

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CONSUMO VOLUNTARIO, DIGESTIBILIDAD Y BALANCE  
METABOLICO EN NOVILLOS ALIMENTADOS CON SEUDO—  
TALLO DE BANANO ( Musa acuminata, cv. Cavendish ) Y  
SUPLEMENTOS ENERGETICOS

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

*Magister Scientiarum*

**LUIS MARTINEZ MONTOYA**

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Programa de Producción Animal

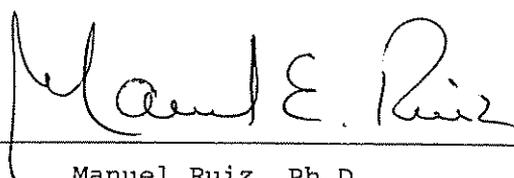
Turrialba, Costa Rica

1980

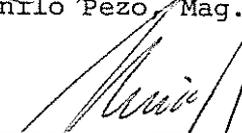
Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito para optar al grado de

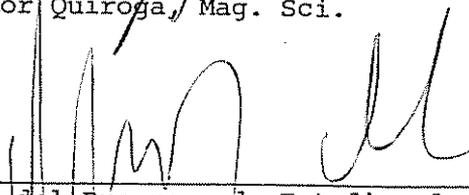
*Magister Scientiae*

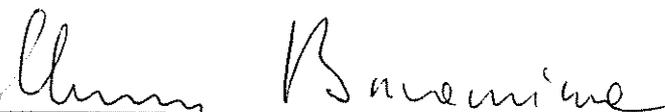
JURADO:

  
\_\_\_\_\_  
Manuel Ruiz, Ph.D. Profesor Consejero

  
\_\_\_\_\_  
Danilo Pezo, Mag. Sci. Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Victor Quiroga, Mag. Sci. Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado  
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales

  
\_\_\_\_\_  
Coordinador del Sistema de Estudios de Posgrado  
de la Universidad de Costa Rica

  
\_\_\_\_\_  
Luis Martínez Montoya  
Candidate

DEDICATORIA

A Amalia, mi esposa,  
con el cariño de siempre

A mis hijos:  
Patricia I.  
Carla J., y  
Luis F.

A mis padres  
y hermanos

## AGRADECIMIENTO

El autor expresa su sincero agradecimiento

Al Dr. Manuel E. Ruiz, Consejero Principal, por su valiosa orientación en la realización del presente trabajo y en su formación académica.

Al Ing. Danilo Pezo Q., Miembro del Comité Consejero por sus acertadas sugerencias y constante apoyo durante la realización del presente trabajo.

Al Ing. Víctor Quiroga, Miembro del Comité Consejero por sus oportunas sugerencias.

Al Ing. Arnoldo Ruiz, por su ayuda desinteresada en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Julio Henao por su intervención en la corrección del presente estudio.

A mi esposa Amalia, por su comprensión, solidaridad y constante estímulo durante la realización de mis estudios de posgrado.

Al Centro de Investigación y Agricultura Tropical (CIAT), Santa Cruz, Bolivia por el apoyo brindado para la realización de mis estudios de posgrado.

A mis compañeros de curso por la amistad y solidaridad compartidas durante mi permanencia en el CATIE.

Al personal de la Finca Ganadera del CATIE y a aquellas personas que en una u otra forma participaron en la ejecución del presente trabajo.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Acchilla, Departamento de Chuquisaca, Bolivia. Realizó sus estudios primarios en la escuela "Eduardo Avaroa" de San Lucas y los de secundaria en el Colegio Nacional Junín de la ciudad de Sucre.

Cursó sus estudios universitarios en la Escuela Superior de Agronomía de la Universidad de San Francisco Xavier de Sucre, egresando en 1971, se graduó como Ingeniero Agrónomo en la Universidad Boliviana San Simón de Cochabamba en 1974.

En 1974 ingresó a trabajar en la Estación Experimental Agrícola de Saavedra, Santa Cruz, Bolivia.

En julio de 1977 ingresó como estudiante graduado al programa de Producción Animal del Sistema de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto Universidad de Costa Rica- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Turrialba, Costa Rica, donde realizó sus estudios de posgrado, obteniendo el título de *Magister Scientiae* en enero de 1980.

## CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Valor nutritivo del pseudo-tallo.....	3
2.2 Factores que afectan al consumo.....	4
2.3 Uso de la melaza como fuente de energía.....	5
2.3.1 Efecto sobre el consumo.....	5
2.3.2 Efecto sobre la digestibilidad de la fibra cruda y retención de nitrógeno.....	6
2.4 Uso del almidón como fuente de energía.....	7
2.4.1 Efecto sobre el consumo.....	7
2.4.2 Efecto sobre la retención de nitrógeno.....	8
3. MATERIALES Y METODOS.....	9
3.1 Localización de los experimentos.....	9
3.2 Animales y su manejo.....	9
3.2.1 Prueba de consumo voluntario.....	9
3.2.2 Prueba de digestibilidad y balance metabólico.....	12
3.3 Variables en estudio.....	13
3.3.1 Nivel energético.....	14
3.3.2 Relación EM de melaza:EM de yuca (M/Y).....	14
3.4 Diseño y análisis estadístico.....	14
3.5 Parámetros bajo estudio.....	17
3.5.1 Prueba de consumo voluntario.....	17
3.5.2 Prueba de digestibilidad y balance metabólico.....	18

	Página
4. RESULTADOS.....	20
4.1 Prueba de consumo voluntario.....	20
4.1.1 Consumo de pseudo-tallo.....	20
4.1.2 Consumo de materia seca total.....	23
4.2 Prueba de digestibilidad y balance metabólico.....	25
4.2.1 Digestibilidad de la materia seca total.....	25
4.2.2 Digestibilidad del nitrógeno.....	29
4.2.3 Retención absoluta de nitrógeno.....	31
4.2.4 Retención de nitrógeno, relativo al nitrógeno absorbido.....	32
5. DISCUSION.....	35
5.1 Consumo voluntario.....	35
5.2 Digestibilidad y retención de N.....	39
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
7. RESUMEN.....	46
7a. SUMMARY.....	48
8. LITERATURA CITADA.....	50
9. APENDICE.....	56

LISTA DE CUADROS

En el Texto

Cuadro No.		Página
1	Algunas características nutricionales de los ingredientes utilizados en los experimentos.....	12
2	Descripción de los tratamientos para la prueba de consumo y balance metabólico.....	15
3	Planteamiento del análisis de varianza para los experimentos de consumo voluntario y balance metabólico.....	16
4	Consumo de materia seca del pseudo-tallo de banano suplementado con energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes porcentajes de EM aportada por la melaza ( $X_2$ ). Datos en kg MS/100 kg PV/día.....	20
5	Resumen del análisis de varianza sobre los efectos de la energía suplementaria ( $X_1$ ) y la proporción de ésta aportada por la melaza ( $X_2$ ), sobre el consumo de pseudo-tallo y MS total.....	22
6	Consumo de materia seca total en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano, suplementados con energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes porcentajes de EM aportados por la melaza ( $X_2$ ). Datos en kg MS/100 kg PV/día.....	23
7	Digestibilidad aparente de la materia seca total en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano suplementados con diferentes niveles de energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes porcentajes de EM aportada por la melaza ( $X_2$ ). Datos en %.....	26
8	Resumen del análisis de varianza sobre los efectos de la energía suplementaria ( $X_1$ ) y la proporción de ésta aportada por la melaza ( $X_2$ ) sobre la digestibilidad de la materia seca (DMS) y del nitrógeno (DN).....	27

Cuadro No.		Página
9	Digestibilidad aparente del nitrógeno en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano suplementados con diferentes niveles de energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes porcentajes de ésta aportada por la melaza ( $X_2$ ). Datos en %.....	29
10	Retención absoluta de nitrógeno en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano con suplementación energética ( $X_1$ ) y diferentes proporciones de ésta aportada por la melaza ( $X_2$ ). Datos en g N/100 kg PV/día.....	32
11	Resumen del análisis de varianza sobre los efectos de la energía suplementaria ( $X_1$ ) y la proporción de ésta aportada por la melaza ( $X_2$ ), sobre la retención absoluta de nitrógeno (RAN) y la retención de nitrógeno relativo al N absorbido (RNRA).....	33
12	Retención de nitrógeno relativo al nitrógeno absorbido en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano suplementado con diferentes niveles de energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes proporciones de ésta aportados por la melaza ( $X_2$ ), %.....	34
13	Relación entre los consumos de agua y materia seca en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano y diferentes niveles de suplementación energética ( $X_1$ ). Se consideran los aportes de todos los ingredientes de las raciones.....	38

En el Apéndice

1A	Excreción fecal en base húmeda, base seca y excreción de nitrógeno fecal, en relación al nivel de energía suplementaria.....	57
2A	Excreción de orina y de nitrógeno urinario en relación con la energía suplementaria.....	57
3A	Nitrógeno absorbido en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano suplementado con diferentes niveles de energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes proporciones de EM/aportado por la melaza ( $X_2$ ).....	58

Cuadro No.		Página
4A	Retención de N relativo al N consumido en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano suplementado con diferentes niveles de energía metabolizable ( $X_1$ ) diferentes proporciones de EM aportado por la melaza ( $X_2$ ).....	59
5A	Consumo de pseudo-tallo tal como ofrecido, en novillas con suplementación energética ( $X_1$ ) y diferentes proporciones de EM aportada por melaza ( $X_2$ ). Datos en kg/100 kg FV/día.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Efecto del nivel de energía suplementaria ( $X_1$ ) sobre el consumo de pseudo-tallo de banano ( $Y_1$ ) y alimento total ( $Y_2$ ) en novillas.....	24
2	Efecto del nivel de energía suplementaria ( $X_1$ ) sobre la digestibilidad de la materia seca ( $Y_3$ ) en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano.....	28
3	Efecto del nivel de energía suplementaria ( $X_1$ ) sobre la digestibilidad del nitrógeno ( $Y_4$ ) en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano.....	30

## 1. INTRODUCCION

En la mayoría de las zonas tropicales, los sistemas de producción están basados en el uso del pasto; sin embargo, a lo largo del año éste experimenta cambios en su disponibilidad y calidad, con una marcada reducción en el período seco. Ante esta situación, el productor puede recurrir a una serie de alternativas, entre las cuales está el uso de subproductos y residuos de cosecha, que le permiten solucionar parcial o totalmente este problema.

En los países tropicales, el cultivo de diferentes especies del género *Musa* juega un papel importante, tanto a nivel de empresa agrícola como de pequeño agricultor. Luego de la cosecha del fruto, resulta un volumen considerable de pseudo tallo, el cual en el caso de las empresas bananeras es dejado en el campo, mientras que en las pequeñas fincas frecuentemente es utilizado como complemento del pasto a/. Sin embargo, la información existente sobre las bondades y limitaciones nutricionales de este material es escasa, especialmente en lo referente al consumo y a la respuesta del animal a diversas fuentes de suplementación.

En razón a lo expuesto anteriormente, y dado que se requiere generar información básica para el desarrollo de subsistemas de alimentación basados en el uso de recursos disponibles en la misma finca, como es el caso del pseudo-tallo del banano, se planteó el presente trabajo con los siguientes objetivos:

---

a/ M. E. Ruiz. 1979. The use of green bananas and tropical crop residues for intensive beef production. Conferencia "Intensive Animal Production in Developing Countries", presentada en Harrogate, Inglaterra, Noviembre 12 - 14, 1979. En vías de publicación.

- Estudiar el efecto de la suplementación energética sobre el consumo voluntario del pseudo-tallo del banano en novillas.
- Evaluar la economía metabólica de novillos alimentados a base de pseudo-tallo de banano, suplementados con diferentes niveles y fuentes de energía.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Valor nutritivo del pseudo-tallo

El pseudo-tallo de la planta de banano, *Musa acuminata*, ofrece importantes ventajas como alimento potencial para el ganado bovino. Es así que, en una plantación comercial, se tienen entre 2.500 a 5.000 plantas por hectárea y que cada una produce 1,5 plantas maduras por año (23). Alguna información de la literatura (23) indica que la producción de biomasa total varía entre 35 y 54 kg en fresco, de los cuales el 61 por ciento corresponde al pseudo-tallo. Los valores de materia seca (MS) varían de 5 a 8 por ciento. Esta materia seca contiene de 3,5 a 4,4 por ciento de proteína y de 4 a 6 por ciento de almidón (45, 61). El contenido de pared celular del pseudo-tallo es de 39 por ciento (22), lo cual explica, en parte, que la digestibilidad del pseudo-tallo alcance valores de 77 por ciento (22, 25).

El uso de pseudo-tallo de banano en la alimentación animal no es desconocido y se ha circunscrito particularmente al ganado bovino. For ejemplo, en cuatro zonas estudiadas de Costa Rica se ha encontrado que un 39 por ciento de los productores encuestados utilizan alimentos adicionales al pasto (concentrados, melaza, residuos de cosecha); de ellos, un 67 por ciento utiliza residuos de cosecha de banano, principalmente pseudo-tallo a/.

---

a/ M. E. Ruiz. 1979. The use of green bananas and tropical crop residues for intensive beef production. Conferencia "Intensive Animal Production in Developing Countries", presentada en Harrogate, Inglaterra, Noviembre 12-14, 1979. En vías de publicación.

El consumo del pseudo-tallo varía entre 0,8 y 1,3 kg de MS/100 kg de vivo/día (24, 25, 45), valores que son bajos si se comparan con los logrados en los pastos tropicales (46). Se ha postulado que los bajos consumos de MS del pseudo-tallo estarían dictados por una limitación física del rumen de los animales, debido al alto contenido de humedad del material (24, 45).

## 2.2 Factores que afectan el consumo

La eficacia de la producción, en los animales que producen leche, o en crecimiento, está relacionada con el consumo voluntario (18, 26, 33), el cual es definido como la cantidad consumida durante un período de tiempo cuando el forraje es ofrecido *ad libitum* (57). Las diversas teorías propuestas, sobre los mecanismos que regulan la ingestión de los alimentos han sido ampliamente analizados por diversos autores (3, 15, 29).

El consumo voluntario es afectado por diversos factores, algunos de ellos intrínsecos al forraje. Entre ellos se puede mencionar el contenido proteico, pues cuando el contenido de proteína es menor de siete por ciento el consumo disminuye, causado por una depresión en la tasa de digestión ruminal la que a su vez, es debida a deficiencias en el sustrato nitrogenado para los microorganismos ruminales (20, 29, 42). Otro factor es la digestibilidad del forraje la cual afecta positivamente la ingestión de alimentos, promoviendo una rápida fermentación y un aumento en la velocidad de paso del alimento por el tracto digestivo (12, 15, 30, 42); lógicamente, el consumo de forrajes de baja digestibilidad es controlado por la capacidad del rumen (15, 42, 60), mientras que en raciones de alta digestibilidad, los factores reguladores son de tipo fisiológico.

Aparentemente, se podría generalizar que pastos o forrajes con alto contenido de agua se consumen en forma limitada, a causa de una limitación física de la capacidad ruminal del animal; esta generalización se basa en una correlación positiva entre la cantidad de MS ingerida y el porcentaje de MS en el forraje, hallada por Campling y Balch (9) y Ffoulkes y Preston (24). El estado fisiológico del animal, grado de gordura y preñez también restringen el consumo (15, 29).

Las características físicas del forraje influyen sobre la utilización de los alimentos por los rumiantes. Forrajes succulentos promueven una mayor velocidad de paso a la digesta por el tracto digestivo, debido principalmente a la alta proporción de agua contenida en el alimento (4), lo cual provoca una disminución en la digestibilidad de la fibra cruda en el rumen (4, 5), limita la digestión enzimática en el intestino delgado y la fermentación en el intestino grueso lo que puede afectar la absorción de nutrientes (16). El tiempo de retención de la digesta en el tracto digestivo también está relacionado positivamente con el tamaño y el peso específico de las partículas (6, 10, 11).

## 2.3 Uso de la melaza como fuente de energía

### 2.3.1 Efecto sobre el consumo

Investigaciones sobre el uso de la melaza en la alimentación de los bovinos han indicado la factibilidad biológica de su utilización con niveles hasta de un 85 por ciento de la ración total (51).

El consumo de materia seca de forrajes verdes disminuye a medida que se incrementan los niveles de suplementación de melaza (1, 44, 47, 48). Armendáriz (1) y Ruiz y Aragón (49) han encontrado que el consumo de punta

de caña disminuye cuando el nivel de melaza suplementaria aumenta, aunque hay un incremento en el consumo de materia seca total.

Similarmente Ruiloba (48) encontró que el consumo *ad libitum* de caña de azúcar disminuyó al aumentar los niveles de melaza en raciones de novillos de engorde.

### 2.3.2 Efecto sobre la digestibilidad de la fibra cruda y retención de nitrógeno

Debido a la rápida fermentación ruminal de la melaza, su adición a raciones causa una disminución en el tiempo de retención de la digesta total en el rumen (43, 44). Sin embargo, la melaza aparentemente interfiere con la digestión de fibras; así, Rosemberg y Flores (47) encontraron que un nivel alto de miel (50% de la ración), comparado con uno moderado (25% de la ración) tenía un efecto depresor de la digestibilidad de los constituyentes de la pared celular; en contraste, la retención de nitrógeno mejoraba significativamente (54,3 g vs. 18,2 g de nitrógeno retenido/100 kg de peso vivo (PV)/día). En otro trabajo, Ruiz y Aragón (49) ofrecieron punta de caña *ad libitum* a bovinos que recibían raciones isoproteicas (360 g PC/100 kg PV/día) variando solamente los niveles de suplementación con melaza; encontraron que la digestibilidad de la materia seca de la punta de caña disminuía a medida que el nivel de melaza se incrementaba. Igualmente, los valores encontrados para la retención de nitrógeno disminuyeron cuando los niveles de melaza se incrementaron, argumentándose que estos resultados probablemente se debían a un efecto laxante de la melaza, el cual impide que el material ingerido permanezca suficiente tiempo en el rumen para una digestión apropiada.

## 2.4 Uso del almidón como fuente de energía

Raciones basadas en concentrados, cuyo principal sustrato energético es el almidón, causan un aumento en la concentración de ácidos grasos volátiles totales en el rumen (53), producen un aumento en la proporción molar del ácido propiónico en el rumen (10, 19) y una disminución en el pH ruminal lo que está asociado con el desarrollo de una flora bacteriana predominantemente amilolítica (30). Cuando se incluye almidón en la ración, la urea puede utilizarse más eficientemente que cuando se incluye sacarosa (19, 36), aunque la razón de este efecto se desconoce.

### 2.4.1 Efecto sobre el consumo

Generalmente, el aumento en el suministro de concentrados provoca una disminución en el consumo voluntario de forrajes (8, 13, 31, 32), lo que puede deberse a una reducción de la actividad celulolítica de los microorganismos del rumen y, consecuentemente, en una disminución en la tasa de desaparición de la digesta del tracto digestivo (13, 32). La suplementación de forrajes de baja calidad, con niveles hasta de 6 kg de concentrado, produce aumentos en la digestibilidad de la materia seca total, materia orgánica, proteína cruda y extracto etéreo libre de nitrógeno (8); en cambio, la digestibilidad de la fibra cruda disminuye (8, 27).

La disminución en el consumo de forrajes suplementados con diferentes niveles de concentrados, es mayor cuando se usan forrajes de alta digestibilidad, en comparación con lo que sucede con forrajes de baja digestibilidad (13, 32). En forrajes de baja digestibilidad, la suplementación de pequeñas cantidades de concentrado puede incluso inducir un incremento en el consumo de forraje, debido principalmente al aumento en

la tasa de desaparición de la digesta del tracto digestivo y a un aumento de la actividad celulótica de los microorganismos ruminales (13).

#### 2.4.2 Efecto sobre la retención de nitrógeno

La retención de nitrógeno en forrajes de baja calidad (v.g., paja de arroz) es afectado por el nivel de sustitución del almidón por sacarosa. Así, Devendra (19), en un estudio en el que varió las proporciones de harina de yuca y de melaza en la ración, encontró que la retención de nitrógeno alcanzaba valores significativamente más altos, cuando la harina de yuca y la melaza representaban el 20 y 75 por ciento de la ración, respectivamente.

El nivel de consumo de proteína cruda, como el de energía metabolizable, influyen significativamente en el balance de nitrógeno; así, Griffiths (27), trabajando con bovinos machos, para estudiar el efecto de dos niveles de suplementación proteica (9 y 15% de la ración) y de dos niveles de energía (3, 82 y 5,26 Mcal de EM/100 kg PV/día) encontró, en ambos casos, una mayor retención de nitrógeno para los niveles más altos de suplementación (18,7 vs. 32,3 gN/animal/día, para la proteína, y 15,1 vs. 26,4 gn/animal/día, para la energía metabolizable).

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo consta de dos experimentos comprendidos en la programación del Proyecto "Sistemas de producción de leche y carne para pequeños productores usando residuos de cosecha" (CATIE-CIID):

Experimento PA-CIID 7904: Prueba de consumo voluntario de pseudo-tallo en novillas, con suplementación energética.

Experimento PA-CIID 7905: Prueba de digestibilidad y balance metabólico en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano con suplementación energética.

#### 3.1 Localización de los experimentos

Ambos experimentos se realizaron en la Finca Experimental Ganadera del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. Turrialba está localizada en una zona tropical húmeda, a una altitud de 600 m.s.n.m., con una temperatura media anual de 22°C. La precipitación pluvial promedio anual es de 2.800 mm. La humedad relativa en promedio es de 90 por ciento.

#### 3.2 Animales y su manejo

##### 3.2.1 Prueba de consumo voluntario

Se usaron 26 novillas, de las razas Criollo y Jersey y sus cruces, y del grupo racial 1/2 Ayrshire 1/4 Jersey 1/4 Criollo. Las novillas

tenían edad y peso promedio iniciales de 18 meses y 160 kg, respectivamente. Las novillas fueron distribuidas al azar en los tratamientos correspondientes.

La prueba de consumo voluntario se realizó en confinamiento, colocándose dos novillas por corral de 12 m<sup>2</sup>. Los corrales tenían comedero y piso de cemento y el perímetro estaba delimitado por cercas de alambre de púas.

El experimento consistió de dos fases: Fase de adaptación y fase de recolección. La fase de adaptación tuvo una duración de 30 días; al inicio de ésta, los animales se pesaron y se desparasitaron interna y externamente con Rípercol a/ y Asuntol b/, respectivamente y se dosificaron con vitaminas A, D y E c/. En este período se realizó la adaptación al consumo de urea y melaza según el procedimiento descrito por Villegas y Ruiz (58). Simultáneamente se inició con el acostumbramiento al consumo de pseudo-tallo para lo cual se restringió el consumo de pasto y se permitió el aumento progresivo del consumo de pseudo-tallo.

La alimentación de los animales se realizó por pares, dado que los novillos estaban de a dos por corral. El suplemento energético se combinó con el suplemento proteico y se suministró una sola vez al día, mientras que el pseudo-tallo se suministró *ad libitum* dos veces por día,

---

a/ Inyectable 5 cc/100 kg peso vivo (producto Bayer).

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

c/ Biocalan fuerte, 3 cc/animal; cada centímetro cúbico contiene 500.000 U.I. vitamina A; 75.000 U.I. vitamina D<sub>3</sub> y 50 vitamina E (producto Hoechst).

a las 08:00 y a las 14:00 hs, asegurando que existiera un remanente en el comedero equivalente a un 10 a 15 por ciento del pseudo-tallo ofrecido. El pseudo-tallo se ofreció picado a machete, resultando en partículas de aproximadamente 3 a 5 cm. A todos los animales se les ofreció agua fresca, minerales trazas y sal común mezclada con harina de hueso en proporción de 1:2 para consumo *ad libitum*. Se consideró que los animales estaban adaptados cuando el consumo de la ración suplementaria fue total y el de pseudo-tallo tendió a hacerse constante. La composición química de los ingredientes de la ración suplementaria se presenta en el Cuadro 1. Las cantidades de proteína y energía suplementaria ofrecidas en cada tratamiento se presentan en el Cuadro 2.

La fase de recolección de datos comprendió un período de 21 días, los animales se pesaron al inicio y al final de esta fase. Con base en el peso inicial, se hizo un reajuste en la cantidad de suplemento energético y proteico a ofrecer; mientras que con el promedio de las dos pesadas se estimó el consumo de pseudo-tallo por unidad de peso.

Diariamente se registró la cantidad de pseudo-tallo ofrecido y rechazado. Se determinó su contenido de materia seca usando un horno con flujo de aire a 60°C durante 43 horas. Asimismo, se tomaron muestras de los ingredientes de la ración suplementaria y se determinó el contenido de materia seca, mediante el secado a 105°C. Los resultados de este análisis se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Algunas características nutricionales de los ingredientes utilizados en los experimentos.

Ingredientes	Materia seca a/ %	Proteína cruda a/ %	Energía metabolizable b/ Mcal/kg MS
Melaza de caña	76	4,3	3,29
Harina de yuca	86	2,1	2,85
Harina de carne	94	37,6	-
Urea (46% N)	100	287,5	-
Harina de hueso	94	-	-
Seudo tallo ( <i>Musa acuminata</i> cv. Cavendish)	6	5,0	-

a/ Análisis realizados en el Laboratorio de Producción Animal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

b/ Calculado de los datos de McDOWELL, R. L. *et al.* (35), mediante la fórmula EM (energía metabolizable) = 0,82 ED (energía digerible).

### 3.2.2 Prueba de digestibilidad y balance metabólico

Se usaron 26 toretes Romo Sinuanos, con un peso y edad promedios iniciales de 165 kg y 12 meses, respectivamente. En forma similar a lo indicado para el experimento de consumo voluntario, este experimento se realizó en dos fases. Una fase de adaptación y otra de recolección de datos.

La primera fase comprendió un período de adaptación de los animales al confinamiento en jaulas metabólicas de madera y al manejo respectivo. Las consideraciones generales de adaptación de los animales a la ración suplementaria y al seudo-tallo fueron similares a las descritas en la

### sección 3.2.1.

La fase experimental de la prueba de digestibilidad y balance metabólico tuvo una duración de 5 días. Los animales se pesaron al inicio y al final de esta fase, con el mismo propósito que para la prueba de consumo. Para el cálculo de consumo de materia seca de pseudo-tallo y de materia seca total se tomaron las mismas consideraciones que para el ensayo de consumo (sección 3.2.1). Además, se realizaron análisis de proteína cruda del pseudo-tallo, tanto en el ofrecido como en el rechazado, usando el método micro-Kjeldhal (7), lo que permitió calcular el consumo de nitrógeno.

Diariamente se registró la producción total de heces y orina de las que se tomaron muestras, que representaban un tres por ciento de la producción diaria, y se conservaron en refrigeración. Concluida la recolección de muestras, se prepararon muestras compuestas de la orina y de las heces de cada animal, en las cuales se hizo determinación de nitrógeno por el método macro-Kjeldhal (7). También se determinó el contenido de materia seca de las heces, mediante secado al horno a 65°C y se midió el peso específico de la orina.

### 3.3 VARIABLES DE ESTUDIO

Todos los tratamientos fueron isoproteicos, con un nivel de 300 g de proteína cruda (PC)/100 kg de peso vivo. Un 60 por ciento de la proteína cruda fue aportado por la urea y un 40 por ciento por la harina de carne. Las variables nutricionales en estudio fueron el nivel de energía suplementaria y la composición de ésta.

### 3.3.1 Nivel energético

Se fijaron cinco niveles de suplementación energética: 0,10; 0,98; 3,10; 5,22 y 6,10 Megacalorías (Mcal) de energía metabolizable (EM) por 100 kg de peso vivo (PV) por día.

### 3.3.2 Relación EM de melaza: EM de yuca (M/Y)

Se estudió el efecto de la naturaleza de la energía suplementaria, utilizando melaza de caña de azúcar y harina de yuca deshidratada y molida. Se estudiaron cinco relaciones de melaza/almidón establecidas para cada nivel de energía suplementaria. Las proporciones bajo estudio fueron 100/0; 85/15; 50/50; 15/85 y 0/100, partes de EM (melaza)/EM (yuca).

Los tratamientos resultantes de la combinación de los diferentes niveles de las variables bajo estudio se presentan en el Cuadro 2.

### 3.4 Diseño y análisis estadístico

Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar en un arreglo factorial rotatable de composición central con dos variables y cinco niveles y se utilizó una y dos repeticiones, para la prueba de consumo y de balance metabólico, respectivamente. En ambos experimentos el tratamiento central fue repetido cinco veces, según se exige para este diseño (14). La unidad experimental en el experimento de consumo voluntario fue un par de novillas; mientras que en el experimento de digestibilidad y balance metabólico la unidad experimental fue cada novillo, pues éstos se enjaularon y manejaron individualmente.

El análisis de varianza de ambos experimentos se realizó de acuerdo al esquema que se indica en el Cuadro 3, en el cual se ha tomado como modelo

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos para la prueba de consumo y balance metabólico

ORDEN	T R A T A M I E N T O S <u>a/</u>					
	Codificados		Descodificados		Cantidad <u>b/</u>	
	Mcal EM/ 100 kg PV	Rel M/Y <sup>c/</sup> / EM/EM	Mcal EM/ 100 kg PV	Rel M/Y EM/EM	g/100 kg PV/día Melaza	Yuca
1	-1	-1	0,98	85/15	332	60
2	-1	1	0,98	15/85	59	340
3	1	-1	5,22	85/15	1760	318
4	1	1	5,22	15/85	311	1804
5	$-\sqrt{2}$	0	0,10	50/50	20	20
6	$\sqrt{2}$	0	6,10	50/50	1215	1245
7	0	$-\sqrt{2}$	3,10	100/0	1235	-
8	0	$\sqrt{2}$	3,10	0/100	-	1265
9 <u>d/</u>	0	0	3,10	50/50	618	633

a/ Todos los tratamientos son isoproteicos; la proteína cruda suplementaria es aportada por la harina de carne y por urea en cantidades de 120 y 180 g/100 kg peso vivo/día, respectivamente.

b/ Tal como ofrecido.

c/ Rel M/Y se refiere a las proporciones porcentuales de EM aportada por la melaza y EM aportada por la yuca.

d/ Tratamiento central repetido cinco veces.

Cuadro 3. Planteamiento del análisis de varianza para los experimentos de consumo voluntario y balance metabólico.

Fuentes de varianza	G R A D O S D E L I B E R T A D	
	Consumo (Expto. PA-CIID 7904)	Balance Metabólico (Expto. PA-CIID 7905)
Repeticiones	-	1
Tratamientos	8	8
Regresión	5	5
Efecto lineal	2	2
Mcal EM ( $X_1$ )	1	1
Rel M/Y ( $X_2$ )	1	1
Efecto cuadrático	2	2
Mcal EM ( $X_1$ )	1	1
Rel M/A ( $X_2$ )	1	1
Efecto mixto	1	1
Desvíos de regresión	3	3
Error experimental	4	16
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>25</b>

básico el siguiente:

$$Y_i = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_1^2 + B_4X_2^2 + B_5X_1X_2$$

donde:

$Y_i$  = Valor estimado del parámetro "i"

$B_0$  = Valor de Y cuando  $X_1$  y  $X_2$  son iguales a cero

$B_1, \dots, B_5$  = Coeficientes de regresión

$X_1$  = Mcal EM/100 kg PV/día

$X_2$  = Relación melaza/yuca como por ciento de la energía suplementaria que provenía de la melaza

En los casos en que los coeficientes no resultaron significativos, el modelo de regresión múltiple se simplificó a expresiones que contenían sólo los componentes que alcanzaron significancia, para cuyo efecto se volvieron a realizar análisis de regresión con el modelo seleccionado.

### 3.5 Parámetros bajo estudio

#### 3.5.1 Prueba de consumo voluntario

Se calculó el consumo de materia seca del pseudo-tallo, kg MS/100 kg peso vivo (PV)/día, mediante la siguiente fórmula:

$$Q_c = \frac{Q_o \times \%MS_o - Q_r \times \%MS_r}{PV} \times 100$$

donde:

$Q_c$  = cantidad de MS de pseudo-tallo consumido, kg MS/100 kg PV/día

$Q_o$  = cantidad de pseudo-tallo ofrecido, kg/animal/día

$Q_r$  = cantidad de pseudo-tallo rechazado, kg/animal

- $\%MS_o$  = Por ciento de materia seca en el pseudo-tallo ofrecido  
 $\%MS_r$  = Por ciento de materia seca en el pseudo-tallo rechazado  
 PV = Peso vivo del animal, kg

De la misma manera se estimó el consumo de materia seca total.

### 3.5.2 Prueba de digestibilidad y balance metabólico

Con base en las concentraciones de nitrógeno urinario y fecal y en la cantidad de materia seca fecal, se estimó la excreción total de nitrógeno (g N/100 kg PV/día), el fraccionamiento de este nitrógeno en urinario y fecal. Con base en los datos de consumo y los de excreción se cuantificaron los siguientes parámetros de digestibilidad y retención de nitrógeno:

- Digestibilidad de la materia seca (DMS), %
- Digestibilidad del nitrógeno (DN), %
- Retención absoluta de nitrógeno, g N/100 kg PV/día
- Retención de nitrógeno relativo al nitrógeno absorbido, %
- Nitrógeno absorbido, g N/100 kg PV/día
- Retención de nitrógeno relativo al nitrógeno consumido, %

Los que serán calculados por las siguientes fórmulas:

$$a) \text{ DMS} = \frac{MS_c - MS_h}{MS} \times 100$$

$$b) \text{ DN} = \frac{N_c - N_h}{N_c} \times 100$$

$$c) \text{ Retención absoluta de N} = N_c - (N_o + N_h)$$

$$d) \text{ Retención de N, \% del absorbido} = \frac{N_c - (N_o + N_h)}{N_c - N_h} \times 100$$

$$e) \text{ Nitrógeno absorbido} = N_c - N_h$$

$$f) \text{ Retención de N, \% del N consumido} = \frac{N_c - (N_o + N_h)}{N_c} \times 100$$

donde:

$MS_c$  = Materia seca consumida

$MS_h$  = Materia seca excretada en las heces

$N_c$  = Nitrógeno consumido

$N_o$  = Nitrógeno excretado en la orina

$N_h$  = Nitrógeno excretado en las heces

## 4. RESULTADOS

4.1 Prueba de consumo voluntario4.1.1 Consumo de pseudo-tallo

Los datos de consumo del pseudo-tallo en base seca se presentan en el Cuadro 4.

El consumo promedio fue de 0,96 kg MS/100 kg PV/día, variando de 1,30 a 0,57 kg, para los niveles de 0,98 y 6,10 Mcal EM/100 kg PV/día de suplementación energética, respectivamente. El rango de variación del consumo de pseudo-tallo, en función de la composición de la energía suplementaria fue menor (1,07 a 0,73 kg, para los niveles 100 y 0 por ciento de la energía suplementaria total proveniente de la melaza, respectivamente.

Cuadro 4. Consumo de materia seca del pseudo-tallo de banano suplementado con energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes porcentajes de EM aportada por la melaza ( $X_2$ ). Datos en kg MS/100 kg PV/día

		$X_1$ Mcal EM/100 kg PV/día					$\bar{Y}$
		0,10	0,98	3,10	5,22	6,10	
$X_2$	% EM aportado por la melaza	100		1,07			1,07
		85	1,33		0,75		1,04
		50	1,25	1,06		0,57	0,96
		15	1,26		0,74		1,00
		0		0,73			0,73
	$\bar{Y}$	1,25	1,30	0,95	0,75	0,57	0,96

Los datos del Cuadro 4 indican que, a medida que los niveles de suplementación energética se incrementan, el consumo de pseudo-tallo disminuye; mientras que no existe una tendencia definida con respecto a los efectos de la composición de la energía suplementaria. El análisis de varianza sobre estos datos indicó que solamente el efecto lineal del nivel energético suplementario fue altamente significativo (Cuadro 5).

Los efectos conjuntos de las dos variables en estudio:  $X_1$  (Mcal EM/100 kg PV/día) y  $X_2$  (porcentaje de energía metabolizable aportada por la melaza) sobre el consumo de materia seca de pseudo-tallo ( $Y_1$ ), resultados del análisis del modelo de regresión, explicaron el 86 por ciento de la variabilidad total, según la función que se muestra a continuación.

$$Y_1 = 1,105 - 0,048X_1 + 0,0068X_2 - 0,0106X_1^2 - 0,00004X_2^2 - 0,00016X_1X_2$$

$$(R^2 = 0,86)$$

donde:

$Y_1$  = consumo de pseudo-tallo, kg MS/100 kg PV/día

$X_1$  = nivel de energía suplementaria, Mcal EM/100 kg PV/día

$X_2$  = proporción de la EM suplementaria aportada por la melaza, %

Se había indicado que el efecto lineal de  $X_1$  fue el que prevaleció sobre el consumo voluntario del pseudo-tallo; ligada a esta observación, los coeficientes de los componentes cuadráticos no fueron significativos, como tampoco lo fue el efecto lineal de  $X_2$ . Por lo tanto, se realizó una regresión lineal entre los promedios generales del Cuadro 4 sobre los niveles correspondientes de energía suplementaria. El resultado se muestra en la Figura 1, mostrando un alto grado de confiabilidad.

Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza sobre los efectos de la energía suplementaria ( $X_1$ ) y la proporción de ésta aportada por la malaza ( $X_2$ ), sobre el consumo de pseudo-tallo y MS total.

Fuentes de varianza	Grados de libertad	CUADRADOS MEDIOS	
		Consumo de pseudo-tallo	Consumo del alimento total
Tratamientos	8	0,0816*	0,1687*
Regresión	5	0,1205*	0,2610**
Efecto lineal	2	0,2858**	0,6247**
$X_1$	1	0,5323**	1,2486**
$X_2$	1	0,0394	0,0007
Efecto cuadrático	2	0,0151	0,0239
$X_1$	1	0,0112	0,0266
$X_2$	1	0,0190	0,0212
Efecto mixto $X_1X_2$	1	0,0006	0,0080
Desviación del modelo	3	0,0167	0,0149
Error puro	4	0,0123	0,0136
TOTAL	12		

\* ( $P \leq 0,05$ )

\*\* ( $P \leq 0,01$ )

#### 4.1.2 Consumo de materia seca total

El consumo promedio de materia seca total (Cuadro 6) fue de 2,31 kg MS/100 kg PV/día. A semejanza de lo observado para el consumo de pseudo-tallo, existen grandes cambios en el consumo de materia seca total al variar el nivel de energía suplementaria, mientras que la relación EM de melaza/EM de yuca no causó modificaciones importantes en este parámetro.

Cuadro 6. Consumo de materia seca total en novillas alimentadas con pseudo-tallo de banano, suplementadas con energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes porcentajes de EM aportados por la melaza ( $X_2$ ). Datos en kg MS/100 kg PV/día.

		$X_1$					
		Mcal EM/100 kg PV/día					
		0,10	0,98	3,10	5,22	6,10	$\bar{Y}$
$X_2$	% EM aportado por la melaza	100		2,32			2,32
		85	2,01		2,68		2,35
		50	1,66	2,43		2,81	2,30
		15		1,97	2,83		2,40
		0		2,19			2,19
	$\bar{Y}$	1,66	1,93	2,31	2,76	2,81	2,31

El análisis de varianza para el consumo de materia seca total (Cuadro 5) mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos, pero sólo el efecto lineal de la variable  $X_1$  alcanzó significancia ( $P < 0,01$ ). Los efectos conjuntos de las dos variables en estudio sobre el consumo de materia seca total, resultantes del análisis de superficie de respuesta, explicaron el 93 por ciento de la variabilidad total, según la función que

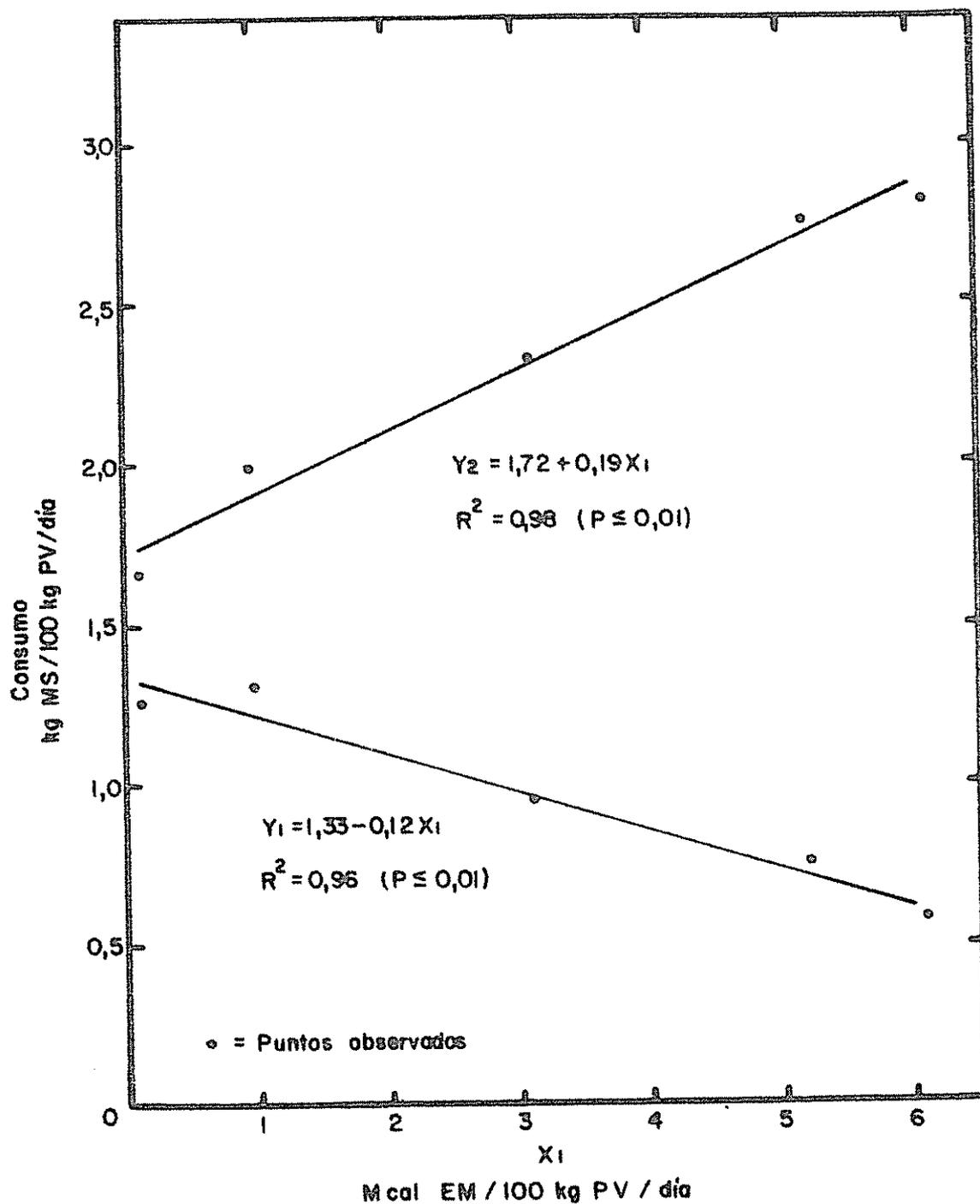


Fig. 1 Efecto del nivel de energía suplementaria ( $X_1$ ) sobre el consumo de pseudo-tallo de banana ( $Y_1$ ) y alimento total ( $Y_2$ ) en novillas

se muestra a continuación:

$$Y_2 = 1,489 + 0,312X_1 + 0,0006X_2 - 0,015X_1^2 - 0,00004X_2^2 - 0,0006X_1X_2$$

$$(R^2 = 0,93)$$

donde:

$$Y_2 = \text{consumo de materia seca total, kg/100 kg PV/día}$$

Por las mismas razones anotadas para el caso del consumo de pseudotallo, también se efectuó un análisis de regresión simple para el consumo de MS total en función de la variable  $X_1$ . La función correspondiente aparece en la Figura 1, notándose que no se alcanzan consumos "normales" sino hasta que el nivel de energía suplementaria supera los 2,4 Mcal EM/100 kg PV/día.

#### 4.2 Prueba de digestibilidad y balance metabólico

##### 4.2.1 Digestibilidad de la materia seca total

La digestibilidad de la materia seca total, promedio para cada tratamiento, se muestra en el Cuadro 7. La digestibilidad promedio para todos los tratamientos fue de 75,5 por ciento. El valor más bajo se obtuvo con el mínimo nivel de energía suplementaria y en ausencia de melaza. La digestibilidad aumentó a medida que la suplementación energética se incrementó y cuando se hizo mayor la proporción de melaza en el suplemento energético.

Los efectos conjuntos de las variables en estudio  $X_1$  (Mcal EM/100 kg PV/día) y  $X_2$  (porcentaje de energía metabolizable aportada por la melaza), analizado como superficie de respuesta explicaron una proporción pequeña (36%) de la variabilidad total de la digestibilidad, como se deduce del coeficiente de determinación de la función  $Y_3$ :

$$Y_3 = 66,35 + 3,75 X_1 + 0,107 X_2 - 0,406 X_1^2 - 0,0007 X_2^2 + 0,0005 X_1 X_2$$

donde:

$$Y_3 = \text{Digestibilidad de la materia seca, \%}$$

El análisis de varianza de la digestibilidad de la materia seca total (Cuadro 8) mostró que sólo el efecto lineal de la energía suplementaria fue significativo ( $P \leq 0,05$ ). Debido a este hecho, se realizó una regresión lineal entre los promedios generales del Cuadro y los niveles correspondientes de energía suplementaria. La función resultante se ha graficado en la Figura 2.

Cuadro 7. Digestibilidad aparente de la materia seca total en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano suplementados con diferentes niveles de energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes porcentajes de EM aportados por la melaza ( $X_2$ ). Datos en %

		$X_1$					$\bar{Y}$
		Mcal EM/100 kg PV/día					
		0,10	0,98	3,10	5,22	6,10	
$X_2$	% EM aportada por la melaza	100		80,10			80,10
		85	72,33		78,89		75,61
		50	70,40	77,82		76,68	74,83
		15		73,27	79,71		76,49
		0		70,56			70,56
$\bar{Y}$		70,40	72,80	76,16	79,30	76,28	75,48

Cuadro 8. Resumen del análisis de varianza sobre los efectos de la energía suplementaria ( $X_1$ ) y la proporción de ésta aportada por la melaza ( $X_2$ ), sobre la digestibilidad de la materia seca (DMS) y del nitrógeno (DN).

Fuente de varianza	Grados de libertad	CUADRADOS MEDIOS	
		DMS	DN
Bloques	1	9,6015	68,2343
Tratamientos	8	34,3246	162,8356
Regresión	5	39,8756	208,8359*
Efecto lineal	2	74,3564*	486,6628**
$X_1$	1	114,1551	916,1190**
$X_2$	1	34,5576	57,2026
Efecto cuadrático	2	25,3305	1,4380
$X_1$	1	41,3245	2,2268
$X_1$	1	9,3365	0,6492
Efecto mixto $X_1X_2$	1	0,0040	67,9778
Desviación del modelo	3	25,0731	86,1683
Error puro	16	16,5145	69,7087
TOTAL	25		

\* ( $P < 0,05$ )

\*\* ( $P < 0,01$ )

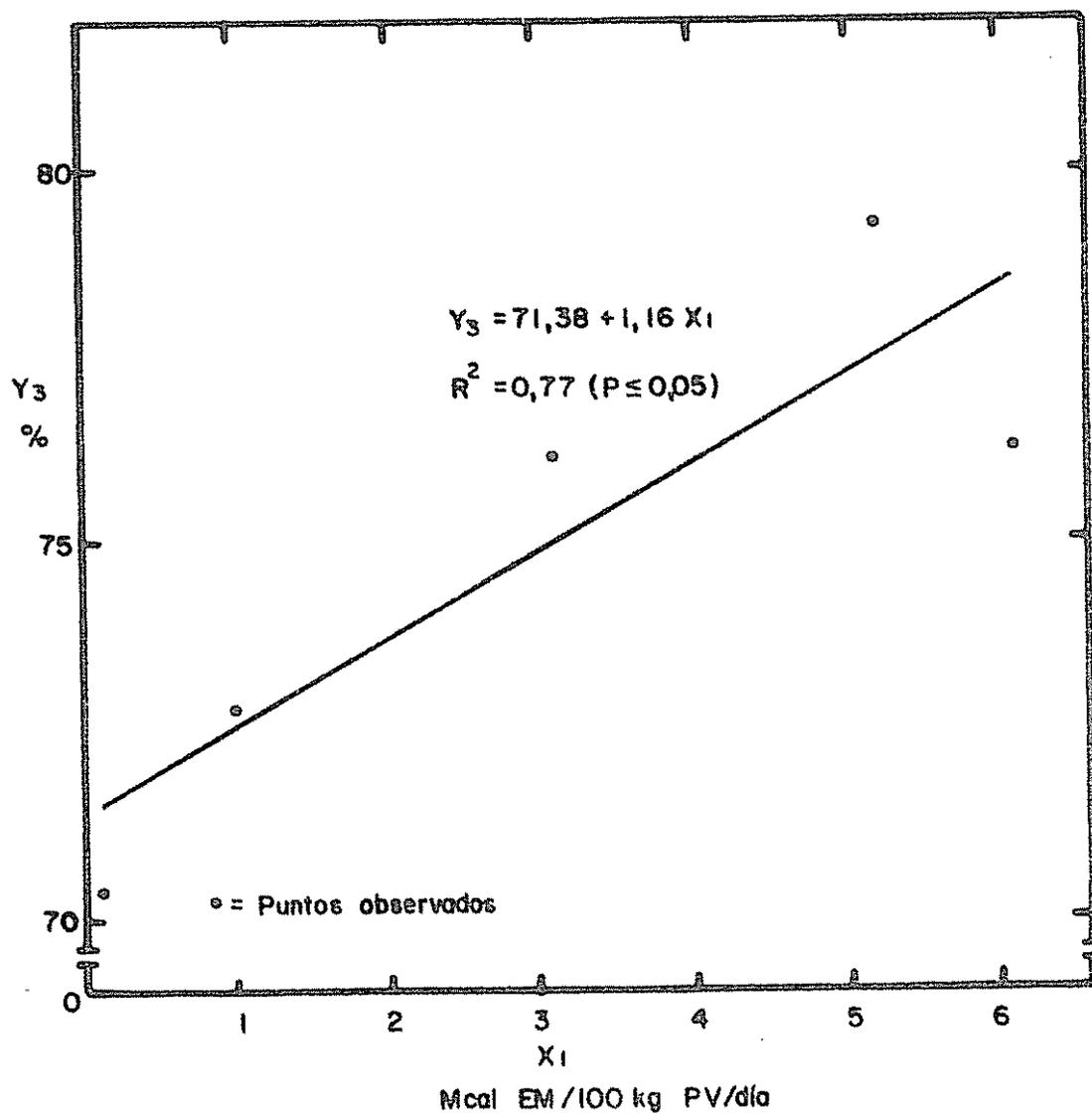


Fig. 2 Efecto del nivel de energía suplementaria ( $X_1$ ) sobre la digestibilidad de la materia seca ( $Y_3$ ) en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano

#### 4.2.2 Digestibilidad del nitrógeno

En contraste a lo observado para la digestibilidad de la materia seca total, aparentemente el nitrógeno es menos digerible cuando se incrementa el nivel de energía suplementaria (Cuadro 9). Además, el promedio general de digestibilidad del N es marcadamente inferior al promedio de digestibilidad de la MS (62,2 vs. 75,5 %).

Cuadro 9. Digestibilidad aparente del nitrógeno en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano suplementados con diferentes niveles de energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes porcentajes de ésta aportada por la melaza ( $X_2$ )<sup>1</sup>. Datos en %.

		$X_1$					$\bar{Y}$	
		Mcal EM/100 kg PV/día						
		0,10	0,98	3,10	5,22	6,10		
$X_2$	% EM aportada por la melaza	100		57,08			57,08	
		85		55,39		50,62	53,01	
		50	64,70		51,63		36,88	51,07
		15		63,15		46,72		54,94
		0			43,66			43,66
		$\bar{Y}$	64,70	59,27	50,79	48,67	36,88	52,20

La digestibilidad del nitrógeno tendió a disminuir al incrementarse el nivel de energía suplementaria y al reducirse la proporción de energía aportada por la melaza (Cuadro 9). Sin embargo, el análisis de varianza (Cuadro 8), indicó que sólo el efecto lineal de la energía suplementaria ( $X_1$ ) alcanzó significancia ( $P \leq 0,01$ ).

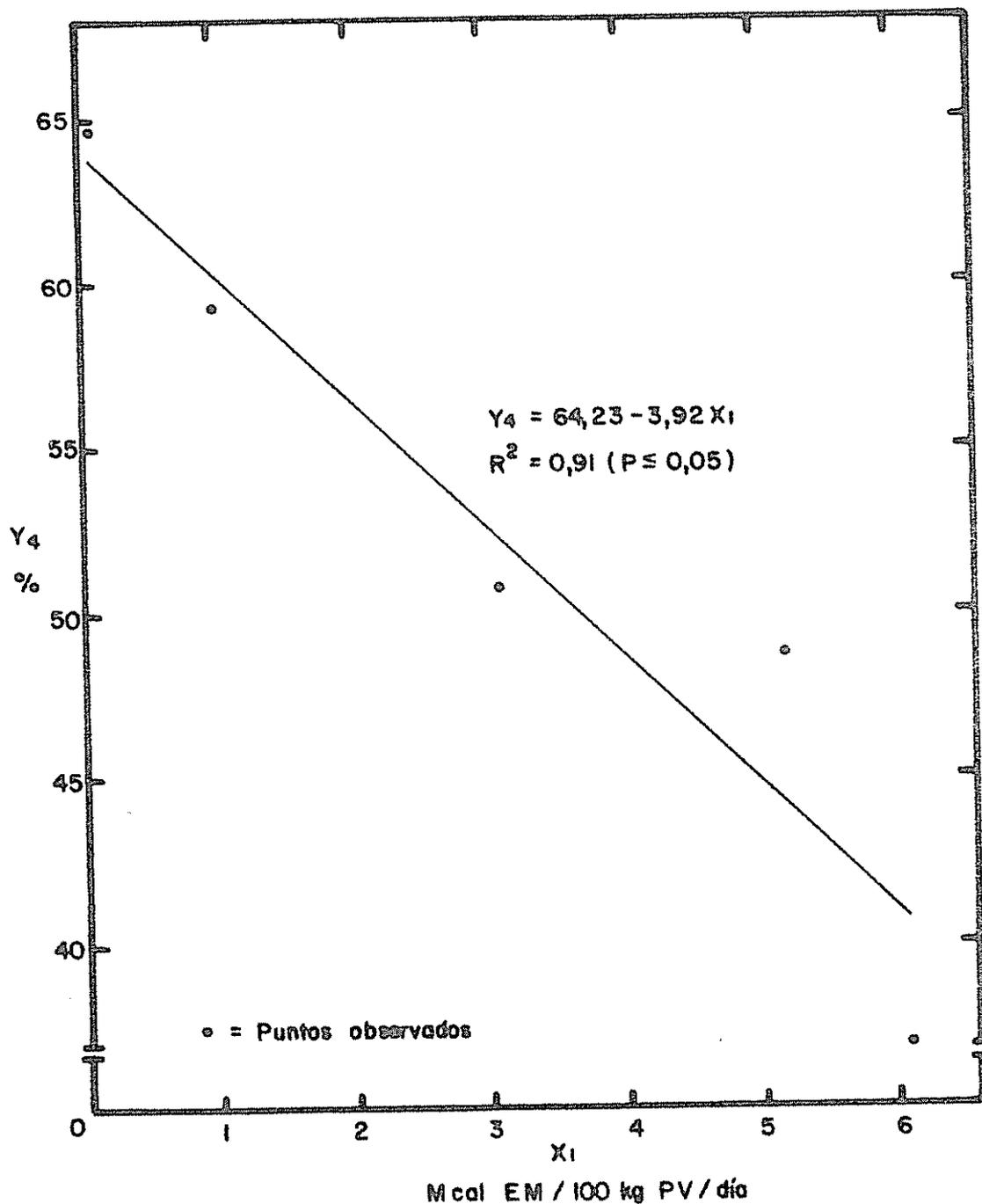


Fig. 3 Efecto del nivel de energía suplementaria ( $X_1$ ) sobre la digestibilidad del nitrógeno ( $Y_4$ ) en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano

La relación entre las variables nivel de energía suplementaria ( $X_1$ ) y proporción de energía suplementaria aportada por la melaza ( $X_2$ ) con la digestibilidad del nitrógeno ( $Y_4$ ) quedó descrita por la siguiente ecuación:

$$Y_4 = 67,401 - 6,104X_1 - 0,083X_2 + 0,087X_1^2 + 0,0001X_1^2 + 0,040X_1X_2$$

$$(R^2 = 0,42)$$

La que muestra las tendencias similares de los efectos de  $X_1$  y  $X_2$ , aunque solamente  $X_1$ , en su forma lineal, afectó significativamente la digestibilidad del nitrógeno.

En razón de que el análisis de varianza respectivo sólo mostró efecto lineal del nivel de energía suplementaria, sin ningún efecto de la fuente de EM, se realizó una regresión lineal entre los promedios generales del Cuadro 9 y los niveles correspondientes de energía suplementaria, cuyo resultado se muestra en la Figura 3, con la función respectiva.

#### 4.2.3 Retención absoluta de nitrógeno

Como se observa en el Cuadro 10, existieron grandes variaciones en las estimaciones de retención absoluta de N. Un dato es, incluso, negativo, implicando pérdidas de N mayores que las cantidades de N absorbido. En promedio la retención fue de 7,61 g de N/100 kg PV/día.

Como reflejo de la variabilidad de los datos del Cuadro 10, el análisis de varianza (Cuadro 11) indicó ausencia de efectos significativos. Se puede observar que la magnitud del error es importante.

Cuadro 10. Retención absoluta de nitrógeno en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano con suplementación energética ( $X_1$ ) y diferentes proporciones de ésta aportada por la melaza ( $X_2$ ). Datos en g N/100 kg PV/día.

		$X_1$					$\bar{Y}$
		Mcal EM/100 kg PV/día					
		0,10	0,98	3,10	5,22	6,10	
$X_2$	% EM aportada por la melaza	100		13,16			13,16
		85		2,58		14,78	8,68
		50	10,50		7,78		8,97
		15		3,10		11,14	7,08
		0			-3,13		-3,13
		$\bar{Y}$	10,50	2,80	5,94	12,96	8,63

#### 4.2.4 Retención de nitrógeno, relativo al nitrógeno absorbido

Los valores promedios de cada tratamiento, de retención de nitrógeno relativo al nitrógeno absorbido (RNRA), en función de las variables en estudio se presentan en el Cuadro 12, observándose un valor promedio general de 24,28 por ciento. Al igual que con la retención absoluta se observa que no existe una tendencia definida de los efectos de las variables en estudio. En el tratamiento en donde la melaza no intervenía la RNRA alcanzó valores negativos.

Cuadro 11. Resumen del análisis de varianza sobre los efectos de la energía suplementaria ( $X_1$ ) y la proporción de ésta aportada por la melaza ( $X_2$ ), sobre la retención absoluta de nitrógeno (RAN) y la retención de nitrógeno relativo al N absorbido (RNRA).

Fuentes de varianza	Grados de libertad	CUADRADOS MEDIOS	
		RAN	RNRA
Bloques	1	12,5600	72,1111
Tratamientos	8	66,4504	784,3842*
Regresión	5	60,0949	810,8367*
Efecto lineal	2	125,5035	1536,1699*
$X_1$	1	78,8221	1561,3104*
$X_2$	1	172,1849	1511,0294*
Efecto cuadrático	2	20,5987	483,2490
$X_1$	1	20,1039	630,4833
$X_2$	1	21,0934	336,0147
Efecto mixto $X_1X_2$	1	3,2702	15,3457
Desviación del modelo	3	77,0428	740,2967
Error puro	16	44,1639	280,3185
TOTAL	25		

\* ( $F \leq 0,05$ )

Cuadro 12. Retención de nitrógeno relativo al nitrógeno absorbido en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano suplementado con diferentes niveles de energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes proporciones de ésta aportados por la melaza ( $X_2$ ), %

		$X_1$					$\bar{Y}$
		Mcal EM/100 kg PV/día					
		0,10	0,98	3,10	5,22	6,10	
$X_2$	% EM aportado por la melaza						
		100		37,90			37,90
		85		7,61		46,26	26,94
		50	31,48		23,28		36,61
		15		7,93		41,04	24,49
		0			-13,61		-13,61
$\bar{Y}$		31,48	7,77	15,86	43,65	36,61	24,28

## 5. DISCUSION

### 5.1 Consumo voluntario

A pesar de la alta digestibilidad del pseudo-tallo (2, 22, 24 y resultados del presente trabajo) su consumo puede considerarse relativamente bajo. Sin embargo, el consumo de MS total puede incrementarse si se usa un suplemento energético, claro está si es que el suministro nitrogenado es adecuado. Con el rango de niveles de suplementación energética usado, el incremento en el consumo voluntario fue lineal (Figura 1), implicando que la capacidad anatómica para ingestión de alimentos no se había saturado aun con un consumo máximo observado de 2,83 kg MS/100 kg PV/día.

Obviamente, el concentrado suplementario era altamente digerible, a juzgar por los datos del Cuadro 1. Consecuentemente, el aumento en la digestibilidad de la MS total consumida, al añadir el suplemento (Figura 2) era de esperarse. El incremento en digestibilidad, es decir, también en el aporte energético a los microorganismos ruminales, ocasionaría una mayor actividad microbiana (8) lo que redundaría en una mayor velocidad de paso de la digesta a través del rumen (8, 30). Es de conocimiento general, según la revisión de literatura, que la velocidad de paso de los alimentos por el tracto digestivo está directamente relacionada con el consumo voluntario.

Según la secuencia de eventos antes descrita, la influencia significativa de la suplementación energética sobre el consumo de materia seca total era de esperarse. Sin embargo, también se ha observado que la suplementación energética a un forraje, especialmente de alta digestibilidad (32), ocasiona una disminución en el consumo del mismo, por disminución en la

microflora celulolítica que hace que el forraje se digiera más lentamente. En efecto, esta relación de sustitución del forraje por concentrado contradeciría el uso de suplementos energéticos por ser éstos más caros que la fuente forrajera.

La relación negativa entre suplementación energética y consumo de pseudo-tallo (Figura 1) está de acuerdo con otros resultados encontrados con otros forrajes (1, 49, 51); de la Figura 1 también es evidente que el reemplazo de pseudo-tallo por suplemento energético no fue de unidad por unidad y que también existió un efecto coadyuvante del concentrado que ocasionó un aumento neto en el consumo de MS total.

Una comparación de los resultados con aquéllos de la literatura indica que el consumo observado de pseudo-tallo, en ausencia de suplementación energética, pero con suplementación proteica, es muy similar al encontrado por Ffoulkes y Preston (24) (1,33 vs. 1,25 kg de MS/100 kg PV/día). Otro dato de la literatura (45) indica un consumo inferior (0,80 kg MS/100 kg PF/día) probablemente causado por limitaciones proteicas en la ración.

Los consumos de pseudo-tallo de banano son claramente inferiores a los usualmente encontrados con los pastos tropicales (46), a pesar del alto coeficiente de digestibilidad del primero. Este resultado podría explicarse si se considera que el pseudo-tallo es sumamente elevado en su contenido de agua (95%) y que esto podría estar actuando como un factor limitante del consumo al competir por espacio en el rumen; a continuación se examinan algunas evidencias indirectas que dan apoyo a esta proposición.

En primer lugar Weeth *et al.* y Waldo *et al.* citados por Church (18), encontraron una íntima relación constante entre el consumo de agua

y el consumo de materia seca en forrajes; aparentemente, el animal bebe entre 3 y 5 litros de agua por cada kg de MS que consume. El NRC (37) indica que esta relación es dependiente de la temperatura ambiental.

En segundo lugar, Campling y Balch (9), Campling y Freer (11) y Baile (3) han aseverado que alimentos con alto contenido acuoso restringen el consumo de materia seca.

Finalmente, se ha hecho notar en el presente trabajo, que si bien el consumo de MS total es bajo al usar mínima suplementación (casi el 100% representado por el consumo de pseudo-tallo), éste mejora a medida que se incrementa el nivel de suplemento energético hasta alcanzar un valor de 2,83 kg MS/100 kg PV/día, valor considerado como normal. "

En este punto se hace necesario demostrar que, en ausencia de suplementación energética, y sin opción de selectividad, el animal consume pseudo-tallo pero cuyo contenido de humedad hace que el consumo de agua sea extremadamente alto. La demostración se indica en el Cuadro 13, encontrándose que, en efecto, la relación consumo de agua/consumo de MS es por lo menos 150 por ciento superior al máximo señalado en la publicación de Church (18). Al añadir un suplemento energético con alto contenido de materia seca (véase el Cuadro 1) y al disminuir consecuentemente el consumo de pseudo-tallo (Figura 1), la relación agua/MS en el alimento disminuye y el consumo de MS total aumenta. Nótese en el Cuadro 13 que con los dos niveles más altos de suplementación energética, los consumos de agua por kg de materia seca consumida están comprendidos dentro del rango señalado por Church (18) y que el consumo de MS se "normaliza".

Hasta este punto de la discusión, sólo se ha hecho referencia a los efectos de una de las dos variables independientes (el nivel de energía

Cuadro 13. Relación entre los consumos de agua y materia seca en novillas alimentadas con pseudo-tallo de banano y diferentes niveles de suplementación energética ( $X_1$ ). Se consideran los aportes de todos los ingredientes de las raciones.

$X_1$ Mcal EM/100 kg PV/día	Consumo total de agua l/100 kg PV/día (A)	Consumo de MS kg/100 kg PV/ día (B)	Relación A/B
0,10	20,6	1,66	12,42
0,98	21,3	1,99	10,73
3,10	16,5	2,31	7,15
5,22	12,6	2,76	4,57
6,10	10,2	2,81	3,65

suplementaria). La razón es que los efectos de ésta fueron significativos, no así los de la composición de la energía suplementaria. En cierto modo, se esperaba alguna modificación en el consumo voluntario inducida por la presencia de almidón (yuca) en el suplemento, basados en los resultados de Ruiz y Ruiz (50), Herrera y Ruiz (28) y Olivo, Ruiz y Marcilese (39) que implican un mayor crecimiento microbial cuando el sustrato energético contiene una fuente de almidón que cuando éste solo contiene azúcares y que por ende, existe una mejor retención de N y crecimiento del animal. En el presente estudio no se encontraron tendencias a favor de esta proposición.

Se podría especular que el ambiente nutricional en el rumen, en el presente caso, fue muy diferente al de los otros estudios (alto contenido de agua, bajo consumo de MS pero igual consumo de N total) y que de algún modo haya impedido las respuestas concordantes con los otros estudios. Además, el pseudo-tallo ya contiene de 4 a 6 por ciento de almidón (38); los estudios citados antes demuestran que el efecto positivo del almidón sólo se muestra hasta cierta concentración de almidón en la ración (25% de la energía suplementaria) y que mayores niveles no causan cambios (28) e incluso llegan a causar una disminución en la respuesta biológica (39, 50). Es obvio que estas interrogantes deben esclarecerse mediante estudios en el aparato digestivo del animal.

## 5.2 Digestibilidad y retención de N

En cuanto a los parámetros de digestibilidad, así como los de retención de N, nuevamente la energía suplementaria, fue la única variable que afectó significativamente, mientras que las fuentes de energía no mostraron ninguna influencia.

Como se indicó anteriormente, el nivel de energía metabolizable afectó positivamente la digestibilidad de la materia seca (Figura 2). Este efecto beneficioso de la energía suplementaria estaría ligado mayormente a la alta solubilidad de la melaza y de la harina de yuca, que al mezclarse con la ración basal, permite una mejor estructura física de la digesta y favorece una mayor actividad microbiana y síntesis de proteína bacterial. El incremento en la digestibilidad de la MS coincide con las observaciones realizadas por Campling (8) y Ruiz y Aragón (49).

La digestibilidad del pseudo-tallo fue de 70,4 por ciento al nivel mínimo de suplementación energética, valor muy cercano a los señalados por otros autores (2, 24). Ffoulkes y Preston (24) indican que esta alta digestibilidad podría estar asociada con períodos largos de permanencia del material en el rumen, es decir, una tasa baja de recambio ruminal, y que explicaría también los bajos consumos, aunque estos autores no llegaron a estudiar estos aspectos. Por otro lado, si se considera el hecho de que el pseudo-tallo es un material con alto contenido de agua, se esperaría que esta característica tenga marcada influencia sobre la utilización de los diferentes principios nutritivos. Al respecto se ha sugerido que los forrajes succulentos aumentan la velocidad de paso de la digesta por el tracto digestivo y provocan cambios en la fluidez de la heces (4, 10, 16). Esto permite suponer que la alta digestibilidad del pseudo-tallo se debe más bien a la alta solubilidad de sus componentes. La sugerencia de Ffoulkes y Preston (24) se hizo en razón de que el consumo de pseudo-tallo es bajo: lo lógico es suponer que este material no se moviliza con rapidez fuera del rumen; sin embargo, las evidencias del presente trabajo implican que el bajo consumo es por competencia espacial del agua. La relación negativa observada en la Figura 3, sobre la digestibilidad del nitrógeno por efecto de la energía suplementaria, probablemente sea causada por una mayor tasa de recambio ruminal, evidenciada por un mayor consumo al aumentar el nivel de energía suplementaria, disminuyendo el grado de degradación de la proteína en el rumen por menor tiempo de permanencia en él. Dado que las heces tienden a contener una concentración constante de N (56), si algún factor hace que aumente la excreción fecal, debe esperarse también un

aumento en la excreción de N fecal. Se ha visto que el nivel de suplementación energética causó aumentos en el consumo de MS y, a pesar de mejorar la digestibilidad de la materia seca total consumida, hubo un aumento en la excreción fecal y un aumento en la excreción de N en las heces (Cuadro 1A, apéndice). Considerando que el consumo de N se mantuvo constante, por diseño del investigador, es lógico que la digestibilidad del N haya decrecido en función del nivel energético.

En cuanto a la retención de N, primero es necesario hacer algunas consideraciones con respecto a la excreción de N en la orina y sus causas. Es evidente en el Cuadro 2A (apéndice) que, cuando la ración consumida constaba principalmente de pseudo-tallo, la excreción de orina fue sumamente alta. Aunque no se han hecho comparaciones al respecto con datos en la literatura, la experiencia en el CATIE con este tipo de experimentos indica que esta situación no se había presentado antes y que la producción de orina superaba marcadamente registros obtenidos en otros trabajos. Tanto el volumen de orina, como su tendencia a disminuir al aumentar el nivel de suplementación energética, son congruentes con lo discutido ya sobre el papel que juega el contenido de agua del pseudo-tallo especialmente al considerarse las altas ingestiones de agua (Cuadro 13). Ahora bien, se conoce que la excreción de N de la orina está relacionada positivamente con el volumen de orina (59); los datos del Cuadro 2A, del apéndice, también lo dejan entrever.

Con base en las consideraciones hechas anteriormente el bajo valor de retención absoluta de nitrógeno, observado en el presente trabajo (Cuadro 9), se debió principalmente a la alta excreción de nitrógeno urinario (Cuadro 2A, Apéndice) **y fecal** (Cuadro 1A, Apéndice). El promedio de retención

fue de sólo 7,6 g N/100 kg PV/día, muy inferior a los valores encontrados en la literatura (19, 27, 34, 41). En cuanto a tendencias, la retención de nitrógeno no mostró una tendencia definida por efecto del nivel de energía suplementaria, a pesar de que esta variable afecta claramente tanto la excreción de N urinario, como la excreción de N fecal. La razón de esta falta de tendencia es que los efectos de la variable  $X_1$ , son en direcciones opuestas: incrementos en  $X_1$  causan incrementos en la cantidad de N fecal pero disminuciones en N urinario. Estos efectos se han explicado y aparentemente son lógicos.

En cuanto a los efectos de la variable relación EM de melaza/EM de yuca, no se detectaron efectos significativos sobre la retención absoluta de N. Sin embargo, valga notar que en el tratamiento en que la yuca suplía toda la EM suplementaria (3,1 Mcal de EM/100 kg PV/día), se observó un balance de nitrógeno negativo. En este caso, probablemente la falta de un carbohidrato rápidamente fermentable como la melaza, sea el factor limitante en la síntesis de proteína bacteriana, lo que resultaría en una menor retención de nitrógeno. A este respecto, Orskov (40) indica que el escape de glucosa hacia los intestinos (situación que puede ocurrir con altos niveles de almidón en la ración) puede tener efectos negativos si el animal depende en gran parte de la síntesis bacteriana como fuente de proteína, ya que esa energía no estaría disponible para que esa síntesis se lleve a cabo. En el presente trabajo, el 60 por ciento del N alimentario estaba aportado por urea y consecuentemente, hay una gran dependencia de la actividad sintetizadora de proteína de los microbios ruminales.

Una importante consecuencia que se desprende del metabolismo de las proteínas en el rumen se refiere a la poca exactitud que para la valoración

de la proteína tiene la llamada digestibilidad aparente de la proteína. Cuando se usa este parámetro, no se consideran las fluctuaciones cuantitativas que sufre la proteína digerida y absorbida; así, aquella fracción del nitrógeno proteico que es transformado en amoníaco y que no es vuelto a utilizar en la síntesis de proteína bacteriana, cuenta en los cálculos como proteína digerida cuando de hecho ha sido excretado como urea por la orina. Por otro lado, la cantidad de N absorbido puede representar una importante vía de pérdida de nitrógeno aprovechable, como un efecto directo de la ración. Finalmente, el contenido de agua de los forrajes debe ser considerado en la evaluación de proteínas, por la interacción que existe entre el metabolismo del agua y la utilización del N, en el sentido que puede estar ocurriendo un efecto de arrastre de amoníaco por el agua a los compartimientos posteriores al rumen y por el efecto sobre los riñones en el transporte de urea.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El pseudo-tallo de banano es un recurso que es aceptado como alimento por el ganado, que tiene propiedades nutritivas adecuadas, con excepción de su valor proteico, pero cuya principal desventaja es el alto contenido de agua, que limita el consumo voluntario.
2. El consumo voluntario de raciones a base de pseudo-tallo de banano se puede mejorar añadiendo un concentrado proteico-energético, con alta concentración de materia seca. El consumo de estas raciones se normaliza cuando la relación de agua/materia seca consumida es de 3,6.
3. La digestibilidad del pseudo-tallo de banano es alta y permite clasificar esta fuente de forraje como uno de alto valor energético, comparable a forrajes mejorados en zonas templadas.
4. Animales que consuman raciones a base de pseudo-tallo de banano excretan grandes volúmenes de orina lo que, a su vez, causa que la retención de nitrógeno sea pobre, a menos que se corrija la relación agua/materia seca consumida.
5. La composición de la energía suplementaria no altera el consumo voluntario ni la eficiencia de utilización de la materia seca ni del nitrógeno.
6. Con miras a evaluaciones ulteriores, pareciera que el principal problema a resolver en la utilización del pseudo-tallo de banano es el alto nivel de agua que imparte a la ración. Los efectos encontrados se han asociado a la variable "nivel de energía suplementaria"; sin

embargo es posible que la verdadera causa no haya sido la adición de energía *per se* sino, más bien, la adición de un suplemento seco, cuyo valor energético quizás no importa. Resta por dilucidar en trabajos futuros esta interrogante.

## 7. RESUMEN

Con el propósito de evaluar la utilización del pseudo-tallo del banano (*Musa acuminata*) como alimento del ganado, se realizaron dos experimentos. En ambos se utilizó un diseño rotatable de composición central con dos variables independientes. Las variables fueron:  $X_1$  = nivel de suplementación energética (0,10; 0,98; 3,10; 5,22 y 6,10 Mcal EM/100 kg PV/día) y  $X_2$  = proporción de la EM suplementaria suplida por melaza, siendo la diferencia suplida por harina de yuca (100; 85; 50; 15 y 0%). Los tratamientos resultantes se aplicaron cuidando que el consumo de proteína cruda fuera constante (300 g PC/100 kg PV/día, del cual la urea proveía el 60% de la PC total, mientras que la harina de carne suplía el resto).

El primer experimento tuvo como objetivo evaluar el consumo voluntario, utilizando 26 novillas de 18 meses de edad y 160 kg de peso. Se encontró que el consumo de pseudo-tallo disminuye a medida que el nivel de energía aumenta, según la función  $Y_1 = 1,33 - 0,12X_1$  ( $R^2 = 0,96$ ;  $P \leq 0,01$ ), donde  $Y_1$  es el consumo de pseudo-tallo en kg MS/100 kg PV/día. La disminución en  $Y_1$  se vió más que compensada por el nivel de energía suplementaria, de tal modo que el consumo de la ración total fue afectado positivamente por esta variable, según se aprecia en la función  $Y_2 = 1,72 + 0,19X_1$  ( $R^2 = 0,98$ ;  $P \leq 0,01$ ), donde  $Y_2$  es el consumo total en kg MS/100 kg PV/día.

El segundo experimento se realizó para determinar la digestibilidad *in vivo* y retención de N en animales alimentados con raciones a base de pseudo tallo bajo la influencia de las variables  $X_1$  y  $X_2$ . Se utilizaron 26 toretes de 165 kg de peso y 12 meses de edad iniciales. Se encontró que al aumentar la energía suplementaria mejoró la digestibilidad de la materia

seca de acuerdo con la función  $Y_3 = 71,38 + 1,16X_1$  ( $R^2 = 0,77$ ;  $P \leq 0,05$ ), donde  $Y_3$  es el grado de digestibilidad de la materia seca en %. La digestibilidad del nitrógeno fue afectada negativamente por la energía suplementaria, según la función  $Y_4 = 64,23 - 3,92X_1$  ( $R^2 = 0,91$ ;  $P \leq 0,05$ ), en que  $Y_4$  es el porcentaje de digestibilidad del N. La energía suplementaria no causó efectos significativos sobre la retención del N; el promedio general fue de 7,61 g de N retenido/100 kg PV/día. Similarmente los valores de retención de nitrógeno relativo al nitrógeno absorbido no mostraron una tendencia definida.

En ninguno de los parámetros medidos se notaron efectos significativos de la variable  $X_2$  ya que sus coeficientes generales en la regresión múltiple no fueron significativos, por lo cual las funciones mostradas son dependientes de  $X_1$  solamente.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que el pseudo tallo de banano es aceptado como alimento por el ganado; se caracteriza por una alta digestibilidad pero su principal desventaja es el alto contenido de agua el cual limita su consumo.

## 7a. SUMMARY

Two experiments were conducted with the purpose of evaluating the utilization of chopped pseudo-stems of bananas *Musa acuminata* as feed for cattle. In both experiments a rotatable central composite design which included two independent variables was used. The variables were:  $X_1$  = level of supplementary energy (0.1; 0.98; 3.10; 5.22, and 6.10 Mcal ME/100 kg LW/day) and  $X_2$  = proportion of the supplementary ME supplied by blackstrap molasses, the difference coming from cassava meal (100, 85, 50, 15, and 0%). The resulting treatments were applied with the restriction that crude protein intake be kept constant (300 g CP/100 kg LW/day, of which 60% was supplied by urea and the rest by meat and bone meal).

The first experiment had the objective of evaluating the voluntary intake in 26 heifers averaging 18 months in age and 160 kg in live weight. It was found that the intake of pseudo-stems is negatively affected by increase in supplementary energy, according to the function  $Y_1 = 1.33 - 0.12X_1$  ( $R^2 = 0.96$ ;  $P \leq 0.01$ ), where  $Y_1$  is the term for intake of pseudo-stems, in kg DM/100 kg LW/day. The decrease in  $Y_1$  was more than compensated for by the increase in the level of supplementary energy such that the total ration intake was positively affected by this variable as shown by the function  $Y_2 = 1.72 + 0.19X_1$  ( $R^2 = 0.98$ ;  $P \leq 0.01$ ), where  $Y_2$  is the total intake in kg DM/100 kg LW/day.

The second experiment was performed to determine the *in vivo* digestibility and N retention in animals fed pseudo-stems where variables  $X_1$  and  $X_2$  were present. Twenty-six yearling bulls weighing 165 kg and 12 months old were used. It was found that increasing the level of supplementary

energy improved dry matter digestibility according to the function  $Y_3 = 71.38 + 1.16X_1$  ( $R^2 = 0.77$ ;  $P \leq 0.05$ ), where  $Y_3$  is the DM digestibility coefficient in %. N digestibility was negatively affected by supplementary energy as evidenced in the equation  $Y_4 = 64.23 - 3.99X_1$  ( $R^2 = 0.91$ ;  $P \leq 0.05$ ), where  $Y_4$  is the digestibility of N in %. Energy supplementation did not cause significant effects on N retention, the overall average being 7.61 g of N retained/100 kg LW/day. Similarly, the values for N retained relative to N absorbed did not show a definite trend.

Variabe  $X_2$  did not significantly affect any of the parameters considered; since its partial coefficients in the multiple regression were not significant, the functions shown are solely dependent on  $X_1$ .

According to the results obtained, it may be concluded that the banana pseudo-stem is accepted as a feed by cattle and is of high digestibility, but its major constraint is the high water content which limits voluntary intake.

## 8. LITERATURA CITADA

1. ARMENDARIZ, R. Efecto del nivel de melaza sobre el consumo voluntario de punta de caña y la ganancia de peso en novillos de carne. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1976. 74 p.
2. ARROYO, J. A. y RIVERA BRENES, L. Digestibility study on Venezuelan Grass (*Paspalum fasciculatum*) and plantain pseudo-stalks (*Musa paradisiaca*). Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 44:103-106. 1960.
3. BAILE, C. A. Regulation of feed intake in ruminants. Federation Proceedings 27:1361-1365. 1968.
4. BALCH, C. C. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. I. The rate of passage of food through the digestive tract. The British Journal of Nutrition 4:361-388. 1950.
5. BALCH, C. C. y JOHNSON, V. W. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. II. Factors influencing the rate of breakdown of cellulose (cotton thread) in the rumen of the cow. The British Journal of Nutrition 4:389-394. 1950.
6. BALCH, C. C. y KELLY, A. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. III. The specific gravity of digesta from the reticulo-rumen of cows. The British Journal of Nutrition 4:395-398. 1950.
7. BATEMAN, J. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. México, Herrero. 1971. 468 p.
8. CAMPLING, R. C. The effect of concentrates on the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract of cows given hay. Journal of Dairy Research 33:13-23. 1966.
9. CAMPLING, R. C. y BALCH, C. C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. I. Preliminary observations on the effect, on the voluntary intake of hay, of changes in the amount of the reticulo-ruminal contents. The British Journal of Nutrition 15:523-530. 1961.
10. CAMPLING, R. C. y FREER, M. The effect of specific gravity and size on the mean time of retention of inert particles in the alimentary tract of the cow. The British Journal of Nutrition 16:507-518. 1962.
11. CAMPLING, R. C. y FREER, M. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. VIII. Experiments with ground, pelleted roughages. The British Journal of Nutrition 20:229-243. 1966.

12. CAMPLING, R. C., FREER, M. y BALCH, C. C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. II. The relationship between the voluntary intake of roughages, the amount of digesta in the reticulo-rumen and the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract. *The British Journal of Nutrition* 15:531-540. 1961.
13. CAMPLING, R.C. Y MURDOCH, J.C. The effect of concentrates on the voluntary intake of roughages by cows. *Journal of Dairy Research* 33:1-11. 1966.
14. COCHRAN, W. G. y COX, G. M. Diseños experimentales. Trad. de la 2a. ed. inglesa. México, D. F., Trillas, 1965. 661 p.
15. CONRAD, H. R. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Physiological and physical factors limiting feed intake. *Journal of Animal Science* 25:227-234. 1966.
16. COOMBE, J. B. y KAY, R. N. B. Passage of digesta through the intestines of the sheep. Retention times in the small and large intestines. *The British Journal of Nutrition* 19:325-338. 1965.
17. CHALUPA, W. V., EVANS, J. L. y STILLIONS, M. C. Utilization of urea and corn gluten meal nitrogen. *Journal of Dairy Science* 46:640-641. 1963.
18. CHURCH, D. C. y POND, W. G. Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos. Trad. por Pedro Ducar. España, Ed. Acribia, 1977. 462 p.
19. DEVENDRA, C. Cassava as feed source for ruminants. In NESTEL, B. y GRAHAM, M., Eds. Cassava as animal feed. International Development Research Center, Ottawa. pp. 107-119. 1977.
20. EGAN, A. R. Nutritional status and intake regulation in sheep. II. The influence of sustained duodenal infusions of casein or urea upon voluntary intake of low-protein roughages by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 16:451-462. 1965.
21. EGAN, A.R. Nutritional status and intake regulation in sheep. III. The relationship between improvement of nitrogen status and increase in voluntary intake of low-protein roughages by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 16:463-472. 1965.
22. FANOLA, A. Evaluación nutricional básica del pseudo-tallo y hojas de diferentes cultivares de banano. Informe problema especial. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1979. 41 p.

23. FFOULKES, D., ESPEJO, S., MARIE, D., DELPECHE, M. y PRESTON, T. R. El plátano en la alimentación de bovinos: composición y producción de biomasa. *Producción Animal Tropical* 3:41-46. 1978.
24. FFOULKES, D. y PRESTON, T. R. El plátano como alimento para bovinos: digestibilidad y consumo voluntario de diferentes proporciones de hojas y falsos tallos. *Producción Animal Tropical* 3:116-119. 1978.
25. FFOULKES, D. y PRESTON, T. R. Plátano como alimento para bovinos, digestibilidad y consumo voluntario de mezcla de caña y forraje de plátano. *Producción Animal Tropical* 3:127-131. 1978.
26. FLORES, F. Respuesta bio-económica de novillos en engorda alimentados con diferentes niveles de pulpa de café ensilada y proteína. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 62 p.
27. GRIFFITHS, T. W. Effects of variations in energy and protein intake on digestibility, nitrogen balance and carcass composition in British Friesian castrate male cattle. *Animal Production* 26: 233-243. 1978.
28. HERRERA, E. y RUIZ, M. E. Engorda de ganado con subproductos de caña de azúcar. III. Sustitución de azúcares por almidón. Memoria ALPA 11:101. 1976. (Compendio).
29. JONES, G. M. Chemical factors and their relation to feed intake regulations in ruminants: A review. *Canadian Journal of Animal Science* 52:207-235. 1972.
30. KAUFMANN, W. y LAELZER, V. Fisiología digestiva aplicada al ganado vacuno. Zaragoza, España, Ed. Acribia, 1976. 84 p.
31. KESLER, E. M. y SPAHR, S. L. Physiological effects of high level concentrate feeding. *Journal of Dairy Science* 47:1122-1128. 1964.
32. LEAVER, J. D. Rearing of dairy cattle. IV. Effect of concentrate supplementation on the live-weight gain and feed intake of calves offered roughages *ad libitum*. *Animal Production* 17:43-52. 1973.
33. LENG, R. A. y PRESTON, T. R. Caña de azúcar para la producción bovina: Limitaciones actuales, perspectivas y prioridades para la investigación. *Producción Animal Tropical* 1:1-22. 1976.
34. LOZANO, E. Respuesta biológica a la suplementación proteica y energética en toretes alimentados con rastrojo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1978. 86 p.
35. MCDOWELL, L. R., CONRAD, J. H., THOMAS, JENNY, E. y HARRIS, L. E. Tablas de composición de alimentos de América Latina. Ed. Abreviada. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, 1974. p. irr.

36. MILLS, R. C., BOOTH, A. N., BOHSTET, C. y HART, E. B. The utilization of the urea by ruminants influenced by the presence of starch in the ration. *Journal of Dairy Science* 25:925-929. 1942.
37. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Nutrient requirements of domestic animals, No. 4, Nutrient requirements of beef cattle. 5a. ed. Washington, D. C. National Academy of Sciences, 1970. 56 p.
38. NUÑEZ DEL ARCO, J. El banano: sus revelaciones en la campaña contra el hambre y su industrialización integral. *In* II Conferencia técnica de la FAO sobre producción de banano. Guayaquil, Ecuador. 1972. p. irr.
39. OLIVO, R., RUIZ, M. E. y MARCILESE, N. 1979. *In vitro* rumen microbial growth in media containing different proportions of starch /sucrose and of amylose/amylopectin. *In* Abstracts of the 71st Annual Meeting, American Society of Animal Science. p. 394. 1979. (Compendio).
40. ORSKOV, E. R. Digestión post-ruminal de carbohidratos: Grado e implicaciones. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 3:1-9. 1969.
41. ORSKOV, ER, FRASER, C. y MCDONALD, I. Digestion of concentrates in sheep. IV. The effects of urea on digestion, nitrogen retention and growth in young lambs. *The British Journal of Nutrition* 27:491-501. 1972.
42. RAYMOND, W. F. The nutritive value of forage crops. *Advances in Agronomy* 21:1-108. 1969.
43. REYES, Y. Estudios *in vivo* sobre algunos parámetros de fermentación en el rumen y ciego de bovinos alimentados con dietas basadas en forraje y miel. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 7:35-44. 1973.
44. REYES, Y. Digestión post-ruminal de fibra en bovinos alimentados con dieta basal de forraje. Influencia de la suplementación con miel. *Revista cubana de Ciencia Agrícola* 8:171-179. 1974.
45. RIVERA BRENES, L., HERENCIA, J., ARROYO, J. A. y CABRERA, J. I. Palatability trials on Merker grass (*Pennisetum purpureum*), Venezuelan grass (*Paspalum fasciculatum*) and plantain pseudo-stalks (*Musa paradisiaca*). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 43:249-254. 1959.
46. ROCHA, C. W. Evaluación del componente alimenticio y de la rentabilidad económica del módulo lechero del CATIE. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1978. 99 p.

47. ROSEMBERG, Y. y FLORES, E. Influencia de la melaza de caña sobre la digestibilidad y retención nitrogenada. ALPA Memoria 13:45. 1978. (Compendio).
48. RUILOBA, M. Engorde de novillos a base de caña de azúcar y niveles variables de melaza. Memoria ALPA 13:34. 1978. (Compendio).
49. RUIZ, M. E. y ARAGON, A. Digestibilidad de la punta de caña (*Saccharum officinarum*) en bovinos. In Resúmenes de la VII Reunión de ALPA, Panamá, Panamá. 1979.
50. RUIZ, M. y RUIZ, A. Utilización de la gallinaza en la alimentación del bovino. II. Utilización del nitrógeno de la ración en función de diversos niveles de gallinaza y almidón. Turrialba 28: 143-149. 1978.
51. RUIZ, M. y VOHNOUT, K. El uso de subproductos en la alimentación de bovinos en el trópico. In Exposiciones Pecuarias del Istmo Centroamericano (EXPICA 74). Tegucigalpa, Honduras, 1974. 23 p. (Mimeografiado).
52. SCHNEIDER, B. H. y FLATT, W. P. The evaluation of feeds through digestibility experiments. The University of Georgia Press, Athens. 1975. 423 p.
53. SCHULTZ, 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 úrea en bovinos. Agronomía Tropical (Venezuela) 20:185-194. 1970.
54. SIMMONDS, N. W. Bananas. Great Britain, Longmans, 1959. 466 p.
55. STEEL, R. G. D. y TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 418 p.
56. TAIGANIDES, E. P. y HAZEN, T. E. Properties of farm animal excreta. Transactions of the American Society of Agricultural Engineering 9:374-376. 1966.
57. ULYATT, M. J. The feeding value of herbage. In Buttler, G. W. y Bailey, R. W., eds. Chemistry and biochemistry of herbage. London, New York, Academic Press, 1973. v. 3, pp. 131-178.
58. VILLEGAS, L. A. y RUIZ, M. E. Engorde de ganado con subproductos de caña de azúcar. 2. Sustitución de proteína por úrea. Memoria ALPA 11-100. 1976.
59. WALDO, D. R. Nitrogen metabolism in the ruminant. In Symposium on nitrogen utilization by the ruminant. Journal of Dairy Science 51:265-275. 1968.

60. WESTON, R. H. Factors limiting the intake of feed by sheep. I. The significance of palatability, the capacity of the alimentary tract to handle digesta and the supply of glucogenic substrate. Australian Journal of Agricultural Research 17:939-954. 1966.
61. WESTON, R. Factors limiting the intake of feed by sheep. II. Studies with wheathen hay. Australian Journal of Agricultural Research 18:983-1002. 1967.

## 9. APENDICE

Cuadro 1A. Excreción fecal en base húmeda, base seca y excreción de nitrógeno fecal, en relación al nivel de energía suplementaria

Mcal EM/100 kg PV/día	Excreción fecal kg 100 kg PV/día		Excreción N fecal g N/100 kg PV/día
	En base húmeda	En base seca	
0,10	2,77	0,42	18,53
0,98	3,47	0,52	23,55
3,10	3,94	0,53	28,87
5,22	3,43	0,56	31,15
6,10	4,23	0,67	38,34

Cuadro 2A. Excreción de orina y de nitrógeno urinario en relación con la energía suplementaria

Mcal EM/100 kg PV/día	Excreción Urinaria	
	l/100 kg PV/día	g N/100 kg PV/día
0,10	13,63	23,51
0,98	13,55	32,43
3,10	7,40	24,09
5,22	5,96	16,61
6,10	4,26	13,82

Cuadro 3A. Nitrógeno absorbido en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano suplementado con diferentes niveles de energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes proporciones de EM aportado por la melaza ( $X_2$ )

		$X_1$					$\bar{Y}$
		Mcal EM/100 kg PV/día					
		0,10	0,98	3,10	5,22	6,10	
$X_2$	% EM aportado por la melaza	100		35,16			35,16
	85		33,84		31,95		32,90
	50	33,47		30,53		22,45	28,82
	15		36,61		27,25		31,93
	0			24,39			24,39
	$\bar{Y}$	33,47	35,23	30,03	29,60	22,45	30,63

Cuadro 4A. Retención de N relativo al N consumido en novillos alimentados con pseudo-tallo de banano suplementado con diferentes niveles de energía metabolizable ( $X_1$ ) y diferentes proporciones de EM aportado por la melaza ( $X_2$ )

		$X_1$					$\bar{Y}$
		Mcal EM/100 kg PV/día					
		0,10	0,98	3,10	5,22	6,10	
$X_2$	% EM aportado por la melaza	100		21,36			21,36
		85		4,25	23,45		13,85
		50	19,92		13,17	17,06	16,72
		15		5,07	19,01		12,04
		0			-5,59		-5,59
		$\bar{Y}$	19,92	4,66	9,65	21,23	17,06

Cuadro 5A. Consumo de pseudo-tallo tal como ofrecido, en novillas con suplementación energética ( $X_1$ ) y diferentes proporciones de EM aportada por la melaza ( $X_2$ ). Datos en kg/100 kg PV/día

		$X_1$					
		Mcal EM/100 kg PV/día					
		0,10	0,98	3,10	5,22	6,10	$\bar{Y}$
$X_2$	% EM aportado por la melaza	100		19,3			19,3
		85	23,2		13,5		18,4
		50	21,9	18,6		10,4	17,0
		15		22,0	12,6		17,3
		0		14,0			14,0
		$\bar{Y}$	21,9	22,6	17,3	13,1	10,4