

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN



Efecto de la Fertilización N-P-K y Densidad de Población (DP-ha) Sobre el Rendimiento de Forraje Fresco de Yuca (Manihot esculenta) en la Sábana de Huimanguillo, Tabasco.

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A**

FELIPE DE JESUS LEGORRETA PADILLA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.
1. INTRODUCCION - - - - -	1
OBJETIVOS - - - - -	4
2. REVISION DE LITERATURA - - - - -	4
<u>2.1. Las sabanas</u> - - - - -	4
<u>2.2. Calidad alimenticia del forraje de yuca</u> - - - - -	6
<u>2.3. Toxicidad del forraje de yuca. Detención y eliminación.</u> - - - - -	14
<u>2.4. Aspectos de producción.</u> - - - - -	18
<u>2.5 Utilización del forraje de yuca en la ali- mentación animal.</u> - - - - -	22
3. MATERIALES Y METODOS - - - - -	27
<u>3.1. Descripción del área de estudio</u> - - - - -	27
3.1.1. Localización. - - - - -	27
3.1.2. Vegetación - - - - -	27
3.1.3. Suelos - - - - -	28
3.1.4. Clima - - - - -	31
<u>3.2. Ubicación del experimento</u> - - - - -	31
<u>3.3. Diseño experimental y tratamientos.</u> - - - - -	32
<u>3.4. Arreglo de campo y fertilización.</u> - - - - -	32
<u>3.5. Ruta crítica.</u> - - - - -	37
4. RESULTADOS - - - - -	40
5. DISCUSIONES - - - - -	53
6. ANALISIS ECONOMICO - - - - -	57
7. CONCLUSIONES - - - - -	59
8. LITERATURA CONSULTADA - - - - -	61

RELACION DE CUADROS, GRAFICAS Y FIGURAS

	Pág.
Cuadro 1. Composición química de las harinas de hojas y tallos de yuca y harina de alfalfa deshidratada. - - - - -	7
Cuadro 2. Composición química de plantas de yuca a los 90 días. - - - - -	8
Cuadro 3. Valor proteínico de la parte aérea deshidratada de la planta de yuca y algunas gramíneas tropicales comparadas con torta de soya (en base materia seca). - - - - -	10
Cuadro 4. Composición aproximada de hojas frescas, secas y cocidas. (Por cada 100 grs). - - -	12
Cuadro 5. Contenido de minerales y vitaminas de hojas frescas, secas y cocidas. (Por cada 100 grs). - - - - -	12
Cuadro 6. Concentración de nutrimentos de diferentes láminas foliares, peciolo y tallos de yuca. - - - - -	13
Cuadro 7. Escala de reacción para el ácido cianhídrico. (Método Guinard). - - - - -	17
Cuadro 8. Resultados de rendimiento de follaje y raíces con 3 densidades de población y 3 frecuencias de corte de hoja. - - - - -	20
Cuadro 9. Pasto Elefante en dietas para crecimiento y finalización suplementado con follaje de yuca. - - - - -	23
Cuadro 10. Efecto de la utilización de dos niveles de harina de yuca en dietas para cerdos en crecimiento y acabado. - - - - -	25
Cuadro 11. Efecto de fuentes de proteína y harina de hojas de yuca en dietas para gallinas. - - -	25
Cuadro 12. Características físicas y químicas del suelo del Rancho "La Palma" en la sabana de Huimanguillo, Tabasco. - - - - -	29

Gráfica 1.	Distribución de la precipitación pluvial, temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales, en la sabana de Huimanguillo, Tab. (1958-1978). Estación Mosquitero. - - - - -	30
Cuadro 13.	Niveles de cada factor. - - - - -	33
Cuadro 14.	Lista de tratamientos de acuerdo al diseño experimental. - - - - -	33
Cuadro 15.	Arreglo de campo de los niveles del factor (Dp/ha) - - - - -	34
Cuadro 16.	Dosis de niveles de fertilización (N-P-K). - - - - -	34
Figura 1.	Area útil de las parcelas de acuerdo a su densidad de población por hectárea (Dp/ha). - - - - -	35
Figura 2.	Distribución de las unidades experimentales en el terreno - - - - -	36
Cuadro 17.	Ruta crítica de labores durante el experimento. - - - - -	37
Cuadro 18.	Características físicas y químicas de la ceniza volcánica depositada en el Rancho "La Palma" en la sabana de Huimanguillo, Tab. - - - - -	39
Cuadro 19.	Rendimiento promedio de forraje fresco (ton/ha). - - - - -	40
Cuadro 20.	Análisis de varianza del Ier. corte con 22 tratamientos (16 del hiper-cubo y 6 prolongaciones). - - - - -	41
Cuadro 21.	Análisis de varianza del Ier. corte con 16 tratamientos (16 del hiper-cubo). - - - - -	41
Cuadro 22.	Prueba de Duncan para el primer corte - - - - -	42

Cuadro 23.	Algoritmo de Yates para el primer corte en tratamientos del hiper-cubo (16 tratamientos) - - - - -	43
Cuadro 24.	Análisis bromatológico de 8 tra-tamientos del primer corte en ba-se materia seca (toda la planta).- - - - -	44
Cuadro 25.	Análisis de varianza del 2o. cor-te con 22 tratamientos (16 del hiper-cubo y 6 prolongaciones). - - - - -	44
Gráfica 2.	Contenido proteico y rendimien-to de forraje de yuca en base a la aplicación de Nitrógeno en el 1er. corte. - - - - -	45
Cuadro 26.	Análisis de varianza del 2do. corte con 16 tratamientos (16 del hiper-cubo).- - - - -	46
Cuadro 27.	Prueba de Duncan para el 2do. corte- - - - -	46
Cuadro 28.	Algoritmo de Yates para el segundo corte en tratamientos del hiper-cubo (16 tratamientos). - - - - -	47
Cuadro 29.	Análisis bromatológico de los tra-tamientos del 2o. corte en base materia seca. (Hojas). - - - - -	48
Gráfica 3.	Contenido proteico y rendimiento de forraje de yuca en base a la aplica-ción de Nitrógeno en el 2o. corte. - - - - -	49
Cuadro 30.	Análisis de varianza para el rendi-miento total con 22 tratamientos (16 del hiper-cubo y 6 prolongaciones.- - - - -	50
Cuadro 31.	Análisis de varianza para el rendimien-to total con 16 tratamientos del hiper-cubo. - - - - -	50
Cuadro 32.	Prueba de Duncan para el rendimiento total. - - - - -	51

R E S U M E N

La yuca *Manihot esculenta* Crantz es una planta de la familia de las Euforbiaceas, que además de proporcionar gran cantidad de carbohidratos almacenados en sus raíces contiene en su follaje gran cantidad de proteínas y vitaminas que se pueden utilizar en la alimentación animal.

Actualmente no existe una tecnología para la producción de forraje de yuca; por lo cual en este trabajo se planteó encontrar una aproximación de los niveles adecuados de fertilización y densidad de población por ha sobre el rendimiento de forraje fresco de yuca.

El estudio se realizó en la sabana de Huimanguillo, Tab., en donde las condiciones edáficas impiden la producción de cultivos básicos, por lo cual se encuentra una gran superficie agrícolamente improductiva y donde la yuca tiene una gran adaptación.

El diseño utilizado fue matriz Plan Puebla I en bloques al azar con 5 repeticiones; los parámetros de evaluación fueron según los rendimientos de forraje fresco por tratamiento y su calidad según los resultados del análisis bromatológico, durante 2 fechas de corte.

Se observó una marcada respuesta a la fertilización con Nitrógeno, ya que los rendimientos y la calidad del forraje aumentan progresivamente al ir aumentando las dosis de Nitrógeno, se determinó que el nivel 120 de Nitrógeno tuvo los mejores resultados en cuanto a producción y calidad.

De igual forma, el análisis económico realizado con una tecnología factible de desarrollarse en la zona ofrece buen margen de economía al comparar el forraje de yuca seco contra otra fuente proteica vegetal como la alfalfa, la cual por ser traída de otras zonas ensilada, resulta muy costosa.

EFFECTO DE LA FERTILIZACION N-P-K Y DENSIDAD DE POBLACION (Dp/HA) SOBRE EL RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO DE YUCA (*Manihot esculenta*) EN LA SABANA DE HUIMANGUILLO, TAB.

1. INTRODUCCION

La yuca (*Manihot esculenta*) es una planta tropical perenne arbustiva que pertenece a la familia de las Euforbiaceas. La yuca es un cultivo originario de los trópicos americanos con amplio rango de adaptación a las condiciones de suelos muy ácidos y de baja fertilidad como las de las sabanas tropicales en donde otros cultivos no pueden prosperar y donde el espacio se encuentra subutilizado con ganadería de baja producción en donde los zacates y pastos nativos no aportan una alimentación balanceada al ganado ya que estos son pobres en proteínas, por lo cual es necesario el suministro de suplementos proteicos a la dieta de los animales en pastoreo.

Además, la baja productividad de los zacates se manifiesta más aún durante las épocas de sequía, presentando la necesidad de adquirir forraje en otras zonas productoras, por lo que los costos de producción son altos, lo cual se refleja en los precios de los productos pecuarios en el mercado.

La yuca tiene amplia capacidad para producir grandes cantidades de energía en forma de carbohidratos almacenando fuertes volúmenes de almidón en sus raíces, y proteínas y vitaminas

en hojas, peciolo y partes tiernas del tallo. Por lo que la planta se puede utilizar en forma total para la alimentación humana o animal.

En el Oeste de Africa, particularmente en el Congo, las hojas de yuca se consumen cocidas o hervidas; también en la zona del Amazonas en Brasil uno de los platillos de la región es el "pato de tucupí" o pato en salsa de hojas de yuca. (Morales y Pereda, 1979).

Algunos pequeños agricultores aprovechan el follaje de la planta una vez cosechadas las raíces para alimentar a sus animales.

Existen también haciendas ganaderas que se abstienen de esta práctica, no obstante, a veces afrontar escasez de forraje, por considerar a la hoja de yuca como de empleo peligroso por el contenido de ácido cianhídrico.

Sin embargo, en la mayoría de los países en donde se produce la yuca, sólo se da importancia al cultivo para la producción de raíces, desperdiciándose gran cantidad de proteínas contenidas en las hojas que pudieran complementar las raciones de carbohidratos suministradas con las raíces u otros granos básicos.

Se tiene como antecedente que existe una fórmula de fertilización y densidad de población óptimos (60-120-60; 12,500 pl/ha)

para la producción de raíz de yuca en la sabana cosechando a los 12 meses con rendimientos promedio de 30 ton/ha de raíz fresca (Sánchez, 1982). Al momento de cosechar la raíz, la producción de forraje de yuca por planta es muy baja, pudiendo solo aprovechar algunas hojas y peciolos de la planta, dada la calidad alimenticia del forraje de yuca. Y tomando en cuenta que tal tecnología no es aplicable para la producción de follaje es necesario crear una tecnología de producción de forraje de yuca bajo las condiciones de sabana tropical.

Para tal explotación se deben tener densidades de población muy altas en donde no se permitirá el desarrollo de la raíz debido a los cortes frecuentes (varias veces al año) de la parte aérea. De esta forma se incrementará la producción de forraje aprovechando toda la parte aérea de la planta (hojas, peciolos y tallos). Los tallos de la planta después del 3er. mes comienzan a lignificarse siendo totalmente leñosos a partir del 6o. mes e inutilizables como forraje.

De igual forma es necesario determinar a qué elementos y dosis responde la planta de yuca para incrementar la calidad y rendimiento de su forraje. Dado que las condiciones de nutrición de la planta deben ser diferentes según el tipo de explotación ya sea para producir raíces o forraje.

OBJETIVOS

Encontrar una primera aproximación de la fórmula óptima de fertilización (N-P-K) y densidad de población (Dp) para obtener mayor rendimiento de forraje fresco de yuca en la sabana de Huimanguillo, Tabasco.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Las sabanas

Las sabanas son grandes extensiones cubiertas de gramíneas de altura variable con arbustos espaciados y algunos árboles aislados, donde el período de reposo corresponde a la estación seca, después de la cual las gramíneas crecen muy rápidamente, no tienen alternancia estacionaria de la vegetación, no está saturada fenológicamente (Schel, 1971 citado por Olvera, S.E. 1976).

Pennigton en 1968, menciona como condición general de la vegetación de sabana a zonas cubiertas por pastizales y por unos pocos árboles achaparrados y muy distanciados espacialmente.

El suelo sería actualmente el factor que determina las zonas de sabana tanto por sus propiedades físicas de mal drenaje, sus alteraciones de alta y baja humedad, como por su profunda lixiviación. A estos factores se agrega también una marcada

alteración climática de temporada seca y lluviosa bien definida y la intensa actividad del hombre, principalmente por las quemadas anuales que provoca.

La alta concentración de aluminio en el suelo actúa en la pobreza de algunos nutrimentos como: Calcio, magnesio, fósforo y nitrógeno. Esta deficiencia en elementos nutricionales actúa selectivamente sobre la vegetación la cual puede clasificarse en plantas acumuladoras obligadas de aluminio, plantas facultativas y plantas sin acumulación. pH muy ácido es otra característica de los suelos de sabana (Puig, 1972).

Schel en 1971, citado por Olvera S.E. en 1976, en sus conclusiones sobre el origen de las sabanas expresa tres opiniones sobre la interpretación posible de su origen: Sabanas naturales, sabanas antrópicas y sabanas relictuales mantenidas por el fuego. Según este investigador, la mayoría de los autores admiten que las sabanas tropicales actuales se mantienen por los fuegos y por consiguiente no son un estado clímax.

La sabana constituye una asociación clímax, actualmente se establece sobre suelos planos y con un escaso declive de drenaje deficiente y un clima cálido, relativamente húmedo. Las sabanas clímax se han formado sobre antiguos suelos pantanosos o lacustres. La sabana en secuencia aparece a la luz de la evolución paleocológica como la etapa final de una hidroserie, etapa originada por emersión dinámica de un suelo pantanoso o lacustre; en las condiciones mesológicas actuales no parece

existir evolución ulterior a la sabana (Puig, 1972).

Pennigton en 1968, afirmó que las áreas que presentan condiciones de sabana se encuentran climáticamente relacionadas a selvas y que es edáfico el factor que determina la presencia de este tipo de vegetación, solamente que en casi la totalidad de los casos, las condiciones edáficas que permiten la presencia de sabanas en México, han sido producidas por las actividades del hombre.

2.2. Calidad alimenticia del forraje de yuca

Conviene señalar que la mayor parte de la información existente sobre el forraje de yuca ha sido obtenida tomando como base el cultivo de plantas sembradas para la producción de raíces y no específicamente para la producción de forrajes.

La proteína de la hoja de yuca es comparable a la de la alfalfa, sin embargo, se tienen desventajas en la deficiencia de aminoácidos azufrados. Las harinas elaboradas en base a hoja de yuca, además del alto contenido proteínico presentan un alto contenido de vitamina A, superior al de la harina de alfalfa. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química de las harinas de hojas y tallos de yuca y harina de alfalfa deshidratada.

INGREDIENTE	Porcentaje				
	Proteína	Fibra	Grasa	Carbohidratos.	Cenizas
Harina de yuca	16.94	22.85	3.36	40.8	5.47
Harina de alfalfa	17.0	27.0	1.5	37.0	13.0

Fuente: Moore Patrick (1976).

El mayor contenido proteico se encuentra en las hojas de la planta (Ramos-Leon y Popenoe, 1979), citados por Moore Patrick en 1976, encontraron un promedio de 25% de proteína foliar en las plantas de yuca cultivadas al Sur de la Florida. Rogers en 1959 encontró un contenido de proteína foliar entre 20.6 y 36.1% en cultivares de yuca procedentes de diversos sitios de Jamaica.

Ledon y Popenoe en 1970, citados por Moore Patrick en 1976, mostraron que el porcentaje de proteína de los tallos es considerablemente inferior (5.6%) y que ocurre una extracción de Nitrógeno de las hojas después de la formación de semilla y el engrosamiento de la raíz. Datos recolectados en el CIAT (Moore y Cock, 1976) de plantas cultivadas exclusivamente para la producción de forraje y cosechada cada 90 días, dan una mejor idea de la composición química de la planta a una edad en la cual todas sus partes son comestibles. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición química de plantas de yuca a los 90 días.

Partes de la planta	%de la planta total	M.S.	Nitrógeno	Proteína (N X 6.25)	Extracto etereo	Fibra cruda	Ceniza
Hojas	52	29.0	4.38	28.0	15.3	9.0	8.1
Peciolos	15	18.0	1.65	11.3	14.3	21.9	8.5
Tallos	33	15.7	1.76	11.0	13.0	25.2	7.8

Fuente: Ledon y Popenoe (1970).

El Cuadro 2 muestra que el contenido proteico de la porción foliar de la planta es 2 veces mayor el contenido del tallo o peciolo.

Hasta la fecha no se han determinado las fracciones proteínicas y no proteínicas de la planta, Oyenuga 1975, citado por Moore en 1976, señala que el Nitrógeno presente en la porción foliar puede representar hasta un 70% de proteína pura.

Las plantas de yuca sintetizan en sus partes verdes y en especial en sus hojas proteínas, las cuales pueden ser extraídas mediante una molienda de las hojas, luego el jugo separado de la parte fibrosa debe ser sometido a la acción del calor para permitir la coagulación de las proteínas y obtener posteriormente los concentrados proteínicos (cp); se han identificado dos tipos de fracciones proteínicas extraídas de hojas: la

cloroplasmática o verde y la citoplasmática o blanca (Morales y Pereda, 1979).

Pirie (1971), citado por Morales y Pereda en 1979, desarrolló un método por acción del calor a 80°C que permite coagular las dos fracciones proteínicas, produciendo un CP integral.

Kohler (1974), citado por Morales y Pereda en 1979, mediante coagulaciones a diferentes temperaturas logró separar la fracción cloroplasmática de la citoplasmática; al método se le conoce como Pro-xan II. Mediante este proceso se logra fijar la clorofila y los carotenos en el concentrado proteínico verde o cloroplasmático; el concentrado proteínico blanco o citoplasmático separado es de mayor valor biológico.

Cuadro 3. Valor proteínico de la parte aérea deshidratada de la planta de yuca y algunas gramíneas tropicales comparadas con torta de soya (en base materia seca).

	Hojas de yuca	Hojas y peciolos	Pasto Elefante	Pasto Guinea	Torta de soya	Niveles míni- mos de a.a. esenciales según FAO.
Proteína cruda %	27.0	20.3	8.2	4.5	45	
16 g Nitrógeno						
<u>Aminoácidos</u>						
Arginina	5.28	3.89	6.10	5.64	7.41	—
Cistina	1.37	0.98	0.51	—	1.52	—
Glicina	5.39	5.10	5.85	5.00	5.23	—
Histidina	2.47	2.32	2.54	2.82	2.39	—
Isoleucina	5.01	4.40	4.32	3.45	5.42	4.2
Leucina	10.09	8.75	8.64	7.55	6.97	4.8
Lisina	7.11	5.89	6.02	4.82	6.32	4.2
Metionina	1.65	1.83	1.86	1.36	1.52	2.2
Fenilalanina	5.82	4.37	5.42	5.82	4.79	2.8
Treonina	4.92	5.70	4.41	4.73	4.14	2.8
Triptofano	1.47	1.24	—	—	1.30	1.4
Valina	6.18	8.43	6.27	5.18	5.23	4.2
Alanina	5.98	—	—	—	—	—
Acido aspártico	10.14					
Acido glutámico	10.22					
Prolina	4.64					
Serina	5.16					
Tirosina	4.18					

FUENTE: Draft Feeding Standard, Republic of Singapore, (1972).

Según la FAO, los niveles mínimos de aminoácidos esenciales requeridos para la alimentación humana indican que la proteína de la hoja de yuca es claramente deficiente en metionina y marginal en triptofano. Los demás aminoácidos esenciales exceden los requerimientos establecidos por la FAO, con un alto nivel de lisina lo que representa el doble requeridos para la alimentación animal.

El forraje de yuca suministra además cantidades significativas de Calcio (0.88% CaO), Fósforo (1.0% P₂O₅) y Caroteno (208,000 U.I./libra) (Moore, 1976).

Abbes en 1957, reportó que la harina de hojas de yuca contiene Carotenos (300,000 U.I./libra) lo que representa una fabulosa riqueza de vitamina "A" tanto para la alimentación humana o animal, ya que las necesidades diarias de vitamina "A" para el hombre oscilan entre 4,000 - 9,000 U.I. Y se calcula que los requerimientos de vitamina "A" de gallinas ponedoras no exceden 8,000 U.I. por día.

Pratt en 1978, determinó en un estudio los niveles de proteínas y carbohidratos (Cuadro 4), y el contenido de minerales y vitaminas (Cuadro 5) entre las hojas de yuca y hojas de papa utilizadas como verdura para la alimentación humana en Sierra Leona.

Cuadro 4. Composición aproximada de hojas frescas, secas y cocidas. (por cada 100 grs).

Espece	Energía	Humedad %	Proteína cruda (g)	Grasa (g)	Fibra (g)	Carbohidratos totales (g)	Ceniza (g)
Hojas de yuca							
Frescas	370	72.7	4.8	0.4	2.3	20.6	2.5
Secas			17.4	1.4	8.3		5.6
Cocidas	894	50.8	33.7	5.7	1.6	6.9	3.9
Hojas de papa							
Frescas	330	82.8	2.6	0.6	1.3	12.1	1.9
Secas			14.9	3.3	7.8		10.9
Cocidas	1141	49.5	16.7	19.0	1.5	9.4	5.4

FUENTE: Pratt (1978).

Cuadro 5. Contenido de minerales y vitaminas de hojas frescas, secas y cocidas. (Por cada 100 g).

Espece	Hierro (mg)	Calcio (mg)	Fósforo total (mg)	Fósforo aprovechable (mg)	Caroteno (mg)	Acido Ascórbico (mg)
Hojas de yuca						
Frescas	18.3	49.6	117.0	96.8	8.1	7.8
Secas	69.6	181.6	427.0	354.4	30.6	28.2
Cocidas	20.4	107.5	416.2	377.0	40.0	7.4
Hojas de papa						
Frescas	4.0	20.3	25.2	14.1	1.7	
Secas	23.4	117.8	145.0	80.8	9.7	
Cocidas	8.6	33.2	101.5	84.8	14.3	

FUENTE: Pratt (1978).

En cuanto a la concentración de elementos primarios en la parte aérea de la planta se presentan diferencias considerables entre las partes superiores e inferiores. Las láminas de hojas jóvenes y ramas verdes superiores tienen mayor concentración de N, P y K, pero menor concentración de Ca y Mg que las láminas de hojas viejas y ramas inferiores. Los peciolo de las hojas superiores contienen más N, P y Ca pero menos K que los peciolo de las hojas inferiores; las láminas foliares contienen más N y P, pero menos K y Ca que los peciolo. (Howeler, 1981).

Cuadro 6. Concentración de nutrimentos de diferentes láminas foliares, peciolo y tallos de yuca.

Parte de la planta	N	P	K	Ca
	% M.S.			
Lámina foliar parte superior	3.84	0.23	0.80	0.45
Lámina foliar parte inferior	2.48	0.18	0.72	0.80
Peciolo hoja superior	1.68	0.17	1.04	1.13
Peciolo hoja inferior	1.40	0.08	1.15	1.02
Rama joven parte superior	1.36	0.16	0.49	1.40
Rama joven parte inferior	1.28	0.06	0.40	0.45
Rama primaria	1.00	0.05	0.57	0.37
Madera tallo principal	0.76	0.07	0.40	Trazas
Feloderma del tallo principal	1.12	0.06	1.81	0.85

FUENTE: Cours et al, (1953), citado por Howeler (1981).

2.3. Toxicidad del forraje de yuca. Detección y eliminación.

El forraje y la raíz de yuca contienen el glucósido cianogénico llamado linamarina que es fácilmente desdoblado por la linamarasa, que es una enzima presente en forma natural en la planta, de donde se libera el ácido cianhídrico (HCN). (Moore, P. 1976).

El ácido cianhídrico se acumula en la sangre de los animales y tiene afinidad por el hierro y cobre de la hemoglobina, ocurriendo una muerte por asfixia; su detoxificación ocurre por la formación de tiocianatos por la acción de la enzima Rhodanasa, los cuales son eliminados por la orina. (Gómez, G. 1982).

Esta formación del ácido cianhídrico también ha sido asociada al mal funcionamiento de la tiroides, ya que se bloquea la utilización del yodo, lo que origina que la glándula crezca más de lo normal produciendo el bocio, y al agotamiento de aminoácidos con contenido de azufre como la metionina y cistina. (Coursey y Halliday, 1974). No se ha aclarado aún si el HCN que normalmente se encuentra en la yuca, produce efectos tóxicos en animales domésticos o si simplemente obstruye la utilización de algún nutrimento que podría agregarse a la dieta para contrarrestar deficiencias. (Moore, P. 1976).

Según Ross y Enriquez, 1969, citados por Moore, P en 1976, la harina de hoja de yuca (554 ppm de HCN) en cantidades superiores al 10% de la ración, retarda el crecimiento de pollitos.

Eggum, Hutagalum y Maner, 1972, citados por Moore, P. en 1976, al mejorar la calidad y digestibilidad de la proteína en la dieta mediante la adición de metionina, demostraron que en dietas a base de yuca suministradas a animales monogástricos, la metionina es un factor limitante.

Con el fin de verificar el hecho de que el factor del forraje de yuca no causa problemas fisiológicos en los rumiantes, Moore y Cock en 1976, hicieron un estudio utilizando 4 novillos alimentados con forraje de yuca por espacio de 2 meses, durante los cuales no observaron desordenes visibles en los animales. Los niveles de tiocianato en la sangre de los animales alimentados con yuca fresca (3.9 mg/%) fueron 3 veces mayores (1.29 mg/%) a los de terneros alimentados en praderas de pasto Pará.

En otra prueba, se alimentó un pequeño grupo de ovejas con dieta a base de forraje de yuca sin observar efectos nocivos.

Hill, 1973, citado por Moore, P. en 1976, informó que dietas con base en forraje de yuca no producían ningún efecto nocivo en ganado vacuno ni ovino.

La gran mayoría de los pastos tropicales y leguminosas son deficientes en aminoácidos con contenido de azufre en sus macromoléculas. Para los rumiantes esto no constituye una limitante, ya que estos aminoácidos los sintetizan las bacterias de la flora ruminal y al morir éstas, quedan disponibles estos aminoácidos para el rumiante. En monogástricos, la ración debe

incluir los principales aminoácidos esenciales, dado que éstos no pueden ser sintetizados por los animales. (Izquierdo, 1982).

Vitti en 1971 demostró que la deshidratación del forraje de yuca reduce los niveles de ácido cianhídrico hasta un punto que no resulta tóxico.

Juárez en 1955, utilizó el Método Guinard para detectar HCN no solo en forraje de yuca sino en cualquier otro forraje. El proceso está basado en la descomposición de los glucósidos por el agua que desdobla al compuesto generalmente en un azúcar con desprendimiento del HCN libre que se volatiliza y puede ser señalado por un indicador.

Si el producto no contiene HCN el indicador no cambia de color, si hay HCN el color cambiará desde una ligera coloración rojiza hasta un rojo ladrillo de acuerdo a la cantidad de HCN presente.

Cuadro 7. Escala de reacción para el ácido cianhídrico.
(Método Guinard).

Grados	Tipo de reacción	Color del papel
0	Reacción negativa	Amarillo paja
1	Vestigios	Amarillo oscuro
2	Reacción muy débil	Tinte anaranjado
3	Reacción débil	Anaranjado oscuro
4	Reacción regular	Rojo oscuro
5	Reacción intensa	Rojo muy oscuro
6	Reacción fuerte	Rojo ladrillo
7	Reacción muy fuerte	Rojo ladrillo oscuro

FUENTE: Juárez, G. (1955).

Se estima que valores iguales o mayores que grado 4 se consideran peligrosos. Juárez, G. en 1953, encontró oscilación de 4 a 6 grados en hojas de variedades Peruanas de una edad de 217 y 305 días, lo que las hacía peligrosas e inutilizables en este estado para la alimentación de los animales.

El principio de neutralización del HCN está basado en su pérdida por volatilización, se puede realizar la henificación o

ensilaje del forraje, ya sea entero o picado. (Juárez, G. 1955).

Al picar el forraje se facilita el secado y rápida volatilización del HCN, para lograr ésto, el forraje cosechado se puede pasar por una picadora de pastos, el secado puede ser natural al sol o artificial en secadoras, una vez seco estará libre de cualquier indicio de HCN, y se podrá moler para elaborar harina que se podrá almacenar por tiempo indefinido sin que pierda su calidad alimenticia o se podrá empacar con los mismos resultados. (Diversos autores).

2.4. Aspectos de producción

Conceicao en 1960, mostró que ciertas variedades son mejores productoras de forraje que otras y sugiere que puede existir una correlación negativa entre la producción de raíces y la producción de forraje; además, sugiere que la mejor época de corte de forraje de yuca es entre 3 y 4 meses de edad.

Es de esperar una disminución en el crecimiento de la raíz al cosechar las ramas 3 veces al año; al no cosechar las ramas no se compara la producción de raíces (Moore, 1976).

Ahmad (1973) citado por Moore, P. en 1976, obtuvo 7.3 toneladas de hojas (peso seco) al año cosechado cada 10 semanas de una hectárea, lo cual redujo la producción de raíces a casi la mitad de lo normal.

Los resultados preliminares obtenidos en el CIAT (Cock, 1976) sin selección intensiva de variedades, indican que en un año se pueden obtener hasta 20 ton/ha de materia seca de forraje, ésto se logró aumentando la población de 10,000 plantas/ha (población normal para la población de raíces) a 111,000 plantas/ha.

La planta se puede cosechar desde los 90 días, lo cual equivale a 4 podas al año. Ensayos posteriores en el CIAT utilizando parcelas pequeñas con espaciamientos de siembra de 30 X 30 cm, se obtuvo un rendimiento de materia seca de más de 30 ton/ha durante 11 meses y con 4 cosechas; con 3 cosechas el rendimiento se redujo a poco más de 25 ton/ha. Cuando el espaciamiento de siembra se aumentó a 60cm X 60 cm se redujo aún más el rendimiento obteniendo 16 ton/ha.

Se debe anotar que estos rendimientos se obtuvieron con parcelas pequeñas bajo manejo intensivo y en suelos fértiles.

En un estudio realizado en Perú, Juárez, G. en 1955, evaluó los rendimientos tanto de hoja como de raíz de 16 variedades criollas peruanas. El corte de hoja fue de dos formas; una realizando dos cortes durante el ciclo, el primer corte a los 8 meses de edad y a los 12 meses cosechando hojas y raíces; otra fué cortando la hoja a los 12 meses al momento de cosechar las raíces. Cuando se realizaron dos cortes de hoja el rendimiento de las raíces disminuyó desde un 15-70% y el rendimiento de las hojas aumentó del 30-150%.

En Venezuela, Montalvo, A. en 1976, evaluó el rendimiento de la producción de forraje y de raíces con 3 distintas densidades de población: 1). 31,250 pl/ha; 2). 15,625 pl/ha y 3). 10,412 pl/ha, cada una con 3 frecuencias de cortes de hoja: 1). 4, 8, 12 meses y cosecha raíz a los 12; 2). 8, 12 meses y cosecha de raíz a los 12; 3). 12 meses corte de hoja y cosecha de raíz. El autor concluyó que el rendimiento de raíces no se afecta cosechando el follaje a los 8 y 12 meses, debido a que las raíces han desarrollado casi totalmente.

Cuadro 8. Resultados de rendimiento de follaje y raíces con 3 densidades de población y 3 frecuencias de corte de hoja.

Parámetro	Frecuencia 1 4-8-12 meses hojas 12 meses raíz	Frecuencia 2 8-12 meses hojas 12 meses raíz	Frecuencia 3 12 meses hojas 12 meses raíz
Rend.Prom. (3 D.P.) Follaje fresco (ton/ha)	58.9	55	39.4
Rend. D.P. 31250/ha Follaje fresco (ton/ha)	64.6	63.6	
Rend.Prom. (3 D.P.) Follaje seco (ton/ha)	13.7	12.0	9.7
Rend. D.P. 31,250/ha Follaje seco (ton/ha)	14.5		
Rend. Prom. (3 D.P.) Raíces frescas (ton/ha)	8.7		18.0
Rend. D.P. 15625/ha Raíces frescas (ton/ha)			21.8

FUENTE: Montalvo (1976).

En Costa Rica, Loria, W. en 1962, determinó que el efecto del tamaño de la estaca es altamente significativo, obteniéndose mayores producciones de follaje con estacas de 60 cm de largo, y las diferentes posiciones de la estaca al sembrarla (acostada, inclinada, vertical) no influyen en la producción de follaje.

Meyreles en 1977, en un experimento de producción de forraje de yuca demostró que en plantas de la misma edad, pero a mayor densidad de población existen menores proporciones de tallo y que éste está menos lignificado. Al aumentar la edad del segundo corte de 3 a 5 meses el % de tallo se incrementó y la proporción de hojas disminuyó al igual que los peciolo. El contenido proteico disminuye con la edad y fue menor en el segundo corte en hojas, peciolo y tallos; el contenido de materia seca no varió en hojas con la edad al segundo corte pero aumentó en tallos y peciolo.

Para su producción, es posible utilizar riego en zonas secas y fertilizantes en suelos pobres e infértiles; también, es posible adaptar una tecnología de producción de gramíneas o alfalfa para producir y procesar forraje de yuca (Weeb, 1978).

Uno de los problemas más graves para la explotación de la yuca como forraje es la gran cantidad de material vegetativo que se necesita para establecer una superficie, ya que se necesitan aproximadamente 8 veces más la cantidad de estacas de 20 cm/ha que las requeridas para obtener raíces, lo cual hace

muy difícil y costoso, el manejo del material de siembra. Por lo que se estudió el efecto sobre el rendimiento de forraje de yuca a partir de 3 tamaños de estacas de 5, 10 y 20 cm. (Legorreta, 1982, sin publicar).

Algunos resultados preliminares, indican que sí es factible utilizar estacas de 10 cm de longitud y de esta forma, disminuir en un 50% los costos del material de siembra, su manejo y preparación, sin afectar significativamente los rendimientos.

2.5. Utilización del forraje de yuca en la alimentación animal.

No hay suficientes conocimientos acerca del valor nutricional de la yuca como forraje. Se presentan las ventajas del forraje de yuca como una fuente de proteína que compite eficientemente con otras fuentes de proteína vegetal. Su producción de materia seca es muy alta en comparación con otras plantas tropicales ricas en proteína, lo cual hace muy atractiva su utilización como forraje (Moore, P. 1976).

Echandi en 1952, demostró que la harina de forraje de yuca es casi equivalente a la harina de alfalfa; en un lote de vacas lecheras en pastoreo cuya alimentación fue suplementada con harina de yuca produjo de 90-96%, la cantidad de leche producida por animales suplementados con harina de alfalfa.

Zapata en 1977 comparó la suplementación de una fuente proteica con hojas de yuca contra harina de alfalfa o con una ración a base de concentrados. Los aumentos de peso de novillos y producción de leche fueron igualmente buenos y se obtuvo una economía del 46-72% al utilizar forraje de yuca.

Tomando en cuenta que la harina de alfalfa es importada por gran parte de los países tropicales de Latino América, esto resulta ser un ingrediente muy costoso a pesar de producir un poco más de leche por kilogramo consumido. (Moore, P. 1976).

Con el fin de evaluar los efectos del forraje de yuca fresca, se diseñó un experimento (Cock y Moore, 1976) en el cual se alimentaron novillos de 250 kg de peso, en tres corrales (A,B,C) con distintas dietas. (Cuadro 9).

Cuadro 9. Pasto Elefante en dietas para crecimiento y finalización suplementado con forraje de yuca.

Parámetro	D I E T A		
	A Pasto Elefante solo	B 75% P. Elefante 25% Forraje yuca	C 50% P. Elefante 50% Forraje yuca
Peso inicial (Kg)	265.5	276.3	270.0
Peso final (Kg)	342.5	392.7	379.0
Promedio de ganancia diaria(g)	306.0	461.0	445.0
Consumo de Materia seca (Kg/día)	5.4	6.3	6.1
Proteína cruda (N x 6.25)	6.0	9.7	13.0
Eficiencia alimenticia	17.6	13.7	13.7

FUENTE: Cock y Moore (1976).

El aumento de peso de los grupos B y C fue 30% mayor que el de los animales del grupo A, el aumento del grupo B fue 4% mayor que el del grupo C, lo cual sugiere que el nivel proteico de la ración B era el adecuado y que la energía constituyó un factor limitante en la ración C.

El consumo por Kg de ganancia de los animales alimentados únicamente a base de pasto elefante (dieta A) fue 22% más alto (17.6 kg por aumento de kg peso vivo) que el de los grupos B y C (B. 7%).

El ganado bovino puede ser alimentado económicamente con una dieta basada en melaza/urea y usando forraje de yuca como una fuente de energía y proteína (Fernández, 1978).

La hoja de yuca tanto en alimento solo como en combinación con otros alimentos para animales es aceptable fácilmente por los carneros y proporciona una rica fuente de proteínas que es eficientemente utilizada por los carneros para el almacenamiento en los tejidos. (Bell, 1981).

En otro estudio (Gómez, G. 1976) realizado con cerdos en crecimiento y acabado se utilizaron dos niveles de harinas de hojas (20 y 40% en las dietas) y adicionados de melaza de caña para mejorar la palatabilidad de las raciones. Se observó que la utilización de niveles crecientes de harina de hojas de yuca tiende a reducir los rendimientos de cerdos durante los períodos de crecimiento y finalización. Sin embargo, los resultados

obtenidos con el nivel de 20% de harina de hojas y aún con el 40% son aceptables. (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto de la utilización de dos niveles de harina de yuca en dietas para cerdos en crecimiento y acabado.

Parámetro	Testigo T. soya	Harina de hojas de yuca	
		20%	40%
Peso inicial (kg)	15.1	15.1	15.3
Peso final (kg)	101.1	94.83	92.65
Ganancia diaria	2.32	2.44	2.59
Alimento/ganancia	3.2	4.3	4.7
Días experimento	119	119	119

FUENTE: Gómez, G. (1976).

También se ha estudiado (Jalaludin y Leog 1973) la utilización de la harina de hoja de yuca en la alimentación de aves de corral.

Cuadro 11. Efecto de fuentes de proteína y harina de hojas de yuca en dietas para gallinas.

Parámetro	% harina de hojas de yuca			
	0	50	60	60*
Producción de huevos(%)	86	56	72	42
Promedio peso de huevo(g)	57	50	54	53
Mortalidad	0	0	0	0

* Harina de pescado en la dieta.

FUENTE: Jalaludin y Leog (1973).

Montilla, J. en 1977 concluyó que el uso de materiales como el follaje de yuca en raciones para pollos de engorde, permitirá incrementar la cantidad de carne de pollo lograda por hectárea.

Ravelo, G. en 1977, informó que todos los ensilajes que contienen forraje de yuca tenían una apariencia excelente y buen olor y fueron considerados superiores a las muestras anteriores de caña ensilada. Parece que la inclusión de forraje de yuca y urea en caña de azúcar ensilada mejora los productos finales en términos de concentración de ácido láctico y un mayor grado de conservación de los azúcares originales en la caña.

La mayoría de los autores han trabajado sin selección de variedades para sus estudios de utilización, por lo cual se sugiere que si se realizara selección de variedades forrajeras de yuca en cuanto a producción y calidad alimenticia, los ensayos de nutrición animal con forraje de yuca podrían ser más satisfactorios, por lo cual se seleccionaron 20 variedades del Banco de Germoplasma de yuca del CIAT. Y según resultados preliminares hay grandes diferencias varietales en cuanto a producción, calidad alimenticia y contenido de ácido cianhídrico entre diferentes variedades de yuca, por lo cual es factible mejorar los resultados en experimentos de utilización y en explotaciones comerciales de forraje de yuca (Legorreta, 1982, sin publicar).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1. Localización

La sabana de Huimanguillo, Tab., geográficamente se localiza 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 la Chontalpa, abarcando parte de los municipios de Huimanguillo, Tab. y Las Choapas, Ver. con una superficie aproximada de 140,000 hectáreas (Calderón, 1972).

3.1.2. Vegetación

Los componentes arboreos principales alcanzan una altura de 27 metros y son:

Guiro (*Crescentia cujeta*)
 Tachicón (*Curatella americana*)
 Nancne (*Byrsonima crassifolia*)
 Tocooy (*Cocoloba* sp)
 Encino Prieto (*Quercus cleoides*).

El estrato inferior está ocupado por gramíneas, las cuales ocupan un 80-90% de la superficie total encontrándose principalmente los géneros: *Paspalum*, *Andropogon*, *Axonopus*, *Panicum*, *Trichachne* y *Heteropogon*. También hay algunas leguminosas de los géneros *Vesmodium* e *Indigofera* (Pérez, 1977 citado por Rivera, G. en 1980).

Dentro de la sabana se distribuyen a manera de islas otras asociaciones vegetales, tales como las selvas altas de canchan, selvas altas de volador (*Vochysia guatemalensis*) y palmares de tasiste (*Paurotis weightii*), las cuales se originan por diferencias edáficas (COTECOCA, 1968).

3.1.3. Suelos

Los suelos son profundos, el horizonte "A" está de 0 a 40 cm de profundidad y es de textura franca o franca arenosa de color pardo oscuro o gris oscuro, con estructura granular chica y consistencia suave; el horizonte "B" está de 40 a más de 100 cm de profundidad y es de textura franco-arenosa, de color amarillo rojizo o rojo amarillento, sin estructura y de consistencia suave; presenta gran cantidad de moteaduras; así como franjas rojizas, amarillentas o blancas. El drenaje en el horizonte "A" es bueno y en el horizonte "B" es malo (como lo manifiesta el aspecto moteado). Estos suelos son ricos en materia orgánica (COTECOCA, 1968).

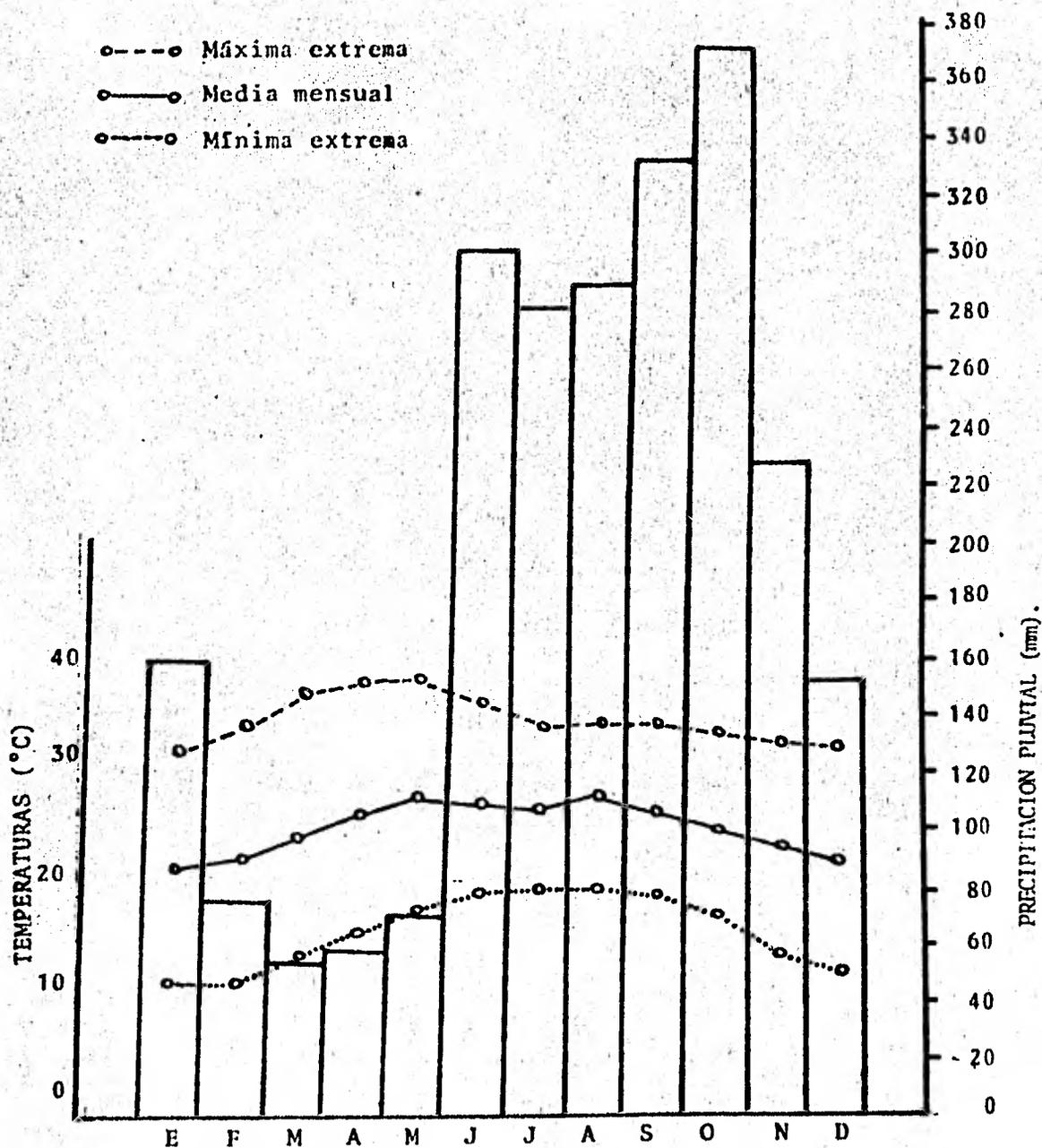
Sus suelos presentan un alto grado de acidez de 4.6 a 5.4 y son deficientes en fósforo y calcio (Calderón, 1972). Y de baja a mediana capacidad de intercambio catiónico con un valor de 4.3-15.3 meq/100 gr. de suelo (Pérez, 1917 citado por Rivera, G. en 1980).

Cuadro 12. Características físicas y químicas del suelo del Rancho "La Palma"* en la sabana de Huimanguillo, Tabasco**.

Parámetros evaluados	Número de muestra			
	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	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

* lugar donde se estableció el experimento.

**Análisis realizados por la Unidad de Laboratorios de Suelos del CIACOC-INIA (1981).



GRAFICA 1. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION PLUVIAL, TEMPERATURAS MAXIMAS, MINIMAS Y MEDIAS MENSUALES, EN LA SABANA DE HUIMANGUILLO, TAB. (1958-1978). ESTACION MOSQUITERO.

3.1.4. Clima

El clima es Am de acuerdo con la clasificación de Koeppen modificado por García (1964), con una precipitación de 2,382 mm anuales y una temperatura media anual de 25.9°C. Estos datos son un promedio de 21 años que comprende de 1958-1978 de la estación meteorológica de Mosquitero situada en el centro de la sabana de Huimanguillo, Tabasco (Gráfica 1).

3.2. Ubicación del experimento

El área donde se realizó el experimento se ubica en el Rancho "La Palma", situado en el kilómetro 25 de la carretera Huimanguillo-Francisco Rueda, municipio de Huimanguillo, Tabasco.

El lugar nunca había sido utilizado para la agricultura, pues era un potrero que había estado sujeto a ganadería extensiva representativa de la zona, encontrándose las gramíneas forrajeras *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum*, *Axonopus* sp. y *Andropogon* sp.

La superficie que cubrió el experimento fue de 6,000 m², sobre un relieve con una pendiente ligera, por lo cual no presenta problemas de inundación en ninguna época del año.

3.3. Diseño experimental y tratamientos

Para evaluar con exactitud la interacción entre los niveles de fertilización (N-P-K) y densidad de población/ha (Dp/ha) se utilizó el diseño experimental matriz Plan Puebla I en bloques al azar con 5 repeticiones.

En el experimento se tienen 4 factores:

1. Nitrógeno (N)
2. Fósforo (P)
3. Potasio (K)
4. Densidad de población/ha (Dp/ha).

3.4. Arreglo de campo y fertilización

Se tienen 25 tratamientos, cada uno de los cuales con 5 repeticiones; por lo que en total fueron 125 unidades experimentales. El tamaño de cada unidad experimental (U.E.) fue de 48m^2 (6 X 8).

Cuadro 13.

Niveles de cada factor

N	P	K	Dp/ha
30	0	0	80,000
60	60	30	83,250
90	120	60	95,000
120			111,000

Cuadro 14. Lista de tratamientos de acuerdo al diseño experimental.

Número	Interacción				
	N	P	K	Dp/ha	
1	60	60	30	83,250	(1)
2	60	60	30	95,000	Dp/ha
3	60	60	60	83,250	K
4	60	60	60	95,000	K-Dp/ha
5	60	120	30	83,250	P
6	60	120	30	95,000	P-Dp/ha
7	60	120	60	83,250	P-K
8	60	120	60	95,000	P-K-Dp/ha
9	90	60	30	83,250	N
10	90	60	30	95,000	N-Dp/ha
11	90	60	60	83,250	N-K
12	90	60	60	95,000	N-K-Dp/ha
13	90	60	30	83,250	N-P
14	90	120	30	95,000	N-P-Dp/ha
15	90	120	60	83,250	N-P-K
16	90	120	60	95,000	N-P-K-Dp/ha
17	30	60	30	83,250	N abajo
18	120	120	60	95,000	N arriba
19	60	0	30	83,250	P abajo
20	60	60	0	83,250	P arriba
21	60	60	30	80,000	Dp/ha abajo
22	90	120	60	111,000	Dp/ha arriba
23	0	0	0	95,000	Testigo
24	0	0	0	111,000	Testigo
25	0	0	0	80,000	Testigo

Cuadro 15. Arreglo de campo de los niveles del factor (Dp/ha).

Dp/ha	Distancia entre hileras (cm)	Distancia entre plantas (cm)	No. de plantas por U-E.	No. de plantas área útil/U.E.
80,000	50	25	384	300
83,250	40	30	405	325
95,000	35	30	459	375
111,000	30	30	540	450

Ver Figura 1.

Cuadro 16. Dosis de niveles de fertilización (N-P-K)*

Elemento Dosis/ha	Kg/ha fertilizante			Gr/U.E. fertilizante		
	N	P	K	N	P	K
30	65	—	50	312	—	240
60	130	130	100	624	624	480
90	195	—	—	936	—	—
120	260	260	—	1248	1248	—

* Las fuentes de fertilización utilizadas fueron:

N: Urea - 46% N.

P: Superfosfato de calcio triple - 46% P_2O_5 .

K: Cloruro de Potasio - 60% K_2O .

figura 1 AREA UTIL DE LAS PARCELAS DE ACUERDO A SU DENSIDAD DE POBLACION POR HECTAREA (Dp/ha)

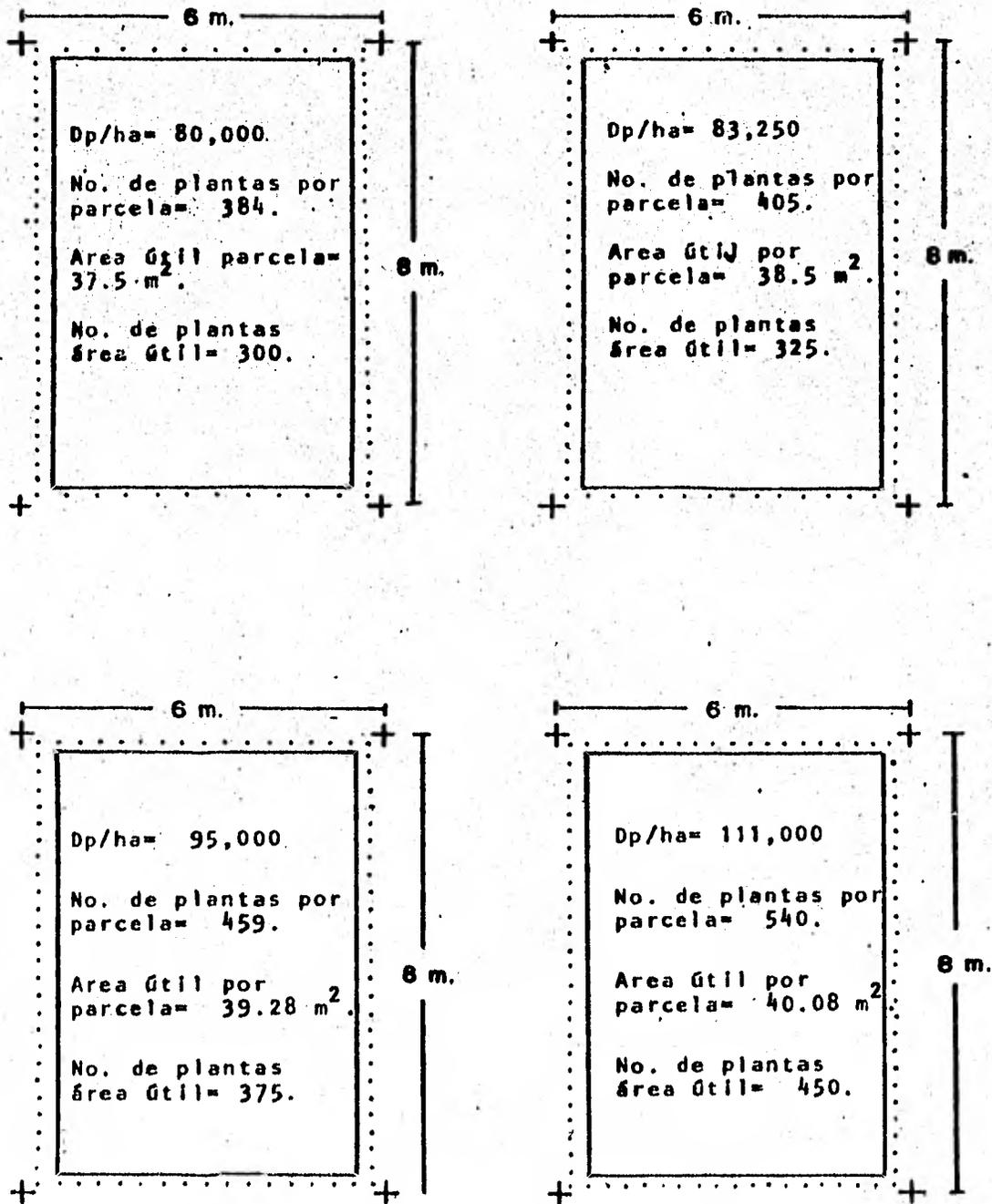
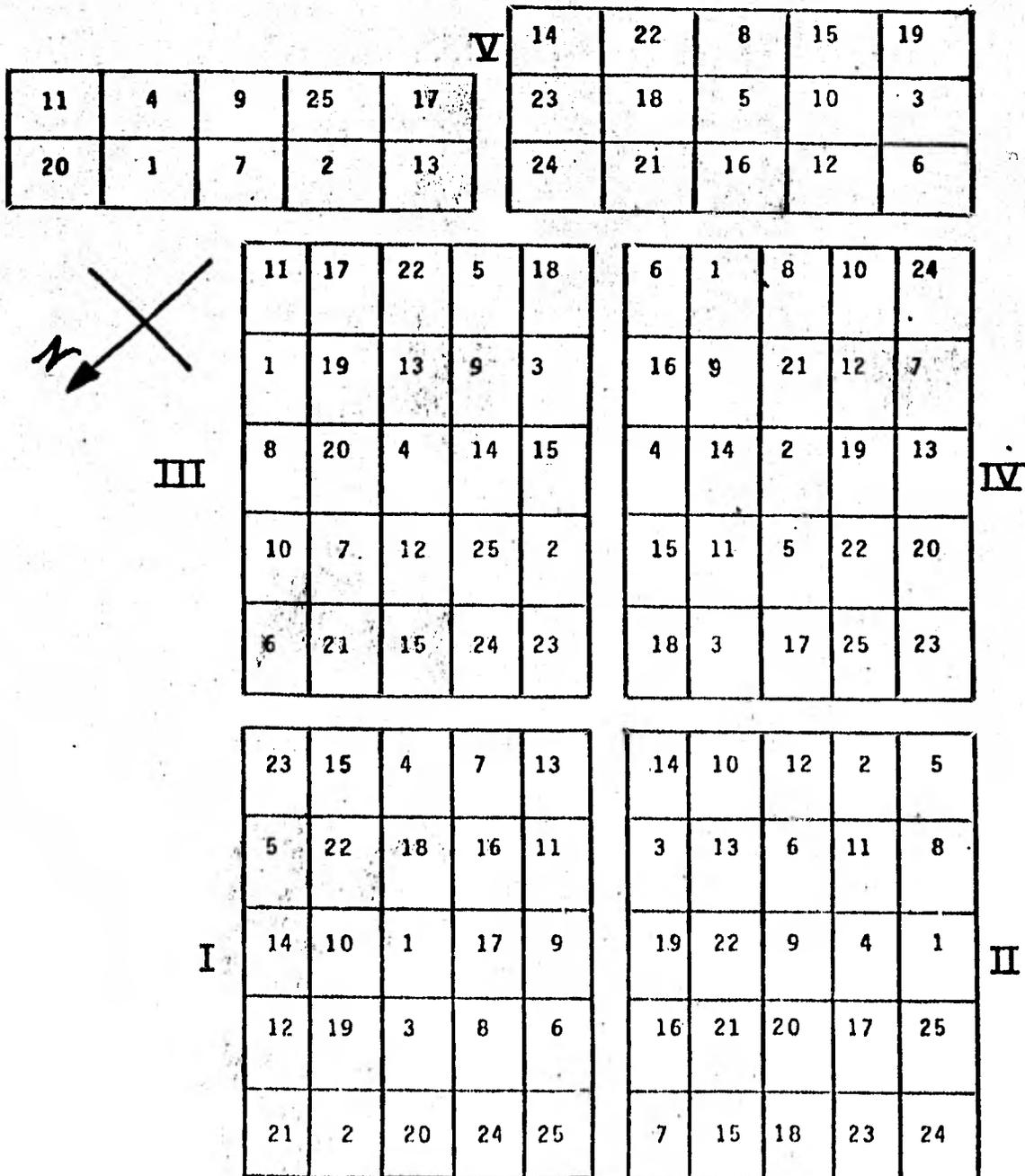


Figura 2 DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES EN EL TERRENO.



3.5. Ruta crítica

Cuadro 17. Ruta crítica de labores durante el experimento.

Días	Labor	Materiales	Método
0	Preparación del terreno	Maquinaria e implementos agrícolas.	Barbecho profundo rastra y cruz.
2	Corte de varetas	Lote de plantas variedad M-Mex 60.	Corte con machete de varetas de 1 m de long.
4	Corte de estacas para la siembra	Machetes	Corte de varetas a estacas de 20cm.
5	Tratamiento de estacas	500 g Benlate 500 g Manzate 400 cc Malathion 1000 400 lts de agua	Sumergiendo las estacas en la solución 15 minutos.
6	Siembra	Cadenas de siembra estacas tratadas	Enterrando la estaca 2/3 partes e inclinada con las yemas hacia arriba.
26	Ira. fertilización	Urea Superfosfato triple cloruro de potasio	Mezclado para cada U.E. y aplicado en banda a 10 cm de la hilera.
36	Control de malezas	Machete	No fue necesario.
50	Control de plagas	Control manual	Colecta de algunas larvas de gusano de cuerno (<i>Erynnis ello</i>)
73	Erupción volcánica	Deposición de 20 ton/ha de ceniza volcánica en el sitio.	Análisis químico de las cenizas.

Fases	Labor	Materiales	Método
6	1er. corte de follaje	Machetes	Cortando parte aérea de la planta y dejando estacas para rebrote.
5	Peso fresco de follaje	Bascula y sacos	Peso plantas área útil/U.E.
7	Análisis bromatológico.	Laboratorio de Bromatología del C.S.A.T.*	De ocho diferentes tratamientos contrastantes.
5	2da. fertilización	Urea Superfosfato triple Cloruro de potasio	Mezclado para cada U.E. y aplicado en banda a 10 cm de la hilera.
	Control de malezas	Machete	Únicamente entre las calles del experimento.
	Control de plagas	1.5 kg Dipterex/ha 150 lts agua 2 aspersoras de motor	Control de larvas de gusano de cuerno.
	Control de plagas	100 c.c. Ambush/ha 150 lts agua 2 aspersoras de motor	Control de larvas de gusano de cuerno
	2o. corte de follaje	Machetes	Cortando parte aérea de la planta.
	Peso fresco de follaje	Báscula y sacos	Peso plantas área útil de cada U.E.
	Análisis bromatológico	Laboratorio de Biotecnología del C.I.E.A.I.P.N.** 10 diferentes tratamientos contrastantes.	

olegio Superior de Agricultura Tropical.

Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Inst. Politécnico Nacional.

Cuadro 18. Características físicas y químicas de la ceniza volcánica depositada en el Rancho "La Palma" en la sabana de Huimanguillo, Tab.

Cantidad ton/ha	Tamaño de partícula del material predominante (mm).	Color (seco)	Densidad aparente (g/cm ³)	pH							
20	0.075	104R8/1 (blanco)	0.80	7.0							
Contenido (mg/kg ceniza)							Contenido (%)				
N	P	K	Ca	S	Na	Mg	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaCO ₃
477	1320	73	950	2760	276	18	6.02	3.15	4.08	4.42	0.45

FUENTE: Pastrana, A.L. C.S.A.T. 1982.

4. RESULTADOS

Cuadro 19. Rendimiento promedio de forraje fresco (ton/ha).

No. Tratamiento	1er. corte	2o. corte	Rendimiento total
1	1.991	12.891	14.882
2	2.302	12.017	14.399
3	2.396	16.298	18.694
4	2.447	13.869	16.317
5	2.669	13.467	16.136
6	2.198	14.610	16.808
7	2.201	12.062	14.264
8	2.320	12.286	14.607
9	2.409	17.752	20.162
10	2.447	18.539	20.987
11	2.680	19.381	22.061
12	2.353	19.993	22.345
13	2.609	17.409	20.019
14	2.789	18.088	20.877
15	2.807	18.749	21.556
16	2.784	20.733	23.517
17	1.768	7.338	9.106
18	3.414	24.883	28.298
19	1.589	5.793	7.382
20	1.965	11.107	13.072
21	2.358	13.089	15.448
22	2.771	21.780	24.552
23	1.094	2.254	3.348
24	1.334	2.092	3.427
25	1.076	2.247	3.324

Cuadro 20. Análisis de varianza del Ier corte con 22 tratamientos (16 del hipercubo y 6 prolongaciones).

Factor de variación	Suma de Cuadrados	G.L.	Varianza	Fc	Ft		Significancia
					0.05	0.01	
Entre tratamientos.	16,649	21	0.793	4.72	1.88	2.29	**
Entre repeticiones	9.330	4	2.333	13.89	3.01	4.14	**
Error	14.105	84	0.168				
Total	40.084	109					

** Altamente significativo.

S.D. = 0.410

C.F. = 16.92 %

\bar{X} = 2.422.

Cuadro 21. Análisis de varianza del Ier corte con 16 tratamientos (16 del hipercubo).

Factor de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Varianza	Fc	Ft		Significancia
					0.05	0.01	
Entre tratamientos	4.302	15	0.287	1.85	2.11	2.65	N.S.
Entre repeticiones	10.031	4	2.508	16.22	3.01	4.14	**
Error	9.275	60	0.155				
Total	23.608	79					

N.S. No significativo

** Altamente significativo.

S.D. = 0.393

C.F. = 15.95%

\bar{X} = 2.464.

Quadro 22. Prueba de Duncan para el primer corte.

No. Tratamiento	Rendimiento ton/ha	Grupos
18	3.415	a
15	2.807	b
14	2.789	b
16	2.784	b
22	2.772	b
11	2.680	b
5	2.669	b
13	2.610	b
4	2.448	b
10	2.448	b
9	2.410	b
2	2.382	b
21	2.359	b
12	2.354	b
3	2.324	b
8	2.321	b
7	2.202	b
6	2.198	b
1	1.992	c
20	1.965	c
17	1.768	c
19	1.589	c

$$S \bar{X} = \frac{0.168}{5} = 0.183 \times t.$$

Algoritmo de Yates para el primer corte (16 tratamientos del hipercubo).

$$CME = 0.155$$

$$G.L.E. = 84$$

$$r = 5$$

$$n = 4.$$

$$E.E. = t \frac{CME}{2^n - r}$$

$$E.E. = t \frac{0.155}{20}$$

$$t_{\alpha} 0.05 = 1.989$$

$$E.E_{\alpha} 0.05 = 0.175$$

$$t_{\alpha} 0.01 = 2.638$$

$$E.E_{\alpha} 0.01 = 0.232$$

Cuadro 23. Algoritmo de yates para el primer corte en tratamientos del hipercubo (16 tratamientos).

No. Tratamientos	Interacción	Efectos promedio	significancia
1	(1)	2.464	\bar{X}
2	Dp/ha	0.013	N.S.
3	K	0.052	N.S.
4	K-Dp/ha	0.040	N.S.
5	P	0.168	N.S.
6	P-Dp/ha	0.062	N.S.
7	P-K	0.090	N.S.
8	P-K Dp/ha	0.137	N.S.
9	N	0.293	* *
10	N-Dp/ha	0.046	N.S.
11	N-K	0.038	N.S.
12	N-K-Dp/ha	0.102	N.S.
13	N-P	0.107	N.S.
14	N-P-Dp/ha	0.173	N.S.
15	N-P-K	0.096	N.S.
16	N-P-K-Dp/ha	0.096	N.S.

N.S. = No significativo

* * = Altamente significativo.

No se realizó diferencia mínima significativa (DMS) en las 6 prolongaciones, debido a la alta significancia (* *) encontrada en el tratamiento 9 con el algoritmo de yates.

Cuadro 24. Análisis bromatológico de 8 tratamientos del primer corte en base materia seca (toda la planta).

No.	Tratamiento	Materia seca %	N total %	Proteína cruda %	Extracto etero %	Cenizas %	Fibra cruda %	Materia orgánica %
1	60-60-30-83,250	94.78	2.73	17.06	7.86	7.29	21.96	87.49
8	60-120-60-95,000	94.80	2.40	15.00	7.80	7.96	22.35	86.84
9	90-60-30-83,250	95.01	2.85	17.81	8.67	6.76	23.07	88.25
16	90-120-60-95,000	94.59	2.93	18.31	8.98	7.46	22.11	87.13
18	120-120-60-95,000	95.08	3.33	20.81	9.01	7.08	20.88	88.00
19	60-0-30-83,250	95.57	2.41	15.06	8.03	6.59	21.64	88.98
20	60-60-0-83,250	95.46	2.45	15.31	9.06	7.22	21.41	88.24
23	0-0-0-95,000	95.72	2.03	12.69	9.21	6.68	21.96	89.04

Análisis efectuados en el Laboratorio de Bromatología del C.S.A.T. 1982.

Cuadro 25. Análisis de varianza del 2o. corte con 22 tratamientos (16 del hipercubo y 6 prolongaciones).

Factor de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Varianza	F _c	F _t		Significancia
					0.05	0.01	
Entre trata- mientos.	2303.671	21	109.651	16.04	1.88	2.29	**
Entre repeti- ciones.	157.878	4	39.47	5.77	3.01	4.14	**
Error	574.387	84	6.838				
Total	3,034.936	109					

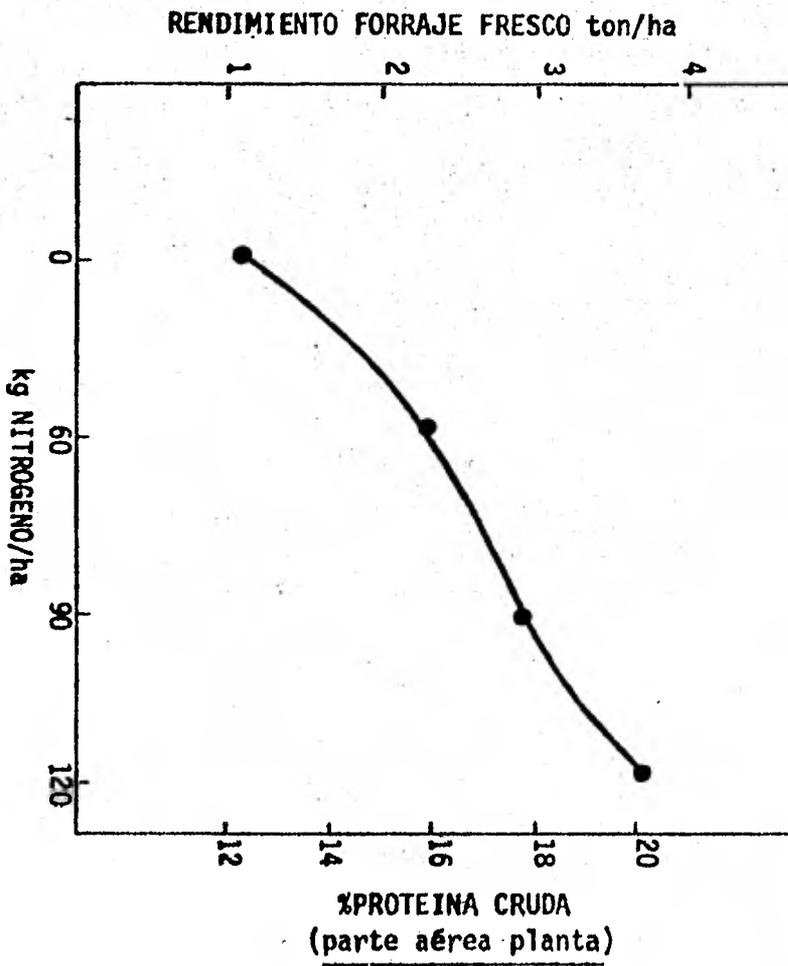
** = Altamente significativo.

S.D. = 2.615.

C.V. 16.815%.

\bar{X} = 15.552.

GRAFICA. 2. CONTENIDO PROTEICO Y RENDIMIENTO DE FORRAJE DE YUCA EN BASE A LA APLICACION DE NITROGENO EN EL 1er CORTE.



Quadro 26. Análisis de varianza del 2o. corte con 16 tratamientos (16 del hiper-cubo).

Factor de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Varianza	Fc	Ft		Significancia
					0.05	0.01	
Entre tratamien- tos.	703.607	15	46.907	7.38	2.11	2.65	**
Entre repeti- ciones	136.692	4	34.173	5.38	3.01	4.14	**
Error	381.124	60	6.352				
Total	1221.423	79					

** = Altamente significativo.

S.D. = 2.52

C.V. = 15.619%

$\bar{X} = 16.134$.

Quadro 27. Prueba de Duncan para el 2do. corte.

No. Tratamiento	Rendimiento ton/ha	Grupos
18	24,883	a
22	21,781	a
16	20,734	b
12	19,993	b c
11	19,321	b c c
15	18,750	b c c
10	18,540	b c c
14	18,088	b c c
9	17,755	b c c
13	17,553	b c c
3	16,298	c d
6	14,610	c d d e
4	13,870	c d d e
5	13,467	c d d e
21	13,090	c d d e
1	12,891	c d d e
8	12,287	c d d e
7	12,063	c d d e
2	12,017	c d d e
20	11,107	c d d e f
17	7,339	c d d e f
19	5,793	c d d e f

$$S \times \sqrt{\frac{0.838}{5}} = 1.169 \times t,$$

Algoritmo de Yates para el segundo corte (16 tratamientos del hipercubo).

$$CME = 6.352$$

$$G.L.E. = 84$$

$$r = 5$$

$$n = 4$$

$$E E = t \sqrt{\frac{CME}{2^{n-2} r}}$$

$$E E = t \sqrt{\frac{6.352}{20}}$$

$$t \alpha 0.05 = 1.121$$

$$E E \alpha 0.05 = 1.989$$

$$t \alpha 0.01 = 1.487$$

$$E E \alpha 0.01 = 2.638$$

Cuadro 28 . Algoritmo de Yates para el segundo corte en tratamientos del hipercubo (16 tratamientos).

No. Tratamiento	Interacción	Efectos promedio	Significancia
1	(1)	16.13	X
2	Dp/ha	0.27	N.S.
3	K	1.07	N.S.
4	K-Dp/ha	0.16	N.S.
5	P	0.41	N.S.
6	P-Dp/ha	0.73	N.S.
7	P-K	1.00	N.S.
8	P-K-Dp/ha	0.26	N.S.
9	N	5.39	**
10	N-Dp/ha	0.76	N.S.
11	N-K	0.68	N.S.
12	N-K-Dp/ha	0.46	N.S.
13	N-P	0.25	N.S.
14	N-P-Dp/ha	0.43	N.S.
15	N-P-K	1.24	*
16	N-P-K-Dp/ha	0.10	N.S.

N.S. = no significativo

* = significativo

** = altamente significativo.

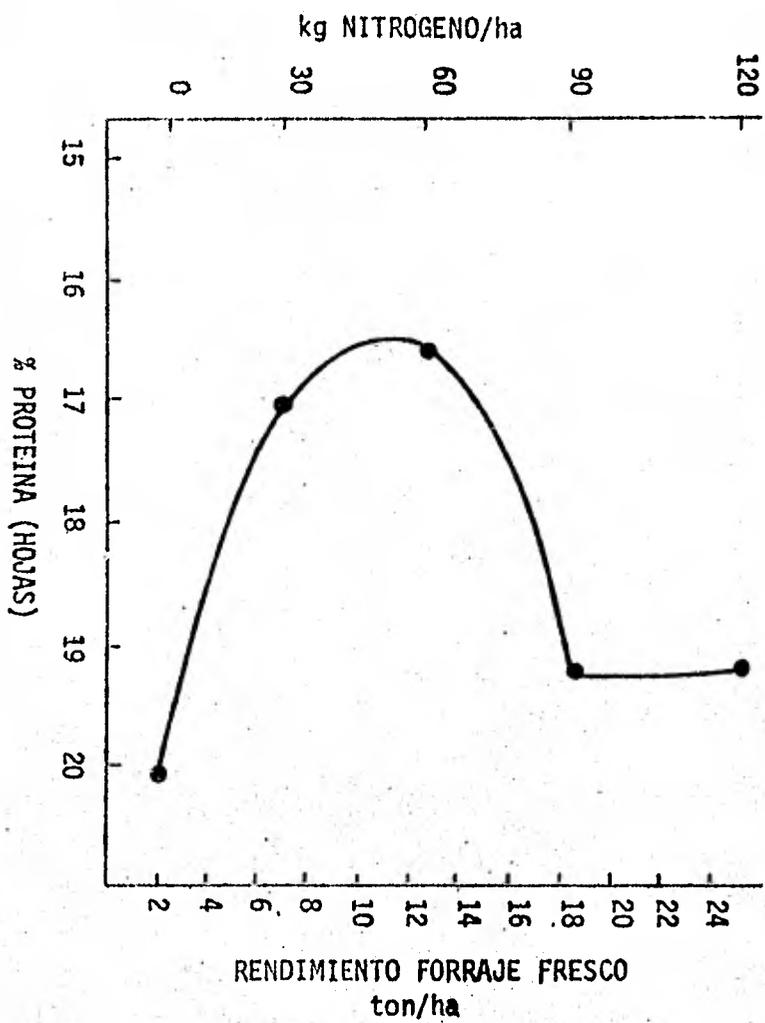
No se realizó diferencia mínima significativa (DMS) en las seis prolongaciones debido a la alta significancia (**) encontrada en el tratamiento 9 y a la significancia (*) encontrada en el tratamiento 15 con el algoritmo de yates.

Cuadro 29. Análisis bromatológico de los tratamientos del 2o. corte en base materia seca. (Hojas).

No.	Tratamiento	M. seca%	Proteína %	Fibra cruda%	Extracto etereo %	Extracto libre nitrógeno%
23	0-0-0-95,000	94.86	20.20	16.14	9.27	49.25
19	60-0-30-83,250	95.35	20.19	15.52	7.70	51.94
12	90-60-60-95,000	94.16	19.72	19.34	7.60	47.29
18	120-120-60-95,000	93.68	19.32	25.06	9.28	40.03
15	90-120-60-83,250	93.32	18.80	21.94	9.61	45.53
20	60-60-0-83,250	94.85	17.20	18.20	9.7	50.28
17	30-60-30-83,250	94.20	17.20	17.47	9.96	49.57
6	60-120-30-95,000	94.62	17.00	14.21	7.90	55.51
8	60-120-60-95,000	93.85	16.76	18.65	7.98	50.46
1	60-60-30-83,250	93.87	15.89	18.71	8.97	50.06

Análisis realizados por el Laboratorio de Biotecnología del C.I.E.A.I.
P.N.

GRAFICA.3. CONTENIDO PROTEICO Y RENDIMIENTO DE FORRAJE DE YUCA EN BASE A LA APLICACION DE NITROGENO EN EL 20. CORTE



Cuadro 30. Análisis de varianza para el rendimiento total con 22 tratamientos (16 del hipercubo y 6 prolongaciones).

Factor de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Varianza	Fc	Ft		Significancia
					0.05	0.01	
Entre tratamientos.	2,658.314	21	126,586	17.87	1.88	2.29	**
Entre repeticiones.	236.104	4	59.026	8.33	3.01	4.14	**
Error	594.907	84	7.082				
Total	3.489.325	109					

** = Altamente significativo.

S.D. = 2.661

C.V. = 14.8074

X = 17.971

Cuadro 31. Análisis de varianza para el rendimiento total con 16 tratamientos del hipercubo.

Factor de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Varianza	Fc	Ft		Significancia
					0.05	0.01	
Entre tratamientos	772.225	15	51.482	7.67	2.11	2.65	**
Entre repeticiones	218.693	4	54,673	8.14	3.01	4.14	**
Error	402.867	60	6,714				
Total	1.393.785	79					

** = Altamente significativo.

S.D. = 2,591

C.V. = 13.935 %

X = 18.593.

Cuadro 32. Prueba de Duncan para el rendimiento total

No. tratamiento	Rend. ton/ha	G r u p o s
18	28.298	a
22	24.552	b
16	23.518	b
12	22.275	b
11	22.061	b
15	21.557	b
10	20.987	b
14	20.877	b
9	20.162	c
13	20.019	c
3	18.622	c
6	16.808	c
4	16.318	c
5	16.137	c
21	15.448	d
1	14.883	d
8	14.607	d
2	14.399	d
7	14.264	d
20	13.072	d
17	9.107	e
19	7.382	e

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{7.082}{5}} = 1.190 \text{ t}$$

5. DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en el primer corte, nos indican que la aplicación de Nitrógeno es determinante, pues se observa un incremento progresivo del rendimiento conforme aumenta el nivel de fertilización nitrogenada. La prueba del Algoritmo de yates indica altamente significativo el factor N (interacción) del tratamiento 9, en donde el nivel del Nitrógeno es 90; si observamos la prolongación N arriba (tratamiento 18) en donde el nivel del Nitrógeno fué de 120 (Duncan lo agrupa como el mejor tratamiento), la respuesta se incrementa aún más aumentando los rendimientos significativamente.

Según el análisis bromatológico, se obtienen resultados positivos, pues se observa un claro aumento de la calidad proteínica del forraje al ir aumentando progresivamente las aplicaciones de Nitrógeno; de tal manera que el testigo sin fertilizar (nivel 0 de Nitrógeno) contiene un 12.69% de proteína, mientras que la prolongación N arriba (nivel 120 de Nitrógeno) obtuvo el contenido más alto con un 20.81% de proteína.

Estadísticamente en el primer corte los demás factores resultaron no significativos para las pruebas que se realizaron, ya que se observa en el cuadro de rendimientos, muy poca variación de rendimientos al modificar los factores P-K y Dp/ha.

Tres semanas antes del primer corte ocurrió una deposición de ceniza volcánica aproximada de 20 ton/ha (ver ruta crítica)

sobre el experimento. Los análisis realizados de ésta nos indican que sí alteró las dosis de fertilización reflejándose mayormente su efecto en el segundo corte al irse incorporando lentamente en el suelo y haciendo los elementos que contenía disponibles para las plantas. Se calcula que la deposición de los elementos que figuraron como factores del experimento se expresa por la fórmula $9.5 - 26.4 - 1.46$ considerando como fertilización imprevista.

Los rendimientos obtenidos en el segundo corte se incrementaron desde aproximadamente un 100% (testigos) hasta cerca de un 800% (tratamiento 18) en forma progresiva, según se fueron aumentando las dosis de los niveles de fertilización, en comparación con el primer corte. A simple vista se observa muy poco efecto en el factor Dp/ha , pues a densidades bajas las plantas desarrollaron más que las plantas establecidas a densidades altas, compensándose así la producción de cada planta.

Las grandes diferencias de rendimiento entre el primero y segundo corte son lógicas y válidas por:

1. Primer corte: En la siembra la brotación de las yemas de las estacas tardan unos quince días en brotar y casi un mes en establecerse, por lo que a los 90 días han desarrollado poco.

2. Segundo corte: Después del primer corte cada planta ha acumulado energía en sus raíces y sus yemas ya están brotadas, el corte estimula más el desarrollo ayudado por sus propias reservas, por lo que a la planta después de 90 días tendrá una tasa mucho mayor de desarrollo.
3. La disponibilidad de nutrientes después de dos aplicaciones de fertilizantes fue mucho mayor en el segundo ciclo incrementándose el desarrollo a mayores dosis.
4. La fertilización imprevista de la ceniza volcánica que fué igual en todos los tratamientos y favoreció al segundo ciclo.

Los resultados estadísticos del segundo corte también indicaron que el factor N tiene alta significancia, para determinar la no se requirieron pruebas estadísticas con significancia mínima así como tampoco fue necesario utilizar las prolongaciones de los factores.

Según el Agoritmo de yates, existe una alta significancia con el tratamiento 9 (interacción N) y significancia en la interacción N-P-K (tratamiento 15) debido a la mayor acumulación de nutrientes en el suelo. Los demás tratamientos del hipercubo son estadísticamente iguales y no tienen significancia para yates.

La prueba de Duncan agrupa como mejores tratamientos del segun-

do corte del total de 22 según el diseño, las prolongaciones N arriba y Dp/ha arriba en estos dos tratamientos se observa que el nivel de N es alto (120 y 90, respectivamente) y que es debido al N, por lo que se obtienen mayores rendimientos y no por la mayor Dp/ha, pues la prolongación N arriba tiene menor Dp/ha que la prolongación Dp/ha arriba, pero mayor nivel N.

En cuanto al análisis bromatológico del segundo corte, a pesar de que solo se realizó en hoja, se observa un claro aumento de % de fibra. El testigo sin fertilizar obtuvo un ligero porcentaje mayor de proteína que los demás tratamientos y menos fibra, debido a su pobre desarrollo. A mayor dosis de Nitrógeno no aumentó el desarrollo de las plantas, así como su contenido de fibra, en cuanto al contenido proteico parece no haber muchas diferencias entre los demás tratamientos.

Los resultados del rendimiento total según el Algoritmo de Yates son iguales a los del segundo corte, y destacan la alta significancia (**) del tratamiento 9 (interacción N) y Duncan agrupa al tratamiento 18 (prolongación N arriba) como el mejor.

6. ANALISIS ECONOMICO

Cuadro 34. Costos anuales (4 cortes) de producción de una hectárea de forraje de yuca en la sabana de Huimanguillo, Tabasco. (Enero, 1983).

LABOR	MANO DE OBRA JORNAL	COSTO	MAQUINARIA	INSUMOS	TOTAL
Preparación del terreno	—	—	—	—	2,700
Rastreo pesado	—	—	2,000	—	
Rastreo sencillo	—	—	700	—	
Siembra	—	—	—	—	51,000
Material vegetativo	—	—	—	34,000	
Flete	—	—	6,000	—	
Tratamiento Siembra	6	2,700	—	2,200	
	12	5,400	700	—	
Fertilización	—	—	—	—	24,976
Producto	—	—	—	11,976	
Flete	—	—	4,000	—	
Aplicación	20	9,000	—	—	
Control de malezas	—	—	—	—	8,500
Producto	—	—	—	2,200	
Aplicación	2	900	—	—	
Desyerbas	12	5,400	—	—	
Control de plagas	—	—	—	—	4,938
Producto	—	—	—	2,913	
1ra. aplicación	1.5	675	—	—	
2da. aplicación	1.5	675	—	—	
3ra. aplicación	1.5	675	—	—	
Cosecha	—	—	—	—	21,600
1er. corte	12	5,400	—	—	
2do. corte	12	5,400	—	—	
3er. corte	12	5,400	—	—	
4o. corte	12	5,400	—	—	
Empacado	—	—	—	—	15,600
1er. corte	2	900	3,000	—	
2do. corte	2	900	3,000	—	
3er. corte	2	900	3,000	—	
4o. corte	2	900	3,000	—	
TOTAL =					129,314

Rendimiento promedio por corte: 4.5 ton/ha Materia seca.

Rendimiento anual por hectárea: 18.0 ton Materia seca

Precio por Kg de Materia seca de forraje de Yuca: 7.12 pesos.

Precio Regional por Kg de Heno de alfalfa empacado: 12.00 pesos.

Cuadro 35. Costos de insumos anuales (4 cortes).

	INSUMO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
A	Estacas de 20 cm de longitud	85,000	0.40	34,000
B	Manzate D	1 kg	350.00	350.00
	Malathion 1000	2 lt	250.00	250.00
	Sulfato de zinc	20 kg	80.00	1,600.00
C	Urea	1040 kg	6.84	7,113.00
	Superfosfato de calcio triple	520 kg	7.69	3,998.00
	Cloruro de potasio	200 kg	4.32	864.00
D	Karmex	4 kg	550.00	2,200.00
E	Dipterex	6 kg	353.00	2,118.00
	Folimat 1000	600 cc	857.78	514.00
	Agral 90	1.8 lt	156.00	280.00
TOTAL=				53,288.00

Descripción y uso de los insumos:

- A. Material vegetativo para el establecimiento de una hectárea de forraje de yuca.
- B. Fungicida, insecticida y $2_{n}50_4$ para el tratamiento del material de siembra:
100 g manzate + 100 cc Malathion 1000 + 4 kg sulfato de zinc en 100 lts de agua, para cada 8,500 estacas, sumergiéndolas en la solución por 15 minutos.
- C. Fertilizantes necesarios para 4 aplicaciones:
1a. aplicación: 120-12--60
2a. aplicación: 120-0-0
3a. aplicación: 120-120-60
4a. aplicación: 120-0-0.
- D. Herbicida para aplicar de preemergencia al día siguiente de la siembra en forma total.
- E. Insecticidas y adherente para 3 aplicaciones, cada aplicación con 2 kg de Dipterex + 200 cc de Folimat 1000 + 600 cc de Agral.

7. CONCLUSIONES

Basándose en un análisis de los resultados y discusiones se puede observar una marcada respuesta en la fertilización nitrogenada.

En el primer ciclo del experimento (primer corte) se observan los mejores resultados tanto en la producción como en la calidad alimenticia del forraje. Los demás factores tienen poco efecto.

Para el segundo corte se incrementa el desarrollo y por lo tanto el contenido de fibra aumenta disminuyendo la calidad alimenticia. Se puede observar que la producción con dosis altas de Nitrógeno se incrementa, y aunque baja el contenido proteico, permanece casi igual que el testigo (con mayor contenido proteico, pero mucho menos rendimientos). La calidad alimenticia del primer corte es mejor que la del segundo corte, pero no los rendimientos.

Para ambos cortes los resultados de los factores N-P-K-Dp/ha parece lógico pues el fertilizante con fósforo tarda tiempo en ser aprovechable y en cuanto al potasio no existen deficiencias para la planta, por lo que no se tuvo respuesta a su aplicación.

El factor Dp/ha parece tener respuesta con dosis elevadas de fertilización, pues bajo condiciones de infertilidad cuando

hay menos plantas, éstas desarrollan más que cuando hay mayor competencia entre ellas mismas.

El resultado óptimo (120-120-60-95-000) parece lógico y aún sin altas dosis de P-K hubiera tendido alta producción, aunque quizás al ponerlo como una fórmula recomendada sería necesario determinar el tiempo oportuno de los cortes para tener los rendimientos más altos con una óptima calidad alimenticia.

Aún para la baja calidad de los suelos en los que se trabajó, se considera una producción eficiente de proteínas en comparación de otros forrajes de la misma zona.

De igual forma el análisis económico realizado con una tecnología sugerida y utilizando un nivel tecnológico adecuado a las condiciones de la zona, aunque susceptible de mejorar, muestra la posibilidad de una explotación forrajera de yuca al tener un ahorro económico considerable comparando el costo de la alfalfa henificada en la región con los costos calculados de forraje de yuca.

8. LITERATURA CONSULTADA

1. ABBES, D. 1956. Solucao fluminense de âmbito nacional; farelo integral de mandioca. Boletim fluminense de agricultura 5(57):9-12. Brasil.
2. BELL, G.D. y NORTON, B.W. 1981. The nutritive value of cassava leaf for sheep. University of Queens land. Departament of agriculture. Australia.
3. BURGER, J. 1952. A industrializacao da mandioca. Boletim de agricultura 1(9):72-76, Brasil.
4. CONCEICAO, A.J. y PEREZ, P.B. 1960. Ensaio de competicao de variedades y épocas de corte de ramas de mandioca para forrageamento. Boletim da Secretaria de Agricultura 60(22):9-15. Brasil.
5. ECHANDI, M.O. 1952. Valor de la harina de hojas y tallos deshidratados de yuca en la producción de leche. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Costa Rica.
6. _____ . 1976. Estado de Tabasco. Semblanza socioeconómica, S.RH. México.
7. FERNANDEZ, A. y PRESTON, T.R. 1978. Forraje de yuca como suplemento de fibra y proteína en dietas de melaza: Efecto del nivel de forraje y suplementación con harina de soya. Producción animal tropical 3(2):111-115.
8. FLORES, M.J. 1980. Bromatología animal. ED. Limusa. México.
9. GOMEZ, G.G. 1979. Utilización de raíces y productos de yuca en alimentación porcina. CIAT, Colombia.
10. GOMEZ, G. 1982. Comunicación personal. CIAT. Cali, Colombia.
11. GONZALEZ, L.V. y MENDEZ, R.A. 1980. La yuca, SARH-INIA, México.
12. GRUPO DE YUCA. 1982. La producción de yuca y su potencial en el trópico húmedo de México. SARH, INIA, CAEHUI. Huimanguillo, Tab.
13. HOWELER, R. 1981. Nutrición mineral y fertilización de la yuca. CIAT. Cali, Colombia.
14. JALALUDIN, S. 1980. La yuca como alimentación para ganado y aves de corral. Universidad de Pertanian-Malasia.

15. IZQUIERDO, T.A. 1982. Comunicación personal. INIA. CAEHUI. Huimanguillo, Tab.
16. JUAREZ, G.L. 1955. Hojas y tallos de yuca como forraje. Estación experimental agrícola "La Molina. Perú.
17. LEGORRETA, P.F. Efecto del tamaño de la estaca de yuca sobre la producción de forraje de yuca. CIAT. Cali, Colombia. Sin publicar.
18. LEGORRETA, P.F. Evaluación de la calidad alimenticia del forraje de yuca de variedades con alto potencial de producción. CIAT. Cali, Colombia. Sin publicar.
19. LOPEZ, M.R. 1980. Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y Norte de Chiapas. Chapingo, México.
20. LORIA, M.W. 1962. Influencia del tamaño y posición de la estaca de yuca en el arraigamiento, rendimiento y producción de follaje. Facultad de Agronomía Universidad de Costa Rica.
21. MENEZES, D.M. 1972. Mandioca na culinaria. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuaria p.p. 89-95, Brasil.
22. MEYRELES, L. y MACLEOD, N.A. 1978. Forraje de yuca como fuente proteica en dietas de caña de azúcar para el ganado: Efecto de diferentes niveles de yuca y urea sobre parámetros de fermentación rumial. Producción animal tropical 2:309-314.
23. MONTILLA, J.J. 1977. Posibilidades de utilización de follaje de yuca en alimentación de pollos de engorde. Universidad Central de Venezuela.
24. MONTALDO, A. 1976. Production of cassava foliage tropical root crops symposium. Universidad Central de Venezuela.
25. MOORE, P. 1976. El uso de forraje de yuca en la alimentación de rumiantes. Seminario Internacional de Ganadería tropical. México.
26. MORALES Y PEREDA 1979. Obtención de concentrado proteínico a partir de hojas de yuca. Ecuador.
27. NANDAKUMARAN, M. 1978. Isolation, characterization and chemical composition of tapioca leaf protein kerala journal of veterinary science, 9(2):221-227. Kerala.
28. OLVERA, S.E. 1976. Respuesta a la aplicación de cal y fósforo en el establecimiento de tres leguminosas forrajeras tropicales en la sabana de Huimanguillo. Tesis para Maestría en Ciencias. Colegio Superior de Agricultura Tropical. México.

29. PASTRANA, A.P. 1982. Propiedades físicas y químicas de la ceniza volcánica. Colegio Superior de Agricultura Tropical. México.
30. PECHNIK, E. y GUIMARAES, J.R. 1977. Sobre o aproveitamento de floha da mandioca no alimentao humano. Arquivo Brasileiros da Nutricao. Brasil.
31. PENNINGTON, T.D. 1968. Arboles tropicales de México. S.A.G. INIF-México.
32. PHILLIPS, T.P. 1979. Prospects for procesing and marketing cassava products as animal feed. World animal review No. 31:36-40. Canadá.
33. PRATT, N. 1978. Some nutritional considerations of cassava and sweet potato leaves. Fourah bay college. Sierra Leona.
34. PUIG, H. 1972. La sabana de Huimanguillo, Tabasco. Primer Congreso Latinoamericano de botánica. Sociedad Botánica de México. pp. 380-411. México.
35. RAVELO, G. 1977. Ensilaje de la caña de azúcar, forraje de yuca y Urea. Producción animal tropical. 2:34-39. República Dominicana.
36. REYES, C. 1980. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas de México.
37. RIVERA, R.G. 1980. Introducción y evaluación de gramíneas forrajeras en la sabana de Huimanguillo, Tab. Tesis de Maestría en Ciencias. CSAT. México.
38. ROGERS, D. _____. Cassava leaf protein. Jamaica.
39. WEEB, B.H. y WHOLEY, D.W. 1978. Protein from cassava foliage University of Malasia. Kuala Lumpur.
40. VITTI, P. y Figueiredo, I.B. 1971. Folhas de mandioca deshidratadas para fins de alimentacao humana. Coleranea do instituto de tecnologia de alimentos. Brasil. 4:117-125.
41. ZAPATA, A.O. 1977. La yuca como alimento para ganado de leche ICA-informa, No. 4:5-8. Colombia.