). Linamarasa en las raíces tuberosas. La linamarasa - presenta mejor actividad en la corteza que en las

partes interiores.

La actividad de la linamarasa tanto en la corteza como en las partes internas de las raíces tuberosas es prácticamente igual en las yucas mansas y bravas.

Reducción de toxicidad y liberación de HCN en las yucas.

- a). Lavado, cuando los pedazos de yuca son sumergidos en agua el glucósido cianogénico se solubiliza.
- b). Acción ácido-enzimática: La linamarasa en contacto con un sustrato provoca la liberación de HCN. En este caso es liberado por secamiento o calentamiento de la yuca.
- c). Inactivación enzimática: La linamarasa es inactivada por el calentamiento hasta el grado de gelatinización (84°C), donde el glucósido cianogénico es apenas parcialmente eliminado. En este caso cuando se consume el producto el glucósido cianogénico puede ser hidrolizado por enzimas de acción intestinal y liberar el HCN, provocando intoxicación.
- d). Combinación de los procesos. Uno de los procesos utilizados para obtener un producto seguro es hidrolizar el glucósido cianogénico a través del uso de linamarasa y eliminar el HCN por secamiento. Ha sido evidenciado que hasta 2/3 partes de ácido cianhídrico es volátil durante el secamiento al sol. Coursey (1973).

Al hervir las raíces se elimina casi totalmente el contenido de HCN, Raymond y Coursey (1973), menciona que una variedad con contenidos iniciales de 352 miligramos de HCN/kg, después de hervir presentan solamente 10 miligramos de HCN/kg de raíz.

Cock J. (1981), durante la producción de farinha (almidón) se elimina gran parte del cianuro, cuando se exprime la torta de yuca y se desecha el agua que contiene cianuro; se elimina más cianuro cuando se tuesta la torta resultante.

#### 4.5. Perecibilidad de la raíz.

Lauck G. (1979), el alto contenido de agua (66% B.H) y carbohidratos en la raíz de yuca ocasiona pérdidas cuantiosas y dificulta la comercialización.

Both (1976) la deterioración rápida de las raíces de yuca después de su cosecha es un problema severo para los productores e industriales de yuca. Se han descrito dos tipos de deterioración fisiológica primaria, que se manifiestan como estrías azules-negras alrededor de la periferia de la corteza, es el primer síntoma que conduce a la pérdida de aceptación de las raíces. Posteriormente ocurre una deterioración secundaria causada por patógeno invasores, en un intento por investigar las causas del deterioro vascular en las raíces de yuca, se encontró que la oxidación de los polifenoles tiene un papel importante en el fenómeno del deterioro

vascular azul.

Lozano J. (1979), la raíz fisiológicamente (necrosis cortical) comienza a descomponerse a las 24 hrs después de la cosecha y a partir del tercer día la descomposición se acelera por microorganismos patogénicos (hongos y bacterias). Esto disminuye el rendimiento y calidad del producto.

Rupert Best (1975), la raíz de yuca es un producto de fácil descomposición, considera que si la secamos a un 14% de contenido de humedad se puede almacenar por más de un año.

#### 4.6. Aspectos de procesamiento y secado.

INIA (1984), bajo condiciones de laboratorio y manejando volúmenes pequeños de yuca la variedad Sabanera contiene 38% de materia seca y por cada tonelada de raíz fresca se estima un rendimiento de 380 kg de harina o producto seco. La variedad Costeña posee 34% de materia seca.

Chirife and Cachero (1970), la gomosificación de los trozos de yuca ocurre a temperaturas arriba de 84°C y también se inhibe la reacción hidrolítica de la enzima que libera el HCN.

Garzón K. (1978), el HCN inicia su liberación en forma de gas a partir de los 25°C, por lo que cualquier tipo de proceso, ya sea secar, cocer o freír la yuca basta para eliminar totalmente el peligro de envenenamiento por HCN.

CIAT (1982), el secado natural o artificial representa el proceso comercial más usado en la preservación de alimentos, ya que generalmente es más fácil operar y más bajo en costos comparándolo con otros métodos de preservación (refrigeración, enlatado, tratamientos químicos, etc).

Los sistemas diseñados para secar grandes cantidades de productos en un tiempo corto son una alternativa de secado independiente de las condiciones ambientales (preponderantes en el secado natural en pisos de concreto y bandejas) y han impulsado activamente la investigación que busca determinar parámetros óptimos de secamiento respecto a la geometría de los trozos, densidad de carga, temperatura, velocidad del aire, requerimientos energéticos y tiempo de secado (Chirife and Cachero 1976; Weber y Cock 1978), que permiten la utilización de secadores usando aire forzado calentado con diferentes fuentes energéticas y entreguen un producto final de buena calidad y posible de ser comercializado.

Best, R. (1975) el proceso de secado de raíz de yuca se divide en dos etapas:

1. Una etapa inicial en donde la circulación del aire es más importante que la temperatura y la humedad del aire.
2. Una etapa final donde la cantidad de humedad es de aproximadamente 3%, la remoción de agua es más lenta y se requiere la temperatura ( $<84^{\circ}\text{C}$ ) del aire para completar el proceso de secado.

Best (1979), el secado progresa más constantemente si el aire saturado es removido de la superficie del material a través de una circulación eficiente de aire. El secado depende más de la temperatura que controla el rango de difusión de humedad.

Roa (1974), la velocidad del viento influye mucho durante las etapas iniciales de secado.

Thanh (1979), la uniformidad es el aspecto más crítico de la forma y tamaño (geometría) de los trozos de yuca. Trozos de poco espesor uniformes secan ligeramente más rápido que los trozos irregulares.

Los parámetros que controlan la duración del secado de los trozos de yuca a un nivel de humedad aceptable son: Superficie o medio de secado, geometría (forma y tamaño) de los trozos de yuca, carga o cantidad de los trozos de yuca por unidad de superficie de secado, temperatura, humedad ambiental y velocidad de la ráfaga de aire (Thanh et al 1979; Best 1979).

CIAT (1978), de acuerdo a las gráficas obtenidas en función de los parámetros climatológicos de secado, el mayor problema en el secado natural o artificial en función del tiempo es la reducción del contenido de humedad del 65 a un máximo de 14%. Este rango representa el 25% del total de

agua contenida en la raíz de yuca, la cual requiere aproximadamente de  $2/3$  partes del tiempo necesario para secar el producto.

El proceso de secado con calor artificial es de naturaleza difusional con una fase inicial de secado rápido, pero una segunda etapa de secado más lenta hacia el final. En esta segunda etapa, la resistencia interna para la movilización del agua más que los factores externos controlan la velocidad de secado. Wegg and Gill (1974).

Las características de secado de los trozos de yuca usando calor artificial, han sido estudiadas con diferentes temperaturas ( $55^{\circ}$ ,  $66^{\circ}$  y  $77^{\circ}\text{C}$ ), velocidades de circulación de aire (31, 61 y 84 m/min) y con espesores variables (9,8 y 10 cm) de las capas de los trozos de yuca a secarse. Wegg and Gill (1974).

Lauck G. (1979), en el secado artificial la inversión inicial es alta, existe un consumo de energía convencional, el tiempo de secado que se requiere es menor, la cantidad de mano de obra para el manejo de volúmenes altos de yuca es mínimo y no depende de las condiciones climáticas.

Best R (1983), existen diferentes tecnologías para el secado artificial de la yuca, cada una de las cuales comprende la utilización de cierto número de equipos y conocimientos técnicos para su operación y utilización práctica.

Roa (1977) para producir una tonelada de yuca con contenido de humedad del 13%, por medio de un secador mecánico convencional, son necesarios 270 lts/diesel. Mediante este proceso se evaporan 160 kg de  $H_2O$ /tonelada de yuca fresca.

Lema I.G. (1984), una planta de secado continuo artificial posee una capacidad de recepción de 23 toneladas de yuca fresca para producir 9 ton de yuca seca. La yuca seca contiene una cantidad de cianuro inferior a 100 ppm permitiendo el uso de éste producto en la fabricación de concentrado para animales.

Garzón K. (1978), según pruebas piloto, por cada tonelada de raíz fresca de yuca se obtienen entre 160-180 kg de harina panificable de color blanco, humedad 10% (B.S) y densidad  $0.70 \text{ gr/cm}^3$ .

Lister Co. ( ), ha fabricado equipos de secado para yuca, su sistema es con flujo reversible con doble cilindro; en el primero le da un presecado y en el segundo le da un secado final, la cantidad de salida de producto varía de 2 a 0.5 ton/día dependiendo del número de calentadores usados.

Gómez G. (1981), aunque el secado al sol es más económico, presenta algunas limitaciones, especialmente por el período que se requiere esperar (2 a 3 días), para volver a usar el área de secado. Por otro lado en las épocas de llu-

via o de baja radiación solar, el período de secado se prolonga demasiado (5 a 6 días) y en algunos casos no es factible realizarlo.

Las raíces de yuca cosechada en épocas secas y/o suelos arenosos tienen adherida muy poca tierra y frecuentemente no requiere ser lavada antes de picarse. La cosecha en épocas lluviosas y/o terrenos húmedos acarrea consigo tierra adherida que reduce el valor nutritivo del producto seco, por su alto contenido de cenizas y especialmente de sílice.

CIAT (1978), el líquido lechoso resultante de prensar trozos de la yuca contiene un 2% de almidón en relación al peso de las raíces frescas.

D'ANDREA ( ), para llegar al 13-14% de contenido de humedad en la yuca bajo su sistema de secadora vertical con capacidad para 5 ton/jornal de yuca fresca se requieren de 8 a 15 lts. de diesel por hora.

#### 4.7. Productos y Utilización de la yuca.

CAEHUI (1979), la utilización de la yuca se destina principalmente para el consumo animal, la alimentación humana y en el uso industrial para elaboración de almidones, papel adhesivos, pinturas, dextrinas y recientemente para la producción de alcóhol. En Holanda, Alemania y Bélgica, se utiliza en la alimentación de porcinos, aves y bovinos, ya que existe

una ventaja con respecto al precio del maíz y sorgo.

CIAT (1981), la yuca una vez procesada, es una fuente de carbohidratos a un costo bajo por unidad de producción y tiene un gran potencial de mercados alternativos como sustituto de la harina de trigo, como fuente de carbohidratos en alimentos balanceados para animales y en la industria como materia prima en la obtención de etanol anhidro y otros usos.

Garzón K, (1978), para millones de habitantes en los países tropicales, la yuca es tan común en la comida como lo son las papas para la gente de los Estados Unidos y Europa. Para servirla entera, se emplean raíces frescas, las cuales se pelan y generalmente se cuecen o se asan. Otra forma quizás más usual de preparar este alimento es la de pelar y lavar las raíces, luego rayarlas y cocer la masa. Al cocinar se debe tener cuidado de permitir que el vapor se escape pues con este se irán cualesquiera gases tóxicos que contengan las raíces. En los distintos países la yuca se prepara en diferentes formas para consumirla.

Las raíces de yuca constituyen una fuente alimenticia básica en la alimentación humana y son usadas en formas muy variadas (hervidas, horneadas, fritas, etc), o como pastas o harinas ("Gari" y "Fuen" en Africa y "Farinha" en Brasil y otros países de América Latina). Se ha estimado (Phillips 1974), que las raíces de yuca contribuyen con 38.6% y 11.7%

de los requerimientos o necesidades calóricas en las poblaciones de Africa, el lejano Oriente y América Latina respectivamente.

La harina de yuca no puede sustituir enteramente a la de trigo para hacer pan, debido principalmente a su contenido excesivo de hidrato de carbono y a su falta de cuerpos nitrogenados. La harina de trigo contiene de 8 a 4% de compuestos nitrogenados, mientras que la yuca raramente llega a 2%. Por esta razón el papel que desempeña la harina de yuca en la elaboración de pan es necesariamente un sustituto parcial, para usarse junto con la harina de trigo. En Cuba, Suiza y otros países se emplea de 60-85% para fabricación de pan. Secretaría de Agricultura (Oficina Química, USA 1978).

Garzón K (1978), en México la harina de yuca puede contribuir a solucionar el abastecimiento de alimentos básicos al sustituir una parte importante del consumo de harina de trigo.

Knight (1974), el pan o productos tipo pan pueden ser elaborados con almidón o harina de yuca en reemplazo de la harina de trigo. En países como Paraguay y Brasil existen leyes que obligan a los productores de pan a mezclar harina de yuca como ingredientes de este producto. En Colombia se han hecho estudios en la elaboración de pan y pastas pero se encuentran con el problema de la escasez del producto y por con

siguiente de precios favorables para el mercado en estado fresco.

Phillips (1974), estimó que para 1980 la yuca proveería aproximadamente 37%, 13% y 7% del consumo de calorías en las áreas tropicales del Africa, América y Asia respectivamente.

Cock (1980), la yuca tiene el potencial de producir altos rendimientos en calorías a bajo costo en condiciones relativamente marginales de producción con un mínimo de incremento en insumos.

Buitrago et al (1974), los objetivos de la reciente industria Latinoamericana de harinas, a partir de yuca concuerda con la inquietud planteada por algunos expertos en nutrición animal en relación con el potencial de la yuca y sus derivados como fuente de energía para alimentación animal.

Steeden (1981), la yuca puede reemplazar o tomar el lugar que hoy en día ocupan los cereales como el maíz o el sorgo que está siendo importado actualmente para la elaboración de alimentos balanceados como fuente de carbohidratos en la alimentación animal.

Gómez G. (1981), la harina de yuca puede desplazar 20 a 30% del sorgo en alimentos balanceados para cerdos en formulaciones de dietas de costo mínimo y considerando un precio

equivalente al 80% del precio del sorgo. La sustitución del sorgo por harina de yuca en la alimentación animal es pues un mercado muy atractivo para las regiones productoras de éste cultivo.

Gómez G. (1983), las especificaciones internacionales para productos secos a base de yuca de buena calidad son:

Almidón (mínimo)	62%
Fibra cruda (máximo)	5%
Ceniza (máximo)	3%
Humedad (máximo)	14%
Acido cianhídrico (máximo)	100 ppm.

Weber et al (1978), la extracción de almidón, la producción de alcohol carburante (especialmente en Brasil) y el mercado de yuca, se han difundido mucho especialmente en América Latina y Asia

El uso de yuca como fuente de etanol para combustibles depende de encontrar una fuente eficiente de energía para la destilación o una mejor forma de separar el etanol del agua. Cock J. (1980).

Independientemente de su consumo en fresco en la alimentación animal y cocida para alimento humano, se pueden obtener industrialmente de la yuca los siguientes productos y sub productos.

## CUADRO No. 2. USO POTENCIAL DE LA YUCA.

## (YUCA FRESCA)

ALIMENTACION HUMANA	ALIMENTACION ANIMAL.	USO INDUSTRIAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hortaliza</li> <li>- Pasta o masa (Tapioca)</li> <li>- Bollos de harina fresca (Jumán)</li> <li>- Tortas de yuca rallada y prensada (cazabe).</li> <li>- Extracto de yuca fresca (dumboi)</li> <li>- Glucosa para: panificación, productos dietéticos, confitería, productos de carne, alimentos enlatados, helados y gelatinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensilado</li> <li>- Bagazo</li> <li>- Torta de residuos de fibra y cáscara.</li> <li>- Yuca fresca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención de glucosa y dextrina a partir de almidón.</li> <li>- Jarabe "aditivo". (cassaret).</li> <li>- Líquido intoxicante (pewari).</li> <li>- Obtención de alcohol anhidro.</li> <li>- Elaboración de vodka.</li> <li>- Alcohól para elaboración de productos para perfumería.</li> <li>- Glucosa para elaboración de productos farmacéuticos.</li> <li>- Dextrina para apresto de hilados, estampados, tintas, fabricación de papel y fieltros.</li> <li>- Dextrinas para elaboración de adhesivos, espesantes, pastas, gomas, etc.</li> </ul>

CUADRO No. 3.

## YUCA SECA.

ALIMENTACION HUMANA	ALIMENTACION ANIMAL	USO INDUSTRIAL
- Harina panificable (pasteles, pan, repostería).	- Alimentos balanceados.	- Como sustituto en el proceso de fermentación en cervecería.
- Como carga en la fabricación de embutidos.	- Trozos secos. - Pellets	- Almidón para elaboración de papel, aplicaciones en la industria textil y explosivos.
- Rodajas peladas y secas (Gapek). - Harina de Gapek.		

## 4.8. La Yuca en México.

En México se siembran alrededor de cuatro mil hectáreas de yuca bajo el régimen de agricultura tradicional sembradas en pequeñas áreas y que aproximadamente un 40 por ciento se siembran asociadas con otros cultivos anuales. En los últimos años se empieza establecer en forma comercial.

Actualmente la yuca se produce y consume en pequeñas cantidades en algunas áreas de Chiapas, Tabasco, Guerrero, Campeche y algunos otros Estados. Las Sabanas de Tabasco y Campeche, en especial son áreas de gran potencial para éste cul-

tivo, debido a que esas tierras son pobres y ácidas lo que dificulta el desarrollo de otras plantas. El aprovechamiento de estos suelos con la yuca no implica el desplazamiento de otros cultivos ya que no prosperan.

La raíz de yuca que se produce en el Estado de Tabasco se utiliza principalmente para consumo en fresco como "hortaliza" en la alimentación humana y en la alimentación animal. Lauck G. (1979).

#### 4.8.1. Descripción del Area de Estudio.

El estado de Tabasco se localiza en la parte Occidental de la región Sureste de México, dentro del Trópico Húmedo. Comprende 17 municipios con una superficie total de 24.666 kilómetros cuadrados. De acuerdo con las características geoeconómicas de la entidad existen cuatro zonas bien definidas; la Chontalpa, la Región Centro, la Sierra y los ríos.

#### 4.8.2. Localización.

La Sabana de Huimanguillo, Tabasco, geográficamente se localiza entre las coordenadas 17° 51' y 17° 45' de latitud norte. 93° 24' y 93° 43' de longitud Oeste y pertenece a la zona de la Chontalpa.

La Sabana se encuentra al Suroeste del estado de Tabasco abarcando parte del municipio de Huimanguillo en Tabasco y las Choapas en Veracruz. (Calderón 1972).

La planta piloto procesadora de yuca se encuentra establecida en el exrancho "El Guacamote" localizado en el Km 13 de la carretera Huimanguillo-Chontalpa, en el Ejido Tierra Nueva Segunda Sección.

#### 4.8.3. Clima.

Las Sabanas son típicas de los climas Aw., están formadas por árboles bajos de troncos retorcidos y de amplia copa en asociación abierta con gramíneas. Se encuentran en climas cálidos a niveles poco elevados. Puede crecer en suelos someros pero las Sabanas típicas se desarrollan en suelos profundos con frecuencia llanos y mal drenados, así que aunque por lo común se encuentran en climas húmedos, los suelos se secan excesivamente en los períodos de sequía (dificultad de ascenso del agua por capilaridad), en cambio en los períodos húmedos se encharcan o anegan con facilidad (dificultad del descenso del agua por filtración). Las Sabanas típicas parecen constituir un clima edáfico, es decir están íntimamente relacionados con las condiciones del suelo. García (1978).

La Sabana de Huimanguillo cubre una superficie aproximada de 140 000 has y presenta un clima Af (m) de acuerdo a la clasificación de Köppen, lo cual quiere decir que ésta Zona presenta un clima cálido-húmedo, con lluvias durante todo el año y una temperatura cálida sin meses secos; la precipitación anual es de 2 279 mm y la temperatura media anual de 26.2° C. (Pérez, 1972).

## 5. MATERIALES Y METODOS

Descripción de la planta procesadora.

Las instalaciones donde se realizaron las pruebas para evaluar el secado artificial y el procesamiento de raíz de yuca, se ubican en el rancho "Guacamote".

Estas instalaciones a partir del ciclo otoño-invierno de 1984 comenzaron a funcionar y a ser evaluadas.

Las instalaciones cuentan con una nave industrial de 600 m<sup>2</sup> que alberga las 7 máquinas principales que constituyen el conjunto D'ANDREA para secado y procesamiento de yuca.

A un lado de la nave industrial existen 3000 m<sup>2</sup> de patios de concreto para secado natural de raíz de yuca. Ver plano No. 1 (descripción del predio).

Lista de materiales que se utilizaron:

- Materia prima (yuca fresca) "Sabanera".
- Una báscula de 2 ton. con canastilla.
- Una tolva de almacenamiento y dosificación de la lavadora descascaradora.
- Un carro de baleros para transportar la yuca lavada y descascarada a la picadora.

- Dos elevadores de cangilones
- Una tolva de almacenamiento y dosificación del molino de martillos.
- Diesel
- Agua
- Energía eléctrica
- Dos carretillas con llantas neumáticas
- Palas (carboneras y rectas).
- Sacos arroceros
- Laboratorio para análisis bromatológico.
- Termómetros de carátula
- Estufa de secado.

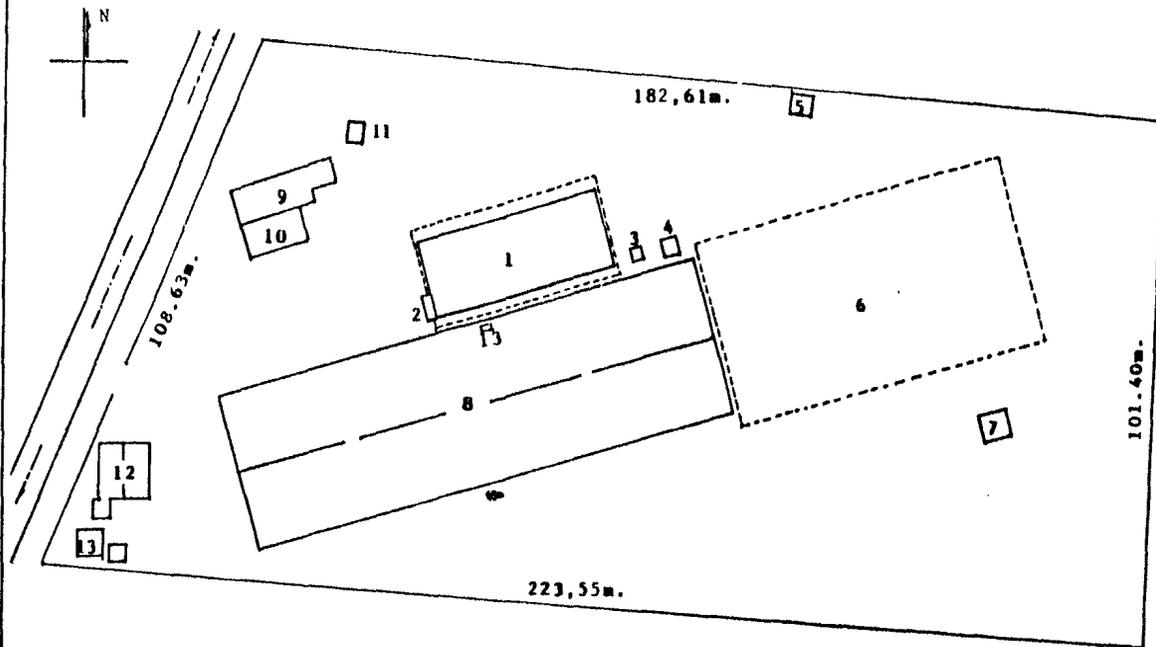
CUADRO No. 4.

M A Q U I N A S	DATOS A TOMAR
Transportador	Capacidad kg/hr. Eficiencia en el transporte. Consumo de energía eléctrica. Consumo de lubricante.
Lavadora descascaradora	Capacidad kg/hr. Tiempo de lavado Tiempo de descascarado Eficiencia del descascarado. Consumo de agua. Revoluciones por minuto del tambor. Consumo de energía eléctrica. Consumo de lubricante.
Picadora de raíz.	Capacidad kg/hr. Calidad de corte Consumo de energía E. Consumo de lubricante.

Prensa hidráulica	Capacidad kg/hr. Cantidad de agua y sólidos extraídos bajo diferentes presiones. Consumo de energía eléctrica. Consumo de lubricante.
Secadora vertical	Capacidad Tiempo de carga Tiempo máximo de secado bajo diferentes rangos de temperatura (60°C Base) y variabilidad de la ráfaga de aire del ventilador de la secadora.  Consumo de diesel Calidad física y química del producto final. Consumo de energía eléctrica. Consumo de lubricante.
Molino de martillos	Revoluciones por minuto Capacidad kg/hr (varios tipos de cribas). Consumo de energía eléctrica. Consumo de lubricantes.
Criba seleccionadora de harinas.	Capacidad kg/hr. Consumo de energía eléctrica. Consumo de lubricante. % de selección de harinas Calidad física y química de las harinas.

La distribución de la maquinaria del módulo experimental de procesamiento se muestra en el plano No. 2.

DESCRIPCION PREDIO (RANCHO "GUACAMOTE"), Plano No. 1.



CUADRO DE CONSTRUCCION				
LADO	DISTANCIA	R.M.C.	COORDENADAS	
			Y	X
1-2	108.63	N-23° 32'E	118.17	48.02
2-3	182.61	S-85° 35'W	104.16	229.59
3-4	101.40	S- 1° 08'W	3.28	227.30
4-1	223.55	N-85° 59'W	18.90	4.80

ESCALA 1 : 1000

SUPERFICIE = 2-05-56 Ha.

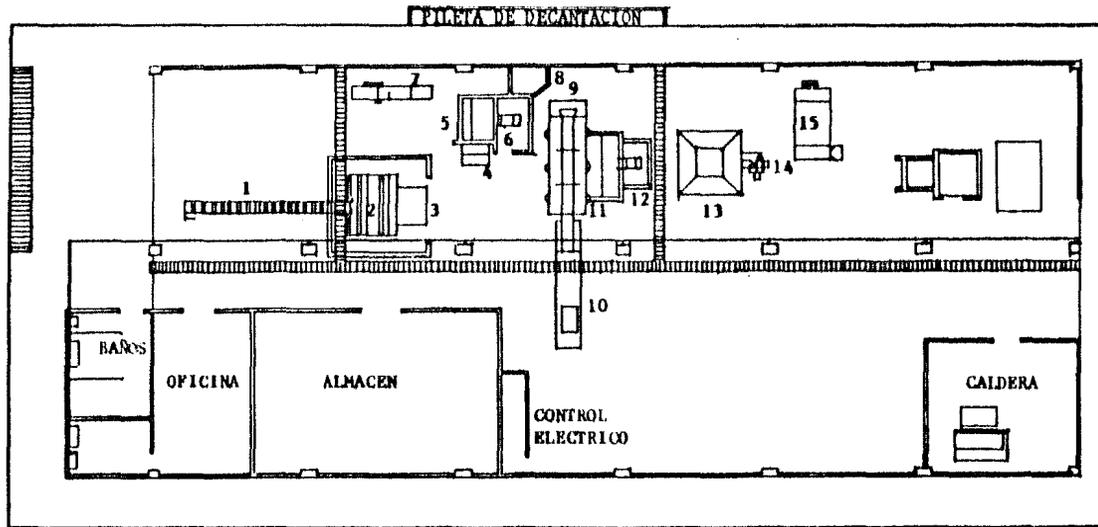
TABLA No. 1.

	M E D I D A S
1. PLANTA PROCESADORA DE YUCA.	36.00 x 15.00
2. BAÑO	5.75 x 2.20
3. TANQUE ELEVADOR DE AGUA	2.70 x 2.70
4. CASETA DE BOMBEO	2.30 x 2.20
5. ALMACEN PROPAGACION RAPIDA.	5.00 x 4.00
6. PROPAGACION RAPIDA	63.00 x 36.00
7. SUBESTACION METEOROLOGICA	5.00 x 5.00
8. A S O L E A D E R O	100.00 x 30.00
9. C A R P I N T E R I A	20.00 x 7.00
10. ALMACEN FERTILIZANTE	12.00 x 6.00
11. FOSA SEPTICA	4.00 x 3.00
12. O F I C I N A S	10.15 x 10.10
13. TRANSFORMADOR ELECTRICO.	

## NOTA:

Los números 5,9,10 y 12 son  
construcciones de madera.

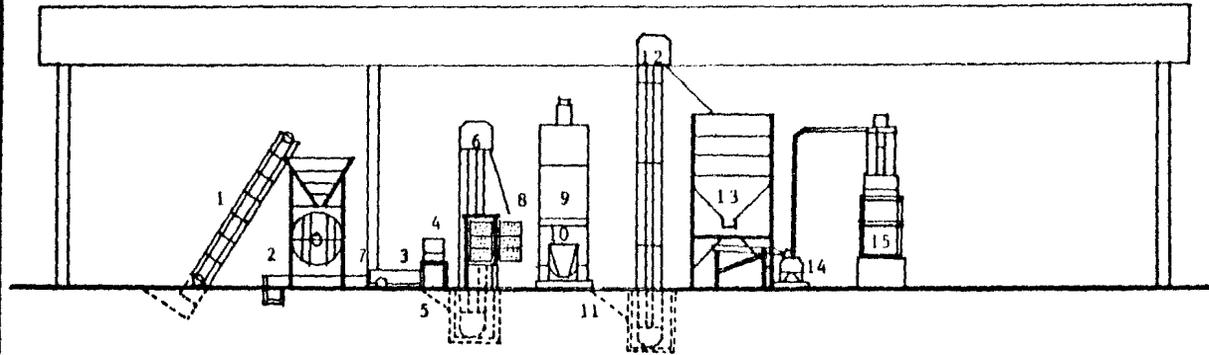
MODULO EXPERIMENTAL DE PROCESAMIENTO DE YUCA. (Plano No.2).



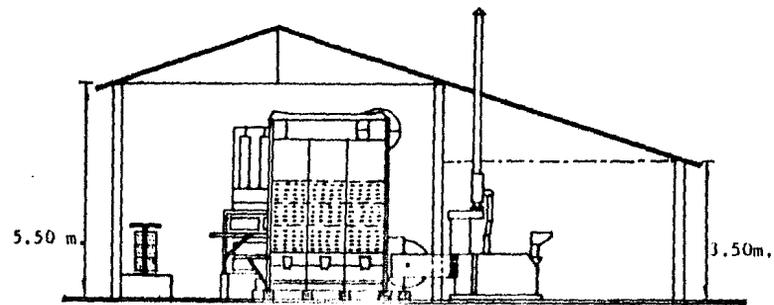
DISTRIBUCION DE MAQUINAS D'ANDREA.

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Transportador                    | 8. Cestos giratorios de compresión.  |
| 2. Lavadora-descascaradora.         | 9. Secadora vertical                 |
| 3. Carro transportador.             | 10. Quemador de diesel.              |
| 4. Picadora                         | 11. Fosa de recepción yuca seca.     |
| 5. Fosa de recepción trozos frescos | 12. Elevador de cangilones.          |
| 6. Elevador de cangilones.          | 13. Tolva de almacenamiento          |
| 7. Prensa hidráulica.               | 14. Molino de martillos              |
|                                     | 15. Criba seleccionadora de harinas. |

SECCION LATERAL DEL MODULO EXPERIMENTAL DE PROCESAMIENTO  
DE YUCA (PLANO No. 2).



SECCION FRONTAL.



## M E T O D O

Ruta crítica de actividades durante el secado y procesamiento de raíz de yuca.

- Recepción y registro del peso de la raíz fresca de yuca. (5 ton).
- Acarreo de la raíz a través de un transportador de cadenas con acarreadores de lámina, inclinado a 45°.
- Llenado de la tolva superior de almacenamiento y alimentación de la lavadora-descascaradora.
- Apertura de la puerta corrediza de la tolva y alimentación por gravedad de la lavadora-descascaradora. El tambor de la lavadora-descascaradora se lleva a sus 3/4 partes de capacidad.  
Mediante la apertura de una válvula de globo se suministra agua al tambor giratorio de la lavadora-descascaradora. El agua fluye en un tubo galvanizado colocado en la parte central del tambor.
- Registro de peso de la raíz lavada-descascarada y cuantificación de pérdidas.
- Movilización de la raíz lavada-descascarada mediante un carro transportador hasta la posición de picado o troceado.
- Picado o troceado de yuca fresca.
- Transporte de los trozos frescos de yuca a través de un elevador de cangilones vertical y alimentación de los

- Cestos o cilindros giratorios del sistema hidráulico.
- Llenado de los cestos giratorios.
  - Compresión de los trozos frescos de yuca. (1500,3000, 4500 lbs/plg<sup>2</sup>).
  - Vaciado de los cestos para registrar el peso de los trozos frescos de yuca y cuantificación de pérdidas obtenidas de agua y almidones diluidos.
  - Registro de peso, alimentación y llenado de la secadora vertical cuya fuente de calor es la combustión de diesel.
  - Control de temperatura 60°.
  - Muestrear el producto para determinar curva de secado y pérdidas de HCN.
  - Después del período de secado artificial, vaciar la secadora vertical, tomar el peso de los trozos secos de yuca y cuantificar pérdidas.
  - Transporte de los trozos secos a través de un elevador de cangilones y llenar la tolva de almacenamiento y alimentación del molino de martillos.
  - Apertura y cierre de la puerta corrediza de la tolva de alimentación del molino de martillos. Pulverizar los trozos secos con el molino de martillos.
  - Selección de harinas y registro de peso de cada uno de los 4 productos que se pueden obtener en la criba seleccionadora de harinas.

Finalmente toma de muestras para análisis bromatológico.

Ver diagrama No. 1 (Flujo del procesamiento y secado artificial con el conjunto D'ANDREA).

Para estas tecnologías de secado y procesamiento de yuca en general, existen algunas operaciones en las cuales lo único característico y particular de cada tecnología es el método operativo y equipo utilizado.

El proceso de secado e industrialización de yuca con el conjunto D'ANDREA, se puede suspender en cualquiera de las etapas que consta, ya que no es de flujo continuo.

#### EXPERIMENTOS PROPUESTOS.

1. Operación y evaluación de equipos de lavado, picado y prensado de raíces frescas de yuca.
2. Operación y evaluación de máquina secadora vertical de raíz de yuca.
3. Operación y evaluación de equipos de molido y cribado de trozos secos de raíz de yuca.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO D' ANDREA.

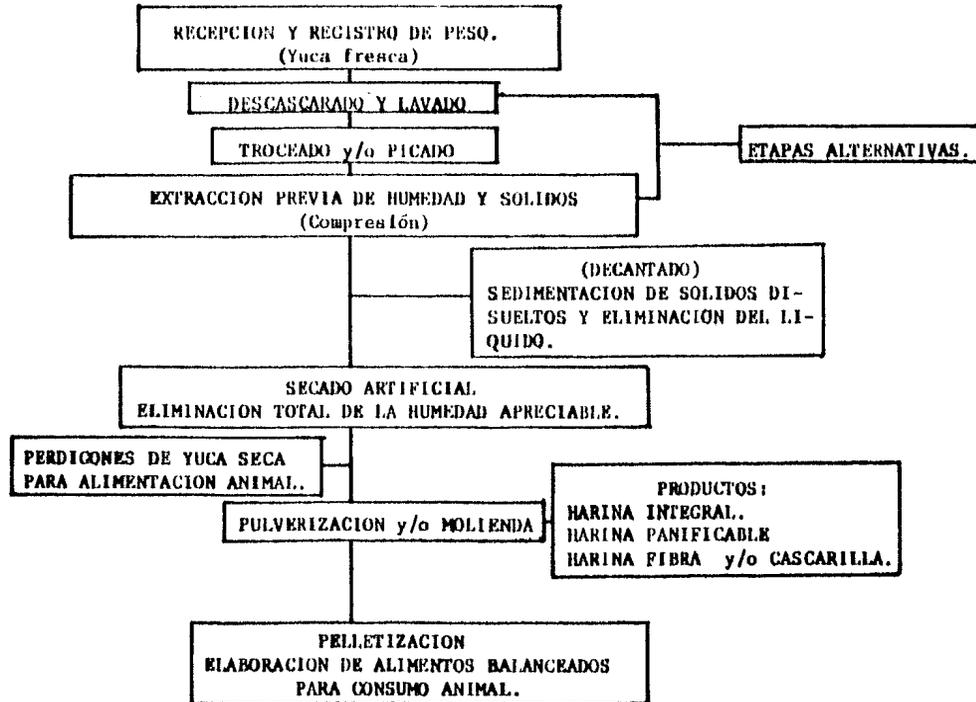


DIAGRAMA No. 1.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Análisis de resultados.

A continuación se presentan 4 cuadros de información.

En el CUADRO 5, se presentan las capacidades individuales de las máquinas. Los datos que se obtuvieron son el resultado de 10 corridas o tandas completas. Se puede observar que las máquinas y las operaciones que retrasan la continuidad de todo el conjunto D'ANDREA son las que ejecutan la prensa hidráulica y la secadora vertical, (FIGURA NO. 1 y No. 2 respectivamente). La prensa hidráulica posee un rendimiento de apenas 613 kg/hr y los trozos frescos de yuca se comprimen a  $4500 \text{ kg/cm}^2$  de presión. La secadora vertical para reducir la humedad del producto fresco a menos del 14% demora 18 horas 45 minutos en promedio, iniciando con temperaturas en el interior de la cámara de secado de  $60^\circ \text{ C}$  a  $90^\circ \text{ C}$  y una ráfaga de aire inicial de 10 a 14 metros por segundo. La primera temperatura facilita un medio adecuado para que exista una buena acción enzimática de la linamarasa encargada de la liberación de los glucósidos cianogénicos (Linamarina y lotaustralina) que forman el HCN.

Existe la posibilidad de que si se produjeran trozos frescos de yuca más uniformes en la picadora de tambor giratorio de este equipo D'ANDREA el período de secado se reduciría.

Los costos de operación individuales y en conjunto de las máquinas que forman el equipo D'ANDREA se desglosan en el CUADRO 6, si sólo se ejecutan las operaciones de lavado-descascarado y picado de 5 ton de yuca fresca, el importe a cubrir será de \$ 1,555.43, si el proceso continúa hasta la etapa de prensado, el costo será de \$ 2,309.29 siguiendo el proceso hasta la secadora vertical y la obtención de trozos secos el costo se incrementa considerablemente hasta \$ 22,294.70.

Actualmente la obtención de diversas clases de harina no se tiene considerada de forma prioritaria pero si se decide continuar con el proceso, el costo por kg de harina integral será de \$ 15.05 mientras que para la harina panificable será de 18.81 \$/kg.

Es posible que estos costos se puedan abatir reubicando la maquinaria para que el flujo del proceso sea más continuo o realizando algunas modificaciones en ellas. Por ejemplo, en la secadora vertical se observa la producción de grandes cantidades de partículas finas cada vez que los trozos de raíz de yuca pierden un porcentaje de humedad. Lo que representa pérdidas que significativamente modifican la relación de conversión de producto fresco a seco.

En el CUADRO 7, se pueden apreciar unas curvas de eliminación de ácido cianhídrico y reducción de humedad respectiva-

mente de los trozos frescos de yuca. Se observa que existen dos momentos en que ocurren fuertes decrementos del contenido de HCN, el primero se da al descascararse y lavarse la yuca y el segundo al completarse las 9 horas del proceso de secado momento en el que se alcanzan niveles inocuos del HCN, que ya no afectan a los animales domésticos.

De acuerdo con la literatura menos de 100 ppm en la yuca seca no representa peligro para la alimentación animal. (Gómez G. 1983).

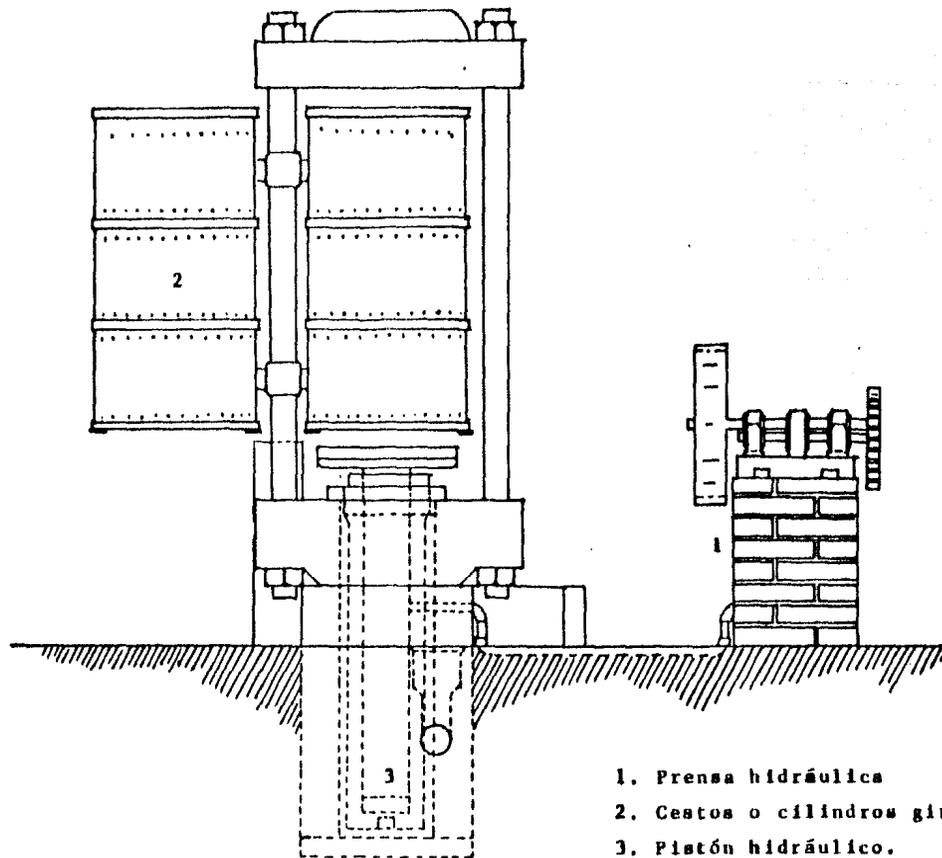
En la Gráfica 1, se pueden observar las curvas características de eliminación de HCN y reducción de humedad bajo este sistema de secado artificial.

El CUADRO 8, representa el análisis químico de tres presentaciones de harina de yuca, en el cual se observa que el contenido de humedad de la yuca seca se establece en 12.16% y después de un lapso de tiempo cuando el producto se mantiene en bodega la humedad se incrementa al 18.40% por su composición excesiva en carbohidratos, la yuca seca en cualquiera de sus representaciones es higroscópica y absorbe humedad del medio ambiente. Este incremento en el contenido de humedad puede ser peligroso porque se facilita el ataque de hongos en éste producto.

La relación de harinas se establece como sigue del 100% de harina integral de yuca, el 74.6% es harina panificable,

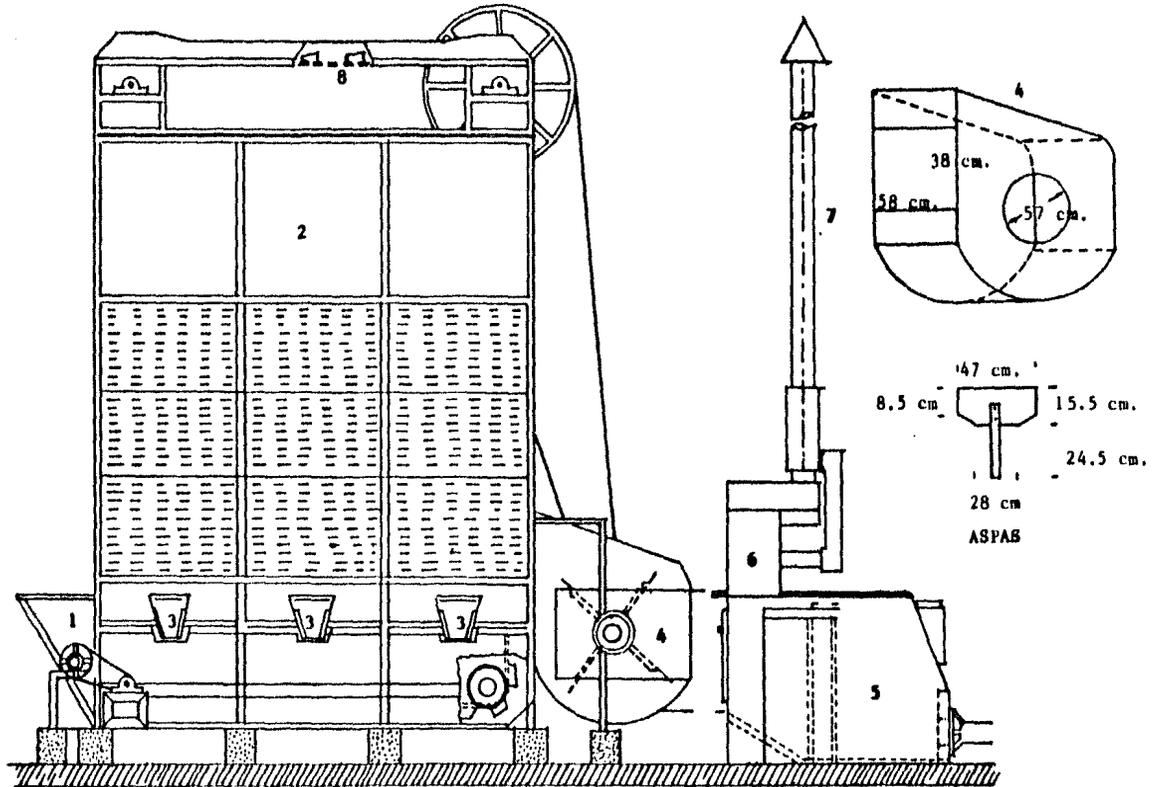
el 19.8% harina fibra y el restante 5.6% es almidón asentado en los guardapolvos y pérdidas del producto seco.

FIGURA No. 1. SISTEMA HIDRAULICO



- 1. Prensa hidráulica
- 2. Cestos o cilindros giratorios
- 3. Pistón hidráulico.

FIGURA No.2. SECADORA VERTICAL



1. Tolva de alimentación (trozos frescos)
2. Cámara de secado
3. Puertas de descarga
4. Ventilador

5. Quemador diesel
6. Intercambiador de gasea.
7. Chimenea
8. Cadena de cangilones.

**CUADRO 5. CAPACIDADES DE LA MAQUINARIA QUE INTEGRAN EL CON-  
JUNTO D'ANDREA PARA SECADO Y PROCESAMIENTO DE RAIZ  
DE YUCA.**

M A Q U I N A S	CAPACIDAD EN KG/Hr.	OBSERVACIONES
TRANSPORTADOR	1 953	
LAVADORA-DESCASCARADORA	5 176	(Eliminando el des- cascarado y lavan- do el producto du- rante 2 min.).
PICADORA	2 275	
ELEVADOR DE CANGILONES No.1.	1 814	
PRENSA HIDRAULICA	613	
SECADORA VERTICAL	4 145	(Trozos frescos de yuca con reducción del 11-16% en peso debido a la extrac- ción de humedad y sólidos).
ELEVADOR DE CANGILONES No.2.	1 115	
MOLINO DE MARTILLOS	1 300	(Utilizando criba de 3/32").
CRIBA SELECCIONADORA DE HARINAS.	1 300	
RECUPERACION DE ALMIDON EN LA FOSA DE DECANTACION.	1.27%	Este porcentaje es- tá dado en relación a la cantidad de yu- ca fresca que se re- cibe por tanda (5 ton).

**CUADRO 6.**  
**COSTOS DE OPERACION DEL PROCESAMIENTO Y SECADO DE RAIZ DE YUCA**  
**(EQUIPO D'ANDREA).**

MAQUINA	CAPACIDAD KG/HR.	COSTO POR HORA	COSTO POR TANDA*	PARCIALES
1. Transportador	1953	298.79	764.90	
2. Lavadora-Desc.	5176	140.06	140.06	
3. Picadora	2275	293.02	650.47	1 555.43
4. Elevador C 1	1814	101.86	280.11	
5. Prensa H.	613	58.13	473.75	2 309.29
6. Secadora V.	221	255.10	4783.12	
Ventilador	221	35.66	668.62	
Quemador	221	775.13	14533.68	22 294.71
7. Elevador C 2	1115	26.94	36.09*	
8. Molino M.	1300	156.48	179.95*	
9. Criba S.	1300	59.32	68.21*	
		<u>2 204.49</u>	<u>22 578.96</u>	T O T A L

\* Una tanda costa de 5 ton. de yuca fresca.

\* Conversión de producto fresco a seco 3.33:1.

Producto procesado

Trozos secos 14.86 \$/Kg.

Harina Integral 15.05 \$/Kg.

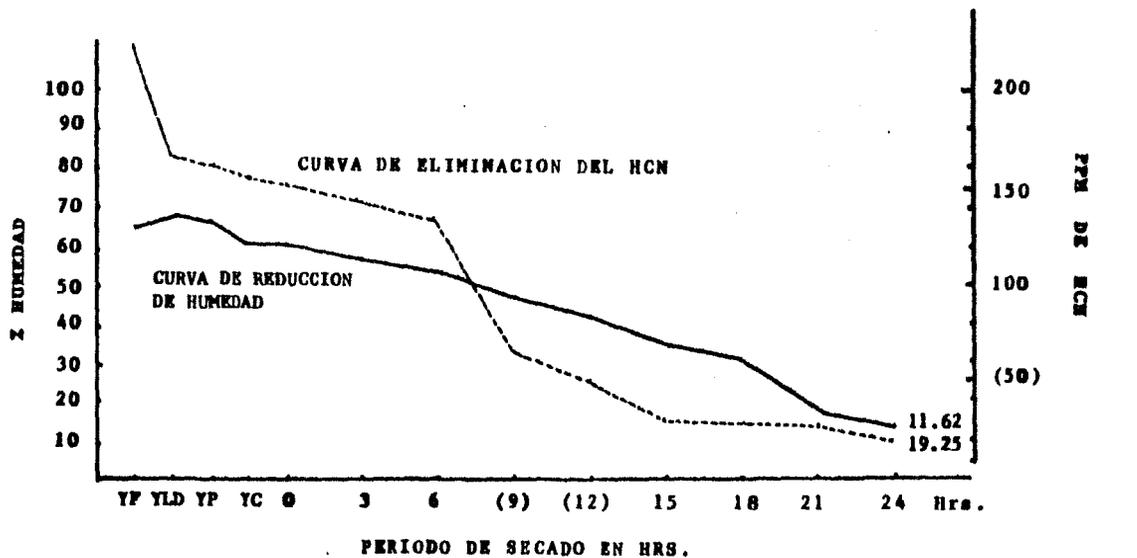
Harina Panificable 18.81 \$/Kg.

## CUADRO 7.

PERDIDA DE HUMEDAD Y DE ACIDO CIANHIDRICO EN LA RAIZ DE YUCA  
DE LA VARIEDAD SABANERA, PROCESADA EN LA SECADORA VERTICAL DEL  
EQUIPO D'ANDREA.

ETAPA DEL PROCESO	PESO EN GRAMOS.	Z HUMEDAD	HCN Z	HCN PPM B.S
YUCA FRESCA	1000	64.00	22.22	222.21
YUCA LAVADA Y DESCAS- CARADA.	980.9	67.75	16.37	163.74
YUCA PICADA	947.0	66.44	16.00	160.04
YUCA COMPRIMIDA	907.2	60.12	16.52	155.22
YUCA COMPRIMIDA Y A GRA NEL ANTES DEL SECADO.	867.63	60.43	15.26	152.62
YUCA SECADA A LAS 6 HR.	821.21	53.38	13.70	137.05
YUCA SECADA A LAS 9 HR.	768.75	47.54	6.216	62.16
YUCA SECADA A LAS 12 HR.	711.43	42.72	4.626	46.26
YUCA SECADA A LAS 15 HR.	647.01	35.58	3.091	30.91
YUCA SECADA A LAS 18 HR.	579.25	32.24	3.025	30.25
YUCA SECADA A LAS 21 HR.	497.49	18.24	3.051	30.51
YUCA SECADA A LAS 24 HR.	409.11	11.62	1.925	19.25
HARINA PARA CONSUMO HU- MUNANO.	321.33	12.22	0.664	6.44

GRAFICA No.1. CURVA DE SECADO DE LOS TROZOS DE YUCA Y REDUCCION DEL HCN, MEDIANTE LA SECADORA VERTICAL DEL EQUIPO D'ANDREA.



YF YUCA FRESCA  
 YLD YUCA FRESCA LAVADA Y DESCASCARADA  
 YP YUCA FRESCA PICADA  
 YC YUCA FRESCA COMPRIMIDA

## CUADRO 8.

CALIDAD DE LOS TROZOS SECOS Y HARINA DE YUCA  
(ANALISIS QUIMICO)

COMPONENTES	YUCA SECA*	FIBRA O CASCARILLA	HARINA PANIFICABLE
PROTEINA %	1.64	3.03	1.10
FIBRA	2.89	7.17	1.05
GRASA	3.18	0.79	2.49
CENIZA	2.06	3.19	1.61
HUMEDAD	12.16-18.40**	15.57	15.25
E. L. N. (CARBOHIDRATOS)	77.54	70.25	79.57
CALCIO	0.3	0.23	0.78
HCN	19.25 ppm (BS)	-	6.44 ppm (BS).

**FUENTE:\*** Laboratorio de control de calidad. Alimentos Balan  
ceados de México, S.A.

Laboratorio de Suelos, Aguas Agrícolas y Plantas-  
CIAMEC.

**NOTA:**

**\*\*** Debido al excesivo contenido de carbohidratos en la yuca  
seca la humedad de éste producto siempre tiene la tenden-  
cia a estabilizarse con la humedad relativa del medio am-  
biente.

**MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS QUÍMICO  
DE LOS TROZOS SECOS Y HARINA DE YUCA.**

- La determinación de humedad se realizó por el método de pérdida o diferencia de peso.
  
- La determinación del contenido de ácido cianhídrico (HCN) se hizo por el método de la titulación de LIEBIG.
  
- La determinación del almidón (E.L.M) se llevó a cabo por el método colorimétrico del A.O.A.C-1981.
  
- El porcentaje de proteína se determinó por el método de KJELDAHL.

**FUENTE:** M.C. LORETO NAVARRETE ALARCON  
Jefe de Laboratorio de Suelos, Aguas Agrícolas  
y Plantas-CIAMEC.

## 7. DISCUSION

Tanto administradores como técnicos debemos estar familiarizados con los cálculos de costos de maquinaria, ya que realizándolos con precisión estaremos en condiciones de saber cuanto nos está costando cada una de las operaciones.

Asimismo, nos auxiliar en la determinación de las tarifas justas que deben cobrarse por máquina en cada una de las etapas del procesamiento y deshidratación de raíz de yuca o en el caso poder determinar la factibilidad económica del procesamiento de raíz con este conjunto D'ANDREA.

Para nuestro sistema de procesamiento o industrialización de yuca, el secado propiamente dicho es la etapa final de una serie de operaciones previas de preparación del producto y los "chips" o perdigones secos que se obtienen quedan con un contenido máximo de 14% de humedad listos para ser envasados o utilizados si se requiere.

En forma general se ha determinado que este conjunto D'ANDREA es un grupo de máquinas que no combinan en cuanto a capacidad, lo que repercute en su baja capacidad total.

El proceso de secado con este tipo de secadora artificial tiene los mismos lineamientos de naturaleza difusional. En una primera etapa la velocidad y ráfaga de aire es más

importante, ya que la humedad de los trozos de yuca a nivel de superficie se evapora más rápido, en la segunda etapa el calor del aire reemplaza en importancia al volumen de aire y la pérdida de humedad es más lenta.

Bajo este proceso de secado el problema del HCN queda resuelto porque el producto final que se obtiene queda con niveles inocuos de este componente menos de 50 ppm. (Tanto "Chips y harinas").

También se puede observar que la geometría de los trozos de yuca tiene mucha importancia en la duración del período de secado, los trozos grandes incrementan la duración de este período porque dificultan un secado uniforme. Estos trozos húmedos a la hora del almacenamiento son los que ocasionan focos de calentamiento (elevación de la temperatura) y deterioración de todo el producto procesado.

La conversión de producto fresco a seco bajo las condiciones de operación de la secadora vertical anda en el orden de 3.33 kg de yuca fresca para producir 1 de yuca seca. Esto debido a mermas y pérdidas de producto al pasar por las etapas previas al secado.

El secado artificial del equipo D'ANDREA no es muy eficiente, debido a que existen demasiadas fugas del aire caliente generado y a que no se aprovecha en su totalidad recircu-

lándolo. También se producen pérdidas excesivas de producto y no hay forma de controlarlas o evitarlas.

## 8. ANALISIS ECONOMICO.

CUADRO No.9. COSTO DEL CULTIVO DE YUCA POR BANCO DE CREDITO RURAL DEL GOLFO CICLO 84/85.

LABOR	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO PARCIAL (\$).
<b>PREPARACION DE SUELO</b>		
CHAPEO	1,800.00	
RASTREO (3)	4,500.00	
SURCADO	1,300.00	7,600.00
<b>SIEMBRAS:</b>		
COSTO DE MATERIAL		
	6,000.00	
MANO DE OBRA		
	3,240.00	9,240.00
<b>TRATAMIENTO MALATION MANZATE,SULFATO DE ZINC.</b>		
COSTO DEL PRODUCTO		
	2,238.00	
APLICACION		
	1,080.00	3,318.00
<b>APLIC.DE HERBICIDA, HERBILAZ', GRAMOXON.</b>		
COSTO		
	5,375.00	
APLICACION		
	1,080.00	6,455.00
<b>FERTILIZANTE,UREA,SUPERF TRIPRE,CLORURO DE POTASIO</b>		
COSTO		
	10,132.00	
APLICACION (3)		
	3,240.00	13,372.00
<b>DESHIERBES:</b>		
	4,320.00	4,320.00
<b>CONTROL DE PLAGAS,MALA- THION, DIPEL.</b>		
COSTO DEL PRODUCTO		
	2,540.00	
APLICACION (3)		
	3,780.00	6,320.00
<b>COSECHA (MECANIZADA CON MAQUINA).</b>		
	16,000.00	16,000.00
<b>SEGURO AGRICOLA</b>		10,300.00
<b>INTERES</b>		21,923.00
<b>TOTAL:</b>		<b>\$ 98,848.00 \$/ha.</b>

Rendimiento de raíz de yuca fresca: 20 ton/ha.

Rendimiento de raíz de yuca seca: 6.06 ton/ha.

Factor de conversión yuca fresca a yuca seca (secado artificial). 3.3 a 1.

Precio regional por kg de yuca fresca: 7.00 pesos.

Precio regional por kg de yuca seca: 30.00 pesos.

Costo de secado artificial: 14,860.00 \$/ton.

Costo de secado artificial de 6.06 ton de trozos secos: 90,051.60 pesos.

Ingreso bruto, venta de los trozos secos de yuca:

181,818.20 pesos.

Costo del cultivo por hectárea: 98,848.00 pesos.

Costo de secado artificial: 90,051.60 pesos.

---

(Diferencia egreso) 7,081.40 pesos.

Los costos por cargos de transporte del producto fresco y seco de yuca no se consideraron porque los absorbe la Institución Regional (SARH) y el comprador de yuca respectivamente.

NOTA: En este análisis de costos el factor de conversión, el precio venta de la yuca seca y los rendimientos de raíz por hectárea son los parámetros decisivos que influyen en la obtención de ganancia o pérdida de utilidades como en éste caso para los productores de éste cultivo.

## 9. CONCLUSIONES

El conjunto de máquinas D'ANDREA es funcional y seguro en cuanto a su operación.

La eficiencia del conjunto de máquinas D'ANDREA se ve afectada porque cada máquina en forma individual no poseen las mismas capacidades y porque el flujo del procesamiento no es continuo sino en módulos.

La prensa hidráulica y la secadora vertical hacen más lento el procesamiento de éste conjunto de máquinas e incrementan los costos de operación debido a que poseen una baja capacidad y un consumo muy alto de diesel respectivamente.

Mediante el uso de la secadora vertical y bajo sus condiciones de operación el nivel de HCN se abate a las 9 hrs de iniciado el secado y a partir de este rango el producto que se obtiene ya puede considerarse no tóxico para la alimentación animal. Este sistema de secado artificial es del tipo de cámara abierta donde no existe problema de caramelización o gelatinización de los trozos de yuca aun cuando se sobrepasan los 84°C de temperatura.

El producto final que se obtiene es de buena calidad y cumple con las especificaciones de control de calidad para productos secos a base de yuca. Esta calidad obtenida está

en función de que el secado se realiza mediante un proceso lento y aun a costa de un elevado costo por el consumo de combustible.

Un producto para alimentación animal a un elevado costo no es remunerativo, posiblemente si se produjera harina para la alimentación humana que es un producto que se puede comercializar a un precio más alto sería rentable.

## 10. SUGERENCIAS.

Tomando en consideración que bajo este sistema de secado no existe problemas de caramelización o gelatinización del producto aun cuando se exceden los 84°C y que el nivel de HCN se abate a las 9 hrs de iniciado el secado, el período de secado se puede reducir incrementando la temperatura y el volumen de aire después de este tiempo.

El costo por consumo de combustible (diesel) en el quemador se podría abatir en una buena proporción mediante el uso de otra fuente económica de combustible (gas o combustóleo). Lo que implicaría modificaciones en las líneas de alimentación y en el dispositivo donde se piense manejar.

La distribución modular actual de este grupo de máquinas se puede modificar para que el proceso sea de flujo continuo y facilite la realización de las operaciones.

La secadora vertical debe probarse con otro tipo de productos (cacao) cotizados a un precio más alto, donde posiblemente el costo por concepto de secado no disminuya las utilidades.

## 11. BIBLIOGRAFIA.

1. ACOSTA E. J. 1985. La yuca un cultivo con gran futuro, INIA. México, A-25, A-25. Artículo técnico. NOTINIA.
2. ALARCON M. 1980. Cultivo y Procesamiento de harina de yuca. Programa de Desarrollo Agroindustrial. Peto, Yucatán. p. 143, Proyecto.
3. CALDERON C. 1971. Características pedagógicas de los suelos de la Sabana de Huimanguillo, Tab. H. Cárdenas, Tab. CSAT 24 pág. ilustr.
4. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL 1978. Manual para el curso intensivo de Adiestramiento en Investigación para producción de yuca. CIAT. Cali, Colombia. Tomo I. 419 p.
5. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL 1978. Manual para el curso Intensivo de Adiestramiento en Investigación para producción de yuca. CIAT. Cali, Colombia. Tomo I. 254 p.
6. COCK, H.J. and LYMAN, L.J. 1980. Potencial futuro e Investigación necesaria para el incremento de la yuca. CIAT. Cali, Colombia. A-35.
7. COCK, H.J. 1981. La yuca en el Ecuador, Recomendaciones para el Desarrollo y Ejecución de un proyecto de producción, secamiento y comercialización. CIAT Cali, Colombia.
8. CONCEICAO A. 1979. La Mandioca, Cruz Das Almas Brasil: Estado de Bahía. P. 365.

9. CONSULTORES DE INGENIERIA Y DESARROLLO AGROPECUARIO 1977.  
Estudio para el proyecto de incremento de la producción e industrialización de la yuca.  
SARH. Comisión del Grijalva. México.p. 190.
10. CONTRERAS G.J. 1985. Estado actual de la yuca en México.  
Curso de yuca. SARH-INIA-CAEHUI. Huimanguillo,  
Tab.
11. CHRIFE V. and CACHERO R. A. 1970. Trought circulation Dry-  
ing de tapioca, Root J. Food. Sci. 35: 364-368.
12. DIAZ R.O. 1980. Características de la producción de yuca en  
el Mundo con énfasis en América Latina. A-1:  
A-32. CIAT. Cali, Colombia. (Manual de produc-  
ción de yuca).
13. CHONG. P K. y WEBB, B.H. 1975. Tapioca pelleting studies  
Malaysian Agricultural Reasearch Bolletin.
14. GARCIA ENRIQUETA 1978. Apuntes de climatología, México,D.F.
15. GARZON K.X. 1978. Instalación de una planta deshidratadora  
de yuca en el estado de Veracruz, SARH-INIA-  
Proyecto.
16. GOMEZ G. 1981. Procesamiento de raíces de yuca para la ali-  
mentación animal. CIAT, Cali, Colombia.
17. GRACE M.R. 1977. Elaboración de la yuca, Organización de  
las Naciones Unidas para la Agricultura y la  
Alimentación (FAO) Colección. Producción y  
Protección vegetal. N.3, RDHA, Italia. 162 p.

18. GRUPO DE YUCA. 1979. Marco de Referencia Regional del Cultivo de yuca. SARH-INIA-CAEHUI. Huimanguillo, Tab.
19. GRUPO DE YUCA. 1981. Procesamiento del cultivo de la yuca. SARH-INIA-CAEHUI. Huimanguillo, Tab.
20. INDUSTRIAS MAQUINARIA D'ANDREA. Catálogo para producción de harina panificable de yuca. CEP. 13480. LIMEIRA-SP. Brasil. Catálogo. 49.
21. LEMA I.G. y MENDEZ T.G. 1984. Sistemas de secamiento de yuca, comparación técnica y económica. CIAT. Cali, Colombia.
22. LOZANO J.C. y BELLOTI A. 1979. Control Integrado de enfermedades y pestes de la yuca. CIAT. Cali, Colombia.
23. NEIL STEEDE 1981. Quebrando el círculo vicioso de la yuca.
24. OSPINA B. 1981. Secado natural de la yuca para la alimentación animal, Establecimiento de pequeñas Agroindustrias en la Costa Atlántica de Colombia. CIAT. Cali, Colombia.
25. PARMASA G. y BALAGOPA C. 1982. Polifenoles y deterioro fisiológico en la yuca. Cali, Colombia.
26. ROA G. 1972. Secado de raspas de mandioca con arrocado e auxilio de colectores solares. Trabajo presentado en el IX Congreso Brasileño de Ingeniería Agrícola en Campiña Grande, Passaiba Mimeografiado. 15 p.

27. ROA G. 1974. Natural Drying of cassava, Michigan State University, East Lansing Mich. Department of Agricultural Engineering (Un Published, PLA, Thesis).
  
28. SANTAMARIA H.E. 1983. Estudio sobre la variación del contenido del HCN, Almidón, Materia seca, Fibra y Sabor en la raíz de seis variedades de yuca en distintas etapas de desarrollo, Orizaba, Ver. Tesis.
  
29. SILVA MESSINA J. Administración de maquinaria agrícola. Instituto Nacional de Capacitación del Sector Agropecuario, México, D.F.
  
30. YRIES, C.A. DE J.D. FERWEDA and M. FLACH 1967. Choice of Food Crops in Relation to actual and Potential production in Tropics, Neth. J. AGR, Sci.15: 241-248.

## 12. ANEXOS

**GASTOS DE OPERACION.**

**CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA.**

**FORMATO DE CARGA DE POTENCIAS REALES Y FIGURADAS DE MOTORES MONOFASICOS Y TRIFASICOS A PLENA CARGA (EQUIPO D'ANDREA).**

MAQUINA	HP	POTENCIA EN WATTS	TENSION SUMINIS- TRADA.	KW/Hr.	PRECIO KW*	BAJO F.P. 55%	IMPUESTO 13.04 %	GASTO Hr.
Quemador	0.5	475.6	220	0.371	14.31**	7.87	1.86	8.91
Elevador de C. 1	1	453	440	0.746	11.45	6.29	1.49	14.34
Elevador de C. 2	1.5	1418	440	1.119	11.45	6.29	1.49	21.51
Ventilador axial del horno	2	1935	220	1.492	14.31**	7.87	1.86	35.66
Transportador								
Lavadora-Desc.								
Picadora	3	2726	440	2.238	11.45	6.29	1.49	45.03
Prensa hidráulica								
Criba seleccionadora								
Secadora vertical	6	5390	440	4.476	11.45	6.29	1.49	86.03
Molino de M.	10	8674	440	7.46	11.45	6.29	1.49	143.45

\* Precio actual Mayo 1985 CFE, Sucursal Huimanguillo, Tab.

\*\* Incremento del 25% por ser de uso comercial (220).

CONSUMO DE LUBRICANTES.

(GRASA, PRECIO ACTUAL 195.5 \$/Kg)

MAQUINAS	No.GRASERAS	GRAMOS	TIEMPO DE ** OPERACION Hrs.	GASTOS \$/Hr.
Elevador de C. No.1	6	350	17	4.02
Elevador de C. No.2	6	250	9	5.43
Transportador	8	484.5	18	5.26
Lavadora-descascaradora	5	415.5	6	13.53
Picadora	6	250	14	3.49
Prensa hidráulica	11	350	24*	2.85
Secadora vertical	22	750	72*	2.03
Criba seleccionadora de H.	9	500	6	16.29
Molino de martillos	8	400	6	13.03

\* Aplicación cada 3er. día de trabajo.

\*\* Aplicación cada 60. día.

(ACEITE HIDRAULICO PRECIO ACTUAL 213.41 \$/Lt).

MAQUINA	CAPACIDAD DEL DEPOSITO.	PERIODO DE CAMBIO.	LTS.ADICIONALES	GASTOS/Hr.
Prensa hidráulica	16. lts.	640 hr.	1 lt.cada 40 hrs.	10.67

CONSUMO DE COMBUSTIBLE. (DIESEL, PRECIO ACTUAL 36.5 \$/lt).

MAQUINA	Lts/hr.	TIEMPO DE OPERACION	GASTO \$/hr.	GASTOS \$/TURNO
Quemador Secadora V.	20.69	18 hrs. 45'	755.18	14 159.62

CONSUMO DE AGUA

MAQUINA

Lavadora-descascaradora 8538 lts. por tanda de 5 ton.

**FILTROS: (SISTEMA HIDRAULICO, PRECIO ACTUAL 2500 \$).**

MAQUINA	PERIODO DE CAMBIO	GASTO/Hr.
Prensa hidráulica	1 200	2.08

**(SISTEMA DE COMBUSTIBLE, PRECIO ACTUAL 828 \$) CAV.796.**

MAQUINA	PERIODO DE CAMBIO Hrs.	GASTO/Hr.
Quemador Secadora V.	150	11.04

**SALARIOS, CUOTA ACTUAL 1336.47 \$/DIARIOS.**

No.PERSONAS	TURNO HRS.	GASTO POR Hr.	GASTO/DIA.
5	8	167.05	6 682.16