

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

UTILIZACION DE FORRAJE DE YUCA EN LA ALIMENTACION
DE TERNEROS DE LECHERIA

Tesis sometida a consideración de la Comisión del Programa Conjunto
de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales
de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

por

MANUEL J. DE LA TORRE VILLANUEVA

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Programa de Producción Animal

Turrialba, Costa Rica

1982

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones.

Al Dr. Manuel Ruíz, Consejero Principal, por su ayuda en la dirección del presente trabajo.

A los miembros del Comité Asesor: Dr. Oliver Deaton, Ing. Danilo Pezo e Ing. Carlos León-Velarde por sus recomendaciones.

Al Gobierno de Gran Bretaña por la ayuda económica brindada para la realización del Posgrado.

Al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), por el apoyo económico brindado.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) por el apoyo brindado durante mis estudios en este Centro.

A mis colegas Med. Vet. Mario García y Carlos Camacho por su ayuda desinteresada durante mi ausencia en Perú.

Al Sr. Luis Carlos Saborío Mora por su valiosa amistad y constante ayuda.

A mis compañeros de promoción con especial deferencia para el Ing. Olgier Murillo y Biol. Marcial Erazo.

Al personal de la Finca Ganadera del CATIE que colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.

Esta tesis ha sido aceptada en la forma presente por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales bajo el convenio UCR-CATIE, como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

Jurado:



Profesor Consejero

Manuel E. Ruiz, Ph. D.



Miembro del Comité

Oliver Deaton, Ph. D.




Miembro del Comité

Danilo Pezo, Mag. Sc.

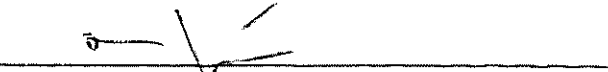


Miembro del Comité

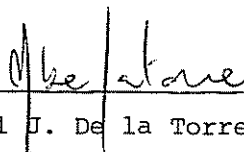
Carlos León Velarde, Mag. Sc.



Director del Sistema de Estudios de
Posgrado en Ciencias Agrícolas y
Recursos Naturales



Decano del Sistema de Estudios de
Posgrado de la Universidad de
Costa Rica



Manuel J. De la Torre Villanueva

BIOGRAFIA

El autor nació en la Ciudad de Lima, Perú. Realizó sus estudios de Secundaria en la Gran Unidad Escolar Hipólito Unanue.

En 1973 obtuvo el grado de Médico Veterinario en el Programa Académico de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

En 1973 ingresó a formar parte del personal técnico del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en su Estación Principal del Trópico - Pucallpa; al que sigue perteneciendo actualmente.

En marzo de 1980 ingresó al Programa de Producción Animal del Sistema de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, donde realizó sus estudios de posgrado, obteniendo el título de *Magister Scientiae* en mayo de 1982.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Rendimientos de forraje de yuca.....	3
2.2 Valor nutritivo del forraje de yuca.....	4
2.3 Problemas de toxicidad con forraje de yuca.....	6
2.4 Utilización del forraje de yuca en la alimentación de bovinos.....	6
3. MATERIALES Y METODOS.....	9
3.1 Localización del estudio.....	9
3.2 Animales.....	9
3.3 Recursos alimenticios.....	10
3.3.1 Forraje de yuca.....	10
3.3.2 Pasto.....	11
3.3.3 Concentrado.....	11
3.4 Procedimiento de alimentación.....	12
3.4.1 Ensayo de consumo pre-experimental.....	12
3.4.2 Fase experimental.....	13
3.5 Mediciones de tipo nutricional en los recursos alimenticios utilizados.....	13
3.6 Tratamientos y diseño estadístico.....	14
3.7 Recolección de datos.....	16
3.7.1 Consumo de alimento.....	16
3.7.2 Ganancia de peso.....	16
3.7.3 Eficiencia de conversión del alimento.....	17
3.8 Análisis estadístico.....	17
3.9 Análisis económico.....	18
4. RESULTADOS.....	19
4.1 Calidad nutritiva y consumo de alimento.....	19
4.2 Ganancia de peso.....	24
4.3 Eficiencia de conversión del alimento.....	25
4.4 Análisis económico.....	27
5. DISCUSION.....	29

5.1 Calidad nutritiva de los ingredientes de la ración.....	29
5.1.1 Forraje de yuca.....	29
5.1.2 Pasto.....	30
5.1.3 Concentrado.....	31
5.2 Consumo de materia seca, proteína y energía.....	31
5.3 Ganancia de peso.....	34
5.4 Eficiencia de conversión del alimento.....	36
5.5 Análisis económico.....	37
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
6.1 Conclusiones.....	38
6.2 Recomendaciones.....	38
7. LITERATURA CITADA.....	40
8. APENDICE.....	47

RESUMEN

El presente experimento se efectuó con el objetivo de determinar si el forraje de yuca puede ser usado efectivamente en la alimentación de terneros de lechería, considerando el nivel en que podría incorporarse en la ración según apreciaciones bio-económicas. Para cumplir con estos propósitos, se trabajó con 30 terneros, destetados a los dos meses de edad, resultantes de cruza Jersey, Ayrshire, Doran y Criollo; al iniciarse el experimento éstos tenían una edad y peso promedio de tres meses y 47,5 kg, respectivamente. Con ellos se formaron cinco grupos de seis animales cada uno. Cada grupo tuvo comederos y bebederos comunes.

La alimentación básica de los terneros consistió en pasto Estrella *Cynodon nlemfuensis* tierno, con 13,2 por ciento de proteína y concentrado, basado en maíz y harina de carne y hueso, con un contenido de proteína de 25,4 por ciento. Los tratamientos consistieron en la introducción de varios niveles de forraje de yuca de la variedad Valencia (cosechado a los 3 a 4 meses de la siembra o último corte) de tal modo que proveyera: 0, 13, 27, 41 y 56 por ciento de la proteína total ingerida; el forraje de yuca tuvo en promedio una concentración de 21,3 por ciento de proteína cruda. Al introducir el forraje de yuca, el componente alimentario que más se afectó fue el concentrado, aunque también se disminuyó ligeramente el pasto. Todo esto se hizo con el fin de que todas las raciones fueran consumidas para lograr consumos isoproteicos (580 g PC/100 kg PV/día) e isoenergéticas (7,3 Mcal EM/100 kg PV/día). El experimento se planteó bajo un diseño irrestrictamente al azar y tuvo una duración de 100 días.

Se encontró que el forraje de yuca sólo tenía un 49,4 por ciento de digestibilidad *in vitro*, muy inferior a valores de la literatura; este resultado, como se menciona más adelante, afectó la estimación del consumo de energía en aquellos tratamientos que contenían forraje de yuca. Los consumos de materia seca total fueron relativamente altos y no diferentes entre tratamientos. Así mismo se observó similitud en los consumos de energía y proteína. Los promedios de consumo expresados por 100 kg PV/día fueron de 3,1 kg, 7,2 Mcal y 572 g para la materia seca, energía y proteína, respectivamente. Sin embargo, por el bajo contenido energético (calculado) del forraje de yuca, los terneros de 75 kg o menos, de peso, consumieron raciones aparentemente deficientes en energía.

No se encontraron diferencias en ganancias de peso (promedio 328 g/animal/día), ni tampoco en la eficiencia de conversión de alimentos (promedio 6,05 kg MS/kg de ganancia de peso); sin embargo, la ganancia de peso mostró dos etapas claramente discernibles: una comprendió las primeras cuatro semanas en que el promedio de ganancia de peso fue de 197 g por día y la otra desde la cuarta semana hasta la terminación del trabajo, en que los animales ganaron peso a una tasa de 378 g/día. Se estimó que esto fue debido a un efecto residual del destete y de afecciones de la salud de los animales en el período previo al experimento. No se observaron signos de intoxicación por ácido cianhídrico, aunque el forraje contenía alrededor de 10 mg HCN/100 g de material fresco.

Se observó que los terneros que recibían raciones con no más de 27 por ciento de proteína, proveniente del forraje de yuca, consumían en un tiempo corto toda la ración; esta observación, sumada a los aparentes consumos deficientes de energía cuando se usa el forraje de yuca, se considera para concluir que en raciones para terneros de 75 kg o menos, el forraje de yuca

no debe aportar más del 27 por ciento de la proteína total (es decir, no más del 23 por ciento de forraje en relación a la materia seca total); esto permitiría suplementar energía en niveles adecuados; con ventajas económicas debido al bajo costo de producción de la proteína del forraje de yuca. En suma el forraje de yuca puede utilizarse satisfactoriamente como fuente de proteína y fibra en raciones para terneros de lechería, sin efecto nocivo por la presencia de HCN.

SUMMARY

The experiment reported herein was conducted with the objective of determining whether or not cassava forage may be effectively used for dairy calf feeding and, if affirmative, to what degree it should be used in the ration according to bioeconomic considerations. For such purpose 30 calves of Jersey, Ayrshire, Doran and Criollo extraction, were used; on the average, these were three months old and weighed 47.5 kg at the beginning of the experiment. The calves had been weaned at two months of age; they were grouped in five drylots each containing six animals. In each lot communal feed and water troughs were used.

The basal feed consisted of cut young African Stargrass *Cynodon nlemfluensis*, containing 13.2 per cent protein, and a concentrate based on corn and meat and bone meal, containing 25.4 per cent protein. The treatments consisted of various levels of Valencia variety cassava forage (harvested 3 - 4 months after planting of last cut) such that it would provide 0, 13, 27, 41 or 56 per cent of the total ingested crude protein. The cassava forage averaged 21.3 per cent crude protein. The inclusion of the cassava forage signified the partial displacement of the concentrate although the levels of African Star grass were also affected. These changes were made such that all rations would be consumed at similar levels and so that they would provide equal amounts of protein and energy in all treatments. The experiment was completely randomized and had a duration of 100 days.

It was found that under *in vitro* conditions the cassava forage only had 49.4 per cent digestibility, much less than the values reported in the literature; this value affected the calculated energy intake in those treatments that contained the cassava forage. Dry matter intakes were similar

and relatively high in all treatments; also, energy and protein intakes were similar, as planned; the averages were 3.1 kg DM, 7.2 Mcal ME and 572 g CP per 100 kg body weight per day. However, due to the low calculated energy content in the cassava forage, those calves weighing 75 kg, or less, consumed rations which were apparently deficient in energy.

No differences were found either in weight gain (which averaged 328 g/animal/day) or feed efficiency (averaging 6.05 kg DM/kg of weight gain). However, weight gain showed two phases clearly discernible: one comprised the first four weeks, during which the rate of gain was only 197 g/day, and the other extended from the fourth week until the end of the trial, where the calves gained an average of 378 g/day. It is thought that this response was due to a residual effect of weaning and health problems during the pre-experimental period. No signs of poisoning due to hydrocyanic acid were observed, although the cassava forage contained almost 10 mg HCN/100 g fresh material.

It was noted that those calves receiving rations with no more than 27 per cent of the total protein, derived from cassava, consumed the daily ration in a relatively short time. This observation, coupled to the apparent deficiency in energy intake when cassava forage is used, led to the conclusion that rations for dairy calves, weighing up to 75 kg, should not contain cassava forage beyond 23 per cent of the total DM (i.e. providing no more than 27 % of the total CP). This would permit the consumption of adequate levels of energy supplements; with economic advantages due to the low cost of producing cassava forage protein. A general conclusion is that cassava forage may be satisfactorily used as a source of protein and fiber in rations for dairy calves with no deleterious effects due to the presence of hydrocyanic acid.

LISTA DE CUADROS

<u>En el texto</u>	Página
Cuadro N°	
1 Composición del concentrado.....	11
2 Prueba pre-experimental de consumo voluntario de forraje de yuca por categoría de terneros, según peso.....	12
3 Descripción de los tratamientos.....	15
4 Composición nutritiva de los ingredientes utilizados en las dietas.....	20
5 Consumo de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable.....	21
6 Consumo de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable de acuerdo a categorías de peso vivo y niveles recomendados por NRC.....	22
7 Contenido de ácido cianhídrico (HCN) y uso relativo de los forrajes de yuca.....	23
8 Promedios de ganancia diaria de peso según tratamiento.....	24
9 Eficiencia de conversión del alimento total, proteína y energía a ganancia de peso.....	25
10 Costos de producción de una hectárea de forraje de yuca (40.000 plantas y cortes de cada 3 meses) y de un kilogramo de proteína cruda en el forraje.....	28
APENDICE	
1A Animales experimentales, pesos y ganancia de peso individuales.....	48
2A Análisis de covariancia Para ganancia de peso, kg/animal/día (Y) con covariable: peso al inicio del experimento, kgPV/animal(X)	49
3A Promedio de ganancia de peso diaria en dos etapas según tratamiento.....	50
4A Consumo de materia seca, proteína cruda y energía totales de cada uno de los ingredientes de la ración por grupos y durante toda la fase experimental.....	51

Cuadro N°		Página
6A	Consumo total de proteína cruda en la fase experimental, kg PC/100 kg PV/día.....	52
7A	Consumo total de energía metabolizable en la fase experimental, Mcal; y consumo promedio según tratamiento, Mcal EM/100 kg PV/día.....	53

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N°</u>		<u>Página</u>
1	Curvas de crecimiento de terneros de lechería de 12 meses de edad inicial con diversos niveles de forraje de yuca.....	26

1. INTRODUCCION

De manera general, el desarrollo de sistemas de producción lechera, en áreas tropicales están orientadas a la utilización más eficiente y económica del pasto, como base de la alimentación; sin embargo, en el caso de animales en crecimiento, como es el caso de las terneras lecheras de reemplazo el pasto es insuficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de esta categoría de animales, y en algunos casos no siempre está disponible, debido a períodos de sequía.

Otro de los problemas que enfrentan los productores es el de obtener suplementos proteicos adecuados, lo cual se imposibilita por la escasez y dependencia de ciertos insumos importados; ésto se ve magnificado por la competencia existente en su uso por especies de monogástricos y rumiantes.

Por otro lado, se conoce que ciertos follajes y subproductos agrícolas producidos a nivel de finca no son aprovechados, tal es el caso de la parte aérea de la planta de yuca. Esta parte es conocida como forraje de yuca y constituye una fuente potencial de proteína (16-18 % de proteína cruda, base seca) y es posible cosecharla cada tres a cuatro meses durante su período de crecimiento, sin afectar mayormente la producción de raíces; sin embargo, por el contenido de ácido cianhídrico se tiene cierto temor de su uso en la alimentación animal.

A pesar de existir varios trabajos sobre el efecto de la suplementación con forraje de yuca en animales adultos, no hay mayor información sobre los efectos en el consumo y ganancia de peso en rumiantes jóvenes; esta información es necesaria para evaluar bioeconómicamente el uso de este forraje e incorporarlo a las raciones.

El objetivo del presente trabajo fue determinar los niveles de uso del

forraje de yuca como suplemento proteico en la alimentación de terneros de lechería recién destetados.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Rendimientos de forraje de yuca

Hasta el presente no ha habido una selección de variedades de yuca de carácter forrajero; sin embargo, los estudios de Conceiçao *et al*, citado por Moore (44), señalan que existen variedades que son mejores productores de forraje que otras e indican que existe una correlación negativa entre producción de raíces y forraje.

La cosecha de forraje puede obtenerse por cortes sucesivos a los 3, 6, 9, 12, 14 y 17 meses de la siembra, de tal forma que las plantas podadas emitan, en la base de cada tallo, tres a cuatro brotes que rápidamente regeneren la vegetación (42).

Rendimientos de 12 t de forraje verde se han obtenido al momento de la cosecha a los 12 meses y de 20 t con cortes a los 7 y 12 meses (28). Santos (70) al realizar podas a los 90, 190 días y corte total a la cosecha de la raíz, obtuvo 50 t/ha; sin embargo, el efecto de densidad de plantación es importante, así Moore (44) cita que es posible conseguir rendimientos de hasta 20 t de materia seca de forraje/ha/año cuando se aumenta la población de 10.000/ha hasta 111.000 plantas/ha, con cortes cada 90 días. Al respecto, Meyreles *et al.* (38) en un estudio sobre densidades y edad de corte, encontraron que al incrementarse la población de plantas existe un aumento en la producción por hectárea. Al aumentarse la edad al primer corte (de 3 a 5 meses) el porcentaje de tallo aumenta, mientras que la proporción de hojas disminuye.

Las concentraciones de materia seca y proteína cruda de la hoja no varían con la edad al primer corte, pero en tallos y peciolo el contenido

de materia seca aumenta y el de proteína disminuye. Es decir, que el corte debe ser oportuno con bajo predominio de tallos y gran proporción de masa verde, lo que se consigue con corte cada tres meses, a partir de los tres a cuatro meses de la siembra (44).

Existe evidencia que la producción de raíces se ve afectada cuando se cosecha el forraje en forma periódica (2, 28, 42, 57); aparentemente la disminución en la producción de raíces es mayor cuando el primer corte se realiza a los cuatro meses, no así a los ocho meses, oportunidad en que las raíces reservantes ya están formadas y tienen cierta acumulación del material de reserva (42); sin embargo, en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (9) se encontró que la producción de raíces no disminuyó con cortes de forraje cada tres meses, a partir del quinto mes de la siembra, pero se observó que al aumentar la densidad de siembra la proporción de raíces comerciales se reducía notablemente.

2.2 Valor nutritivo del forraje de yuca

La parte aérea de las plantas jóvenes de yuca está constituida por 42, 36 y 22 por ciento de tallos y ramas, hojas y pecíolos, respectivamente, siendo el promedio de vida de las hojas de uno a dos meses (43). Diferentes investigadores (22, 25, 48, 53) han obtenidos valores similares para las fracciones químicas contenidas en el forraje de yuca y se cita que en promedio, la parte aérea de la planta de yuca, al año de sembrada, tiene un 25 por ciento de materia seca, 16 por ciento de proteína cruda, 7,5 por ciento de extracto etéreo y 45 por ciento de carbohidratos. Sin embargo, a los 90 días, que es la edad de corte más adecuada (38, 44), su composición es muy diferente presentando niveles de proteína cruda de 28,

11 y 11 por ciento para hoja, pecíolo y tallo, respectivamente.

El mayor contenido de proteína, nutriente fundamental en la alimentación de terneros, se encuentra en las hojas, existiendo variación en los niveles entre variedades y diferentes estados de madurez (44, 65), esto último debido posiblemente a la extracción de nitrógeno de las hojas para la formación de la semilla y el engrosamiento de la raíz.

Montaldo y Montilla (42) encontraron que con altas densidades de siembra y cortes cada tres a cuatro meses, es posible conseguir forraje de yuca con un 15 por ciento de proteína, lo que determina una producción de hasta 3 t de proteína/ha/año. Desde este punto de vista es comparable con el heno de alfalfa, pero mayor que la mayoría de los forrajes tropicales cultivados en las mismas condiciones.

Según Yeoh y Chew (82) el contenido de aminoácidos en la hoja, expresado en base seca, promedia 24,5 por ciento y presenta el inconveniente que los aminoácidos azufrados existen en bajas concentraciones (0,47 - 0,92 %), al igual que la histidina (0,02 - 0,97 %) y triptofano (0,33 - 0,97 %). En forma similar varios investigadores (1, 44, 49, 83) indican que existe un nivel bajo de metionina en el forraje de yuca; así, Adrian y Peyrot (1) señalan que la proteína del forraje de yuca tiene un 67 por ciento menos de metionina que la proteína del huevo (1,2 vs. 3,65g/100 g). Por lo mencionado el valor biológico del forraje de yuca, como fuente de proteína, es variable aunque siempre es inferior a las fuentes de proteína animal; sin embargo sus deficiencias, especialmente metionina, pueden corregirse con otras fuentes de proteína vegetal, animal o aminoácidos sintéticos (43).

2.3 Problemas de toxicidad con forraje de yuca

La toxicidad de la planta de yuca y sus productos está asociada con la presencia de ácido cianhídrico (HCN) libre en el material, el cual se forma a partir de glucósidos cianogénicos, los cuales son hidrolizados enzimáticamente.

Los principales glucósidos cianogénicos son la linamarina, metillinarina y latoaustralina (12); estos están distribuidos por toda la planta, encontrándose diferencias varietales en los contenidos de HCN, debido posiblemente a aspectos genéticos (17) y condiciones ambientales como nutrición, fertilización, sombra y estrés de agua (84).

Como otras plantas cianogénicas, la concentración de glucósidos en la hoja varía con la edad. En las hojas en expansión, la concentración en los pecíolos (720 $\mu\text{mg/g}$, peso fresco) es mayor que en la lámina (490 $\mu\text{mg/g}$, respectivamente). En la corteza del tallo, la concentración de glucósidos se incrementa de arriba a abajo; sin embargo, el alto contenido de HCN en la corteza del tallo es menos importante en el material fresco obtenido por cortes periódicos (44).

En el animal, el HCN normalmente se destoxifica por acción hepática, mediante su conversión en tiocianato (19); además hay indicios de que la microflora ruminal transforma algo del HCN en tiocianato (6). Lang, citado por Blakley (6), demostró que la *E. coli* era capaz de sintetizar tiocianato a partir de HCN y tiosulfato.

2.4 Utilización del forraje de yuca en la alimentación de bovinos

Generalmente los trabajos sobre calidad de la parte aérea de la yuca estaban orientados a su uso en la alimentación humana, especialmente

en Africa y Asia donde las hojas forman parte de la dieta (83); sin embargo, en la zona tropical, la escasez de recursos forrajeros, en ciertas épocas del año, así como la escasez y alto costo de los suplementos proteicos determinaron que la investigación se oriente hacia el uso del forraje de yuca en la alimentación de bovinos y otras especies de animales (43, 44).

En Costa Rica se realizó uno de los primeros trabajos con forraje de yuca, demostrando Echandi (18) que el forraje de yuca era tan efectivo como la harina de alfalfa en la alimentación de vacas en pastoreo; éstas, al consumir harina de forraje de yuca, produjeron entre 90 y 96 por ciento de leche en relación a aquellas que recibían cantidades iguales de harina de alfalfa.

En Brasil se demostró que era posible alimentar bovinos con hojas y tallos de yuca (47); similarmente Juárez (28) en Perú, señaló que la hoja de yuca secada bajo techo por 12 días, se puede utilizar en la alimentación de bovinos y equinos con una efectividad semejante al heno de alfalfa.

En el Instituto Colombiano Agropecuario (85) se han realizado experimentos para determinar el efecto de raciones para novillos y ganado lechero suplementados con forraje de yuca (hojas jóvenes) y con hojas y raíces secas y molidas, en comparación con alfalfa o con una ración de concentrados. Los aumentos de peso en los novillos y la producción de leche en las vacas fueron semejantes en todos los tratamientos; sin embargo, se obtuvo una reducción en los costos de producción del 46 y 72 por ciento para novillos y vacas respectivamente, favorecida por el uso de forraje de yuca.

Moore y Cock, citados por Moore (44), evaluaron el forraje de yuca fresco en toretes en crecimiento con un peso de 250 kg; utilizaron raciones de

pasto elefante *Pennisetum purpureum* con 0, 25 y 50 por ciento de forraje de yuca; el tratamiento con 25 por ciento de forraje de yuca (9,7 % PC en la ración) dió un mayor incremento de peso (461 g/día) que los otros tratamientos que contenían 6,0 y 13,0 por ciento de proteína cruda en la ración. Esto sugiere que el nivel proteico de 9,7 por ciento fue adecuado y que la energía constituyó un factor limitante en la ración con 50 por ciento de forraje de yuca; sin embargo, es de señalar que el consumo de alimento con sólo pasto fue 22 por ciento más alto que en los tratamientos que incluían forraje de yuca.

Es conocido que las raciones a base de caña de azúcar para ganado bovino requieren de un suplemento proteico, de esta manera Moore (44) informa que con una alimentación con forraje de yuca y caña de azúcar picada se obtiene una mejor ganancia de peso (622 g/día) y eficiencia alimenticia (8,4 kg MS/kg de peso ganado) que al alimentar con caña y *Desmodium distortum* (23 % PC), con lo que se obtuvo ganancias de 584 g/día y una eficiencia alimenticia de 9,0 kg MS/kg de peso ganado. Sin embargo, Meyreles *et al.* (39, 41) encontraron que el forraje de yuca tiene un valor limitado como fuente de proteína, especialmente cuando se usa para complementar a la urea en raciones basadas en la caña de azúcar; esto se debe a la alta solubilidad de la proteína del forraje de yuca, a la que se suma la de la urea, con un pobre aprovechamiento del amoníaco producido en el rumen (41).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental de Producción Animal y en el Laboratorio de Nutrición del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en Turrialba, Costa Rica. La zona de Turrialba corresponde a un bosque húmedo tropical premontano (75), con una altitud de 600 m.s.n.m. y promedios anuales de 22°C de temperatura, 2600 mm de precipitación y 90 por ciento de humedad relativa.

3.2 Animales

Se utilizaron 30 terneros (machos y hembras), recién destetados, de diferentes cruces de Jersey, Ayrshire, Doran y Criollo. La edad y peso iniciales promediaron 3 meses y 47,5 kg, respectivamente.

Durante el período pre-experimental, los terneros fueron criados en corrales colectivos con piso de cemento y perímetro de cercas de madera, siguiendo un programa de alimentación a base de leche entera (200 kg), concentrado (21 % PC) *ad libitum* y pastoreo en pasto Estrella *Cynodon nlemfluensis* durante cuatro horas diarias. Además tuvieron a libre disposición agua y sales minerales ^{a/}.

Los terneros fueron distribuidos al azar en los tratamientos correspondientes, según se fueron destetados, efectuándose tal distribución con cada grupo de cinco animales correspondiendo un animal por tratamiento. La

^{a/} Cuatro partes de sal común y una parte de Pecutrín (Producto Bayer).

única restricción consistió en que todos los tratamientos tuvieran igual proporción de hembras y machos. Cada tratamiento incluyó seis animales (4 hembras y 2 machos). Durante el período experimental, cada grupo contó con su propio corral con características iguales a las indicadas anteriormente.

3.3 Recursos alimenticios

3.3.1 Forraje de yuca

Para obtener el forraje de yuca necesario se sembró en el mes de mayo 0,5 ha de yuca de las variedades Valencia y Japonesa consideradas como dulces por su bajo contenido de HCN (43). La preparación del terreno se hizo con arado de disco y aplicación de herbicida Roundup ^{a/}. La siembra se hizo con un distanciamiento de 50 x 50 cm entre surcos y plantas, lográndose una densidad de 40.000 plantas/ha. El plan de fertilización incluyó la aplicación de 70 kg de fórmula 10-30-10 a la siembra e igual cantidad a los 30 días. Además inmediatamente después de cada corte se aplicó nitrato de amonio a razón de 120 kg/ha. Todas las aplicaciones fueron hechas planta por planta.

La primera cosecha de forraje de yuca se hizo a los tres meses de la siembra y las siguientes cosechas a intervalos de 90 a 100 días. Debido a problemas en el mantenimiento del área de cultivo de la yuca fue necesario utilizar forraje de yuca de distinta procedencia. El corte se efectuó a una altura de 40 a 50 cm del suelo, incluyendo hojas, pecíolos y tallos verdes; los tallos leñosos se desecharon. El forraje se cosechó cada día y se picó mecánicamente para producir partículas de 3 a 4 cm.

^{a/} Sal isopropilamina de N- (fosfometil) glicina. Líquido, 1 galón/ha (producto Monsanto Co.).

3.3.2 Pasto

El pasto utilizado fue el Estrella *Cynodon nlemfluensis* cultivado en asociación con árboles de macadamia *Macadamia integrifolia*. El área no fue fertilizada y no tenía antecedentes de haber sido pastoreada. El pasto se cortó diariamente y se suministró sin picar.

3.3.3 Concentrado

La composición del concentrado utilizado se presenta en el Cuadro 1. El mismo se preparó en una mezcladora vertical, en cantidades de 150 kg cada vez.

Cuadro 1. Composición del concentrado

Ingredientes	Base fresca %	Características de los ingredientes ^{a/}		
		MS, %	PC, %	Mcal EM/kg MS
Maíz	44,0	89,1	10,8	2,85
Harina de carne y hueso	42,0	94,1	46,0	2,66
Melaza de caña	12,0	76,0	4,2	3,00
Sal común	1,0	100,0	0,0	0,00
Harina de hueso	0,5	94,5	12,1	0,62
Premix 600 ^{b/}				
Total	100,0	89,8 ^{c/}	22,8 ^{c/}	2,72 ^{c/}

^{a/} Calculado de tablas de composición de alimentos y registros del laboratorio de Nutrición Animal del CATIE.

^{b/} Premezcla de minerales, vitaminas y antibióticos (Producto Pfizer).

^{c/} Difieren del análisis del concentrado (Cuadro 4)

3.4 Procedimiento de alimentación

3.4.1 Ensayo de consumo pre-experimental

Para definir los tratamientos, se realizó un ensayo de consumo de forraje de yuca y se determinó el consumo máximo de este material. Para esto se utilizaron nueve terneros, semejantes a los que serían utilizados en la fase experimental, los cuales se agruparon en tres categorías de peso: 40-50, 51-60 y 61-70 kg, respectivamente. Este ensayo tuvo una duración de 12 días de adaptación y tres días de recolección de datos de consumo. El consumo de forraje de yuca fue desde 1,5 hasta 2,14 kg MS/100 kg PV/día, con un promedio de 1,9 kg MS/100 kg PV/día (Cuadro 2). Hubo variación en el consumo relativo de acuerdo a los grupos de peso; los grupos de mayor peso consumieron proporcionalmente una cantidad mayor de forraje de yuca que los de menor peso. Pero en general se manifestó aceptación del forraje de yuca. No hubo síntomas de intoxicación por HCN.

Cuadro 2. Prueba pre-experimental de consumo voluntario de forraje de yuca por categoría de ternero según peso.

Categoría ^{a/} kg peso vivo	Consumo, kg MS/100 kg PV/día		
	Concentrado	Forraje de yuca	Total
40 - 50	0,37	1,51	1,88
51 - 60	0,50	2,05	2,55
61 - 70	0,60	2,14	2,74
Promedio	0,49	1,90	2,39

^{a/} tres animales por categoría

3.4.2 Fase experimental

Los terneros permanecieron confinados por grupo tratamiento en los mismos corrales que sirvieron para su cría predestete. La cantidad de alimento suministrada diariamente fue en proporción al peso vivo y de acuerdo a los tratamientos.

La adaptación de los animales al consumo de forraje de yuca se realizó ofreciéndoles éste desde una semana antes del destete hasta una semana después, momento en el cual pasaban a los tratamientos correspondientes.

El concentrado se proporcionó en las primeras horas de la mañana. El forraje de yuca se mezcló con las cantidades de melaza fijadas y se ofreció, en otros comederos, una hora después de dar el concentrado. El pasto fue ofrecido una vez que todo o casi todo el forraje de yuca había sido consumido. Todos los grupos tuvieron a libre disposición agua y mezcla de sales minerales.

Todos los animales fueron desparasitados internamente con Ripercol ^{a/} inmediatamente antes de ingresar al ensayo y luego cada 45 días; la desparasitación externa se hizo con Asuntol ^{b/} cada 20 días. Se aplicó una dosis de complejo vitamínico Inyacon ^{c/} a mitad de la fase experimental. Cada animal permaneció 100 días bajo tratamiento experimental.

3.5 Mediciones de tipo nutricional en los recursos alimenticios utilizados

El forraje de yuca, el concentrado, el pasto y la melaza fueron analizados en sus características nutricionales. El análisis del forraje de yuca

a/ Inyectable, 1cc/20 kg PV (producto Bayer)

b/ Polvo, dilución 1 g/l de agua (producto Bayer)

c/ Vitaminas A, D₃ y E, 2cc/animal (producto Squibb)

ca y el pasto se hizo semanalmente; el del concentrado se hizo cada vez que se preparaba una nueva mezcla. Los análisis efectuados fueron:

- a) Materia seca (MS) en un horno con flujo de aire a 65°C por 48 horas (3)
- b) Proteína cruda (PC) mediante el método micro-Kjeldahl (5)
- c) Digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) mediante el método de Tilley y Terry (73)
- d) Energía metabolizable (EM) estimada con base a la digestibilidad *in vitro* como equivalente a nutrientes digestibles totales y empleando las fórmulas de transformación del NRC (46)

Además en el forraje de yuca se determinó semanalmente el nivel de HCN en el ofrecido, mediante el método de titulación alcalina (3).

3.6 Tratamientos y diseño estadístico

Los tratamientos fueron definidos como niveles de reemplazo de la proteína de la ración por proteína proporcionada en el forraje de yuca. Las raciones fueron isoproteicas e isoenergéticas (Cuadro 3), donde la proteína proporcionada en el forraje de yuca reemplazaba un 0, 13, 27, 41 ó 56 por ciento de la proteína total de la ración; la melaza se utilizó para regular los niveles energéticos. Las raciones se calcularon para suplir los requerimientos nutricionales de mantenimiento más una ganancia de 0,500 kg/día (46).

Se utilizó un diseño irrestricto al azar, con cinco tratamientos y seis animales (4 hembras y 2 machos) por tratamiento. Los animales se asignaron en forma aleatoria a los diferentes tratamientos, permaneciendo confinados por grupo-tratamiento.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos %	Alimentos ofrecidos, Kg MS/100 kg PV/día				Aporte estimado			
	Forraje de yuca	Concentrado	Pasto	Melaza	Total	Mcal EM/100 kg PV	energía, g PC/100 kg PV	Proteína, g PC/100 kg PV
0	0,00	1,58	1,40	0,00	2,98	7,4	589	
13	0,36	1,29	1,32	0,07	3,04	7,2	583	
27	0,73	0,96	1,29	0,20	3,18	7,3	578	
41	1,12	0,71	1,16	0,32	3,31	7,4	585	
56	1,49	0,40	0,96	0,43	3,28	7,1	563	

a/ Niveles de reemplazo de la PC de la ración por PC aportada en el forraje de yuca.

3.7 Recolección de datos

3.7.1 Consumo de alimento

El cálculo del consumo de cada uno de los componentes de la ración se hizo tomando en cuenta la materia seca de los ingredientes ofrecidos y el alimento rechazado. El consumo de materia seca total por grupo, en los 100 días experimentales, permitió calcular los consumos promedio por cada 100 kg de peso vivo, de acuerdo a la fórmula | 1 |.

$$\text{MS consumida, kg/100 kg PV/día} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{MS}_i}{\frac{\text{PF} + \text{PI}}{2} \cdot \frac{n}{100}} \quad | 1 |$$

donde:

$\sum_{i=1}^n \text{MS}_i$ = sumatoria de los consumos de materia seca desde $i=1$ día hasta $n=100$ días, kg

PF = peso final del grupo, kg

PI = peso inicial del grupo, kg

3.7.2 Ganancia de peso

Los pesos semanales fueron tomados con el objeto de determinar la ganancia de peso por regresión; sin embargo, debido a que los coeficientes de determinación de las regresiones entre días de edad y peso fueron del orden de 0,99 se optó por determinar la tasa de ganancia de peso por medio de la diferencia real entre pesos finales e iniciales según la fórmula | 2 |.

$$\text{Ganancia de peso, kg/animal/día} = \frac{\text{Peso al final del experimento, kg} - \text{Peso al inicio del experimento, kg}}{100 \text{ días}} \quad | 2 |$$

Además, los pesos semanales fueron usados para calcular las cantidades de los componentes de la ración que se ofrecía cada día a cada grupo de terneros, según lo exigido por el tratamiento respectivo.

3.7.3 Eficiencia de conversión del alimento

La eficiencia de conversión del alimento se calculó mediante la relación de la cantidad de materia seca consumida y la ganancia de peso lograda durante el período experimental para cada tratamiento, según la fórmula | 3 |.

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{MS total consumida, kg}}{\text{Peso ganado, kg}} \quad | 3 |$$

3.8 Análisis estadístico

Los datos de ganancia de peso se analizaron según el modelo matemático de un diseño irrestricto al azar covariancia:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta (X_{ij} - \bar{x}) + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = ganancia de peso del animal j en el tratamiento i (j=1, 2, ..., 6,

i= 1, 2, ..., 5), kg/animal/día

μ = media general

t_i = efecto del tratamiento

β = coeficiente de regresión entre el peso al inicio del experimento y la ganancia de peso diaria experimental

X_{ij} = peso al inicio del experimento del animal j en el tratamiento i

\bar{x} = promedio de pesos al inicio del experimento

ϵ_{ij} = error experimental

3.9 Análisis económico

Considerando que la fuente de variación entre tratamiento es la proporción de la proteína total que aporta el forraje de yuca y la harina de carne y hueso en el concentrado, se hizo un análisis de costos parciales para calcular costos de la proteína aportada por la harina de carne y hueso y aquella aportada por el forraje de yuca.

4. RESULTADOS

4.1 Calidad nutritiva y consumo de alimento

Los contenidos promedio de materia seca, proteína cruda y los valores estimados de energía metabolizable para cada uno de los ingredientes de la ración, se encuentran en el Cuadro 4. El concentrado y el forraje de yuca muestran un bajo contenido de energía metabolizable (2,8 y 1,8 Mcal EM/kg MS, respectivamente) respecto a lo esperado al momento de calcular el plan de alimentación; este bajo contenido de energía es reflejo de las bajas digestibilidades *in vitro* que se encontraron (77,7 y 49,4 % para concentrado y forraje de yuca, respectivamente) (Cuadro 4).

Los consumos de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable para cada uno de los tratamientos se presentan en el Cuadro 5. Es de notar que en la fase experimental hubo una completa aceptación del forraje de yuca, siendo consumido incluso antes que el concentrado, a pesar que éste era ofrecido con anterioridad cada día.

El consumo máximo de materia seca total fue de 3,23 y el mínimo de 2,95 kg/100 kg PV/día para los tratamientos con 41 y 0 por ciento de proteína aportada por el forraje de yuca, respectivamente. El promedio general fue de 3,10 kg/100 kg PV/día. No hubo diferencias estadísticas entre tratamientos indicando éxito en el ajuste de los consumos totales de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable de tal manera que estos guardan similitud entre tratamientos.

Sin embargo, estos consumos no fueron del todo adecuados como se demuestra en el Cuadro 6, donde se comparan los consumos observados para las categorías de animales de 50, 75 y 100 kg de peso vivo y los valores recomendados

Cuadro 4. Composición nutritiva de los ingredientes utilizados en las dietas a/

Ingredientes	Materia seca %	Proteína cruda %	Energía metabolizable Mcal/kg MS
Concentrado	84,4	25,4	2,8 (77,7) <u>d/</u>
Pasto Estrella	23,4	13,2	2,1 (58,4)
Forraje de yuca	21,8	21,3	1,8 (49,4)
Melaza	76,0	4,2	3,0 --

a/ Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal del CATIE

b/ Base seca

c/ Estimada suponiendo la digestibilidad *in vitro* de la MS como equivalente a Nutrientes digestibles totales y usando las fórmulas de transformación dadas por NRC (46)

d/ Entre paréntesis: digestibilidad *in vitro* de la MS, %

Cuadro 5. Consumo de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable

Tratamiento %	Consumo, kg MS/100 kg PV/día				Total	Nivel proteico b/	Nivel energético c/
	Forraje de yuca	Concentrado	Pasto	Melaza			
0	0,00	1,59	1,36	0,00	2,95	567	7,3
13	0,36	1,29	1,28	0,07	3,00	565	7,2
27	0,72	0,96	1,24	0,20	3,12	571	7,2
41	1,11	0,71	1,09	0,32	3,23	572	7,2
56	1,45	0,40	0,91	0,43	3,19	585	6,9
Promedio					3,10	572	7,2

a/ Niveles de reemplazo de la PC de la ración por PC aportada por el forraje de yuca.

b/ g PC/100 kg PV/día

c/ Mcal EM/100 kg PV/día

Cuadro 6. Consumos de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable de acuerdo a categorías de peso vivo y niveles recomendados por NRC (46) a/

Categoría kg de peso vivo	Proteína aportada por el forraje de yuca, % de la PC total					Recomendación del NRC	
	0	13	27	41	56		
50	MS <u>b/</u>	1,48	1,50	1,56	1,62	1,60	1,45
	EM <u>c/</u>	3,7	3,6	3,6	3,6	3,5	4,8
	PC <u>d/</u>	284	283	286	286	293	198
75	MS	2,21	2,25	2,34	2,42	2,39	2,10
	EM	5,5	5,4	5,4	5,4	5,2	6,0
	PC	425	424	428	429	439	275
100	MS	2,95	3,00	3,12	3,23	3,19	2,80
	EM	7,3	7,2	7,2	7,2	6,9	7,2
	PC	567	565	571	572	585	360

a/ Datos generales a partir de las observaciones reales

b/ kg MS/animal/día

c/ Mcal EM/animal/día

d/ g PC/animal/día

por el NRC (46) para mantenimiento y una ganancia de 0,500 kg/animal/día. Se nota que el consumo de materia seca fue adecuado y el de proteína cruda en exceso para todas las categorías. Sin embargo los consumos de energía metabolizable fueron insuficientes en las categorías de 50 y 75 kg de peso vivo para el nivel de ganancia de peso indicado.

El forraje de yuca aportó 0, 74, 148, 229 y 322 g de proteína cruda/100 kg PV/día constituyendo un 0, 13, 26, 40 y 55 por ciento de la proteína total de la ración para los cinco tratamientos, respectivamente.

En el Cuadro 7 se presentan los tipos de forraje de yuca utilizados en toda la fase experimental, así como los niveles de HCN determinados en los mismos.

Cuadro 7. Contenido de ácido cianhídrico (HCN) y tiempo de uso de los forrajes de yuca.

Forraje de yuca	Contenido HCN mg/100 g peso fresco	Tiempo en uso días
3-4 meses, var.Valencia	9,45	85
1,5 meses, var.Valencia	25,92	1
9 meses, partes terminales, var. Valencia	8,41	3
5 meses, var. Japonesa, altamente fertilizada	14,40	10
3 meses, var. Brasileña	21,24	1

El forraje de yuca más utilizado (85 % del período experimental) fue de 3-4 meses después de la siembra o último corte y contenía 9,5 mg HCN/100 g de peso fresco. No se presentaron síntomas de intoxicación por HCN en ninguno de los grupos de terneros.

4.2 Ganancia de peso

Las ganancias de peso promedio para los diferentes tratamientos se muestran en el Cuadro 8. El promedio general fue de 0,328 kg/animal/día, con un rango de 0,310 a 0,370 kg/animal/día. No existió una tendencia definida como efecto de tratamiento. El análisis de covariancia (Cuadro 2A) para las ganancias de peso no evidenció diferencias estadísticamente significativas debido a tratamientos. De cualquier forma los valores conseguidos fueron menores a la ganancia esperada de 0,500 kg/animal/día.

Cuadro 8. Promedios de ganancia diaria de peso según tratamiento.

Tratamiento %	Peso inicial kg/animal	Ganancia de peso kg/animal/día	
		Sin ajuste	Ajustado <u>b/</u>
0	45,3	0,315	0,335
13	46,2	0,327	0,339
27	44,8	0,317	0,342
41	49,5	0,310	0,292
56	51,8	0,370	0,330
Promedio	47,5	0,328	0,328

a/ Niveles de reemplazo de la PC de la ración por PC aportada por el forraje de yuca

b/ Ajustado por covariancia utilizando el peso inicial como covariable ($r=0,65$)

En la Figura 1 se presentan las curvas de crecimiento para cada grupo. La figura permite observar dos períodos con ganancias de peso diferentes: de cero a cuatro semanas y de cuatro a 15 semanas. La tasa de ganancia de peso fue inferior durante el primer período (0,197 vs. 0,378 kg/animal/día), tal como se muestra en el Cuadro 3A.

4.3 Eficiencia de conversión del alimento

Ante consumos y ganancias de peso semejantes, la eficiencia de utilización de la materia seca total, la proteína cruda y energía metabolizable a ganancia de peso fue muy semejante para cada uno de los tratamientos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Eficiencia de conversión del alimento total, proteína y energía a ganancia de peso

Tratamiento ^{a/} %	Conversión de materia seca total kg/kg	Conversión energética, Mcal EM/kg	Conversión proteica kg/kg
0	5,71	14,15	1,10
13	5,74	13,69	1,08
27	5,99	13,79	1,09
41	6,77	14,84	1,24
56	6,05	13,14	1,11
Promedios	6,05	13,92	1,12

^{a/} Niveles de reemplazo en la PC de la ración por PC aportada por el forraje de yuca.

La eficiencia de utilización de la materia seca total, se considera que es alta, con promedio general de 6,05 kg MS/kg de peso ganado y un valor má-

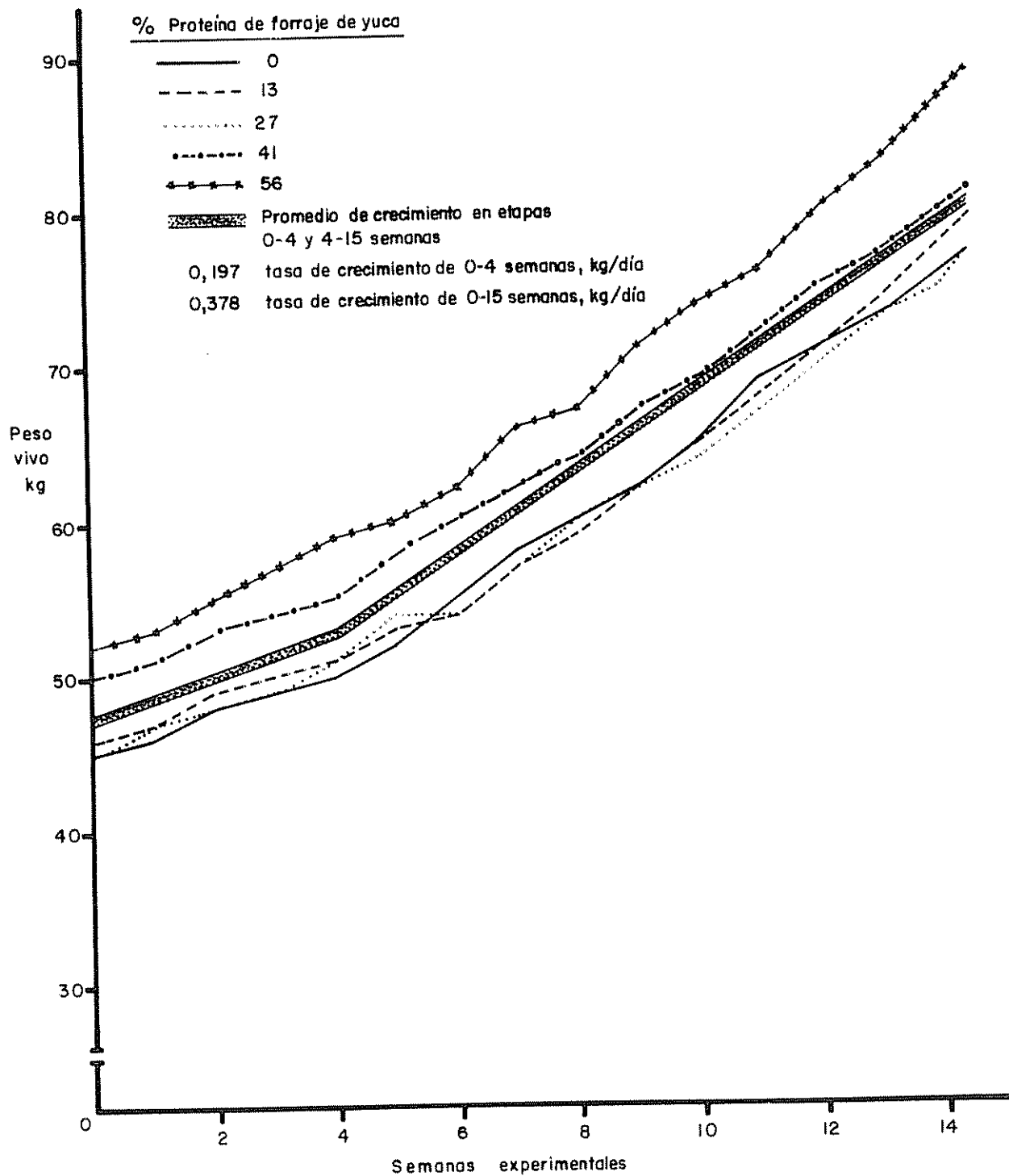


Fig. 1 Curva de crecimiento de terneros de lechería de 12 semanas de edad inicial con diversos niveles de forraje de yuca

ximo de 6,77 kg MS/kg de peso ganado para el grupo con 41 por ciento de la proteína cruda aportada por el forraje de yuca. Este último grupo incluyó al animal con la más baja ganancia de peso (0,120 kg/día) encontrada en el experimento. La conversión de proteína y energía sigue la misma tendencia que la de la materia seca.

4.5 Análisis económico

En el Cuadro 10 se calcula el costo para obtener un kilogramo de proteína cruda en forraje de yuca. Este fue de $\text{¢}15,94$ que con respecto al peso de la proteína contenida en la harina de carne y hueso ($\text{¢}20,55/\text{kg}$) resulta ser un 22.4 por ciento más económico. Los cálculos para el forraje de yuca se hicieron bajo el supuesto que el cultivo está dedicado exclusivamente a la producción de forraje y no se toman en cuenta ingresos provenientes de la venta de las raíces aunque éstas se producen con una alta proporción de raíces comerciales con una densidad de siembra 40.000 plantas/ha.

(9).

Cuadro 10. Costos de producción de una hectárea de forraje de yuca (40.000 plantas y cortes cada 3 meses) y de un kilogramo de proteína cruda en el forraje.

Item	Insumo total	Producto	Costos colones ^{a/}
A. Mano de obra			
Corte de estacas	7,5 jorn.		
Siembra	30,0		
Aplicación de herbicida	2,0		
Deshierbes	89,0		
Fertilización	9,5		
Cosecha	85,5		
Subtotal A	223,0		<u>16.736,15</u>
B. Mecanización			
Arada y rastreada	3,0 días		3.000,00
Subtotal B			<u>3.000,00</u>
C. Materiales			
Estacas	40.000,0		6.000,00
Herbicida	1,0 galón		2.500,00
Fertilizantes	<u>b/</u>		6.375,00
Subtotal C			<u>14.875,00</u>
D. Costos fijos			
Intereses sobre préstamos de B y C	12,0 % año		2.145,00
Renta			1.000,00
Depreciación			20,00
Subtotal D			<u>3.165,00</u>
COSTOS TOTALES			<u>37.776,15</u>
E. Producción de forraje, kg/ha		56.400 ^{c/}	
Contenido de MS, %		21	
Proteína cruda en MS, %		20	
F. Costos de producción relativo a la proteína, ¢/kg PC			15,94

a/ ¢45/dólar estadounidense

b/ 300 kg de 10-30-10 a la siembra y 125 kg NH_4NO_3 a los 3, 6 y 9 meses

c/ basado en datos de la literatura (38, 42, 44, 57).

5. DISCUSION

5.1 Calidad nutritiva de los ingredientes de la ración

5.1.1 Forraje de yuca

Los valores determinados para proteína cruda (21,3 %) y materia seca (21,77 %), sin incluir tallos leñosos, son similares a los presentados en la literatura (20, 37, 42, 57) para forrajes de edad semejante (3 - 4 meses). Sin embargo, en forrajes de mayor edad el contenido proteico es menor (36, 42). Como es de esperar cuando se utiliza mayor proporción de hoja, o sólo ellas, los porcentajes de proteína cruda son mucho mayores y pueden alcanzar un nivel hasta del 40 por ciento (4, 19, 67, 82).

El bajo contenido calculado de energía metabolizable (1,8 Mcal/kg MS), inferior al del pasto Estrella, podría estar subestimado dado que se encontró un valor de digestibilidad *in vitro* de la materia seca de sólo 49,7 por ciento, el cual resulta bajo en comparación a los presentados en la literatura (19, 21, 49, 63, 67) que indican valores de 65,5 por ciento para digestibilidad *in vivo* (21), 76,6 por ciento para digestibilidad *in vitro* (63) y 84,4 por ciento para digestibilidad *in situ* (67). No se tiene disponible una clara explicación de estas diferencias; se podría argumentar que en parte fue debido a una mayor proporción de tallos en las muestras que se analizaron en este trabajo. Otra explicación de las diferencias sería ya inherente al método de determinación de la digestibilidad. Así, la digestibilidad *in vitro* aparentemente tiene grandes limitaciones cuando se analizan muestras que contienen taninos (63, 67, 72). Al respecto CIAT (10) informa que la digestibilidad *in vivo* del *Desmodium ovalifolium* (56,9 % en promedio) siempre es más alta que *in vitro* (37,9 % en promedio) de tal manera

que el sistema *in vitro* estaría subestimando la digestibilidad de las leguminosas y, por paralelismo, el mismo argumento puede aplicarse al forraje de yuca. Esto se debería a que tanto con la técnica de digestibilidad *in vivo* como *in situ* el rumen funciona como un sistema abierto, con efectos de dilución para los taninos, no así en la técnica *in vitro* que es un sistema cerrado, sin efectos de dilución o absorción de productos finales de fermentación.

5.1.2 Pasto

Los valores determinados para materia seca (23,3 %) y proteína cruda (13,2 %) son característicos de pastos tiernos. Puesto que el pasto utilizado no recibió ningún tipo de fertilización, llama la atención su alto porcentaje de proteína, semejante al mencionado para el pasto Estrella por Ramos, Curbelo y Herrera (62) con un valor máximo de 13 por ciento, pero con un nivel de fertilización de 400 kg N/ha/año y con una frecuencia de corte de 4 semanas. El contenido proteico es superior al encontrado por Rocha (64) quien indica un valor de 10,1 por ciento de proteína cruda con un nivel de fertilización de 250 kg N/ha/año y con una frecuencia de pastoreo de cada tres semanas. La explicación para el nivel proteico encontrado en el pasto utilizado en este trabajo estaría dada por la asociación pasto/macadamia, donde la sombra determinaría no sólo un mayor contenido de proteína sino también mayor contenido de humedad (8, 35, 72). En conexión con el efecto de la sombra, ésta también eleva el nivel de fibra cruda y reduce el de carbohidratos fácilmente fermentables, lo cual habría determinado una digestibilidad (58,4%) ligeramente más baja que la hallada en la literatura para pasto Estrella (véase por ejemplo la referencia 64).

5.1.3 Concentrado

El porcentaje de proteína cruda del concentrado (25,4 %) es superior a lo recomendado en la literatura (23, 34) para terneros. La intención fue elaborar un concentrado con 23 por ciento de proteína (Cuadro 1), sin embargo, la harina de carne y hueso utilizada en este trabajo presentó gran variabilidad en su contenido proteico debido a variaciones en el nivel de hueso contenido en ella (32). Los requerimientos de proteína en los suplementos dependen en gran medida de la fuente proteica y del forraje complementario (61). Por ejemplo Preston *et al.* (60) han sugerido concentrados con un 17 por ciento de proteína cruda cuando se utiliza harina de pescado; mientras que Whitelaw, Preston y Dawson (79) recomiendan concentrados con 19 por ciento de proteína cruda cuando se usa harina de maní.

5.2 Consumo de materia seca, proteína y energía

Como complemento de la discusión, se hace referencia a los datos del Cuadro 2, en el que se muestra que los terneros de 50 y 70 kg de peso vivo consumieron forraje de yuca a razón de 1,9 y 2,7 kg MS/100 kg PV/día, respectivamente. Estos consumos difieren en una cantidad constante (0,3 kg) con respecto a las indicaciones de Roy (68) que establecen consumos de 2,2 y 3,0 kg MS/100 kg PV/día para terneros de 50 y 120 kg, respectivamente. La consecuencia es que las necesidades energéticas de los terneros (6,27 Mcal EM/100 kg PV/día para mantenimiento y una ganancia de 0,300 kg/día) (46) no fueron suplidas por el consumo de forraje de yuca y las cantidades limitadas de concentrado. Se plantea que el factor regulador del consumo, en este caso, sería la capacidad del tracto digestivo, especialmente del

retículo-rumen (15, 61,68). Este hecho lo mencionan Roy (68) y Preston y Willis (61) al indicar que los terneros de determinado peso tienden a consumir un nivel energético adecuado, pero no lo logran si el volumen a consumir es grande. Esta explicación se aplicaría al caso del forraje de yuca debido a su relativo bajo contenido de materia seca (20-21 %).

En el trabajo experimental, el consumo promedio de materia seca total fue de 3,1 kg/100 kg PV/día y superior en un 10 por ciento a lo recomendado por el NRC (46); este valor es similar al obtenido por Geerken, Díaz y González (24) con terneros de 100 kg en pastoreo y observaciones en animales adultos (16, 61). Los consumos observados en el presente trabajo son indicativos que los terneros habían alcanzado un pleno desarrollo del rumen (68).

El plan de alimentación no pretendió observar el efecto de las diferentes proporciones de forraje (pasto y forraje de yuca) de las raciones sobre el consumo. Sin embargo, se notó que los animales de los tratamientos con 0, 13 y 27 por ciento de la proteína total aportada por el forraje de yuca, parecieron ser capaces de consumir más alimento, ya que todo el alimento ofrecido fue consumido en horas de la mañana, mostrando apetito por la tarde; en contraste los animales del tratamiento con el máximo nivel de proteína aportada por el forraje de yuca terminaron de consumir la ración en horas de la tarde; ésto se debió al mayor volumen a consumir.

Existe gran información sobre la variación del consumo de materia seca total cuando se incluyen forrajes en dietas de concentrado (26, 37, 45, 61). Preston y Willis (61) concluyen que en el 60 por ciento de los casos revisados por ellos, la inclusión de pequeñas cantidades de forraje aumenta-

ban el consumo, pero indican que un nivel mayor al 20 por ciento no aumenta el consumo y, que un nivel superior al 40 por ciento se reduce el consumo; como consecuencia de este hecho, en raciones altas en forraje es importante el tipo y calidad del mismo. En el presente trabajo esto se tuvo en cuenta y a pesar de la variación y altos porcentajes de forraje en las raciones los consumos no fueron bajos.

Los consumos de proteína fueron en exceso en relación a las recomendaciones del NRC (46); sin embargo los consumos de energía metabolizable fueron insuficientes para el nivel de ganancia de peso de 0,500 kg/animal/día (Cuadro 2A). La deficiencia aparente en el consumo de energía podría resolverse permitiendo al ternero mayor disponibilidad de un suplemento energético siempre y cuando el nivel de proteína aportada por el forraje de yuca no sobrepase el 27 por ciento del total. Por lo discutido en la sección 5.1.1 queda la duda de si el tenor estimado de energía del forraje de yuca está subestimado o no y, obviamente, en caso de que la digestibilidad estuviese subestimada, se podría justificar un mayor nivel de uso del forraje.

La razón proteína:energía (80 g PC/Mcal EM) está en el rango (50-80 g PC/Mcal ME) mencionado por Preston y Willis (61) y Stobo *et al.* (71) para terneros de 80 kg de peso con consumo voluntario y harina de pescado como fuente proteica; pero superior a la razón proteína:energía recomendada por el NRC (41-50 g PC/Mcal EM) (46) para el rango de pesos de 50 a 100 kg. La razón óptima debe ser mayor cuando la fuente proteica es de baja calidad (61).

5.3 Ganancia de peso

El comportamiento durante las primeras cuatro semanas de experimento (Cuadro 3A) se vio agravado por efecto del destete; al cual se sumó los cambios en el manejo durante el período experimental (10, 68). Transcurridas las primeras cuatro semanas, todos los grupos de animales mostraron una recuperación en el crecimiento indicando adaptación plena tanto al estado de destete como de alimentación.

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas en las tasas de crecimiento entre los diferentes tratamientos sería indicativo de que la calidad de las fuentes proteicas utilizadas fueron similares, ya que los consumos de nutrientes fueron semejantes.

Las moderadas tasas de crecimiento serían una consecuencia del bajo consumo de energía (Cuadro 2A), para una ganancia de peso de 0,500 kg/animal/día. La proteína no fue limitante y más bien el consumo excedió en un 60 por ciento de las recomendaciones del NRC (46). Este exceso de proteína podría no haber sido aprovechado por falta de energía (15) y más bien parte de la energía debió ser utilizada para eliminar nitrógeno no proteico que se produjo en exceso (7, 13, 52, 76).

La mayoría de las investigaciones indican que las proteínas de la leche pueden ser reemplazadas por otras fuentes proteicas de origen animal o vegetal (11, 32, 54, 80). Así Torralba (74) con animales, similares a los utilizados en este trabajo, en pastoreo y alto consumo de concentrado (2,5 kg MS/100 kg PV/día) obtuvo tasas de crecimiento de aproximadamente 0,500 kg/animal/día. El uso de harina de carne en terneros (31, 32, 33, 34) siempre ha determinado tasas de crecimiento superiores a 0,650 kg. La alta proporción de huesos en la harina de carne utilizada en este trabajo habría disminuido su valor biológico (32) por efecto de dilución, agravado por la

conocida deficiencia de los aminoácidos metionina y cistina (13, 33, 66). Por otro lado, la proteína del forraje de yuca también tiene niveles deficientes de metionina (1). Las implicaciones de este hecho se discuten más adelante.

El haberse demostrado que la proteína del forraje de yuca permite un desarrollo del ternero igual al obtenido con raciones que incluyen harina de carne y hueso, como principal fuente de proteína, constituye una ventaja nutricional de orden práctico. Sin embargo estos resultados son inesperados por la conocida alta degradabilidad de la proteína del forraje de yuca. Así, Roldán (67) calculó que la solubilidad de la proteína de forraje de yuca es 42,2 por ciento, mayor que otras fuentes de proteína (14, 30, 59, 81).

Por las consideraciones anteriores, se espera que, al reemplazar cantidades crecientes de proteína de la ración por proteína aportada por el forraje de yuca, se estaría disminuyendo la cantidad de proteína sobrepasante del rumen. Además, la fermentación de la proteína del forraje de yuca ocurre a una tasa alta; Roldán (67) indica que en 24 horas el 90 por ciento de la proteína fermentable se degrada en el rumen, y Meyreles (41) no encontró grandes diferencias en la hidrólisis de la urea y de la proteína del forraje de yuca, medida por la tasa de liberación de amoníaco. Consecuentemente, tanto los resultados obtenidos como la literatura sugieren que animales alimentados con forraje de yuca presentan, a nivel de duodeno, una proteína total (microbiana y de origen dietético) cualitativamente no diferente de la proteína post-ruminal de animales alimentados con pasto Estrella y una ración con harina de carne y hueso. Esta propuesta, por su-

puesto, se hace conociendo que todos los animales consumieron exceso de proteína cruda.

Las deficiencias en metionina en el forraje de yuca (49, 50, 77, 78) y el uso de ella en el proceso de destoxificación del HCN (77) obliga a pensar en suplementar con metionina para elevar su valor biológico (19, 49, 56, 55, 77). Por lo tanto la alta solubilidad de la proteína del forraje de yuca y su deficiencia de metionina son factores que podrían estar afectando negativamente las tasas de crecimiento (39, 41). Por otro lado, este reconocimiento de deficiencia sugiere el uso de suplementos sulfurados para promover la síntesis de los aminoácidos metionina y cisteína (40). Por las características de rápida fermentación del componente nitrogenado del forraje de yuca, éste debería ser usado con fuentes energéticas que permitan un mejor uso del nitrógeno liberado, tal como una mezcla de melaza (o caña de azúcar) con una fuente rica en almidones (27, 40, 51, 69).

5.4 Eficiencia de conversión del alimento

Los valores de eficiencia de conversión de la materia seca en ganancia de peso son similares a los resultados obtenidos por Geerken, Díaz y González (24) con terneros en pastoreo; por Ugarte (76) con terneros Holstein castrados, utilizando harina de soya en dietas de miel-urea, y por Fernández, McLeod y Preston (20) con toretes cebú de 180 kg de peso, alimentados con forraje de yuca a razón de tres por ciento de peso vivo. Los resultados del presente trabajo son superiores a los obtenidos por Kay *et al.* (29), usando harina de pescado y urea como fuentes proteicas para terneros de 50 a 100 kg de peso, con lo que se obtuvo ganancias superiores a 0,700 kg PV/animal/día y consumos de sólo 2,16 kg MS/animal/día.

Los datos experimentales son similares a los del NRC (46), en lo referente a eficiencia energética y proteica para un nivel de ganancia de peso de 328 g/animal/día. Si se comparan con las eficiencias esperadas para una ganancia de 0,500 kg entonces se manifiesta inferioridad en las eficiencias experimentales. Este hecho añade argumentos a la explicación propuesta de que todos los tratamientos tuvieron un déficit en el consumo energético.

5.5 Análisis económico

Los costos para producir un kilogramo de proteína a través del forraje de yuca fueron menores en relación al costo de la proteína de harina de carne y hueso; sin embargo, el uso de forraje de yuca como fuente proteica requiere de una fuente de carbohidratos fácilmente fermentables (caña de azúcar, melaza o almidones) y de la suplementación de ciertos aminoácidos, especialmente metionina, o azufre. Estas exigencias hacen que la aplicabilidad de los resultados esté sujeta a que esas condiciones se presenten.

De esta manera debe considerarse la posibilidad de utilizar en una forma más integral un cultivo, cuyo propósito tradicional es la producción de raíces exclusivamente; al tener una alternativa adicional de uso de la yuca, se hace más factible la aceptabilidad de la tecnología por parte del productor, pues se plantea una diversificación de explotación, contribuyendo a una reducción del factor de riesgo empresarial, especialmente en los productores con sistemas mixtos. Finalmente como se demuestra en el Cuadro 10, el manejo de la yuca como fuente de proteína para la alimentación animal implica la creación de actividades adicionales para la ocupación de la mano de obra rural.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Con base en los resultados del presente estudio se concluye lo siguiente:

1. El forraje de yuca puede usarse como una fuente importante de proteína en raciones para terneros de lechería, recientemente destetados y con rumen funcional, sin desmedro de su desarrollo.
2. Para asegurar un consumo adecuado de un suplemento energético, el nivel de forraje no debe exceder el 23 por ciento de la materia seca total ofrecida a terneros de 75 kg o menos. Este nivel aporta el 26 por ciento de la proteína total.
3. Terneros rumiantes entre tres y seis meses de edad que consumen forraje de yuca recién cortado no presentan síntomas de toxicidad por ácido cianhídrico, aún cuando este forraje provea hasta el 56 por ciento de la proteína cruda total.
4. Desde el punto de vista económico, el uso de forraje de yuca como fuente de proteína, en vez de fuentes proteicas como la harina de carne y hueso, implica un ahorro de 22 por ciento en los costos por unidad de proteína.

6.2 Recomendaciones

Las experiencias y resultados logrados en el presente estudio permiten sugerir las siguientes recomendaciones:

1. Que se determinen los cambios en la digestibilidad de los componentes de la parte aérea de la planta de yuca y las causas de sus fluc-

tuaciones en digestibilidad tanto *in vitro* como *in situ*.

2. Que sobre la base de los niveles de forraje de yuca empleados se investigue la factibilidad de aumentar el consumo de suplementos energéticos especialmente para terneros de menos de 100 kg de peso vivo.
3. Que se investigue si es factible introducir mejoras en la eficiencia de uso de los alimentos y de crecimiento animal, mediante la combinación de diversas fuentes de energía tales como almidones y azúcares.
4. Que se investigue posibles efectos de otros nutrientes tales como azufre, u otras fuentes proteicas como suplementos en raciones con forraje de yuca.
5. Que se efectúen análisis de presupuesto parcial en la evaluación económica del uso del forraje de yuca, una vez que se verifiquen los valores energéticos reales (y no calculados) en este forraje.

7. LITERATURA CITADA

1. ADRIAN, J. y PEYROT, F. Possible use of the cassava leaf (*Manihot utilissima*) in human nutrition. *Plant Foods Human Nutrition* 2(2): 61-65. 1971.
2. AHMAD, E. I. Potential fodder and tuber yields of two varieties of tapioca. *Malaysian Agricultural Journal* 49:166-174. 1973.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. Washington, D. C., 1970. 1015 p.
4. BARRIOS, E. A. y BRESSANI, R. Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca *Manihot*. *Turrialba (Costa Rica)* 17(3):314-320. 1967.
5. BATEMAN, J. V. *Nutrición Animal: manual de métodos analíticos*. México, D. F., Herrera, 1971. 469 p.
6. BLAKLEY, R. L. y COOP, I. E. The metabolism and toxicity of cyanides and cyanogenetic glucosides in sheep. II. Detoxication of hydrocyanic acid. *The New Zealand Journal of Science and Technology* 31(3):1-16. 1949.
7. BLAXTER, K. L. *The energy metabolism of ruminants*. 2. ed. London, Hutchinson, 1966. 195 p.
8. BURTON, G. W., JACKSON, J. E. y KNOX, F. E. The influence of light reduction upon the production, persistence and chemical composition of coastal Bermuda grass, *Cynodon dactylon*. *Agronomy Journal* 51: 537-539. 1959.
9. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. *Sistemas de producción de leche y carne para pequeños productores usando residuos de cosechas: informe de progreso 1978*. Turrialba, Costa Rica, 1978. 44 p.
10. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Annual report: tropical pastures program*. Cali, 1981. v.2, pp 10.1-19.19.
11. CLARK, R. D. y WHITING, F. Further studies on raising dairy calves with limited amounts of milk. *Canadian Journal of Animal Science* 41:16-22. 1961.
12. COURSEY, D. G. Cassava as food: toxicity and technology. In Nestel, B y Mac Intyre, R. eds. *Chronic cassava toxicity: proceedings International Development Research Centre and University of Guelph*. London, 1973. pp. 27-36.

13. CRAMPTON, E. W. y HARRIS, L. E. Nutrición animal aplicada. 2. ed. Zaragoza, España, Acribia, 1974. 756 p.
14. CROOKER, B. A., *et al.* Solvents for soluble nitrogen measurements in feed-stuffs. *Journal of Dairy Science* 61(4):437-447. 1978.
15. CHURCH, D. C. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes: nutrición. Zaragoza, España, Acribia, 1974. V. 2, 483 p.
16. _____. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes: nutrición práctica. Zaragoza, España, Acribia, 1974. v. 3, 544 p.
17. DE BRUIJN, G. H. The cyanogenic character of cassava (*Manihot esculenta*). In Nestel, B. y MacIntyre, R. eds. Chronic cassava toxicity: proceedings International Development Research Centre and University of Guelph. London, 1973. pp. 43-48.
18. ECHANDI, O. Valor de la harina de hojas y tallos deshidratados de yuca en la producción de leche. *Turrialba (Costa Rica)* 2(4):166-170. 1952.
19. EGGUN, B. O. The protein quality of cassava leaves. *British Journal of Nutrition* 24:761-769. 1970.
20. FERNANDEZ, A., MACLEOD, N. A. y PRESTON, T. R. Follaje de yuca como fuente de forraje y proteína para la engorda de ganado bovino con miel/urea. *Producción Animal Tropical (República Dominicana)* 2:198-202. 1977.
21. FFOULKES, D., DOÑE, F. y PRESTON, T. R. Forraje de yuca como alimento para el ganado: digestibilidad y consumo del forraje integral. *Producción Animal Tropical (República Dominicana)* 3(3):234-236. 1978.
22. GALIANO, L. Las hojas y tallos de yuca como forraje. Lima, Perú. Estación Experimental Agrícola "La Molina" Boletín N° 58. 1955. 32 p.
23. GARDNER, R. W. Digestible protein requirements of calves fed high energy rations *ad libitum*. *Journal of Dairy Science* 51:888-897. 1968.
24. GEERKEN, C. M., DIAZ, A. y GONZALEZ, R. Metabolismo de la energía y el nitrógeno en terneros alimentados con forraje bermuda cruzada (*Cynodon dactylon*) y pangola (*Digitaria decumbes* Stent). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 11:173-177. 1977.
25. GRAMACHO, D. D. Contribuição ao estudo químico-technológico do feno de mandioca. Bahia. Universidade Federal. Escola de Agronomia Brascan Nordeste. Serie Pesquisa 1(1):143-152. 1973.

26. HARPER, O. F., *et al.* Supplements to call-barley rations for fattening steers. (Compendio). *Journal of Animal Science* 21:999. 1962.
27. HERRERA, A. E. Engorda de vacas de desecho con subproductos de caña y diversos niveles de almidón de banano. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 46 p.
28. JUAREZ, L. La hoja de yuca como forraje. *Agricultura Tropical (Colombia)* 9:7-10. 1953.
29. KAY, M., *et al.* The nutrition of the early-weaned calf. X. The effect of replacement of fish meal with either urea or ammonium acetato on growth rate and nitrogen retention in calves fed *ad libitum*. *Animal Production* 9:197-201. 1967.
30. KRISHNAMOORTHY, T. V., *et al.* Nitrogen fractions in selected feedstuffs. Ithaca, N. Y., Cornell University, Department of Animal Science, 1980. 22 p.
31. LEIBHOLZ, J. The source of protein in calf diets. I. A comparison of dried skim milk and meat meal. *Australian Journal of Agriculture Research* 18(1):149-155. 1967.
32. _____. y MOSS, F. P. The source of protein in calf diets. II. Meat meal quality. *Australian Journal of Agricultural Research* 18:157-168. 1967.
33. _____. The effect of nitrogen intake, sulphur intake and dietary nitrogen source on the early weaned calf. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 12:561-565. 1972.
34. _____. y KANG, H. S. The crude protein requirement of the early-weaned calf given urea, meat meal or soya bean meal with and without sulfur supplementation. *Animal Production* 17:257-265. 1973.
35. MCEVEN, L. C. y DIETZ, D. R. Shade effects on chemical composition of herbage in the Block Hills. *Journal of Range Management* 18(4): 184-190. 1965.
36. MAPOON, L. K. Degradabilidad de algunos forrajes altos en proteína en el rumen. *Producción Animal Tropical (República Dominicana)* 5(1):58-61. 1980.
37. MARTIN, F. W., TELEK, L. y RUBERTE, R. Some tropical leaves as feasible sources of dietary protein. *Journal of Agriculture (Puerto Rico)* 61(1):32-40. 1977.
38. MEYRELES, L., MAC LEOD, N. A. y PRESTON, T. R. Forraje de yuca como fuente de proteína: efecto de la densidad de población y edad de corte. *Producción Animal Tropical (República Dominicana)* 2:18-26. 1977.

39. MEYRELES, L., MAC LEOD, N. A. y PRESTON, T. R. Forraje de yuca como fuente de proteína en dietas de caña de azúcar para el ganado bovino: efecto de diferentes niveles con y sin urea sobre el crecimiento y fermentación ruminal. *Producción Animal Tropical (República Dominicana)* 2:203-208. 1977.
40. _____, PRESTON, T. R. Forraje de yuca como fuente proteica en dietas de caña de azúcar para ganado: efecto de la adición de azufre y harina de raíz de yuca. *Producción Animal Tropical (República Dominicana)* 2:289-292. 1977.
41. _____, MAC LEOD, N. A. y PRESTON, T. R. Forraje de yuca como suplemento proteico en dietas de caña para ganado bovino: efecto de diferentes niveles sobre el crecimiento y fermentación ruminal. *Producción Animal Tropical (República Dominicana)* 2:76-83. 1977.
42. MONTALDO, A. y MONTILLA, J. J. Producción de follajes de yuca. *Revista de la Facultad de Agronomía, Alcance, Maracay, N° 24:22.* 1976.
43. _____. Whole plant utilization of cassava for animal feed. In Nestel, B. y Graham, M., eds. *Cassava as animal feed. proceedings International Development Research Center and Univerisity of Guelph.* London, 1977. pp. 95-106.
44. MOORE, C. P. Uso del forraje de yuca en la alimentación de rumiantes. *Seminario Internacional de Ganadería Tropical, Acapulco, FIRA, 8-12 marzo 1976.*
45. MORRIS, J. G., GARDNER, R. W. y PEPPER, P. M. Finishing steers on high grain rations: the effects of three roughages and of urea, vitamin A, cobalt and sodium chloride supplements. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 7:144-152. 1967.
46. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of domestic animals N° 3. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington D. C., National Academy of Science, 1978. 54 p.
47. NORMANHA, E. S. Farelo de ramas e folhas de mandioca. *O Agronomico (Brasil)* 10(3/4):9-11. 1958.
48. OBREGON, B. R. Variación del ácido cianhídrico en 118 clones de yuca (*Manihot utilissima* Phol). *Agricultura Tropical (Colombia)* 24 (6):330-340. 1968.
49. OKE, O. L. Leaf protein research in Nigeria: a review. *Tropical Science* 15:139-155. 1973.
50. _____. Problems in the use of cassava as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 3(4):345-380. 1978.

51. OLIVO, F. R. Evaluación del crecimiento microbial *in vitro* con diferentes relaciones amilosa/amilopéctina y almidón/sacarosa en el sustrato energético. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1978. 56 p.
52. ORSKOV, E. R. Importancia relativa de la digestión ruminal y post-ruminal respecto a la nutrición proteica y energética en rumiantes. *Producción Animal Tropical (República Dominicana)* 3:93-105. 1978.
53. OYENUGA, V. A. The composition and nutritive value of certain feed in Nigeria. I. Roots, tubers and green leaves. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 23:81-95. 1955.
54. PARDUE, F. E., *et al.* Performance of dairy calves weaned at 24 days of age and fed vegetable as animal source protein in the dry starter. *Journal of Dairy Science* 45:986-989. 1962.
55. PECHNIK, E., GUIMARAES, L. R. y PANEK, A. Sobre o aproveitamiento da folha de mandioca (*Manihot* sp.) na alimentação humana. II. Contribuição ao estudo do valor alimenticio. *Arquivos Brasileiros de Nutrição* 18(1/2):11-13. 1962.
56. _____. y GUIMARAES, L. R. Sobre o aproveitamiento da folha de mandioca (*Manihot* sp.) na alimentação humana. IV. Efeito da suplementação de aminoácidos sintéticos sobre o valor alimenticio da folhas de mandioca-mansa secado ao ar e em refrigerador. *Arquivos Brasileiros de Nutrição* 19(2):11-20. 1963.
57. PEREIRA, A. S. Aproveitamento da parte aérea e subterrânea das plantas de mandioca. *Agronomico (Sao Paulo)* 14(3/4):6-7. 1962.
58. PERRIN, R. K., *et al.* Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Folleto de información N° 27. 1976. 54 p.
59. PICHARD, G. y VAN SOEST, P. J. Protein solubility in ruminant feeds. *In Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Ithaca, N. Y., 1977. Proceedings Ithaca, N. Y., 1977. pp. 91-98.*
60. PRESTON, T. R. *et al.* The nutrition of the early weaned calf. VIII. The effect on nitrogen retention of diets containing different amounts of fish meal. *Animal Production* 7:53-58. 1965.
61. _____. y WILLIS, M. B. *Intensive beef production.* London, Pergamon Press, 1970. 544 p.
62. RAMOS, N., CURBELO, F. y HERRERA, R. S. Edad de rebrote y niveles de nitrógeno en pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 14:83-93. 1980.

63. REED, J. D. *et al.* Condensed tannins: a factor limiting utilization of cassava forage. Ithaca, N. Y., Cornell University. Department of Animal Science, 1980. 20 p.
64. ROCHA, G. W. Evaluación del componente alimenticio y de la rentabilidad económica del módulo lechero del CATIE. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1978. 99 p.
65. ROGERS, D. J. Cassava leaf protein. *Economic Botany* 13:261-263. 1959.
66. ROJAS, S. Nutrición Animal. Lima, Universidad Nacional Agraria "La Molina", 1975. 60 p.
67. ROLDAN, P. G. Degradación ruminal de algunos forrajes proteicos en función del consumo de banano verde suplementario. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1981. 71 p.
68. ROY, J. H. B. The calf: nutrition and health. 3. ed. London, Ilife Books, 1970. v. 2., 164 p.
69. RUIZ, V. A. Utilización de la gallinaza en la alimentación de bovinos. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 81 p.
70. SANTOS, M. A. D. Evaluación biológica de agrosistemas basados en cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y su rentabilidad económica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1979. 172 p.
71. STOBO, I. J., ROY, J. H. y GASTON, H. J. The protein requirement of the ruminant calf. I. The effect of protein content of the concentrate mixture on the performance of calves weaned at an early age. *Animal Production* 9:7-21. 1967.
72. STUEDEMANN, J. A. *et al.* Forage-fed beef: production and marketing alternatives in the south. Southern Regional Forage-fed Beef Research Workshop, New Orleans, Louisiana, 1975. (Report). Louisiana, 1975. 45p.
73. TILLEY, J. M. A. y TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18:104-111. 1963.
74. TORRALBA, E. J. Efecto de diferentes períodos de pastoreo diario y niveles de energía suplementaria sobre el crecimiento de terneros de lechería. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 55 p.
75. TOSI, J. Capacidad de uso de la tierra determinada por las condiciones de clima, fisiografía y suelos en la parte noroeste de la provincia de Guanacaste, Costa Rica. San José, Costa Rica, Instituto de Tierras y Colonización, 1967. 77 p.

76. UGARTE, J. Harina de soya como suplemento proteico a novillos en ceba con dietas de miel-urea. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 9:125-129. 1975.
77. UMOH, I. B. y OKE, O. L. Cassava-leaf mixture as animal feed. *Nutrition Reports International* 16(6):821-824. 1977.
78. _____., AYALOGU, E. O. y OKE, O. L. The importance of lysine in cassava-based feeds. *Nutrition Reports International* 19(2):203-207. 1980.
79. WHITELAW, F. G., PRESTON, T. R. y DAWSON, G. S. The nutrition of the early weaned calf. II. A comparison of commercial groundnut meal as the mayor protein source in the diet. *Animal Production* 3:127-133. 1961.
80. _____ y PRESTON, T. R. The nutrition of the early weaned calf. III. Protein solubility and aminoacid composition as factors affecting protein utilization. *Animal Production* 5:131-145. 1963.
81. WOHLT, J. E. *et al.* Nitrogen metabolism in weathers as affected by dietary protein solubility and aminoacid profile. *Journal of Animal Science* 42(5):1280-1289. 1976.
82. YEOH, H. H. y CHEW, M. Y. Protein content and aminoacid composition of cassava leaf. *Phytochemistry* 15:1597-1599. 1976.
83. _____ y CHEW, M. Y. Research in tapioca: a brief review. *The Malaysian Agricultural Journal* 49(3):332-343. 1974.
84. _____ y OH, H. Y. Cyanide content of cassava. *Malaysian Agricultural Journal* 52(1):24-28. 1979.
85. ZAPATA, A. O. La yuca como alimento para ganado de leche. *ICA-Inforna (Colombia)* 4:5-8. 1977.

8. A P E N D I C E

Cuadro 1A. Animales experimentales, pesos y ganancia de peso individuales

Número	Sexo ^{a/}	Peso Nac. kg	Pesos experimentales, kg		Ganancia kg/animal/día
			Inicial	Final	
P 98	H	27	45 (83) ^{b/}	93	0,480
M138	H	29	37 (83)	57	0,200
D177	H	25	42 (84)	70	0,280
1-55	M	32	51 (84)	80	0,290
1-57	M	35	47 (101)	76	0,290
T184	H	22	50 (89)	85	0,350
D175	H	23	43 (107)	82	0,390
M137	H	25	43 (83)	72	0,280
M139	H	28	40 (82)	73	0,330
P101	H	33	47 (85)	68	0,210
1-60	M	26	51 (92)	88	0,370
1-63	M	24	53 (86)	91	0,380
T176	H	25	32 (97)	56	0,240
1-38	M	28	37 (95)	63	0,260
D176	H	27	40 (84)	70	0,300
CG17	H	28	54 (90)	87	0,330
D179	H	26	56 (84)	93	0,370
1-61	M	26	50 (95)	90	0,400
A246	H	25	37 (98)	49	0,120
T179	H	23	41 (91)	65	0,240
1-54	M	31	54 (86)	101	0,470
D178	H	23	55 (90)	76	0,210
T181	H	27	50 (122)	80	0,300
1-64	M	34	60 (81)	112	0,520
CG16	H	23	45 (83)	72	0,270
1-52	M	29	52 (95)	82	0,300
M140	H	30	52 (89)	89	0,370
M141	H	24	47 (101)	86	0,390
1-62	M	32	65 (92)	123	0,580
T183	H	27	50 (109)	81	0,310
Promedios		27	47 (91)	80	0,328

^{a/} H= hembra; M= macho

^{b/} Entre paréntesis, días de edad al inicio del experimento.

Cuadro 2A. Análisis de covariancia para ganancia de peso, kg/animal/día (Y) con covariable: peso al inicio del experimento, kg PV/animal (X)

Fuente de variación	G.L.	SC Y	SS X	SP XY	Desviación desde la regresión		
					G.L.	SC Y'	CM Y'
Tratamientos	4	0,0143	218,13	1,237	4	0,0097	0,0024 <u>a/</u>
Error	25	0,2718	1387,33	12,850	24	0,1528	0,0064
Total	29	0,2861	1605,46	14,087	28	0,1625	

a/ No significativo

Cuadro 3A. Promedio de ganancia de peso diaria en dos etapas según tratamiento

Tratamiento %	Número de animales	Ganancia de peso, kg/animal/día		
		0 - 28 ^{avo} día	29 - 100 ^{avo} día	0 - 100 ^{avo} día
0	6	0,175	0,369	0,315
13	6	0,154	0,393	0,326
27	6	0,204	0,361	0,317
41	6	0,196	0,354	0,310
56	6	0,257	0,414	0,370
Promedio general		0,197	0,378	0,328

a/ Niveles de reemplazo de la PC de la ración por PC del forraje de yuca

Cuadro 4A. Consumo de materia seca, proteína cruda y energía totales de cada uno de los ingredientes de la ración por grupos y durante toda la fase experimental.

Tratamiento %	Ingrediente	Materia seca kg	Proteína cruda, kg	Energía Mcal EM
0	Concentrado	581	143	1.626
	Pasto	499	65	1.048
13	Forraje de yuca	137	29	246
	Concentrado	483	119	1.351
	Pasto	481	63	1.009
	Melaza	26	1	77
27	Forraje de yuca	264	57	475
	Concentrado	350	90	981
	Pasto	451	58	947
	Melaza	73	3	219
41	Forraje de yuca	431	93	776
	Concentrado	277	68	775
	Pasto	427	56	896
	Melaza	125	6	375
56	Forraje de yuca	614	146	1.104
	Concentrado	168	42	470
	Pasto	383	51	804
	Melaza	180	8	540

a/ Niveles de reemplazo de la PC de la ración por PC del forraje de yuca.

Cuadro 5A. Consumo de materia seca total en la fase experimental, kg; y consumo promedio según tratamiento, kg MS/100 kg PV/día.

Tratamiento %	Materia seca total consumida kg	P.I. kg	P.F. kg	Consumo promedio kg MS/100kgPV/día
0	1080	272	461	2,9
13	1127	277	473	3,0
27	1138	269	459	3,1
41	1260	297	483	3,2
56	1345	311	533	3,2

a/ Niveles de reemplazo de la PC de la ración por PC del forraje de yuca.
P.I. peso inicial; P.F. peso final de grupo.

Cuadro 6A. Consumo total de proteína cruda en la fase experimental, kg; y consumo promedio según tratamiento, kg PC/100 kg PV/día.

Tratamiento %	Proteína cruda total consumida kg	P.I. kg	P.F. kg	Consumo promedio kg PC/100 kg PV/día
0	208	272	461	0,567
13	212	277	473	0,565
27	208	269	459	0,571
41	223	297	483	0,572
56	247	311	533	0,585

a/ Niveles de reemplazo de la PC de la ración por PC del forraje de yuca
P.I. peso inicial; P.F. peso final del grupo.

Cuadro 7A. Consumo total de energía en la fase experimental, Mcal; y consumo promedio según tratamiento, Mcal EM/100 kg PV/día.

Tratamiento ^{a/} %	Energía total consumida Mcal EM	P.I. kg	P.F. kg	Consumo promedio Mcal EM/100 kg PV/día
0	2.674	272	461	7,3
13	2.683	277	473	7,2
27	2.622	269	459	7,2
41	2.822	297	483	7,2
56	2.918	311	533	6,9

a/ Niveles de reemplazo de la PC de la ración por PC del forraje de yuca.

P.I. peso inicial; P.F. peso final de grupo.