

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE GANADERIA TROPICAL

UTILIZACION INTEGRAL DEL CAMOTE (Ipomoea batatas (L) Lam)
EN LA PRODUCCION DE CARNE

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR—CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

JACQUES BACKER

Turrialba, Costa Rica

1976.

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE, como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

JURADO:

Consejero

Héctor Muñoz, Ph.D.

Comité

Manuel E. Ruíz, Ph.D.

Comité

Antonio H. Pinchinat, Ph.D.

Comité

Gustavo Cubillos, Ph.D.

Coordinador

Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A mi padre, madre

Maman Dou

y Ló

con afecto

A mis hermanos

A Yotty,

Love, Darling y Mandia

con amor y cariño

Al trabajador rural

AGRADECIMIENTO

El autor expresa sus agradecimientos:

- Al Dr. Héctor Muñoz, Profesor Consejero, por sus valiosas cualidades de maestro y amigo puestas en la realización de mis estudios y su orientación en la ejecución del presente trabajo.
- Al Dr. Manuel E. Ruíz, por su colaboración y guía acertada en la realización de la presente investigación.
- A los Doctores Antonio M. Pinchinat y Gustavo Cubillos, por sus enseñanzas y oportuna orientación en la ejecución del presente estudio.
- Al Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Instituto de Desarrollo Agrícola e Industrial (IDAI) de Haití y al Gobierno de Holanda, por el apoyo prestado en la realización de mis estudios de posgrado.
- Al personal y secretarías del Departamento de Ganadería Tropical del CATIE, por su ayuda y colaboración.
- Al personal del Centro de Computación del IICA, por su colaboración.
- A mis compañeros de estudio y amigos, por los inolvidables momentos vividos.

BIOGRAFIA

El autor nació en Cap-Haitien, Haití. Realizó sus estudios primarios en la escuela de los Hermanos de Instrucción Cristiana y sus estudios secundarios en el Liceo Philippe Guerrier de Cap-Haitien. Ingresó a la Facultad de Agronomía y Medicina Veterinaria de Port-au-Prince, Haití, donde obtuvo su título de Ingeniero Agrónomo en el año de 1967.

Ocupó el puesto de Supervisor Técnico del Proyecto de Producción de Algodón del Departamento de Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Rural (DARMDR) de 1967 a 1969 en el Plateau Central de Haití.

Realizó un entrenamiento en Desarrollo Rural y Cooperativas en Israel de agosto a diciembre de 1968.

Desempeñó el cargo de Asistente del Co-Director del proyecto de Desarrollo de Cooperativas Rurales en 1969 con la Misión Haití-Israel.

Ocupó el puesto de Agrónomo-Supervisor de Crédito Agrícola en el Instituto de Desarrollo Agrícola e Industrial (IDAI) de 1970 a 1971 y fue Jefe de la Sección de Producción Animal en el IDAI (Cayes) de 1972 a 1973.

En enero de 1974, ingresó como estudiante del Programa de Estudios de Posgrado UCR-CATIE en el Departamento de Ganadería Tropical del CATIE en Turrialba, Costa Rica. En febrero de 1976 obtuvo su grado de *Magister Scientiae*.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Subproductos agro-industriales en la alimentación del ganado	3
2.1.1 Utilización de la caña y sus subproductos en la alimentación animal	3
2.1.2 Utilización del banano de desecho en la alimentación animal	7
2.2 La utilización del camote y sus desechos en la alimentación animal	8
3. MATERIALES Y METODOS	11
3.1 Localización del estudio	11
3.2 Manejo del cultivo de camote	11
3.3 Población de animales y manejo	12
3.4 Diseño experimental y tratamientos	12
3.5 Recolección de datos	14
3.5.1 Consumo de alimento	14
3.5.2 Digestibilidad <i>in vitro</i>	15
3.5.3 Aumento de peso	15
3.5.4 Datos económicos	16
3.6 Análisis de los resultados	18
3.6.1 Análisis de la respuesta biológica	18
3.6.1.1 Consumo de la materia seca	18
3.6.1.2 Aumento de peso	18
3.6.1.3 Conversión de la materia seca del alimento..	19
3.6.1.4 Conversión de la energía metabolizable del alimento	20
3.6.1.5 Conversión de la proteína del alimento	20
3.6.2 Análisis de la respuesta económica	21
4. RESULTADOS Y DISCUSION	23
4.1 Consumo del alimento	23
4.2 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS del alimento	25
4.3 Aumento de peso	27
4.4 Conversión del alimento	32
4.5 Análisis económico	39

	<u>Página</u>
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
6. RESUMEN	51
6a. SUMMARY	55
6b. RESUME	58
7. LITERATURA CITADA	61
8. APENDICE	69

LISTA DE CUADROS

TEXTO		
<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Descripción de los tratamientos	13
2	Consumo del alimento/100 kg de PV	24
3	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	26
4	Aumento de peso diario promedio, kg/animal	28
5	Conversión del alimento a ganancia de peso	32
6	Ingreso neto y rentabilidad (Alternativa I)	40
7	Ingreso neto y rentabilidad (Alternativa II) ...	40
8	Sistema de producción agrícola y producción de carne basado en el cultivo de camote en una ha	47
APENDICE		
1A	Composición química de los ingredientes usados en las raciones	70
2A	Análisis de variancia de la ganancia diario de peso por animal	70
3A	Parámetros económicos en US\$/animal/día (Alternativa I)	71
4A	Parámetros económicos en US\$/animal/día (Alternativa II)	72

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N°</u>		<u>Página</u>
1	Aumento de peso kg/animal/día en función de la relación consumo MS raíces/parte aérea del camote	29
2	Conversión de la MS del alimento en función de la relación consumo raíces/parte aérea del camote	34
3	Conversión de la energía metabolizable del alimento en función de la relación consumo raíces/parte aérea del camote	36
4	Ingreso neto US\$/animal/día en función de la relación de consumo raíces/parte aérea (Alternativas I y II)	42
5	Rentabilidad en función de la relación de consumo raíces/parte aérea (Alternativas I y II)	45

1. INTRODUCCIÓN

En las áreas tropicales, los subproductos agro-industriales son recursos alimenticios importantes que pueden ser utilizados en la producción animal y por lo tanto, pueden contribuir en aumentar la disponibilidad de alimento para la población humana. La importancia de su uso radica en la magnitud del volumen en que se producen y en que no son utilizados directamente por el hombre. Su uso por el bovino no significa competencia con la alimentación humana.

La utilización de los subproductos en la alimentación del ganado ha tenido dos enfoques principales: el primero ha sido como alimento sustitutivo del pasto y una forma de suplir alimento durante las épocas de escasez forrajera, y el segundo, como componente aditivo del pasto para cubrir las deficiencias nutritivas de las dietas forrajeras e incrementar la productividad de los sistemas de producción animal.

Los recientes logros en la utilización de los subproductos para la producción ganadera, muestran la potencialidad y la importancia de estos recursos en la nutrición animal. El uso de la melaza, del bano de desecho y de otros subproductos utilizados como fuentes energéticas en la alimentación del bovino, muestran ventajas bio-económicas en la producción de carne y leche, y en la solución de los problemas derivados de la variación estacional en la producción de los pastos. Sin embargo, la utilización de subproductos por el bovino, depende de su disponibilidad, su no competencia con el hombre y la agro-industria y su costo.

Aumentos en la demanda de determinados subproductos son la

resultante del desarrollo de tecnologías para su uso y bajo ciertas condiciones, es posible que ya no reúnan las exigencias económicas de bajo costo. Por lo tanto, se hace necesario la búsqueda y el estudio de otros recursos alimenticios, no comprendidos dentro de la categoría de los pastos y subproductos que puedan ser utilizados eficientemente en la alimentación animal. Estos recursos se podrían catalogar como cultivos agrícolas los cuales, además de rendir su producto comercial, también aportan subproductos y desechos.

El camote en el área tropical, es un cultivo de alto rendimiento que puede constituir una fuente importante de subproductos ya que además de su parte aérea, ciertas proporciones de raíces producidas, son clasificadas como desecho. Sin embargo, se carece de información sobre su utilización en la producción animal.

En base a lo expuesto, el presente estudio se diseñó con los objetivos siguientes:

1. Evaluar la utilización de la parte aérea y de las raíces del camote en la alimentación de novillos de carne.
2. Cuantificar el potencial económico del uso del camote en la producción de carne en base a los resultados biológicos comprendidos en el primer objetivo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La producción animal depende en gran medida de la disponibilidad y calidad de alimento durante el año. En el trópico, la producción pecuaria se ve afectada por la carestía de pasto, producto de la variabilidad estacional en su producción. Esta puede llegar a ser nula durante la época de sequía en algunas áreas.

El mejoramiento de la alimentación del ganado no solamente debe ir encaminado a la producción y utilización de los pastos, sino también a la utilización de los subproductos agro-industriales, así como en el uso de los cultivos y desechos de los mismos.

2.1 Subproductos agro-industriales en la alimentación del ganado

Los subproductos agro-industriales han sido muy utilizados para complementar o suplir ciertas exigencias nutricionales del ganado cuando las dietas forrajeras son de valor alimenticio limitante. El mayor énfasis en la utilización de los materiales de la categoría de subproductos agro-industriales en la alimentación animal, ha sido dado en relación a las deficiencias energéticas del pasto en el trópico. Uno de los medios de suplir ciertas necesidades del ganado fue con el uso de productos derivados de la caña de azúcar.

2.1.1 Utilización de la caña y sus subproductos en la alimentación animal

La melaza de caña de azúcar ha sido utilizada como fuente

energética en la alimentación del ganado. Su uso como suplemento del ganado de carne en pastoreo permite un mejor aprovechamiento del forraje disponible, aumentos en la carga animal de 800 a 1.800 kg/ha y un incremento de 1,3 a 4,4 kg/día (71). Con raciones a base de melaza (74%) y un suplemento proteico, se ha obtenido con ganado lechero en pastoreo, un incremento en peso y producción de leche, respectivamente, de 0,8 y 2,0 kg/animal/día (72).

En condiciones de confinamiento, la melaza, a diferencia del maíz, provoca una reducción en la producción de leche hasta 2,3 kg/animal/día sin afectar la eficiencia de conversión del alimento y la composición de la leche (57).

Los trabajos realizados con ganado de carne bajo condiciones de engorda en corral, indican que la melaza puede proporcionar hasta el 100 por ciento de la energía de la ración con aumentos de peso de hasta 0,8 kg/animal/día (8, 25, 51), siempre y cuando los animales se sometan a un período de adaptación y reciban un nivel adecuado de fibra para cortar trastornos digestivos (14, 45, 55, 59).

Ganancias de peso de hasta 0,97 kg/animal/día fueron obtenidos cuando la melaza proporcionó hasta el 85 por ciento de la materia seca total de la ración (8, 13, 14, 20, 54).

Debido al nivel de nitrógeno de la melaza (menos del 6%), raciones basadas en este producto requieren de un suplemento nitrogenado (54, 55, 59). Las fuentes de nitrógeno suplementario que se han investigado han sido proteicas y no proteicas y la respuesta animal ha variado

de acuerdo al nivel, solubilidad y valor biológico de la fuente de nitrógeno utilizado (8, 55, 67). Las fuentes de nitrógeno proteico son escasas y de alto precio lo que constituye un factor crítico en los sistemas de alimentación animal a base de melaza (59). En raciones basadas en altos niveles de miel de caña, el uso del nitrógeno no proteico (NMP), produce un aumento lineal en el beneficio económico con una disminución en la respuesta animal al aumentar el porcentaje de reemplazo de la proteína natural por el NMP (69). La melaza de caña de azúcar, por la rápida fermentación de sus azúcares, permite una utilización eficiente del nitrógeno no proteico hasta un nivel de 39 por ciento de sustitución de la proteína verdadera debido a un incremento en el nivel de las enzimas que catalizan la conversión del amonio a urea o a proteína (61). A mayor nivel de reemplazo, el amonio manifiesta una acción inhibitoria de la síntesis enzimática y limita su metabolismo (61).

En raciones con melaza y urea, el consumo se reduce cuando el nivel de urea es superior a 3 por ciento (52, 56). Se puede interpretar esta reducción del consumo como una consecuencia del efecto del sabor de la urea y de la inhibición de la actividad ruminal debido a los altos niveles de amonio (9, 16, 32). La eficiencia de la utilización de la melaza con altos niveles de nitrógeno no proteico, depende de una adaptación de dos clases: una adaptación metabólica que se refiere a la actividad enzimática en sintetizar la urea a partir del exceso de amonio producido por la hidrólisis de una fuente de nitrógeno no proteico como la urea y una adaptación ruminal que es producto de los

cambios en la composición y propiedades de la población de los microorganismos del rumen para una mayor eficiencia en la utilización del amonio (9, 10, 16, 61, 70).

En dietas a base de melaza y NNP, se puede mejorar la eficiencia de la producción animal empleando una fuente adicional de proteína más aprovechable a nivel post-ruminal (24, 55, 74). Se mejora la eficiencia de utilización de la melaza y de la fuente de NNP debido a que se balancean las necesidades de aminoácidos del animal (53, 55, 60). También la utilización de una fuente de almidón hasta un nivel de 25 por ciento de la energía, en raciones basadas en miel de caña de azúcar, permite mejorar el crecimiento animal (25, 55). Al respecto, se ha mencionado una influencia significativamente positiva del almidón sobre el crecimiento animal en raciones donde la urea sustituyó el 60 por ciento de la proteína total (59).

El bagazo de caña de azúcar ha venido usándose en la alimentación del ganado como una fuente de fibra y de material de relleno o como un vehículo de las dietas líquidas o semi-líquidas como son las que tienen altos niveles de melaza (1, 45, 59). El objetivo de este uso es el de sustituir el empleo del pasto verde principalmente durante la época de escasez. Su valor como subproducto no implica ningún aporte proteico debido a que su nivel de proteína es de sólo 2 por ciento (59). Su valor como fuente de fibra a nivel de 0,5 a 0,6 kg de materia seca/100 kg de peso vivo/día, sobre todo en raciones con altos porcentajes de melaza, radica en que disminuye los casos de timpanismo y riesgo de pérdidas de animales por muerte (51, 55, 59).

El uso de la caña de azúcar entera en la alimentación animal, ha tomado importancia en estos últimos años por su rendimiento de hasta 20 TM/ha de nutrientes digestibles (55). Hatch y Slack, citados por Preston y Willis (55), mencionaron que la caña de azúcar es una de las gramíneas tropicales más eficientes en transformar la energía solar a carbohidratos. Resultados de trabajos experimentales indican que la caña de azúcar picada más el cogollo y un suplemento de proteína, minerales y vitaminas, pueden producir ganancias hasta de 1 kg de peso vivo por animal por día con una conversión alimenticia de 10 kg de materia seca por kilo de aumento de peso (49, 55, 64, 65).

2.1.2 Utilización del banano de desecho en la alimentación animal

El banano es otra fuente de energía disponible en el trópico. En los países de América Central, su producción deja alrededor de unos 530.000 TM/año de desecho con un contenido de 20 por ciento de materia seca (59), que permite contemplar su uso en la alimentación animal. Además del fruto, las hojas y el raquis son también una fuente abundante de forraje. En India, la utilización de las hojas de banano en consumo *ad libitum* y como única fuente de forraje ha producido aumentos de peso de 0,5 kg/animal/día (31).

La fruta que constituye el banano de desecho, ha sido estudiada como fuente de energía tanto en la engorda de animales en pastoreo como en la producción intensiva de carne en corral. Los resultados de

trabajos de investigación con animales en pastoreo donde se utilizó el banano de desecho para evaluar su efecto aditivo al pasto, se encontró que la carga animal puede aumentarse de 500 kg a 2.500 kg/ha (44). Al emplear el banano como suplemento, la producción por unidad de superficie es de 2,8 a 4,7 kg/ha/día lo que contrasta con producciones de 1,8 a -0,17 kg/ha/día, con animales sin suplementación y con cargas similares (44).

Bajo alimentación intensiva en corral, se han obtenido aumentos hasta de 0,9 kg/animal/día con raciones donde el banano de desecho reemplazó hasta el 100 por ciento del pasto (28) o cuando reemplazaba el 50 por ciento de energía metabolizable de la melaza (25). La energía del banano es básicamente en forma de almidón (25). En comparación con la melaza, su patrón metabólico debe permitir al animal utilizar con mayor eficiencia el amonio de fuentes muy solubles de NNP. Cuando el almidón se ha combinado con los azúcares de la melaza, su lenta fermentación equilibra la producción de un flujo continuo de energía y suple las cadenas de carbono necesarias a la síntesis microbiana (11, 62). Además, a pesar del bajo nivel de fibra del banano (4%) no ocurren problemas de timpanismo con banano *ad libitum* como suele suceder cuando la alimentación consiste en raciones altamente fermentables y bajas en fibra (55, 59).

2.2 La utilización del camote y sus desechos en la alimentación animal

En las alternativas de uso de los cultivos agrícolas tropicales

en la alimentación del ganado, el camote presenta un alto potencial productivo de biomasa. Informaciones de la literatura indican para algunas de sus variedades de 2 a 3 cosechas al año con producciones de hasta 125 TM/ha/año de material verde, del cual 64 por ciento es parte aérea y 36 por ciento de raíces (42, 50, 75). En base seca, este material puede representar unas 25 TM/ha/año. Este volumen de material debe considerarse importante en el trópico para la alimentación animal, si se le compara con la producción de algunas gramíneas como el pasto pangola (*Digitaria decumbens*), que produce unas 17 TM/ha/año de materia seca (35).

El valor nutritivo del camote (parte aérea y raíces) indica su potencialidad para ser considerado en la alimentación del ganado en el trópico. Valores aproximados de 17 y 30 por ciento de materia seca y 2,1 a 2,6 Mcal de energía metabolizable/kg de materia seca han sido reportados, respectivamente, para la parte aérea y las raíces de la planta (4, 22, 33, 40). Además, el camote contiene un 3 por ciento de proteína cruda y 26 por ciento de almidón en sus raíces. Los tallos contienen 11 por ciento de proteína cruda y menos de 18 por ciento de fibra cruda y los niveles de digestibilidad sobrepasan el 52 por ciento para los nutrientes de las distintas partes de la planta (4, 40, 58).

Su uso en la alimentación animal se ha circunscrito particularmente a los cerdos, aprovechándose la parte aérea y las raíces de la planta. En bovinos de carne, las raíces deshidratadas del camote se han utilizado en sustitución del maíz en proporción de 0, 50 y 100 por

ciento, obteniéndose aumentos hasta de 1 kg/animal/día de peso vivo con 50 por ciento de camote en la dieta (18). En ganado de leche, la sustitución del maíz por el camote ha favorecido la aceptabilidad del alimento por el ganado y ha aumentado el contenido de vitamina A de la leche, sin afectar el peso del animal y su producción (29, 38, 39). En un estudio donde se comparó las raíces de camote con ensilajes de sorgo y de maíz y soya, se encontró que las vacas lecheras que recibieron el camote tuvieron una producción de 0,94 kg más de leche por día y requirieron de un 60 por ciento menos de alimento (36).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental Ganadera del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. El CATIE está localizado en una zona del trópico húmedo, a una altitud de 600 m, con una temperatura media mensual de 22,3°C. La precipitación pluvial promedio anual es de 3.000 mm y la humedad relativa es de 90 por ciento.

3.2 Manejo del cultivo de camote

Se sembraron 3,5 ha de camote a razón de 0,7 ha por mes con el fin de disponer de suficiente material para el período experimental (91 días) y ofrecer al animal uniformidad en cuanto a la edad del cultivo.

Para el establecimiento del cultivo del camote, se utilizó el material vegetativo (tallo de 25 cm de largo) de la variedad C-15. La siembra se hizo en terreno previamente arado y rastreado. Las distancias de plantación fueron de 50 cm entre surcos y 40 cm entre plantas. Se fertilizó con 230 kg/ha de una fórmula 10-30-10 en el establecimiento del cultivo y 500 kg/ha de una fórmula 20-20-6-5 un mes después de la siembra. Durante el período de crecimiento del camote, se hizo un deshierbe y una aporca a las cuatro semanas después de la siembra. También se controló el ataque de la *Diabrotica* sp. con una fumigación de Sevin^{a/}, a razón de dos litros/ha del producto.

a/ Fabricado por Union Carbide Corporation, E.U.A.

El camote se cosechó a los cinco meses de edad de la planta y el material a utilizarse (hojas, tallos y raíces) se picó y se ofreció al animal una vez al día.

3.3 Población de animales y manejo

Se utilizaron treinta novillos híbridos (1/2 Brahman y otras razas) de aproximadamente un año de edad, con un peso promedio inicial de 184 kg.

Previo a la iniciación del período experimental, los animales fueron sometidos a un período de adaptación el cual tuvo una duración de 26 días y consistió en adaptar a los animales al manejo en el corral y reemplazar en su alimentación el pasto por las raciones experimentales. Las diferentes proporciones de parte aérea del camote y la urea se aumentaron progresivamente hasta los niveles previstos en el Cuadro 1.

Los animales fueron desparasitados interna y externamente al inicio y durante el experimento. Además, se les aplicó el antibiótico Emicina^{a/} y un reconstituyente Inarsen-B₁₂^{b/}.

3.4 Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con cinco tratamientos. Los tratamientos fueron A. B. C. D. E (Cuadro 1), los

^{a/} Fabricado por Pfizer.

^{b/} Fabricado por Laboratorios Químicos Industriales S.A., filial de Rohm y Haas Centro América, S.A., San José, Costa Rica.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Combinación en base seca			Proporción del nitrógeno total proveniente de la urea %	Energía metabolizable Mcal/kg MS
	Raíces %	Parte aérea %	Urea %		
A	0,00	100,00	0,00	0,00	2,06
B	24,70	74,20	1,10	18,50	2,20
C	49,10	49,10	1,80	35,70	2,35
D	73,20	24,40	2,40	53,50	2,49
E	96,90	0,00	3,10	70,80	2,52
F* (melaza 38,20%)	60,20	1,20	30,00	30,00	2,52

* Tratamiento comparador del E.

cuales estuvieron constituidos por una relación distinta de raíces y parte aérea del camote que fue la variable estudiada sobre la respuesta biológica y económica en la producción de carne.

Las raciones fueron isonitrogenadas y heteroenergéticas. Se utilizó la urea como complemento del nitrógeno total de estas raciones para alcanzar un nivel de 11,25 por ciento de proteína cruda. La melaza fue utilizada como vehículo de la urea.

Un tratamiento adicional 'F', se basó en parte aérea de camote pero suplementado con melaza y urea para mantener el 11,25 por ciento de proteína cruda y alcanzar el nivel de 2,52 Mcal EM/kg MS proporcionado

por la ración E. El objetivo de crear el tratamiento F fue el compararlo con el E en base de que ambos eran isonitrogenados e isoenergéticos y sólo diferían en la fuente de sus constituyentes. El tratamiento F no fue considerado en los análisis estadísticos.

Los tratamientos A y E proporcionaron la energía del alimento en base a celulosa y almidón respectivamente, con valores energéticos correspondientes de 2,02 y 2,52 Mcal EM/kg de MS.

3.5 Recolección de datos

3.5.1 Consumo de alimento

Diariamente, se ofreció a los animales una ración a base de 3 kg de materia seca, 0,337 kg de proteína cruda y niveles energéticos de 6,18 a 7,56 Mcal EM/100 kg de peso vivo. Se utilizó Muvimix^{a/}, un suplemento de vitamina A (2000 UI/g), D (600 IC/g) y E (1 UI/g) y minerales a razón de 15 g/animal/día y se ofrecieron *ad libitum* la harina de hueso y sal común mezcladas en proporciones iguales. A las 24 horas, se midió el rechazo en sus componentes principales, parte aérea y raíces del camote en cada tratamiento. Para la materia seca del rechazo en raíces y parte aérea del camote, se hizo un muestreo semanal de estos componentes, los cuales fueron secados al horno a 100°C durante ocho horas. El cálculo del consumo diario de parte aérea y de raíces por grupo de animales se hizo utilizando la fórmula siguiente:

^{a/} Producto de Alcames S.A.

$$C_{ij} = O_{ij} - R_{ij}$$

donde: C_{ij} = consumo de materia seca en el tratamiento i del componente j , en kg

O_{ij} = materia seca ofrecida en el tratamiento i del componente j , en kg

R_{ij} = materia seca rechazada en el tratamiento i del componente j , en kg

i = 1, 2, 3, 4...5 tratamientos

j = 1, 2 componentes

En el tratamiento F, el consumo total de la materia seca se calculó a partir de la mezcla parte aérea del camote + melaza ofrecida y rechazada.

3.5.2 Digestibilidad *in vitro*

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca del alimento se determinó mediante el método de "Dos Etapas" (17) que consiste en una digestión microbiana y una digestión enzimática por un período de 48 horas cada una. Se inoculó el sustrato con el licor ruminal de una vaca fistulada adaptada al consumo por separado de cada ración experimental descrita en el Cuadro 1.

3.5.3 Aumento de peso

Los animales se pesaron al inicio del período experimental y luego periódicamente cada 14 días. Estos pesos individuales se utilizaron para calcular por regresión lineal, el aumento de peso diario.

Los aumentos de peso diario fueron ajustados por peso inicial. El peso del animal en cada tratamiento y pesada se usó para ajustar la cantidad de ración que se ofreciera en los siguientes 14 días.

3.5.4 Datos económicos

Se llevó un registro de datos económicos incluyendo los costos de cultivo del camote, los gastos de instalaciones y compra de materiales y medicinas. Se tomaron datos de gastos semanales de mano de obra para el manejo de los animales, la preparación y distribución de los alimentos.

Los costos de alimentación por animal por día se calcularon considerando dos alternativas del uso de las raíces del camote en la alimentación animal. La primera incluyendo los costos del cultivo y la segunda considerando las raíces utilizadas como un desecho. En ambos casos, la parte aérea se consideró como desecho.

Se calcularon los costos totales experimentales por animal por día utilizando la fórmula siguiente:

$$CT_{ij} = CF + CV_{ij}$$

donde: CT_{ij} = costos totales/animal/día en el tratamiento i y la alternativa j

CF = costos fijos incluyendo la depreciación del equipo, materiales e instalaciones utilizados en el experimento/animal/día

CV_{ij} = costos variables por animal por día en el tratamiento i y la alternativa j . Se incluyeron los

costos de alimentación, medicinas y mano de obra en cada tratamiento.

A los costos totales, se agregaron los costos de administración (10% de los ingresos brutos), el interés sobre costos variables (8%) y el 5 por ciento de los costos totales como imprevistos.

Los ingresos brutos (E_{ij}) por animal por día se calcularon multiplicando el precio de venta en US\$ del kg de carne en pie por la ganancia de peso por animal por día.

Se derivaron los ingresos netos en cada tratamiento y alternativa mediante la ecuación:

$$B_{ij} = E_{ij} - CT_{ij} + Int (8\% CV_{ij}) + Cad_{ij} (10\% E_{ij}) + Imp (5\% CT_{ij})$$

donde: B_{ij} = ingreso netos, US\$/animal/día
 E_{ij} = ingresos brutos, US\$/animal/día
 CT_{ij} = costos totales, US\$/animal/día

También se calculó la rentabilidad en cada una de las alternativas para cada tratamiento utilizando la ecuación:

$$RN_{ij} = \frac{B_{ij}}{CT_{ij}} \times 100$$

donde: RN_{ij} = rentabilidad, %
 B_{ij} = ingresos netos
 CT_{ij} = costos totales
 i = 1, 2, 3, 4,5 tratamientos
 j = 1, 2 alternativas

Al tratamiento comparado: F, se aplicaron las mismas fórmulas para el cálculo de estos parámetros económicos.

3.6 Análisis de los resultados

Se analizaron los resultados obtenidos a nivel de la respuesta biológica y de la respuesta económica.

3.6.1 Análisis de la respuesta biológica

3.6.1.1 Consumo de la materia seca

El consumo de la materia seca fue analizado utilizando la ecuación:

$$Y_1 = a + bx_1$$

donde: Y_1 = consumo, kg MS/100 kg PV/día

x_1 = relación de combinación materia seca raíces/parte aérea del camote

a = valor constante

b = coeficiente de regresión

3.6.1.2 Aumento de peso

Con los datos de aumento de peso, se hizo un análisis de variancia para evaluar el efecto de tratamiento usando el modelo matemático siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

donde: Y_{ij} = aumento de peso en kg/día en el tratamiento i del animal j

μ = media general

τ_i = efecto del tratamiento i

E_{ij} = error experimental

i = 1, 2, 3, 4, 5 tratamientos. El tratamiento F comparador del E no fue considerado en el análisis de variancia

j = 1, 2, 3, 4, 5, 25 animales

Se realizó un análisis de regresión del aumento de peso por animal por día, para evaluar la ganancia de peso en relación con los tratamientos. Para tal fin se utilizó la ecuación:

$$Y_2 = a - be^{-cX_2}$$

donde: Y_2 = aumento de peso, kg/animal/día

X_2 = relación de consumo de raíces/parte aérea del camote en base seca

a = un valor asintótico del aumento de peso Y_2 cuando $X_2 \longrightarrow \infty$

b = diferencia entre el valor asintótico del aumento de peso y la intersección cuando $X_2 = 0$

c = coeficiente de regresión.

3.6.1.3 Conversión de la materia seca del alimento

Para el cálculo de la conversión de la materia seca del alimento, se consideró la relación:

kg de materia seca consumidos/kg de aumento de peso

El estudio de regresión para este parámetro se realizó utilizando la ecuación:

$$Y_3 = \frac{1}{a - be^{-cX_2}}$$

- donde: Y_3 = la conversión del alimento kg MS/kg de ganancia de peso
- X_2 = relación de consumo raíces/parte aérea del camote
- a = la inversa del valor de conversión asintótica cuando $X_2 \longrightarrow \infty$
- b = la diferencia entre la inversa de la conversión de la materia seca cuando $X_2 = 0$ y la inversa del valor asintótico a
- c = coeficiente de regresión

3.6.1.4 Conversión de la energía metabolizable del alimento

Se evaluó la conversión de la energía metabolizable del alimento considerando la relación Mcal EM/kg de aumento de peso. Su estudio de regresión se hizo mediante la ecuación:

$$Y_4 = a + b_1 X_2 + b_2 \sqrt{X_2}$$

- donde: Y_4 = conversión energética Mcal EM/kg de aumento de peso
- X_2 = la relación de consumo raíces/parte aérea en base seca
- a = Mcal EM/kg de aumento de peso cuando $X_2 = 0$
- b_1 y b_2 = coeficientes de regresión

3.6.1.5 Conversión de la proteína del alimento

Se estimó la conversión de la proteína cruda del alimento

mediante la relación

Kg de PC consumido/kg de aumento de peso

No se realizó análisis de regresión dado que la función descriptiva de la conversión de la materia seca total describe cualitativamente y cuantitativamente la conversión de este nutriente si se le multiplica por el valor constante de 0,1125.

3.6.2 Análisis de la respuesta económica

Los ingresos netos (B_{ij}) y rentabilidades (RM_{ij}) estimados en cada una de las alternativas fueron sometidos a estudio de regresión en función de la relación de consumo raíces/parte aérea del camote.

Las funciones matemáticas de predicción para los distintos parámetros económicos se representan por las ecuaciones siguientes:

Ingresos Netos

$$Y_5 = a + b_1 e^{-X_2} + b_2 e^{-2X_2}$$

donde: Y_5 = ingresos netos, US\$/animal/día (Alternativa I)

X_2 = relación de consumo raíces/parte aérea del camote

a = valor del ingreso neto cuando $X_2 \longrightarrow \infty$

b_1 y b_2 = coeficientes de regresión

$$Y_6 = a + b_1 e^{-X_2} + b_2 e^{-2X_2}$$

donde: Y_6 = ingresos netos en US\$/animal/día (Alternativa II)

X_2 = relación de consumo raíces/parte aérea del camote

a = valor del ingreso neto cuando $X_2 \longrightarrow \infty$

b_1 y b_2 = coeficientes de regresión

Rentabilidad

$$Y_7 = a + b_1 e^{-X_2} + b_2 e^{-2X_2}$$

donde: Y_7 = rentabilidad (Alternativa I)

X_2 = relación de consumo raíces/parte aérea del camote

a = rentabilidad cuando $X_2 \longrightarrow \infty$

b_1 y b_2 = coeficientes de regresión

$$Y_8 = a + b_1 e^{-X_2} + b_2 e^{-2X_2} \quad (\text{Alternativa II})$$

donde: Y_8 = rentabilidad

X_2 = relación de consumo raíces/parte aérea del camote

a = rentabilidad cuando $X_2 \longrightarrow \infty$

b_1 y b_2 = coeficientes de regresión

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Consumo del alimento

El consumo del alimento para los distintos tratamientos en estudio es presentado en el Cuadro 2. La función que describe el consumo no fue significativa por lo que se prefirió representarlo con el promedio general:

$$Y_1 = 2,37 \text{ kg MS/100 kg PV/día}$$

Según esta ecuación, las diferentes relaciones de combinación raíces/parte aérea (X_1) del camote en los distintos tratamientos no afectaron el consumo de materia seca (Y_1). Por lo tanto, los valores fueron similares y cercanos del promedio. El consumo no alcanzó los niveles ofrecidos y no fue proporcional a la composición de la dieta (Cuadro 2), excepto en los tratamientos A y E en que los animales recibieron respectivamente, la parte aérea y las raíces del camote y por lo tanto no tuvieron las posibilidades de selección.

La relación de consumo raíces/parte aérea, comparada con la relación de combinación de las raciones, no parece indicar efecto negativo de los diferentes tratamientos sobre la aceptabilidad del alimento ofrecido.

Los consumos de materia seca observados por 100 kg de peso vivo, fueron muy cercanos a los establecidos por el MRC (43) para animales de igual peso con una ganancia de 0,75 kg/animal/día.

El consumo de energía estuvo directamente relacionado con el

Cuadro 2. Consumo del alimento/100 kg de PV.

Tratamiento	Relación de combinación raíces/parte aérea	Consumo observado			
		Materia seca kg	Relación NS consumido raíces/parte aérea	Proteína cruda kg	Mcal E.M.
A	0,00	2,45	0,00	0,30	5,05
B	0,33	2,32	0,45	0,27	5,19
C	1,00	2,34	1,10	0,29	5,53
D	3,00	2,39	3,60	0,27	5,74
E	∞	2,41	∞	0,30	6,34
Promedio	--	2,37	--	0,29	5,57
F*	--	2,75	--	0,30	6,81

*Comparador del tratamiento E.

consumo de materia seca y la concentración energética del alimento (Cuadros 1 y 2). Se observó un incremento en la energía consumida entre los tratamientos a medida que aumentaron los niveles de raíces del camote en la ración. Esto se debe a que la mayor concentración energética de la planta se encuentra en las raíces (33) (Cuadro 1A del Apéndice).

El consumo de proteína en los distintos tratamientos (Cuadro 2) cubrió los requisitos establecidos por el NRC (43). La proteína cruda consumida no mostró variación entre los tratamientos, al igual que

el consumo de MS, dado que todas las raciones fueron isonitrogenadas. El consumo promedio de proteína cruda fue de 0,29 kg/100 kg de peso vivo/día.

Los animales que recibieron la ración F tuvieron un consumo de materia seca de 2,75 kg/100 kg de peso vivo. Este consumo fue ligeramente superior al promedio de los otros tratamientos (2,37 kg/100 kg de PV/día) y pudo ser debido a la adición de la melaza utilizada para alcanzar el nivel energético establecido en este tratamiento. El consumo de proteína cruda fue similar al tratamiento E y ligeramente superior al promedio. La adición de la melaza en el tratamiento F favoreció también la energía total consumida, resultante ésta ligeramente mayor a la calculada para el tratamiento E (Cuadro 2).

4.2 Digestibilidad del alimento *in vitro* de la MS del alimento

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca ofrecida incrementó a medida que aumentó el contenido de raíces en la dieta (Cuadro 3) y su promedio fue de 78,80 por ciento. Estos valores se deben a la calidad de las raíces del camote que acusan un tenor alto en carbohidratos hasta un 85 por ciento y menos de 3 por ciento de fibra cruda (4, 40). Por otro lado, se han señalado para la materia seca y el estrato no nitrogenado niveles de digestibilidad de hasta 90 por ciento (4, 39).

Este aumento en la digestibilidad de la materia seca supone una mejora en el valor nutritivo del alimento ofrecido, lo cual no tuvo

Cuadro 3. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

Tratamientos	Relación de combinación raíces/parte aérea	% Digestibilidad <i>in vitro</i> MS
A	0,00	62,00
B	0,33	66,00
C	1,00	86,00
D	3,00	88,00
E	∞	92,00
Promedio	--	78,80
F	--	53,00

efecto sobre el consumo animal. Conrad et al. (15) han señalado una tendencia a reducirse el consumo de materia seca con raciones de más de 66 por ciento de digestibilidad. También Montgomery y Baumgardt (41) indican una disminución en el consumo de materia seca al normalizarse el consumo de energía (alcanzar un nivel constante) con un aumento en el valor nutritivo del alimento. En el presente estudio, esto no ocurrió (Cuadro 2), encontrándose que el consumo de energía siempre estuvo en aumento. Esto podría significar que aún no se habría alcanzado el punto en el cual el animal ejerce constancia en su consumo de energía por controles químico y termostáticos (32) y que en realidad debería haberse obtenido un aumento en el consumo de MS. El hecho de

que esto no se logró puede haber sido efecto de los crecientes niveles de urea que acompañaban los aumentos en el nivel de raíces de camote y por consiguiente, aumentaba el efecto negativo de la urea sobre la gustosidad de la ración.

La adición de la melaza aparentemente ejerció un efecto negativo sobre la digestibilidad de la parte aérea del camote (53%) (Cuadro 3). Este efecto negativo de la melaza sobre la digestión de la fibra ha sido encontrado por varios investigadores (19, 24, 37). En otros trabajos se han mencionado una mayor digestibilidad del forraje con la adición de melaza y una fuente de NMP (12, 73). Debido a que se añadió la melaza con urea para mantener un nivel de PC igual a lo de los demás tratamientos y alcanzar el nivel energético de la ración E, se presume que la disminución en la digestibilidad de la ración F se debió a una disminución en la actividad de la microflora ruminal con capacidad celulolítica (12, 66).

4.3 Aumento de peso

El aumento de peso con relación al consumo de raíces y parte aérea del camote se presenta en el Cuadro 4.

El aumento de peso para los distintos tratamientos analizados tuvo una variación de 0,656 a 0,847 kg/animal/día. El aumento promedio para todos los tratamientos fue de 0,767 kg/animal/día. El efecto de la combinación de raíces y parte aérea en las raciones no fue significativo en relación con el aumento de peso de acuerdo al análisis de variancia (Cuadro 2A del Apéndice). Sin embargo, se observa que a

Cuadro 4. Aumento de peso diario promedio, kg/animal.

Tratamientos	Relación consumo raíces/ parte aérea raíces	Aumento de peso kg/animal/día
A	0,00	0,656
B	0,45	0,708
C	1,16	0,847
D	3,60	0,805
E	∞	0,823
Promedio	--	0,767
F	--	0,623

medida que aumentó la proporción de raíces de camote en la ración, la ganancia de peso también se incrementó hasta un valor de 0,847 kg/animal/día. Este punto de máxima ganancia de peso correspondió al tratamiento C donde la proporción de raíces y parte aérea fue de 50:50. El aumento de peso más bajo correspondió al tratamiento A y fue muy similar al tratamiento F usado como comparador del tratamiento E. La función:

$$Y_2 = 0,825 - 0,179e^{-0,002X_2} \quad R^2 = 0,86 (<0,25)$$

que describe el efecto de la relación de consumo raíces/parte aérea (X_2) sobre la ganancia de peso (Y_2) se muestra en la Fig. 1. Esta función indica que la ganancia de peso se incrementó hasta alcanzar un

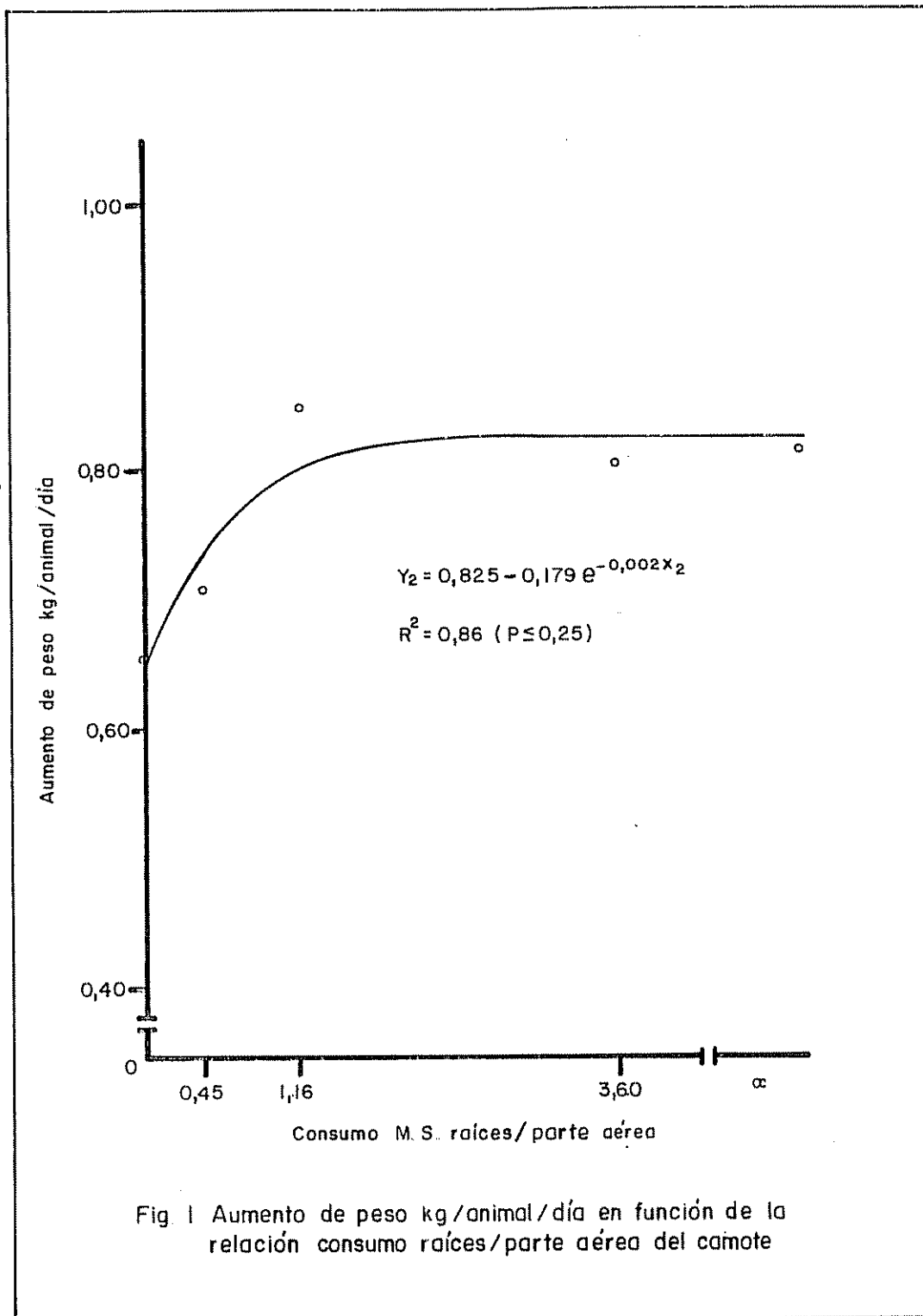


Fig 1 Aumento de peso kg/animal/día en función de la relación consumo raíces/parte aérea del camote

valor asintótico de 0,825 kg/animal/día que ya se obtiene con un nivel de X_2 igual a 2,3. Este valor correspondería a un nivel de 70 por ciento de raíces y 30 por ciento de parte aérea en la ración. Con niveles superiores de raíces en la ración, a pesar del incremento en la cantidad y calidad de la energía del alimento proveniente de las raíces del camote, no hubo un efecto significativo sobre la ganancia de peso, más bien, el incremento en el crecimiento del animal, tiende a asintotizarse. Este resultado pudo ser debido a que el nivel proteico de todas las raíces fue constante imponiendo así un límite a la respuesta biológica. Por otra parte, la sustitución del nitrógeno proteico por el nitrógeno no proteico (urea) fue mayor a medida que el nivel de la parte aérea era sustituido por raíces del camote. Dado que el valor biológico de la urea es bajo en comparación con otras fuentes de nitrógeno (23, 34, 46), el límite biológico mencionado previamente, disminuyó con incrementos en el nivel de raíces en la ración.

Varios autores han indicado el efecto negativo sobre la ganancia diaria de peso de altos niveles de urea en la alimentación animal, como consecuencia de una deficiencia de aminoácidos (9, 21, 24, 27). También se han indicado que a niveles de NMP superiores a 39 por ciento, el amonio producido actúa como inhibidor de la síntesis enzimática y disminuye su metabolismo (61). En el presente trabajo, se observó que cuando el nivel de nitrógeno no proteico (NMP) fue superior al 35 por ciento no hubo una respuesta positiva en el aumento

de peso. Lamentablemente, no es posible esclarecer si esto fue debido a los incrementos en urea o a incrementos en raíces o a ambas ya que los dos factores estuvieron completamente confundidos.

La ración E y la F tuvieron un contenido proteico y energético similar. Sin embargo, la mayor ganancia de peso se obtuvo en el tratamiento E (Cuadro 4). Esta diferencia en la respuesta animal pudo ser debida a la mayor calidad de la fuente energética proveniente de las raíces en el tratamiento E en comparación con la ración F, a la cual se le agregó melaza. Además, la ración E mostró el valor más alto de digestibilidad de la materia seca (Cuadro 3).

Hay evidencias muy discutidas de los efectos de la melaza y del NNP sobre la digestibilidad del alimento, la síntesis microbial y el crecimiento animal (19, 24, 37, 69, 73). También se señalaron la respuesta negativa del animal con dietas ricas y el uso de la urea (7, 47, 68). Sin embargo, con la adición de la melaza y urea a la parte aérea del camote al diseñar el tratamiento F, se esperaba una mejora en la respuesta animal en comparación al tratamiento A debido al aumento en energía y un comportamiento muy cercano o similar al tratamiento E. Como se anotó previamente, el tratamiento F tuvo la más baja proporción de materia seca digestible (53%) y una respuesta animal similar al tratamiento A (Cuadros 3 y 4). Probablemente, lo que sucedió en el tratamiento F es que el efecto benéfico del aporte energético de la melaza se compensó con una disminución igual o semejante en el aporte energético de la parte aérea del camote. La disminución en la digestibilidad *in vitro* en este tratamiento apoyaría esta suposición.

4.4 Conversión del alimento

Los valores de conversión del alimento a ganancia de peso en función de la materia seca, la energía y proteína se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Conversión del alimento a ganancia de peso.

Tratamientos	Cantidad de alimento por kg de ganancia de peso vivo		
	kg MS	Mcal EM	kg PC
A	8,51	17,53	1,00
B	7,39	16,54	0,84
C	6,24	14,77	0,75
D	6,51	15,83	0,79
E	6,63	17,45	0,79
Promedio	7,06	16,42	0,83
F	8,98	24,20	1,04

La conversión de la materia seca promedio para todos los tratamientos fue de 7,06 kg MS/kg de peso vivo y tuvo un rango de 6,24 a 8,51 kg MS/kg de peso vivo.

La función matemática que describe la conversión de la materia seca se representa por la ecuación:

$$Y_3 = \frac{1}{0,16 + 0,04 e^{-1,98X_2}}$$

$$R^2 = 0,93 \text{ (P } 0,10)$$

donde: $\gamma_3 = \text{kg MS consumidos/kg de aumento de peso vivo}$

$X_2 = \text{relación de consumo materia seca raíces/parte aérea}$

Esta función se representa en la Fig. 2.

La conversión de la materia seca aumentó hasta hacerse asintótica con un valor de 6,45 kg MS/kg de ganancia de peso a medida que se incrementó la relación de consumo raíces/parte aérea del camote. La tendencia asintótica de la conversión de la materia seca es un reflejo de las tendencias del consumo y de la ganancia de peso (Y_1 y Y_2). El valor promedio de conversión encontrada para la materia seca (7,06 kg MS/kg de ganancia de peso) es ligeramente inferior a los dados por el NRC (43) para animales del mismo peso que los utilizados en el presente estudio. Sin embargo, este valor es mejor que los encontrados por Clavo (13, 14) y Campión (8) que obtuvieron una conversión de 7,40 y 8,1 kg MS/kg de ganancia de peso respectivamente con raciones a base de melaza. En términos generales, la eficiencia de conversión de la MS de este trabajo es mejor a la encontrada con dietas a base de granos y melaza (20, 52, 74).

Los animales que recibieron el tratamiento F resultaron más ineficiente en la conversión de la materia seca. El valor encontrado 3,98 kg MS/kg de ganancia de peso, fue muy encima del tratamiento E, parecido al tratamiento A y mejor que el valor promedio (10,06 kg MS/kg de ganancia de peso) encontrado por Armendáriz (3) con raciones basadas en punta de caña de azúcar y melaza.

La conversión de la energía metabolizable expresada en Mcal

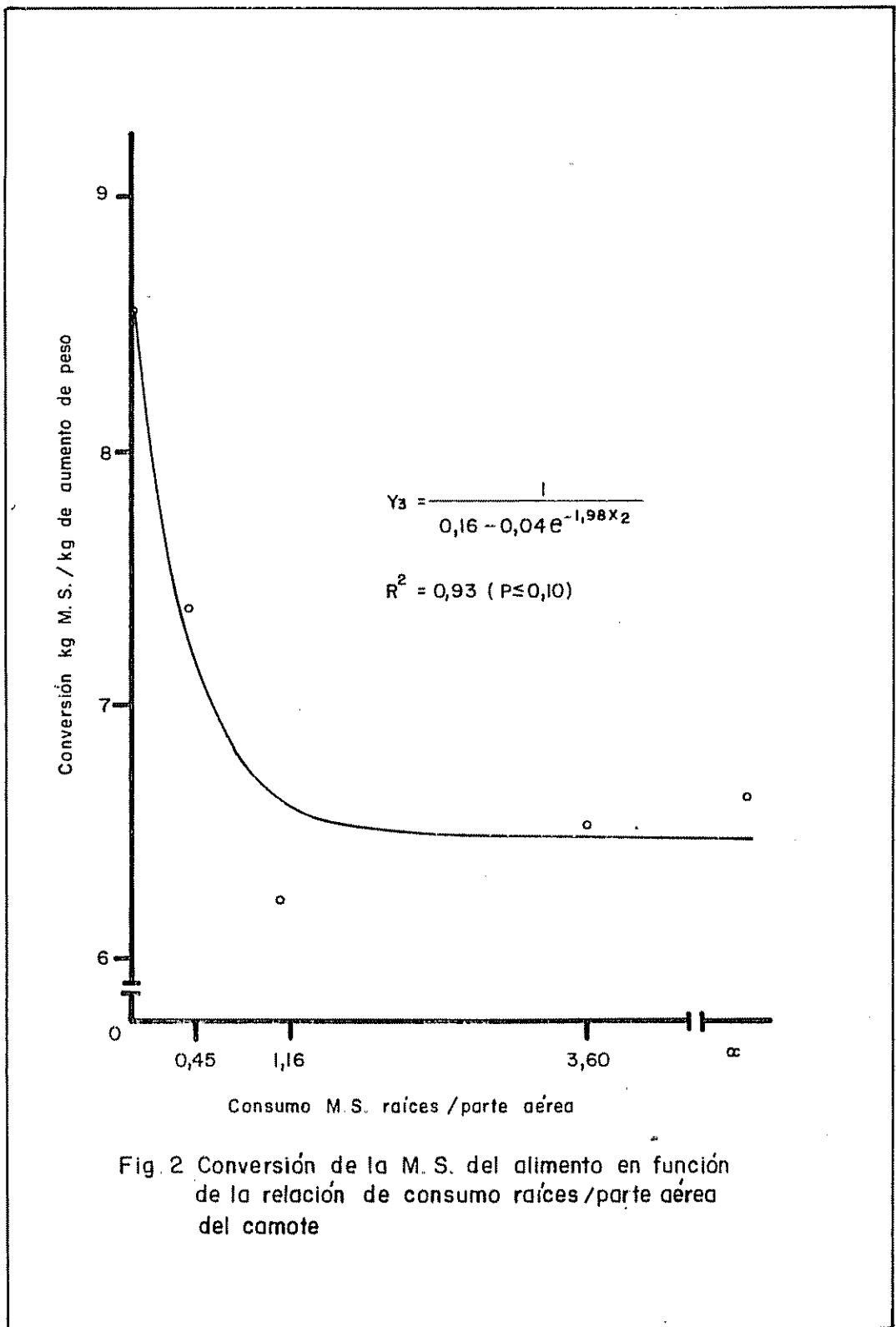


Fig. 2 Conversión de la M. S. del alimento en función de la relación de consumo raíces / parte aérea del camote

EM/kg de aumento de peso, tuvo un rango de 14,77 a 17,53 Mcal EM/kg de ganancia de peso con un promedio de 16,42 Mcal EM/kg de peso. La función que describe la conversión energética se muestra en la Fig. 3 y se representa por la ecuación:

$$Y_4 = 17,80 + 0,95X_2 - 3,10\sqrt{X_2}$$

$$R^2 = 0,81 \quad (P < 0,25)$$

La máxima conversión de la energía del alimento a peso vivo fue encontrada a un valor de X_2 igual a 2,60 que correspondió a una eficiencia de 15 Mcal EM/kg de ganancia de peso. La eficiencia en conversión energética a partir de este punto disminuyó. Esta disminución en la conversión de la energía probablemente se debió a que el nivel de proteína de las raciones permaneció constante a pesar del aumento en el contenido de energía del alimento a medida que se incrementó la proporción de raíces en los tratamientos.

La eficiencia de conversión promedio de la energía metabolizable proveniente de las raíces y parte aérea del camote (16,42 Mcal EM/kg de ganancia de peso) es muy similar a lo establecido por el MRC (43). Estos resultados muestran que la energía proveniente de las raíces y parte aérea del camote es comparable en su conversión a las dietas de concentrados (74). Preston y Willys (55) encontraron valores de 18,80 y 43,00 Mcal EM/kg de aumento de peso con dietas de granos y forraje, respectivamente, suplementadas con miel y urea. Campion (8) encontró una conversión inferior (20,6 Mcal EM/kg de peso vivo producido)

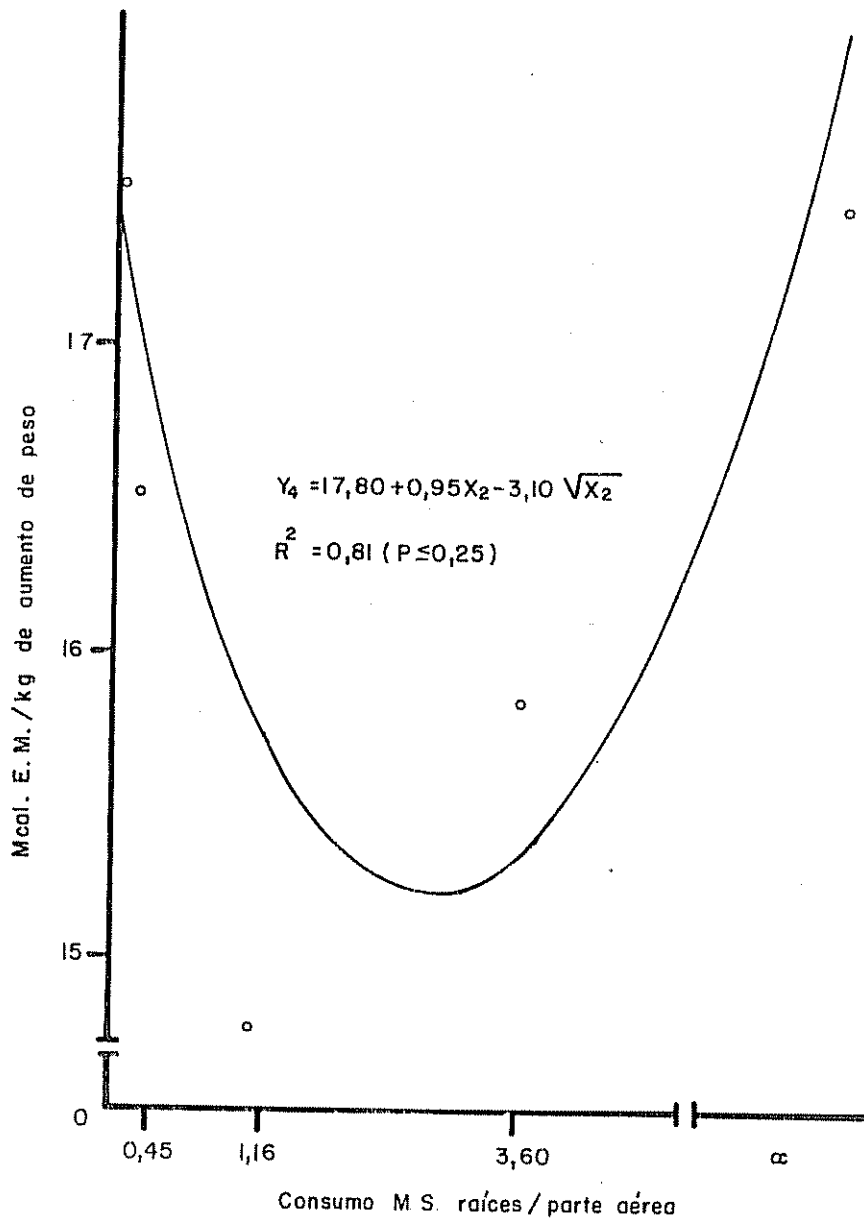


Fig. 3 Conversión de la Energía Metabolizable del alimento en función de la relación consumo raíces / parte aérea del camote

a la del presente trabajo con una dieta en que la melaza proporcionaba hasta el 95 por ciento de la energía de la ración. La mejor eficiencia en la conversión encontrada en este trabajo indica la importancia de las raíces del camote como fuente energética de raciones para rumiantes. Probablemente, la energía de las raíces puede permitir una eficiencia aún mejor si se usarían fuentes de proteína de mejor calidad que la urea.

El tratamiento F mostró la menor conversión energética con un valor de 24,20 Mcal EM/kg de peso producido. Este valor es muy parecido a los encontrados en trabajos en que la base de la ración fue forraje, melaza y urea (3, 8, 51).

Los kilogramos de proteína cruda para producir un kilo de peso vivo tuvieron una variación de 0,75 a 1,00 kg PC/kg de ganancia de peso (Cuadro 4). La máxima conversión se obtuvo en el tratamiento C. Dado que el porcentaje de proteína cruda fue constante en todos los tratamientos, la curva de eficiencia proteica debe ser paralela a la curva de conversión de la MS lo que significa que la óptima utilización de la PC ya se obtendría con un nivel de 70 por ciento de raíces (es decir, el mismo nivel en el cual se obtiene un valor asintótico para la conversión de la MS).

Utilizando los datos de Clavo (14), quien trabajó con raciones a base de melaza y sustituyó la proteína natural por el MNP de la urea hasta un nivel de 72 por ciento, se encontró una eficiencia de utilización de la proteína de 1,39 kg PC/kg de ganancia de peso. Aunque la

utilización óptima de la PC fue de 1,09 kg de PC/kg de peso producido cuando la urea sustituyó el 18 por ciento del nitrógeno total.

Villegas y Ruíz (69) observaron una disminución en la utilización del nitrógeno total a medida que se incrementó el nivel de urea en dietas para rumiantes. Esto también fue observado en el presente trabajo pero a partir de un nivel de reemplazo del 35 por ciento del nitrógeno natural por el nitrógeno no proteico. Esto coincide con la propuesta de Ruíz (59) sobre la utilización de la urea en raciones para rumiantes. En raciones donde no se ha utilizado la urea, se ha obtenido conversiones de 0,83 de PC/kg de PV producido (45) lo que es comparable a la dada por el NRC (43) y a la del presente estudio. Esto indica la eficiencia de las raíces del camote en el uso del NMP en la alimentación animal.

El tratamiento F manifestó un valor de conversión inferior de 1,04 kg PC/kg PV producido. Este valor fue obtenido con un nivel de reemplazo de 30 por ciento del nitrógeno total por NMP de la urea y fue similar al valor óptimo de Clavo (14) con un nivel inferior (10%) de NMP en la dieta.

En la conversión de la materia seca, energía y proteína, se observó una mayor eficiencia a medida que se incrementó la relación de consumo raíces/parte aérea del camote. La mejora en la utilización de los nutrientes de las raciones a mayor proporción de raíces del camote, indica la eficiencia de las fuentes de energía en forma de almidón demostrada ya con raciones en que el NP fue sustituido por NMP (urea).

Tendencias similares han sido observadas en trabajos de alimentación de bovinos con raíces de camote deshidratadas (18, 29, 36, 38, 39, 48).

La adición del camote, del banano, del maíz y la papa como fuente de energía en forma de almidón, mejora el valor nutritivo del alimento, el crecimiento animal y la eficiencia (2, 5, 6, 18, 25, 28, 30, 36, 44, 48, 60, 63). Las ventajas biológicas del uso del MNP en estas dietas se deben a la velocidad de fermentación que permite un flujo continuo de estructuras de carbono para la síntesis microbiana (11, 62, 66).

4.5 Análisis económico

El ingreso neto y la rentabilidad en función de la relación de consumo raíces/parte aérea del camote, fueron estimados bajo dos alternativas. La primera incluyendo en los costos de alimentación, los costos de producción del camote y la segunda, considerando en los costos de alimentación, solamente los costos de utilización del camote por considerar las raíces y la parte aérea de la planta como un desecho del cultivo. Los valores obtenidos se presentan en los Cuadros 6 y 7.

Las funciones del ingreso neto bajo estas dos alternativas se representan por las ecuaciones:

$$(1) \quad Y_5 = -0,51 + 0,97e^{-X_2} - 0,37e^{-2X_2}$$

$$R^2 = 0,97 \quad (P < 0,05)$$

Cuadro 6. Ingreso neto y rentabilidad (Alternativa I).

Trata- mientos	Valores en US\$/animal/día			Rentabi- lidad %
	Costos totales	Ingreso bruto	Ingreso neto	
A	0,28	0,38	0,10	36
B	0,48	0,41	- 0,07	- 15
C	0,71	0,49	- 0,22	- 31
D	0,90	0,47	- 0,43	- 48
E	1,05	0,48	- 0,57	- 54
Promedio	0,68	0,45	- 0,23	- 34
F	0,39	0,36	- 0,03	- 8

Cuadro 7. Ingreso neto y rentabilidad (Alternativa II).

Trata- mientos	Valores en US\$/animal/día			Rentabi- lidad %
	Costos totales	Ingreso bruto	Ingreso neto	
A	0,28	0,38	0,10	36
B	0,28	0,41	0,13	48
C	0,31	0,49	0,18	58
D	0,32	0,47	0,15	47
E	0,32	0,48	0,16	50
Promedio	0,30	0,45	0,15	50
F	0,39	0,36	- 0,03	- 8

donde: Y_5 = ingreso neto en US\$/animal/día incluyendo en los costos de alimentación, los costos de producción del camote (Alternativa 1)

X_2 = relación de consumo raíces/parte aérea del camote

$$(2) Y_6 = 0,17 + 0,02e^{-X_2} - 0,10^{-2X_2}$$

$$R^2 = 0,89 \quad (P < 0,10)$$

donde: Y_6 = ingreso neto en US\$/animal/día incluyendo en los costos de alimentación solamente los costos de utilización del camote considerado como un desecho del cultivo

X_2 = relación en base seca del consumo raíces/parte aérea del camote

Estas funciones se presentan en la Fig. 4. Se puede observar que en la primera alternativa (función Y_5) el máximo ingreso neto fue de 0,09 US\$/animal/día cuando la ración solamente contenía la parte aérea del camote. A medida que se incrementó el nivel de raíces en la ración, el ingreso neto disminuyó hasta tomar valores negativos después de un valor de $Y_5 = 0$ cuando X_2 fue igual a 0,36. Esta respuesta del ingreso neto se debe al costo de producción de las raíces del camote que afectó los costos variables/animal/día (Cuadro 6 y 3A) y además, el valor del ingreso bruto no aumentó significativamente al hacerse asintótica la ganancia de peso (Fig. 1). En cambio, la ecuación que describe la función Y_6 muestra un incremento del ingreso neto al aumentar la relación de

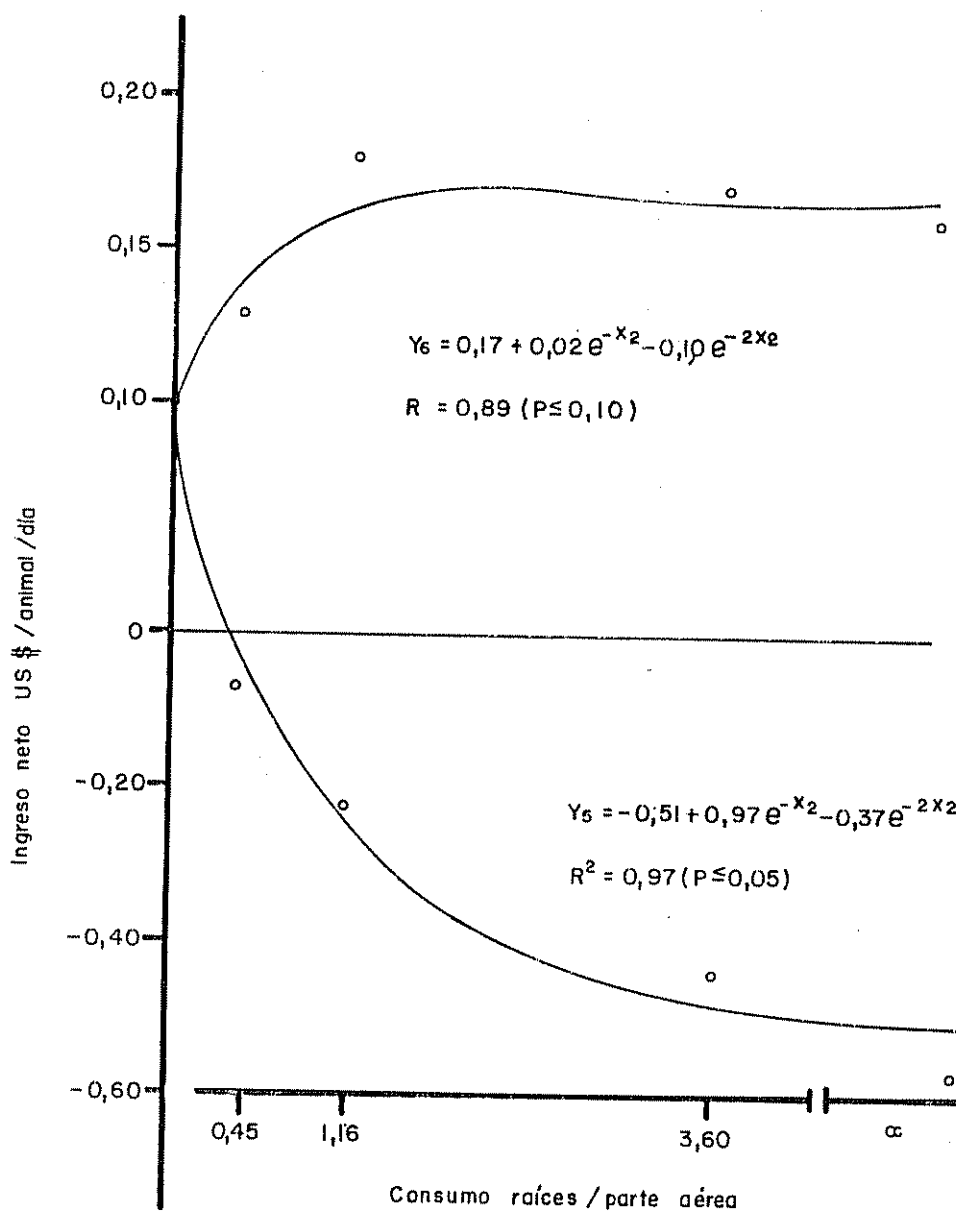


Fig. 4 Ingreso neto US \$ animal/día en función de la relación de consumo raíces/ parte aérea (alternativas I y II)

consumo raíces/parte aérea hasta un valor de X_2 igual a 1,5 donde $Y_6 = 0,17$ US\$/animal/día. Después de este punto, el ingreso neto disminuyó debido a que los ingresos brutos no aumentaron mientras que los costos totales continúan aumentando aunque ligeramente (Cuadros y y 4A).

El tratamiento F resultó en un ingreso neto negativo de 0,03 US\$/animal/día. Este valor fue superior al del tratamiento E en la primera alternativa solamente (Cuadros 6 y 7), lo que significa que en estas condiciones, la adición de la melaza a la parte aérea del camote para suplir energía en raciones para bovinos no se justifica cuando las raíces pueden ser utilizadas como un desecho del cultivo.

Los valores de rentabilidad se muestran en los Cuadros 6 y 7 para cada alternativa. Las funciones que describen la rentabilidad en relación al consumo fueron:

$$(1) \quad Y_7 = -50,52 + 72,21e^{-X_2} + 12,31e^{-2X_2}$$

$$R^2 = 0,99 \quad (P \leq 0,01)$$

donde: Y_7 = la rentabilidad obtenida cuando se incluyeron los costos de producción de las raíces del camote en los costos de alimentación

X_2 = la relación de consumo raíces/parte aérea del camote

$$(2) \quad Y_8 = 48,75 + 33,21e^{-X_2} - 46,80e^{-2X_2}$$

$$R^2 = 0,88 \quad (P \leq 0,25)$$

donde: Y_8 = rentabilidad obtenida cuando de los costos de alimentación se excluyeron los costos de producción del camote

X_2 = la relación de consumo raíces/parte aérea del camote

En la Fig. 5, se representan las funciones Y_7 y Y_8 . Las tendencias indican una rentabilidad negativa al incluir los costos de producción del camote en los costos de alimentación. En cambio, la eficiencia económica medida en términos de rentabilidad, aumentó hasta un valor de 55 por ciento cuando las raíces y parte aérea del camote se utilizan como desecho del cultivo. Los resultados biológicos y económicos obtenidos bajo las condiciones de este estudio, indican que el uso del camote es factible en la producción de carne de res cuando solamente se considera la parte aérea y las raíces de la planta como un desecho del cultivo agrícola.

El camote por su producción de biomasa y nutrientes (4, 22, 40, 75), comparado con otros cultivos agrícolas como la caña de azúcar y banano, presenta aparentemente, un mejor potencial para ser utilizado en la producción animal. Su desecho se constituye de la parte aérea de la planta en un 40 por ciento de la producción total del cultivo y un 12 a 54 por ciento de raíces no comerciáveis (42, 75). De acuerdo a los resultados del presente trabajo, este volumen de material puede ser transformado por el bovino produciendo ganancias biológicas y económicas.

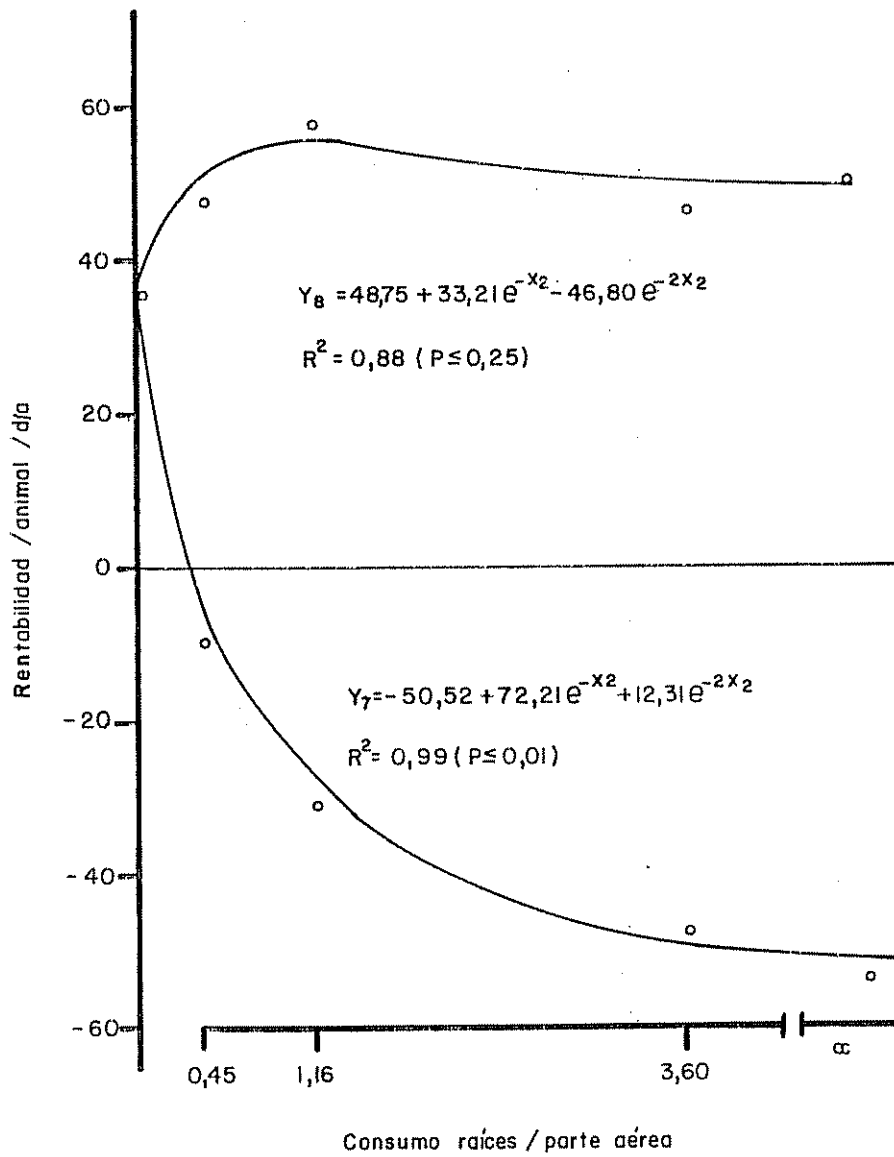


Fig. 5 Rentabilidad en función de la relación de consumo raíces / parte aérea (alternativas I y II)

Considerando los resultados bio-económicos obtenidos en el presente trabajo, se ha diseñado un sistema comercial de producción agrícola y producción de carne que permitirá el uso de las raíces del camote para el consumo humano y el aprovechamiento de los desechos en la producción de carne. Este sistema se basa en la utilización del 100 por ciento de la parte aérea más un desecho mínimo de 12 por ciento de raíces para la producción animal y la venta del 88 por ciento de las raíces para la alimentación humana.

El fundamento de este sistema (Cuadro 8) considera que el desecho mínimo disponible en el cultivo permite utilizar una combinación de 25 por ciento de raíces y 75 por ciento de parte aérea como base de la ración más un suplemento proteico, minerales y vitaminas. Esta combinación corresponde al tratamiento B del presente estudio donde se obtuvo una rentabilidad del 48 por ciento (Alternativa II) bajo las condiciones experimentales. Se entiende que esta combinación no coincide con la de la máxima eficiencia bio-económica considerando las funciones Y_2 , Y_3 , Y_4 , Y_6 y Y_8 . Sin embargo, es el límite de combinación posible para un uso integral del desecho mínimo considerado bajo los niveles de producción de raíces (15 TM/ha) y parte aérea (13 TM/ha) obtenidos en el presente trabajo.

Desde el punto de vista estrictamente económico, el sistema a desarrollarse sería el basado en parte aérea e ignora cualquier desecho de raíces. Sin embargo, las "explotaciones combinadas" han permitido un aprovechamiento más íntegro de los recursos agropecuarios, transformando éstos en alimentos para el consumo humano. El sistema diseñado

Cuadro 8. Sistema de producción agrícola y producción de carne basado en el cultivo de camote en una ha.

Producción Agrícola		Producción de Carne	
Superficie considerada:	1 ha	Material verde de parte aérea:	13,00 TM
Variiedad de camote:	C-15	Material verde de raíces de desecho:	1,80 TM
Ciclo del cultivo en días:	150	Suplemento proteico 18% de NHP en forma de urea	
Venta de 88% de raíces producidas:	13,20 TM	Minerales y vitaminas, según NRC (43)	
Precio de venta/kg de raíz*	US\$0.13	Consumo kg MS/animal/día	4,91
Costos totales	<u>US\$659.75</u>	Número de animales	5,50
Rentabilidad (%)***	152,00	Número de días de alimentación	100,00
		Kg de aumento de peso/animal/día	0,71
		Costo total/animal/día	US\$ 0.28
		Precio/kg de peso vivo**	US\$ 0.58
		Rentabilidad (%)***	48,00

* Precio de venta obtenido durante la venta de camote producido durante el período de trabajo.

** Precio promedio de Montecillo (Cooperativa), San José, Costa Rica, diciembre de 1975.

*** Se incluyen en los cálculos: costo de administración (10% sobre ingreso bruto), interés sobre los costos variables (8%) e imprevistos (5% sobre los costos totales utilizados).

en el Cuadro 8 trata de expresar un modelo de estas explotaciones combinadas orientado hacia el uso integral de los recursos del cultivo de camote. Además de las ventajas económicas del cultivo agrícola (152% de rentabilidad sin incluir los intereses sobre la inversión), la integración de una explotación con ganado de carne (bovino) con factibilidad de extrapolar resultados a otras especies (ovinos y caprinos), permite la transformación de un material de desecho a un producto de calidad para la alimentación humana con ventajas económicas para el productor (48% de rentabilidad).

Es lógico que este aumento en la producción agropecuaria mediante un aprovechamiento íntegro de la biomasa del cultivo de camote así como de cualquier otro cultivo agrícola de alto potencial productivo en un sistema de "Explotación Combinada", conlleva a un incremento en el nivel de vida del trabajador rural y a un mejor balance de la dieta humana.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados del presente estudio, se puede concluir lo siguiente:

1. De acuerdo al consumo obtenido de raíces/parte aérea, el camote se puede considerar como un alimento que tiene aceptabilidad por el ganado.
2. El contenido de proteína y energía de la parte aérea del camote, adicional a los nutrientes de las raíces, constituyen un alimento de alto valor nutritivo en la producción del ganado de carne.
3. La combinación de la energía de la celulosa de la parte aérea del camote con el almidón de las raíces, permite mejorar aparentemente la ganancia de peso con niveles medianos de sustitución de la proteína natural por urea.
4. Aunque la adición de raíces a la parte aérea del camote mejora la ganancia de peso, esto conlleva la adición de suplemento nitrogenado, lo que disminuye la rentabilidad.
5. El cultivo del camote con el propósito de alimentar ganado no es rentable.
6. Bajos las condiciones que prevalecieron en el presente estudio, la producción económica de carne en base en el cultivo del camote debe limitarse al uso de sus desechos (raíces y parte aérea), lo que significa un aprovechamiento integral de los recursos del cultivo.

También se puede recomendar:

1. Estudiar el efecto de diferentes niveles y fuentes de proteína

sobre la utilización de la energía de las raíces del camote.

2. Realizar pruebas de digestibilidad *in vivo* de las raíces y parte aérea del camote, con el fin de disponer de información más precisa respecto al valor nutritivo de este recurso energético del trópico.

6. RESUMEN

El presente estudio se realizó en la finca experimental del Departamento de Ganadería Tropical del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Los objetivos fueron: (1) evaluar la utilización de la parte aérea y de las raíces del camote en la alimentación de novillos de carne, y (2) cuantificar el potencial del uso del camote en la producción de carne en base a los resultados biológicos, del primer objetivo.

Se sembraron 3,5 ha de camote de la variedad C-15. El cultivo recibió una fertilización inicial de 230 kg/ha de la fórmula 10-30-10 y 500 kg/ha de 20-20-6-5 un mes después de la siembra. Además, se hizo deshierbe y aporca al mes de edad, y fumigación con Sevin a razón de 2 litros/ha de producto para el control de la *Diabrotica* sp. El cultivo fue cosechado a los cinco meses de edad.

Se utilizaron 30 novillos encastados Brahman, de aproximadamente un año de edad, y un peso promedio inicial de 184 kg. Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con cinco tratamientos, los cuales estuvieron constituidos por cinco raciones de 0:100; 25:75; 50:50; 75:25 y 100:0 proporción raíces y parte aérea del camote en base seca respectivamente. Esta relación fue la variable estudiada sobre la respuesta biológica y económica en la producción de carne.

Las raciones fueron isonitrogenadas y heteroenergéticas. Se utilizó la urea a razón de 0, 18, 35, 53 y 71 por ciento del nitrógeno total de estas raciones para alcanzar un nivel de 11,25 por ciento de

proteína cruda. La melaza fue utilizada en cantidades mínimas como vehículo de la urea. Un tratamiento adicional "F", fue constituido de 38,6 por ciento de melaza, 60,2 por ciento de parte aérea y 1,2 por ciento de urea (30% del nitrógeno total). Este tratamiento fue utilizado como comparador del tratamiento con 100 por ciento de raíces en base de que ambos eran isonitrogenados o isoenergéticos y sólo diferían en la fuente de sus constituyentes. El tratamiento "F" no fue considerado en los análisis estadísticos.

Se ofreció a los animales una ración diaria a base de 3 kg de materia seca, 0,337 kg de proteína cruda/100 kg de peso vivo con 2,06 a 2,52 Mcal EM/kg de materia seca.

// Los resultados mostraron que el consumo de materia seca y proteína cruda fue similar en todos los tratamientos, con valores promedio de 2,37 kg de MS y 0,286 kg de PC por 100 kg de peso vivo por día. La energía metabolizable consumida fue mayor a medida que aumentó la proporción de raíces en la ración. El consumo promedio fue de 5,57 Mcal EM/100 kg de peso vivo/día.

La ganancia de peso promedio fue de 0,767 kg/animal/día y aumentó desde 0,656 hasta 0,847 kg/animal/día a medida que aumentaba el porcentaje de raíces en la ración. Esta ganancia se hizo asintótica a un nivel del 70 por ciento de combinación de raíces con la parte aérea.

La conversión del alimento mejoró por efecto del nivel de raíces y tendió a alcanzar un valor asintótico de 7,06 kg MS/kg de aumento de peso con una proporción de 70 por ciento de raíz en la ración.

La máxima eficiencia en la conversión de energía a peso vivo fue de 15,3 Mcal EM/kg de peso vivo producido cuando la ración contenía 60 por ciento de raíces.

El tratamiento F causó consumos de materia seca, proteína y energía similares a los observados en el tratamiento con 100 por ciento de raíces. Sin embargo, su ganancia de peso fue muy inferior (0,623 kg/animal/día), consecuentemente, la conversión del alimento fue también menor.

En condiciones del presente estudio, la respuesta económica del uso de las raíces fue siempre negativa cuando se tomó en cuenta el costo de producción de las raíces del camote. Valores de 0,10 a -0,57 US\$/animal/día fueron obtenidos como ingreso neto con 0 y 100 por ciento de raíces del camote en la dieta. Correspondiendo a esta respuesta, la rentabilidad tuvo valores que variaron de 36 a -54 por ciento. En cambio, cuando las raíces del camote fueron consideradas como un desecho del cultivo, el ingreso neto y la rentabilidad dieron valores positivos a cualquier nivel de combinación de raíces y parte aérea. Los valores de ingreso neto obtenidos tuvieron un rango de 0,10 a 0,18 US\$/animal/día y la rentabilidad fue de 36 a 58 por ciento.

La máxima respuesta económica se obtuvo cuando la raíz conformaba 50 por ciento de la ración en base seca.

En base a los resultados del presente trabajo, se puede concluir:

1. Que tanto las raíces como la parte aérea del camote tienen aceptabilidad por el ganado.

2. Que la adición de raíces con urea a la parte aérea mejora la ganancia de peso y la eficiencia de conversión del alimento.
3. Que el uso de raíces en general causa disminuciones en la rentabilidad por lo que la producción de carne a base de camote debe restringirse al empleo de los desechos del cultivo, lo que implica una utilización integral del camote.

6a. SUMMARY

The present study was carried out in the experimental farm of the Department of Animal Husbandry of the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE). The objectives were: 1) To evaluate the utilization of sweet potato forage and roots as feeds for beef cattle; 2) To quantify the potential use of sweet potatoes in beef production.

Three and one-half ha of sweet potatoes, variety C-15 were planted with initial fertilization rates of 230 kg/ha of 10-30-10 followed one month later by 500 kg/ha of ~~20-10-6-5~~. At one month after planting the area was cleared of weeds, furrow hills were formed, and the plants were sprayed against insects (*Diabrotica* sp.) with two liters/ha of "Sevin". Harvesting was initiated after five months of growth.

Thirty yearling grade Brahman bulls of an average weight of 184 kg were used. A completely randomized block design was used with five treatments (rations) representing different ratios of roots: forage (on a dry matter basis) as follows: 0:100; 25:75; 50:50; 75:25 and 100:0. These treatments were studied in respect to their biological and economic effects in beef production.

The treatments were isonitrogenous and heteroenergetic. Urea was utilized at levels to provide 0, 18, 35, 53 and 71 per cent of the total nitrogen in the various rations to equalize the crude protein equivalent in all treatments to 11.25 per cent. Minimum levels of sugar cane

molasses were used as a carrier for the urea. An additional treatment "F", was included which contained 38.6 per cent molasses, 60.2 per cent sweet potato forage and 1.2 per cent urea (30% total nitrogen). This treatment was used to compare with the treatment containing 100 per cent roots because these two were both isonitrogenic and isoenergetic, and differed only in the kind of basic constituents. Treatment "F" was not considered in the statistical analysis.

The animals were offered a basic daily ration containing 3 kg dry matter and 0.337 kg crude protein/100 kg liveweight and 2.06 to 2.52 Mcal ME/kg of dry matter.

The results indicated that dry matter and crude protein consumption was similar in all treatments with average daily values of 2.37 kg DM and 0.286 kg CP per 100 kg liveweight. The metabolizable energy consumed was greater in rations with higher proportions of roots. Average daily consumption was 5.57 Mcal ME per 100 kg liveweight.

Average daily weight gains was 0.767 kg and ranged from 0.656 to 0.847 kg corresponding to increased proportions of roots in the ration. The weight gain averages followed an asymptotic pattern as the rations contained greater proportions of roots than 50 per cent.

Feed conversion improved as the ration contained more roots and tended to reach an asymptotic value of 7.06 kg DM/kg body weight gain corresponding to a proportion of 70 per cent roots. The maximum efficiency of converting energy to liveweight was 15.3 Mcal ME/kg liveweight estimated for a ration containing 60 per cent roots. Treatment F resulted in dry

matter, protein, and energy consumptions similar to those observed in the treatment with 100 per cent roots. Nevertheless, the body weight gains in this treatment were very inferior, 0.623 kg/day and, consequently, feed conversion was less.

Under the conditions of the present study, economic response to using sweet potato roots was always negative when the actual costs of production were considered. Net returns of US\$0.10 to -\$0.57/animal/day were calculated corresponding to 0 and 100 per cent roots in the diet. The corresponding economic response (returns/costs x 100) was 36 and -54 per cent. On the other hand, when the roots were considered as culls from saleable sweet potatoes the net returns and percentages produced positive estimations at all treatment levels. These values were calculated ranging from US\$0.10 to \$0.18/animal/day corresponding to 36 and 58 per cent.

Maximum economic response was indicated for rations containing 50 per cent roots (dry matter basis).

Based on the results of the present study it was possible to conclude the following:

1. Sweet potato roots and forage are acceptable to cattle as feedstuffs;
2. The addition of roots with urea to the sweet potato forage improves weight gains and the efficiency of feed conversion; and
3. As feeding sweet potatoes (roots) to beef cattle generally results in economic losses, it is advisable to limit their usage for such to culls or surplus roots.

6b. RESUME

L'essai se réalisa sur la ferme expérimentale du Département d'Elevage Tropical du Centre Agronomique Tropical de Recherche et d'Enseignement (CATIE). Les objectifs furent: (1) d'Evaluer l'utilisation du feuillage et des racines de la patate dans l'alimentation du bovin de chair, (2) de Quantifier le potentiel économique de l'usage de la patate (feuillage et racines) dans la production de viande.

La patate de variété C-15 fut semée sur 3,5 ha. La plantation fut fertilisée au semis avec 230 kg/ha de 10-30-10 et un mois après avec 500 kg/ha d'un engrais de formule 20-20-6-5. Furent effectués un mois après le semis, un sarclage-buttage et une aspersion au Cabaryl (Sevin) à raison de 2 litres à l'hectare contre la *Diabrotica*, Sp. Le cycle de la culture eut une durée de 150 jours.

Trente (30) taurillons demi-sang zébu d'en moyenne 184 kg de poids vif furent utilisés dans un bloc complètement randomisé avec 5 traitements. Ces traitements furent constitués de 5 rations de 0 : 100, 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25, 100 : 0 pour cent de racines et feuillage de patate (en base sèche) respectivement. Les rations furent isonitrogénées et hétéroénergétiques.

L'urée fut utilisée pour substituer l'azote de la ration en proportions de 0, 10, 35, 53, et 71 pour cent et fut véhiculée par la mélasse en quantités minimales. Un traitement aditionel fut constitué de 38,6 pour cent de mélasse, 60,2 pour cent de feuillage de patate et 1,2 pour cent d'urée (30% de la matière azotée totale). Ce traitement fut utilisé

en vue de comparer à un même niveau protéique et énergétique, les racines et le feuillage de la patate dans l'alimentation du bétail bovin.

La ration journalière offrit à l'animal 3 kg de matière sèche et 0,337 kg de matière azotée pour 100 kg de poids vif. Le contenu énergétique de l'aliment varia de 2,06 à 2,52 Mcal EM/kg de matière sèche.

Les résultats indiquèrent une consommation similaire de matière sèche et azotée dans tous les traitements avec une moyenne respective de 2,37 et 0,29 pour cent du poids de l'animal par jour. L'ingestion d'énergie augmenta avec la proportion des racines de patate dans la diète et fut en moyenne de 5,57 Mcal EM par 100 kg de poids vif par jour.

Le gain de poids fut en moyenne de 0,767 kg par animal par jour, variant de 0,656 à 0,847 kg. Sa fonction de prédiction indiqua une tendance asymptotique à partir de 70 pour cent de racine de patate dans la ration.

L'efficacité de conversion de l'aliment s'améliora par l'effet de l'augmentation des racines de la patate dans la diète. Respectivement, 7,06 kg de matière sèche et 15,30 Mcal EM pour un kilo de gain en poids furent estimés comme valeurs d'efficacité maximum.

Le traitement aditionnel occasiona consommation de matière sèche et azotée ainsi que d'énergie métabolisable similaire à celle observée avec la ration de 100 pour cent de racines. Cependant, le gain en poids

par animal par jour fut très inférieur (0,623 kg) et conséquemment, l'efficacité alimentaire fut tout aussi moindre.

Dans les conditions de cet essai, le revenu net fut négatif à l'usage des racines de la patate dans l'alimentation animale. Les valeurs extrêmes calculées furent de 0,10 et -0,57 US\$ par animal par jour avec 0 et 100 pour cent de racines. La rentabilité correspondante fut respectivement de 36 et -54 pour cent.

Quand les racines furent utilisées comme un déchet agricole, l'efficacité économique estimée fut positive avec un maximum de 0,18 US\$ par animal par jour de revenu net et 58 pour cent de rentabilité quand la ration fut constituée de 50:50 pour cent de racines et feuillage de patate.

En raison des résultats antérieurs, il fut conclu que:

1. Les racines autant que le feuillage de la patate sont un aliment palatable pour le bétail bovin.
2. L'addition des racines de la patate et d'urée au feuillage, améliore le gain en poids et l'efficacité de conversion de l'aliment.
3. En raison du déficit économique occasionné par l'usage des racines de la patate, il est logique de limiter la production de viande bovine seulement à l'usage des déchets de la culture (feuillage et racines sans valeur commerciale).

7. LITERATURA CITADA

1. ALDA, J. de. Alimentación del ganado en América Latina. 2a. ed. México, D.F. La Prensa Médica Mexicana, 1971. 475 p.
2. ARIAS, C. et al. The influence of different amounts and sources of energy in *in vitro* urea utilization by rumen microorganisms. *Journal of Animal Science* 10(3):683-691. 1951.
3. ARMENDARIZ DEL VALLE, R. Efecto del nivel de melaza sobre el consumo voluntario de punta de caña y la ganancia de peso en novillos de carne. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE). 1976. 74 p.
4. BACKER, J. Producción, composición química y digestibilidad *in vitro* del camote (*Ipomoea batata* (L) Lam). Informe Problema Especial. Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE). Departamento de Ganadería Tropical. Turrialba, Costa Rica. 1976. (En preparación).
5. BELL, C. M., GALLUP, D. W. y WHITEHAIR, C. K. Value of urea nitrogen in rations containing different carbohydrate feeds. *Journal of Animal Science* 12(4):787-797. 1953.
6. BOND, J. y PUTNAM, P. A. Nutritive value of dehydrated sweet potato trimmings fed to beef steers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 15(4):726-728. 1967.
7. BURROUGHS, W., ARIAS, C., PAUL, R. de, BERLAUGH, P. y BETHKE, R. M. *In vitro* observations upon the nature of protein influence upon urea utilization by rumen microorganisms. *Journal of Animal Science* 10(3):672-682. 1951.
8. CAMPION, J. E. El uso de altos niveles de melaza con tres diferentes proteínas para el crecimiento de toretes. *Agro (República Dominicana)* 11:25-33. 1973.
9. CHALUPA, W., EVANS, J. L., STILLIONS, C. M. Utilization of urea and corn gluten meal nitrogen. *Journal of Dairy Science* 46(12):640. 1963.

10. CHALUPA, W., CLARK, J., CPLIGER, P. y LAUKER, R. Detoxication of amonia in sheep fed soy protein or urea. *Journal of Nutrition* 100(2):170-176. 1970.
11. _____. Metabolic aspects of non-protein nitrogen utilization in ruminant animal. *Federation Proceedings* 31(8): 1152-1154. 1972.
12. CHICCO, C. F., SHULTZ, E. y SHULTZ, T. A. Algunas observaciones sobre el nivel de melaza en suplementos con urea y biuret para ovinos. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 22(3): 271-279. 1970 (Serie Zootecnia 1).
13. CLAVO, N. Efecto de dos sistemas de manejo en la alimentación de novillos de carne en confinamiento. *Problema Especial. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Departamento de Ganadería Tropical.* 20 p. 1973. (Datos no publicados).
14. _____. Respuesta a diferentes niveles de urea por novillos alimentados con melaza y bagazo de caña de azúcar. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 45 p.
15. CONRAD, H. R., PRATT, A. D. y HIBBS, J. W. Regulation of feed intake in diary cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science* 47(7):54-62. 1964.
16. _____. y HIBBS, J. W. Nitrogen utilization by the ruminant. Appreciations of its nutritive value. *Journal of Dairy Science* 51(2):276-285. 1968.
17. CUBILLOS, G. F. Procedimiento para el método de dos etapas en la determinación de la digestibilidad de la materia orgánica de los forrajes (basado en Moore y Dunham. University of Florida. 1971). CATIE. Departamento de Ganadería Tropical. Turrialba, Costa Rica. 11 p. 1974. (mimeografiado).
18. DARLOW, A. E., ROSS, O. B., STEPHENS, D. F., MacVICAR, R. W., CROSS, F. B. y THOMPSON, C. P. Dried sweet potatoes as a replacement for corn in fattening beef cattle. Oklahoma Agricultural Experiment Station. Bulletin B-342:5-15. 1950.
19. DUBLE, R. L., LANCASTER, J. A. y HOLT, E. C. Forage characteristics limiting animal performance on warm-season perennial grasses. *Agronomy Journal* 63(5):795-798. 1971.

20. ELIAS, S., PRESTON, T. R., WILLIS, M. B. y SUTHERLAND, T. M. Subproductos de la caña y producción intensiva de carne. 4. La ceba de toros con miel/urea en sustitución del grano en dietas de poca fibra. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 1(2):59-67. 1960.
21. FREITAG, R. R., SMITH, W. H. y BEESON, W. M. Factors related to the utilization of urea vs. protein-nitrogen supplemented diets by the ruminant. Journal of Animal Science 27(2): 478-484. 1968.
22. FRENCH, M. H. The feeding value of sweet potatoes tubers. The African Agricultural Journal 21(1):18-19. 1955.
23. GRAINGER, R. D., OBERLAS, D., BAKER, F. H. y STROUD, J. W. A biological evaluation of urea with mature withers. Journal of Animal Science 19(4):1263. (Compendio).
24. HELMER, L. G. y BARTLEY, E. E. Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants. A review. Journal of Dairy Science 54(1):25-51. 1971.
25. HERRERA ARIAS, E.E. Engorda de vacas de desecho con subproductos de la caña y diversos niveles de almidón de banano. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 46 p.
26. HUBERT, J. T. Protein and non-protein nitrogen utilization in practical dairy rations. Journal of Animal Science 41(3): 954-961. 1975.
27. HUNGATE, R. E. The rumen and its microbes. Academic Press, New York. 1966. 533 p.
28. ISIDOR SOSA, M. E. Efecto de diferentes niveles de proteína, pasto y raquis de banano, sobre el crecimiento de novillos con consumo *ad libitum* de banano. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 50 p.
29. JENNINGS, Jr., B.F., THOMASON, J. H. y HEENDERSON, H. B. Sweet potatoes meal vs. ground corn in the ration of dairy cows. Journal of Dairy Science 31(5):341-346. 1948.
30. JIMENEZ, C. y VONHOUT, K. Utilización del banano verde en alimentación de ganado de carne en pastoreo. In 7° Día de Campo Ganadero. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973. (Informes). 20 p.

31. JOHRI, P. H., SHRIVASTAVA, J. P. y UDDIN, M. Investigations on subsidiary feed. 1. Banana (*Musa* spp.) leaves as cattle fodder. *The Indian Veterinary Journal* 44(5): 425-429. 1967.
32. JONES, G. H. Chemical factors and their relations to feed intake regulation in ruminants. A review. *Canadian Journal of Animal Science* 52(2):207-239. 1972.
33. LATINAMERICAN TABLES OF FEED COMPOSITION. Gainesville, University of Florida. 1974. 509 p.
34. LOOSLI, J. K., WILLIAMS, H. H., THOMAS, W. E., FERRIS, F. H. y MAYNARD, L. A. Synthesis of amino acids in the rumen. *Science* 110(5):144-145. 1949.
35. LOTERO, J. Fertilización de pastos. In *Curso Intensivo en Producción y Utilización de Forrajes*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-Centro Tropical de Enseñanza e Investigación (IICA-CTEI), Departamento de Ganadería Tropical. 1973. (Mimeo.).
36. LUSH, R. H. Sweet potatoes versus silage for milk production. *Journal of Dairy Science* 19(6):460. 1936.
37. MARTIN, Jr., R. J. y WING, J. M. Effect of molasses level on digestibility of high concentrate ration and on molar proportions of volatile fatty acids produced in the rumen of dairy steers. *Journal of Dairy Science* 49(7):846-849. 1966.
38. MASSEY, Z. A., DENNEY, W. W. y SOUTHWELL, B. L. Sweet potato meal in the ration for dairy cows. Georgia Experimental Station. Circular 156. 1948. 4 p.
39. MATHER, R. E., LINKOUS, W. M. y EHLEART, J. F. Dehydrated sweet potatoes as a concentrate feed for dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 31(7):569-578. 1948.
40. MONTALDO, A. Cultivos de raíces y tubérculos tropicales. Lima, Perú. IICA. 1972. 248 p.
41. MONTGOMERY, M. J. y BAUMGARDT, B. R. Regulation of food intake in ruminants. 1. Pelleted ration varying in energy concentration. *Journal of Dairy Science* 48(5):569-574. 1965.
42. MORAVARGAS, C. E. Pruebas de producción y calidad de variedades de camote en la zona intermedia alta del valle central. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1969. 48 p.

43. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, D. C. National Academy of Science. 1970. 55 p.
44. HUIÑEZ, J. A. Consumo de banano verde y crecimiento de ganado de carne a diferentes presiones de pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1974. 52 p.
45. OCHOA, C. Efecto del nivel de proteína y bagazo de caña sobre el crecimiento de toros alimentados con melaza. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 46 p.
46. OLJEN, R. R. y PUTNAM, P. A. Plasma aminoacids and nitrogen retention by steers fed purified diets containing urea or isolated soy protein. *Journal of Nutrition* 89(4):385-391. 1966.
47. PERRY, T. W., BEESON, W. M. y MOHLER, M. G. A comparison of high urea supplements with natural protein supplements for growing and fattening beef cattle. *Journal of Animal Science* 26(6):1434-1437. 1967.
48. PIERCE, A. W. The influence of the amount of starch on the utilization of urea by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 2:447-456. 1952.
49. PIGDEN, W. J. La caña de azúcar descortezada como pienso - un paso decisivo. *Revista Mundial de Zootecnia* 11:1-5. 1974.
50. PINCHINAT, A. H. Rendimiento potencial del camote en la zona de Turrialba. *Tropical root and Tuber Crops Newsletter* 7:10-14. 1970.
51. PRESTON, T. R., ELIAS, A., WILLIS, H. B. y SUTHERLAND, T. M. Influence beef production from molasses and urea. *Nature* 216(516):721-722. 1967.
52. _____, WILLIS, M. B. y ELIAS, A. Efecto de diferentes niveles de urea en la miel suministrada *ad libitum* a toros de ceba como suplemento del grano. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 1(1):33-40. 1967.
53. _____, WILLIS, M. B. y ELIAS, A. The performance of two breeds given different amounts and sources of protein in a high-molasses diets. *Animal Production* 12(3):457-464. 1970.
54. _____. Engorde de ganado vacuno con melaza en los trópicos. *Revista Mundial de Zootecnia* 1:24-29. 1972.

55. PRESTON, T. R. y WILLIS, M. B. Producción intensiva de carne. Diana, México. 1974. 736 p.
56. RAMIREZ, A. y SUTHERLAND, T. M. Efecto de la concentración de urea en la miel sobre el consumo alimenticio y metabolismo del N en ganado alimentado con dietas basadas en grano o forraje. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 5(2):181-190. 1971.
57. RODRIGUEZ, V. y PRESTON, T. R. El valor relativo de la miel final y el maíz con proteína verdadera o MMP para la producción de leche. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 3(2):155-163. 1969.
58. RUIHARD, J. Notes on sweet potatoes research in west New Guinea (West Irian). In *Proceedings of the International Symposium on Tropical Root Crops*. St. Augustine, Trinidad, University of the West Indies. 1967. v. 1, Section III. pp. 88-111.
59. RUIZ, M. E. Desarrollo de sistemas intensivos de producción de carne en confinamiento para el trópico. In *Curso Intensivo en Producción Animal con Énfasis en Bovinos*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Departamento de Ganadería Tropical. Turrialba, Costa Rica. 1974. 62 p. (Mimeo.).
60. _____ y VOHNOUT, K. El uso de subproductos en la alimentación de bovinos en el trópico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Departamento de Ganadería Tropical. Turrialba, Costa Rica. 1974. 23 p. (Mimeo.).
61. SALEM, H. A., DEVLIN, T. J. y MARQUANDT, R. R. Effects of urea on the activity of glutamate dehydrogenase, glutamine synthetase, carbamyl phosphate synthetase and carbamyl phosphokinase in ruminant tissue. *Canadian Journal of Animal Science* 53(3):503-511. 1973.
62. SCHWARTZ, H. M., SCHOEMAN, C. A. y FARBER, N. S. Utilization of urea by sheep. I. Rates of breakdown of urea and carbohydrates *in vivo* and *in vitro*. *Journal of Agricultural Science* 63(3):289-296. 1964.
63. SHULTZ, T. A., CHICCO, C. F., SCHULTZ, E. y CARNEVALI, A. A. Evaluación de diferentes fuentes de energía (yuca, maíz, arroz y melaza) sobre la utilización de altos niveles de urea. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 20(3):185-193. 1970. (Serie Zootecnia I).

64. SILVESTRE, R., MacLEOD, N. A. y PRESTON, T. R. Efecto sobre comportamiento animal al suministrarse la caña picada en forma fina o gruesa. *In* Primera Reunión Anual, Centro Dominicano de Investigación Pecuaria con caña de azúcar. (CEAGANA), Santo Domingo, República Dominicana. 1975. (Compendio).
65. _____, MacLEOD, N. A. y PRESTON, T. R. El comportamiento de novillos alimentados con caña de azúcar picada y mezclas de miel/urea de diferentes concentraciones. *In* Primera Reunión Anual, Centro Dominicano de Investigación Pecuaria con Caña de Azúcar (CEAGANA), Santo Domingo, República Dominicana. 1975. (Compendio).
66. STYLER, L. L., KERN, D. L., WEAVER, V. M. y OLTJEN, R. R. Influence of starch and nitrogen sources on ruminal microorganisms of steers fed high fiber purified diets. *Journal of Nutrition* 101(7):847-854. 1971.
67. VALENTE, C. Efeito de tres fontes nitrogenadas no crescimento e engorda de bovinos de corte a base de melação. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 62 p.
68. VEITIA, J. L., PRESTON, T. R. y DELGADO, N. El uso del pasto para producción de carne. 1. Distintas concentraciones de urea en la miel como suplemento al pastoreo de ceba de toros durante la primavera. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 6(3):343-349. 1972.
69. VILLEGAS, L. A. y RUIZ, M. E. Engorda de ganado con subproductos de caña de azúcar. II. Sustitución de proteína por urea. *In* V Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Maracay, Venezuela. pp. R-46. 1975. (Compendio).
70. VISEK, W. J. Effect of urea hydrolysis on cell life span and metabolism. *Federation Proceedings* 31(3):1178. 1972.
71. VOHMOUT, K., ISIDOR, M. E., PERLA, F. y JEAN-POIS, Ch. Utilización de melaza en alimentación del ganado de carne en pastoreo. *In* 7° Día de Campo Ganadero. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Departamento de Ganadería Tropical. Turrialba, Costa Rica. 1973. (Informe). 20 p.
72. _____, MOLINA, O. y LOPEZ, U. Utilización de la melaza en alimentación del ganado lechero en pastoreo. *In* 7° Día de Campo Ganadero. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973. (Informe). 20 p.

73. WHITE, T. W. et al. Influence of urea and molasses on nutrient digestibility of high roughage rations by steers. *Journal of Animal Science* 37(6):1428-1432. 1973.
74. MORRICK, R. Avances en nutrición bovina. In IV Symposium de Nutrición y Sanidad Animal. Pfizer. San José, Costa Rica. 1975. 13 p.
75. ZUMBADO, A. Z. Rendimiento y calidad e incidencia de astura elevelis y otros insectos en camote cosechado en varias épocas. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1967. 39 p.

2. A P E N D I C E

Cuadro 1A. Composición química de los ingredientes usados en las raciones.

Ingredientes usados	Materia seca %	Proteína cruda %	Energía metabolizable Mcal EM/kg MS
Raíces camote	30,13 ^{a/}	3,39 ^{a/}	2,63 ^{b/}
Parte aérea camote	16,81 ^{a/}	11,25 ^{a/}	2,06 ^{b/}
Melaza	63,00 ^{a/}	3,45 ^{b/}	3,47 ^{b/}
Urea	--	44% N x 6,25	--

^{a/} Departamento de Ganadería Tropical del CATIE.

^{b/} Latin American Tables of Feed Composition, University of Florida, 1974.

Cuadro 2A. Análisis de variancia de la ganancia diaria de peso por animal.

F. V.	G. L.	C. M.
Tratamientos	4	33,339
Repeticiones	4	49,145
Error experimental	16	26,945
Total	24	

Cuadro 3A. Parámetros económicos en US\$/animal/día (Alternativa I).

Tratamientos	Ingresos brutos	Costos estimados*					Totales	Ingreso neto
		C.V.	C.F.	C.V.+C.F.	Adm.	Ing. C.V.		
A	0,38	0,18	0,04	0,22	0,04	0,01	0,28	0,10
B	0,41	0,35	0,04	0,39	0,04	0,03	0,48	- 0,07
C	0,49	0,55	0,04	0,59	0,05	0,04	0,71	- 0,22
D	0,47	0,72	0,04	0,76	0,05	0,06	0,90	- 0,43
E	0,48	0,85	0,04	0,89	0,05	0,07	1,05	- 0,57
F	0,36	0,28	0,04	0,32	0,04	0,02	0,39	- 0,03

*C.V. = costos variables

C.F. = costos fijos

Adm. = administración (10% ingreso bruto)

Int. C.V. = intereses sobre costos variables (8% C.V.)

Imprev. = imprevistos (5% de los costos totales)

Cuadro 4A. Parámetros económicos en US\$/animal/día (Alternativa II).

Tratamientos	Ingresos brutos	Costos estimados*					Ingreso neto		
		C.V.	C.F.	C.V.+C.F.	Adm.	Int. C.V.		Imprev.	Totales
A	0,38	0,18	0,04	0,22	0,04	0,01	0,01	0,28	0,10
B	0,41	0,17	0,04	0,21	0,04	0,01	0,01	0,28	0,13
C	0,49	0,19	0,04	0,23	0,05	0,02	0,01	0,31	0,18
D	0,47	0,20	0,04	0,24	0,05	0,02	0,01	0,32	0,15
E	0,48	0,20	0,04	0,24	0,05	0,02	0,01	0,32	0,16
F	0,36	0,22	0,04	0,32	0,04	0,02	0,02	0,39	- 0,03

*C.V. = costos variables

C.F. = costos fijos

Adm. = administración (10% ingreso bruto)

Int. C.V. = intereses sobre costos variables (8% C.V.)

Imprev. = imprevistos (5% de los costos totales)