

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE PROTEINA, PASTO Y RAQUIS
DE BANANO SOBRE EL CRECIMIENTO DE NOVILLOS CON
CONSUMO AD LIBITUM DE BANANO

Tesis de Grado de
MAGISTER SCIENTIAE

MANUEL E. ISIDOR SOSA



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ganadería Tropical
Turrialba, Costa Rica
Agosto, 1973

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE PROTEINA, PASTO Y RAQUIS DE BANANO
SOBRE EL CRECIMIENTO DE NOVILLOS CON CONSUMO AD LIBITUM DE BANANO

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados como requisito
parcial para optar el grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

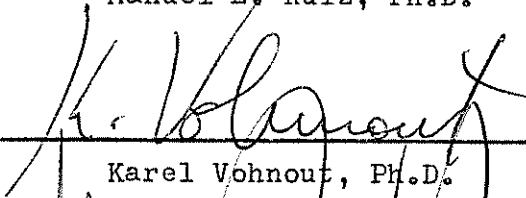
Permiso para su publicación, reproducción total o parcial, debe
ser obtenido en dicho Instituto

APROBADA:



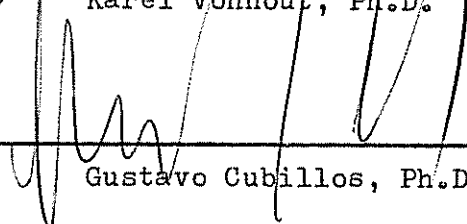
Consejero

Manuel E. Ruíz, Ph.D.



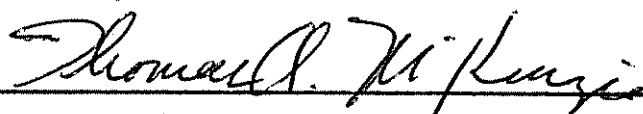
Comité

Karel Vohnout, Ph.D.



Comité

Gustavo Cubillos, Ph.D.



Comité

Thomas McKenzie, M.F.

Julio, 1973

DEDICATORIA

Cariñosamente a mi hijo

IVAN

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis agradecimientos:

Al Dr. Manuel Ruíz, Consejero Principal, por la colaboración y acertada orientación en el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Karel Vohnout por la experiencia y conocimientos transmitidos durante mi estadía en este Centro.

Al Dr. Gustavo Cubillos y al Ing. Thomas A. McKenzie, M.F., por sus oportunas intervenciones y enseñanzas.

A la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) y la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD) por darme la oportunidad, a través de una beca, de realizar mis estudios de postgrado.

Al Sr. Carlos Manuel Rojas y familia, propietarios de la Finca Bremen, por los recursos, materiales y apoyo moral que me dieron incondicionalmente para la realización de este trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en Montecristi, República Dominicana el 4 de enero de 1944. Realizó sus estudios primarios en la Escuela "Honduras" y sus estudios secundarios en el "Colegio Agrícola San Ignacio de Loyola".

En el año 1961 obtuvo el título de Bachiller en Ciencias Físicas y Naturales en el "Liceo José Martí" de la ciudad de Montecristi. En octubre de 1962 ingresó a la Universidad Autónoma de Santo Domingo, en la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, egresando en noviembre de 1968.

Comenzó a trabajar en el Departamento de Zootecnia en la Universidad Autónoma de Santo Domingo, en febrero de 1969 donde en la actualidad trabaja.

En setiembre de 1971 ingresó como estudiante graduado al Departamento de Ganadería Tropical del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica, obteniendo el grado de MAGISTER SCIENTIAE en agosto de 1973.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Valor nutritivo de los pastos tropicales en corral	3
2.2 El pinzote como fuente de fibra	4
2.3 Banano verde como suplemento	5
2.4 Suplementación proteica	7
3. MATERIALES Y METODOS	9
3.1 Localización del estudio	9
3.2 Construcciones y equipo	9
3.3 Animales	10
3.4 Diseño experimental	11
3.5 Recolección de datos	12
3.5.1 Consumo	12
3.5.2 Ganancia de peso	13
3.5.3 Costos	14
3.5.4 Análisis estadístico	14
3.5.5 Análisis económico	15
4. RESULTADOS	17
4.1 Consumo de banano	17
4.2 Incremento de peso por día	19
4.3 Análisis económico	26
5. DISCUSION	29
5.1 Consumo	29
5.2 Efectos del nivel de forraje	31
5.3 Efectos del nivel de proteína	31
5.4 Aspectos económicos	33

	<u>Página</u>
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
7. RESUMEN	38
7a. SUMMARY	40
8. LITERATURA CITADA	42
APENDICE	46

LISTA DE CUADROS

<u>TEXTO</u>		<u>Página</u>
Cuadro N ^o		
1	Comparación entre pinzote y pastos tropicales ..	5
2	Descirpción de tratamientos	12
3	Promedios de consumo de banano, kg/100 kg de peso vivo	17
4	Consumo de materia seca por 100 kg de peso vivo y por día en cada tratamiento, kg	18
5	Promedios de aumentos de peso por día por tratamiento	19
6	Análisis de variancia para incremento de peso diario	20
7	Datos de consumo de banano e incrementos diarios de peso, en promedio, de acuerdo a los diferentes niveles de forraje correspondientes, kg	23
 <u>APENDICE</u>		
Cuadro N ^o		
1A	Costo de construcción de corrales y equipo para 104 animales	47
2A	Análisis químico proximal de los alimentos usados en el experimento	48
3A	Análisis de variancia del consumo de banano	49
4A	Estimación de la combinación óptima para las condiciones vigentes en Costa Rica	50

LISTA DE FIGURAS

Figura N ^o		<u>Página</u>
1	Efectos directos e indirectos de banano, proteína y forraje sobre el incremento de peso diario	22
2	Incremento de peso diario en función del nivel de proteína	24
3	Correlación entre incremento diario de peso y consumo de banano	25
4	Cambio del ingreso bruto y costo variables en función del nivel de proteína	28

1. INTRODUCCION

En el trópico americano la mayoría de los sistemas de engorde de ganado de carne se han basado en el pastoreo exclusivo, requiriendo los animales un período relativamente largo para alcanzar el peso de mercado por las limitaciones de los pastos tropicales en disponibilidad y calidad. En tales condiciones, el novillo alcanza los 350 kg de peso a los 4.4 años de edad mientras que en los países desarrollados se logran 450 kg a los 18 meses de edad (29). Una de las causas importantes es el poco conocimiento aplicado sobre el manejo y utilización de los pastos, incluyendo la suplementación durante la época de disponibilidad de pastos. También es posible que con el uso de subproductos agrícolas, como el banano verde de rechazo, disponible durante todo el año en Costa Rica, se pueda establecer un sistema intensivo de engorde de ganado bovino en corral. Esto ofrecería una alternativa a la engorda en pastoreo con o sin suplementación, o en situaciones de escasez del pasto, un medio para evitar las pérdidas de peso y condición del animal.

En el proceso de empaque del banano de Costa Rica para exportación se rechaza aproximadamente un 25 por ciento del fruto, por no cumplir exigencias de forma y calidad. Este rechazo puede representar unas 145.000.000 megacalorías de energía metabolizable dado su contenido esencialmente energético, lo que significa un potencial de alimentación energética para unos 27.500 animales/año. Sin embargo, el banano es muy pobre en proteína (1 por ciento base seca) por lo que su uso intensivo implica el empleo de proteínas suplementarias.

El ráquis del racimo del banano, localmente conocido como pinzote, es otro subproducto de la cosecha del banano que en Costa Rica representa unas 22.000 toneladas métricas de materia seca de ese material. Se compara con los pastos tropicales tanto en su contenido de pared celular como proteína por lo que también podría ser usado en la alimentación de rumiantes ya que es un material sin ningún uso en la actualidad.

Por lo tanto, el presente trabajo se diseñó para estudiar la respuesta biológica y rendimiento económico de novillos en crecimiento a diversos niveles de proteína y forraje (pasto o pinzote) bajo condiciones de consumo ad libitum de banano verde.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Valor nutritivo de los pastos tropicales en corral

El consumo de pasto por animales en pastoreo y por animales estabulados no es comparable siendo el consumo menor en confinamiento que en pastoreo, además, en confinamiento se limita la habilidad del animal para seleccionar el pasto (17, 20, 32). Por otro lado, el nivel de consumo de pasto en corral puede ser mejorado cambiando algunos de los factores extrínsecos e intrínsecos como son: digestibilidad, especie de pasto, gustosidad y ambiente (9, 26, 31, 43).

Es lógico suponer que si se va a tratar de obtener grandes consumos de forraje en corral sería preferible que esto se realizara en pastoreo por consideraciones económicas y de manejo. La alimentación en corral con fines de engorda tiene como un objetivo, la ganancia rápida de peso y deposición de grasa (acabado). Un alto consumo de pasto en corral no sería, en todo caso, conducivo a este fin.

La necesidad de contar con una fuente de fibra en la alimentación de bovinos es clara no sólo como medio de otorgar forma física a la ración sino también como sustrato importante para el mantenimiento de la población microbiana ruminal (2).

Por otro lado, existe muy poca información de cuán bajo puede ser el consumo de forraje en corral sin ocasionar efectos detrimentales sobre el animal. Preston, citado por Elías (13), ha sugerido que en un sistema intensivo de alimentación a base de melaza, el nivel de forraje puede ser tan bajo como 1,5 kg de pasto verde/100 kg de peso vivo del animal. Este forraje contenía 24,4 por ciento de

materia seca. Recientemente, Ochoa (28) ha encontrado que si bien es posible obtener ganancias diarias de 1 kg con sólo 100 g de materia seca de bagazo/100 kg de peso, y altos consumos de melaza, los animales tendían a permanecer timpanizados todo el tiempo aumentando el riesgo de muertes, por lo tanto, se recomendó un nivel de 500 g de materia seca de bagazo/100 kg de peso vivo.

Con el banano probablemente no ocurra lo mismo por su contenido de fibra cruda que es de 3,9 por ciento (Cuadro 2A) que es más del doble que el porcentaje equivalente de fibra cruda en las dietas empleadas en los trabajos ya mencionados.

2.2 El pinzote como fuente de fibra

Se ha reportado la utilización del racimo entero de banano verde en la alimentación de ganado en sistemas alternos de pastoreo durante tres días consecutivos y banano durante dos días (35). Sin embargo, no se reportan consumos de pinzote. Posiblemente debido a su naturaleza elástica, dura y fibrosa, el ganado no puede consumir pinzote entero y se hace necesario picarlo para facilitar su consumo.

En el Cuadro 1 se hace una comparación entre varios pastos tropicales más usados en la producción de bovinos de carne o leche y el pinzote de banano.

En comparación a los pastos tropicales señalados en el Cuadro 1, se nota que el pinzote, aunque contiene 2-3 por ciento más de agua el porcentaje de pared celular es menor, lo que representa mayor contenido celular. El contenido celular es aprovechado por los

Cuadro 1. Comparación entre pinzote y pastos tropicales^{a/}.

Componentes	Guinea	Alemán	Para	Pangola	Pinzote
M.S. al vacío, %	13,8	17,3	18,2	17,0	13,3
Pared celular, %	62,8	57,9	62,6	58,5	49,2
Proteína cruda, %	8,3	10,5	10,5	10,9	10,9
Fibra Det., neutro, %	60,3	54,3	60,0	55,3	46,9

^{a/} Promedios de 20 muestras para los pastos y de 4 para pinzote.

rumiantes en un 98 por ciento (39); en fibra detergente neutro es más bajo y en proteína similar en porcentaje a los pastos presentados en el cuadro por lo que se puede pensar que el pinzote es una fuente potencial reemplazadora del pasto en el engorde a corral en fincas carentes de pastos.

2.3 Banano verde como suplemento

El banano verde es un material con un contenido esencialmente energético; el banano sin cáscara contiene 75,68 por ciento de almidón (22) en base seca, que en el proceso de maduración pasa a formar sacarosa, glucosa y fructosa en casi su totalidad. Los azúcares están presentes en muy pequeñas cantidades en el fruto verde, promediando alrededor de 1-2 por ciento de la pulpa fresca, incrementándose a 15-20 por ciento a maduración y ocurriendo el proceso inverso con el almidón (35).

La hemicelulosa y celulosa forman la fibra del banano y constituyen una fracción importante de la materia seca del fruto verde y significa una fuente adicional de carbohidratos que pasa desde un 7-8 por ciento del contenido total en la fruta verde a 1 por ciento en la fruta madura (35). La cantidad de almidón, celulosa y hemicelulosa que contiene el banano es importante si se toma en consideración que un mol de hexosa fermentado en condiciones anaerobicas puede producir 4 a 5 moles de ATP independientemente del tipo de fermentación, mientras que por cada mol de ATP se puede sintetizar 0,96 g de N microbiano (19).

El uso de banano en la alimentación de animales se ha investigado principalmente con porcinos, donde se ha podido lograr tasas de crecimiento comparables a las obtenidas con el empleo de maíz, aunque la eficiencia de utilización es menor que con maíz (36). En pollos se ha encontrado que el banano puede sustituir hasta un 10 por ciento del maíz sin que ocurran cambios apreciables (7), sobre ese nivel tanto la eficiencia como el crecimiento de los pollos es afectado en forma negativa.

En los últimos años se han realizado pruebas con bovinos alimentados con harina de banano o banano verde, especialmente con novillos para producción de carne (11, 16, 33) en las que se han obtenido ganancias diarias individuales entre 0,600 y 1,100 kg (33). En terneros de lechería también se ha empleado hasta 30 por ciento de harina de banano en raciones suplementarias al pastoreo lográndose, aparentemente, una buena utilización (37).

2.4 Suplementación proteica

A pesar de que los rumiantes pueden sintetizar proteínas gracias a los microorganismos del rumen ésta no es suficiente en cantidad y calidad, para cubrir las necesidades para óptima producción de los animales haciéndose necesaria la suplementación con proteínas en la dieta. Existen varios factores que afectan el grado de utilización de la proteína por el animal, entre ellos podemos citar: la solubilidad, calidad, cantidad de la proteína y el medio ambiente en que se desarrolla el animal.

Se ha demostrado que cuando se alimentan bovinos con una fuente nitrogenada soluble (proteica o no), como la harina de soya y la urea, los animales muestran una baja retención de nitrógeno (4, 10, 18), mientras que con fuentes nitrogenadas no solubles ocurre lo contrario, argumentándose que la diferencia reside en el hecho que las fuentes de proteína soluble son rápidamente desaminadas, destruyéndose la composición aminoácida original de la proteína. Con las fuentes menos solubles, una fracción variable pasa a través del rumen sin sufrir destrucción por los microorganismos. Si el aporte de aminoácidos de la proteína dietética balancea el aporte de la proteína microbiana, entonces se logra una mejor nutrición del animal (5, 14, 24).

Investigando diferentes fuentes nitrogenadas se ha podido establecer que con gran número de ellas se observan niveles deficientes de histidina (40), metionina (34), triptofano (15) y otros aminoácidos que se consideran esenciales para lograr una producción eficiente (42).

Por otro lado, debe tenerse en consideración que la calidad de la proteína microbiana depende del tipo de alimentación y del nivel energético de la dieta (23, 30).

La cantidad de proteína que requiere un animal para crecimiento o producción es posible que esté asociada y afectada por el medio ambiente. Es probable que los animales que soportan temperaturas relativamente elevadas en las zonas tropicales necesiten niveles mayores de proteína (25, 38), a los recomendados por el NRC (27), debido probablemente a catabolismo proteico para suplir la energía necesaria en la regulación de la temperatura corporal (25). Sin embargo, Ochoa (28) no ha encontrado diferencias entre las necesidades proteicas en una alimentación basada en melaza y el requisito establecido por el NRC.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en la Finca Bremen, propiedad del Sr. Carlos Manuel Rojas, ubicada en Las Mercedes, provincia de Limón, Costa Rica. La finca está localizada en una zona tropical húmeda, con una altura de 200 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio anual de 25°C, precipitación pluvial anual de 4.000 mm. El mes de diciembre es el más lluvioso y los meses de enero, febrero y marzo son los más secos. La humedad relativa promedio anual es de 90 por ciento.

3.2 Construcciones y equipo

Para la realización del experimento fue necesario construir corrales para alojar los animales. El área disponible fue de 12 m² por animal en cada corral, construyéndose 16 para 4 animales y 2 para 20 animales, cubriéndose un área total de 1.792 m², incluido un camino central y uno periférico. Los corrales tenían un piso de piedra y arenón apisonado con una pendiente aproximada de 4-5 por ciento (ver Apéndice 1A).

Cada corral estaba equipado con canoas separadas para agua, banano, pasto o pinzote, harina de carne y sal. Las canoas para harina de carne, sal y forraje estaban cubiertas con un techo para evitar deterioro de los mismos y pérdida de alimentos por la entrada de agua de lluvia. Se contó además, con una romana portátil para el pesaje de los animales.

3.3 Animales

Se utilizaron 104 novillos Brahman encastados de Red Polled y Charolais definidos para fines experimentales como dos grupos raciales. Los animales se sometieron a un período de adaptación al manejo en corral y a las raciones a base de banano a partir del 30 de setiembre de 1972 (peso inicial: 166 kg; edad inicial: 13-15 meses).

Durante el período pre-experimental los animales consumieron libremente banano y forraje (pasto o pinzote). Los consumos estimados sirvieron para establecer el nivel máximo experimental de consumo de forraje bajo condiciones de consumo ad libitum de banano verde. Este período fue algo anormal debido a que no se dispuso constantemente de proteína, banano y forraje. Las condiciones de manejo tampoco fueron ideales especialmente la incomodidad de los animales por consecuencia del piso del corral que estuvo muy fangoso (mal drenaje) y que impedía que los animales pudieran echarse a descansar. Todos estos inconvenientes sumados al efecto del destete pueden explicar el ritmo lento de crecimiento (100 g/día/animal) obtenido durante el período pre-experimental.

Los animales estuvieron divididos en dos grupos principales que correspondían a los dos tipos de forrajes empleados: pasto Alemán (Echinocloa polistachia) y ráquis de banano (pinzote). El grupo que estuvo alimentado con pasto Alemán ingresó al corral experimental el 9 de enero de 1973 y el grupo con pinzote el 7 de febrero del mismo año. A estas fechas el peso inicial fue de 170 y 175 kg promedio y la edad de 16-19 meses para ambos grupos. La duración

del período experimental fue de 98 días. Los animales fueron distribuidos al azar a los tratamientos donde recibían banano verde, sal y agua ad libitum. La desparasitación se hizo cada 30 días desde el período pre-experimental hasta los 60 días después de comenzado el período experimental; con igual frecuencia se administró 5 cc de una preparación vitamínica* por vía intramuscular.

3.4 Diseño experimental

En el Cuadro 2 se pueden observar los niveles utilizados de proteína total y forraje en gramos por cada 100 kg de peso vivo de los animales para cada tratamiento. La fuente de proteína fue principalmente la harina de carne y hueso pero también se consideran los aportes proteicos de los forrajes. Estos consistieron de pasto Alemán (Echinocloa polistachia) para un grupo de 52 animales y pinzote (o ráquis) de banano para el segundo grupo de animales. El análisis proximal de todos los alimentos se encuentran descritos en el Cuadro 2A del Apéndice.

Resultaron nueve combinaciones diferentes de las cuales la denominada como tratamiento IX se repitió cinco veces, de acuerdo con el diseño rotatable de composición central con dos variables (9). Además de los tratamientos también se consideraron como fuentes de variación los dos grupos raciales (denotados como Red Polled y

* 500.000 U.I. de vitamina A; 75.000 U.I. de vitamina D₃ y 50.000 U.I. de vitamina E por cc.

Cuadro 2. Descripción de tratamientos.

Tratamientos	Niveles de las variables			
	Codificados		Sin codificar ^{a/}	
	Proteína	Forraje	Proteína	Forraje ^{b/}
I	- 1	- 1	231	103
II	- 1	+ 1	231	595
III	+ 1	- 1	619	103
IV	+ 1	+ 1	619	595
V	- 1,414	0	150	350
VI	+ 1,414	0	700	350
VII	0	- 1,414	425	---
VIII	0	+ 1,414	425	700
IX	0	0	425	350 /

^{a/} Expresados en g de M.S./100 kg de peso vivo

^{b/} Pasto o pinzote

Charolais) encastados con Brahman, y las repeticiones (dos animales de cada grupo racial en cada tratamiento).

3.5 Recolección de datos

3.5.1 Consumo

Tanto el forraje como la harina de carne y hueso fueron ofrecidos para ser consumidos totalmente en cada tratamiento

pero el consumo de banano se estimó por diferencia entre ofrecido y rechazado. Esta operación se realizó diariamente en cada tratamiento. El consumo de banano por animal se estimó considerando el consumo total por tratamiento/día, y el peso intermedio de cada animal en cada tratamiento y distribuyendo el consumo de banano en forma proporcional al peso de cada animal.

3.5.2 Ganancia de peso

Los animales fueron pesados al inicio y luego cada 14 días hasta el final del experimento. Estos datos fueron usados para estimar la ganancia diaria por regresión lineal del peso sobre la edad; además, los pesos absolutos sirvieron para realizar los ajustes necesarios en cuanto a las cantidades de proteína y forraje a suministrar en cada tratamiento por cada 100 kg de peso vivo.

En el grupo de animales que recibieron pasto Alemán como fuente de forraje murió un animal del tratamiento III por enfermedad no diagnosticada y otro fue sacado del tratamiento IX, por diarrea crónica a los 11 y 12 días respectivamente, después del inicio del experimento siendo ambos de la raza Brahman con algún porcentaje de Red Polled.

De los que recibían pinzote murieron dos animales, uno del tratamiento IV y otro del VIII, de la misma raza, a los 24 y 28 días de experimento, respectivamente, debido a enfermedad (Septisemia hemorrágica) y un tercero fue sacado por diarrea y mal estado físico a los 56 días del experimento correspondiente al tratamiento VII. Los valores perdidos se calcularon para fines de análisis estadístico

por el sistema descrito por Cochram y Cox (9).

3.5.3 Costos

Se registraron los costos de la harina de carne y hueso, pasto, pinzote y banano para el análisis económico en base a los insumos en cada tratamiento.

3.5.4 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los incrementos de peso diario se realizó un ajuste previo por covariancia tomando como variables concomitantes el peso inicial, estimado por regresión lineal, de cada animal, tasa de incremento diario/animal en el período pre-experimental. Por causas no debidas a los tratamientos se produjo un consumo muy bajo de banano en el tratamiento central que produjo una distorsión en los resultados de manera que se decidió corregir nuevamente por covariancia los datos ya corregidos en función del consumo estimado de banano/animal. El análisis de variancia se realizó de acuerdo al siguiente modelo matemático de un diseño rotatable de composición central:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2 \quad [1]$$

donde:

Y = Variable de respuesta en el animal, kg/día/animal

X₁ = Kg de proteína/100 kg de peso vivo

X₂ = Kg de M.S. de forraje/100 kg de peso vivo

b_{ij} = Coeficientes de regresión parcial

3.5.5 Análisis económico

Para el análisis económico se calcularon los ingresos en base a los promedios de incremento diario de peso por animal y tratamiento multiplicado por el valor del producto en pie por kg. Los costos diarios, variables por animal y tratamiento, se calcularon de acuerdo a los insumos por animal y por día en cada tratamiento. La diferencia es el superávit.

El único costo variable fue el de la proteína ya que el costo de banano se consideró como muy similar en todos los tratamientos y fue muy bajo (debido al costo de transporte nada más). El costo de forraje se ignoró por no tener éste ninguna influencia biológica tanto en la ganancia diaria de peso como en el consumo de banano (ver RESULTADOS). Por lo tanto, se aplicó el siguiente modelo matemático para la predicción del superávit y la maximización de éste:

$$S = v(a + b_2 e^{-CX}) - Kb_1 X$$

donde:

S = Superávit, US\$/animal/día

v = Precio de venta, US\$/kg en pie

$a + b_2 e^{-CX}$ = La función de producción diaria de peso en que

a = Máximo incremento diario de peso/animal

b_2 = Diferencia entre incremento máximo de peso y la intersección cuando $X = 0$

C = Coeficiente de regresión exponencial

X = Nivel de proteína, kg/100 kg de peso vivo

K = Costo de la proteína, US\$/kg de proteína pura

b_1 = Coeficiente de regresión lineal entre kg de
proteína cruda/100 kg de peso y consumo de
proteína/animal/día

4. RESULTADOS

4.1 Consumo de banano

El consumo promedio de banano por animal y por día, en cada tratamiento, se muestra en el Cuadro 3. El consumo promedio para todos los tratamientos fue de 4,21 kg de banano, base seca, por cada 100 kg de peso vivo.

Cuadro 3. Promedios de consumo de banano^{a/}, kg/100 kg de peso vivo.

		Kg de M.S. de forraje/100 kg de peso vivo					
		0,000	0,103	0,350	0,595	0,700	\bar{Y}
Kg de proteína	0,150			4,63			4,63
total/100 kg	0,231		4,43		4,21		4,32
de peso vivo	0,425	4,07		3,23 ^{b/}		4,56	3,54
	0,619		4,45		4,15		4,30
	0,700			4,23			4,23
	\bar{Y}	4,07	4,44	3,57	4,18	4,56	4,21

^{a/} Consumos en base seca, promedio de ocho animales

^{b/} Promedio de 40 animales

Observando los promedios generales se nota que el nivel medio de proteína o forraje produjo el nivel más bajo de consumo en el tratamiento central. Las razones de este fenómeno se discuten en

la siguiente sección. A juicio del investigador, en consecuencia, el bajo consumo de banano se produjo por causas no debidas a los tratamientos y que permitiría concluir que el nivel de consumo de banano no fue influenciado por el nivel de forraje ni por el nivel de proteína. El análisis de variancia mostró un efecto cuadrático significativo de proteína y forraje sobre el consumo de banano (como era de esperarse) produciendo en ambos casos, una parábola cóncava (Cuadro 3A del Apéndice).

El nivel de consumo total promedio de materia seca por animal y por día en cada tratamiento se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Consumo de materia seca por 100 kg de peso vivo y por día en cada tratamiento, kg.

Tratamiento	Proteína	Forraje	Banano	Total
I	0,231	0,103	4,433	4,767
II	0,231	0,595	4,213	5,039
III	0,619	0,103	4,450	5,172
IV	0,619	0,595	4,149	5,363
V	0,150	0,350	4,633	5,133
VI	0,700	0,350	4,234	5,284
VII	0,425	0,000	4,071	4,496
VIII	0,425	0,700	4,560	5,685
IX	0,425	0,350	3,233	4,008

Debido al alto nivel de consumo de banano logrado en todos los tratamientos el consumo total de materia seca es elevado (hasta 5,7 por ciento) y supera cualquier informe previo sobre consumos por cada 100 kg de peso vivo en alimentación de bovinos.

4.2 Incremento de peso por día

Las tasas de incremento de peso por tratamiento se muestran en el Cuadro 5. El crecimiento promedio por día fue de 0,873 kg por animal.

Cuadro 5. Promedios de aumentos de peso por día por tratamiento^{a/}.

		Kg de M.S. de forraje/100 kg de peso vivo				
		0,000	0,103	0,350	0,595	0,700
Kg de proteína	0,150			0,676		0,676
	0,231		0,862		0,781	0,822
total/100 kg de peso vivo	0,425	0,921		0,879 ^{b/}		0,982
	0,619		1,020		0,974	0,997
	0,700			0,971		0,971
	\bar{y}	0,921	0,941	0,863	0,878	0,982
						0,873

^{a/} Promedio de ocho animales

^{b/} Promedio de 40 animales

Cuadro 6. Análisis de variancia para incremento de peso diario.

Fuentes de variación	G.L.	C.M.
Forrajes	1	0,017884
Razas	1	0,076346
F x R	1	0,047996
B (repeticiones)	1	0,291860 *
F x B	1	0,069526
R x B	1	0,367115 *
F x R x B	1	0,019350
Tratamientos	8	0,098380
Regresión	5	0,145980
Efecto lineal		
Proteína	1	0,589840 **
Forraje	1	0,003680
Efecto cuadrático		
Proteína	1	0,048910
Forraje	1	0,084960
Efecto cuadrático mixto	1	0,002540
Desvío del modelo	3	0,019036
Error	83	0,061394
Total	98	

* P \leq 0.05** P \leq 0.01

El análisis de variancia para los incrementos de peso mostró diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) para repeticiones y raza x repeticiones; no se detectaron diferencias entre tipo de forrajes, raza ni niveles de forraje aunque sí se detectaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para el efecto lineal de la proteína, Cuadro 6.

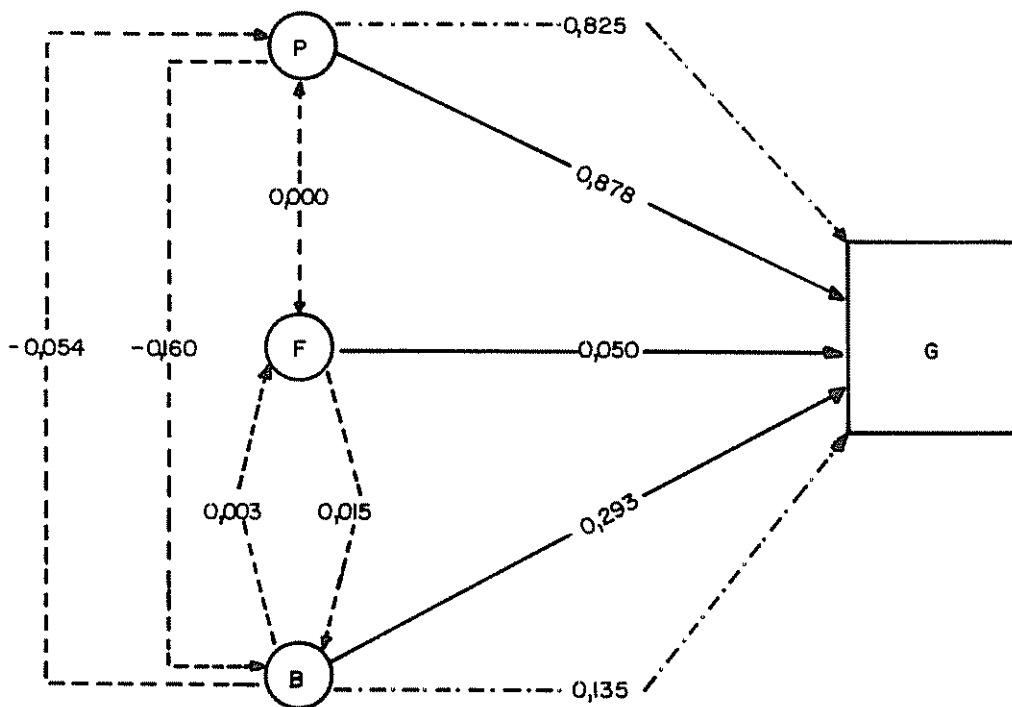
El efecto de las dos variables actuando simultáneamente sobre las ganancias de peso se expresa en la siguiente función:

$$Y = 0,680 + 0,934x_1 - 0,576x_2 - 0,594x_1^2 + 0,680x_2^2 + 0,188x_1x_2$$

El valor de r^2 fue de 0,93.

El posible efecto directo del banano sobre la ganancia diaria y los efectos directos e indirectos de proteína y forraje sobre la ganancia diaria de peso, se investigó con un análisis de ruta, cuyos resultados aparecen en la Figura 1.

Los coeficientes señalados en la Figura 1 muestran un efecto directo alto de la proteína sobre la ganancia diaria mientras que, aparentemente, el forraje tiene muy poco efecto sobre la ganancia de peso. El efecto directo del banano es relativamente importante sobre la ganancia de peso, pero el efecto indirecto parece que por efecto de la velocidad de paso del banano por el tracto digestivo reduce la utilización de la proteína. Esto será discutido más adelante. La relación positiva entre consumo de banano y ganancia de peso fue más evidente al comparar los consumos de banano a cada nivel de forraje con la ganancia de peso a los niveles de forraje



—————	Efecto directo	P	Proteína
-----	Correlación	F	Forraje
- · - · - ·	Efecto global	B	Banano
		G	Ganancia de peso / día, Kg

Fig. 1 Efectos directos e indirectos de banano, proteína y forraje sobre el incremento de peso diario

respectivos (Cuadro 7). Esta relación se estableció con un modelo de regresión lineal que está graficado en la Figura 3.

Cuadro 7. Datos de consumos de banano e incrementos diarios de peso, en promedio, de acuerdo a los diferentes niveles de forraje correspondientes, kg.

Consumos promedio de banano	Promedios de incrementos diario de peso
3,57	0,863
4,07	0,921
4,18	0,878
4,44	0,941
4,56	0,982

Aunque el modelo polinomial de segundo grado describió con un alto grado de confiabilidad la respuesta observada, se decidió aplicar un modelo exponencial a las respuestas obtenidas a los diferentes promedios de ganancia diaria para cada nivel de proteína (Fig. 2). El resultado se presenta en la siguiente ecuación:

$$Y = 0,992 - 0,738 e^{-5,835X}, \quad R^2 = 0,97$$

donde:

Y = Respuesta animal en kg/día

a = Máximo incremento diario (asintótico)

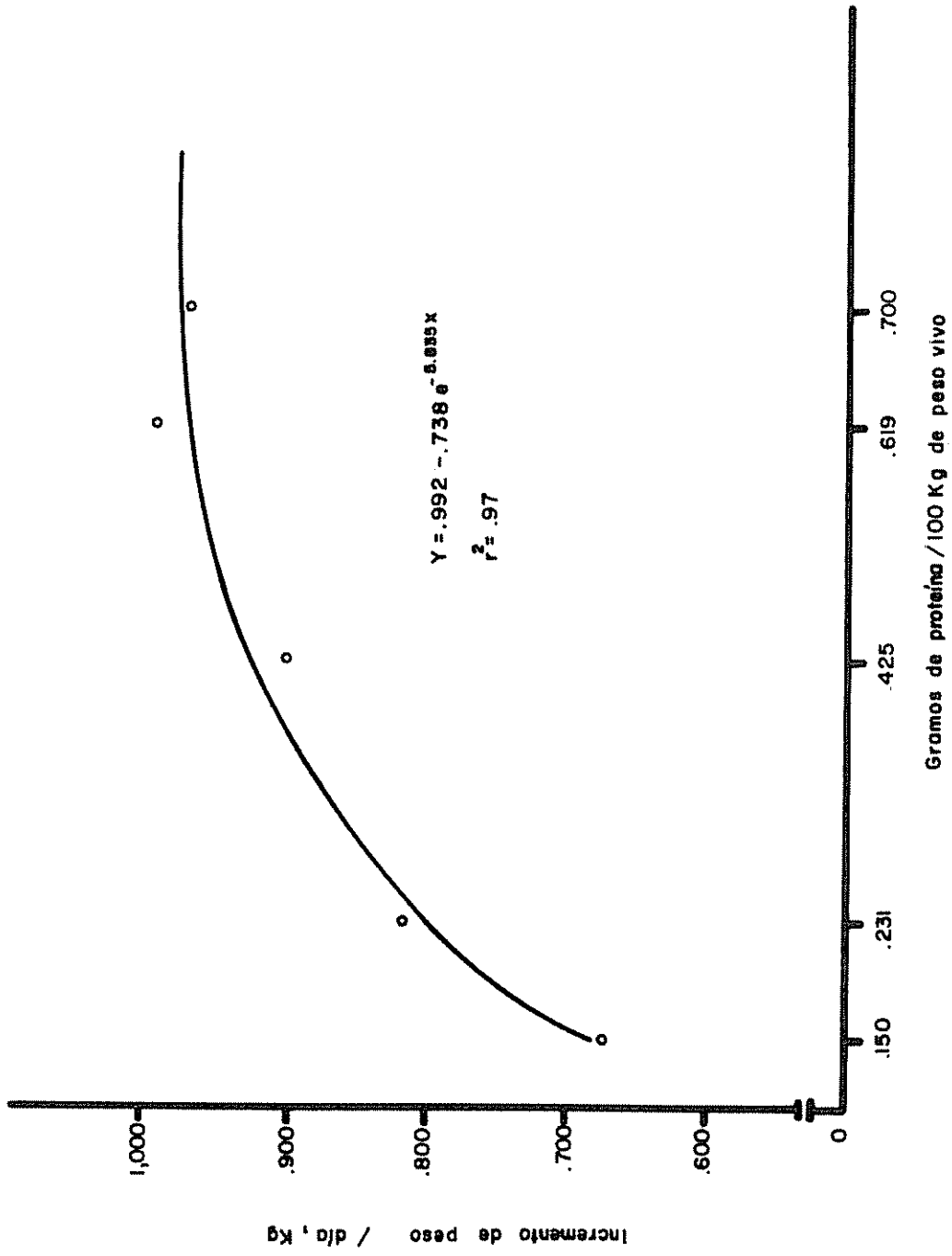


Fig.2 incremento de peso diario en función del nivel de proteína

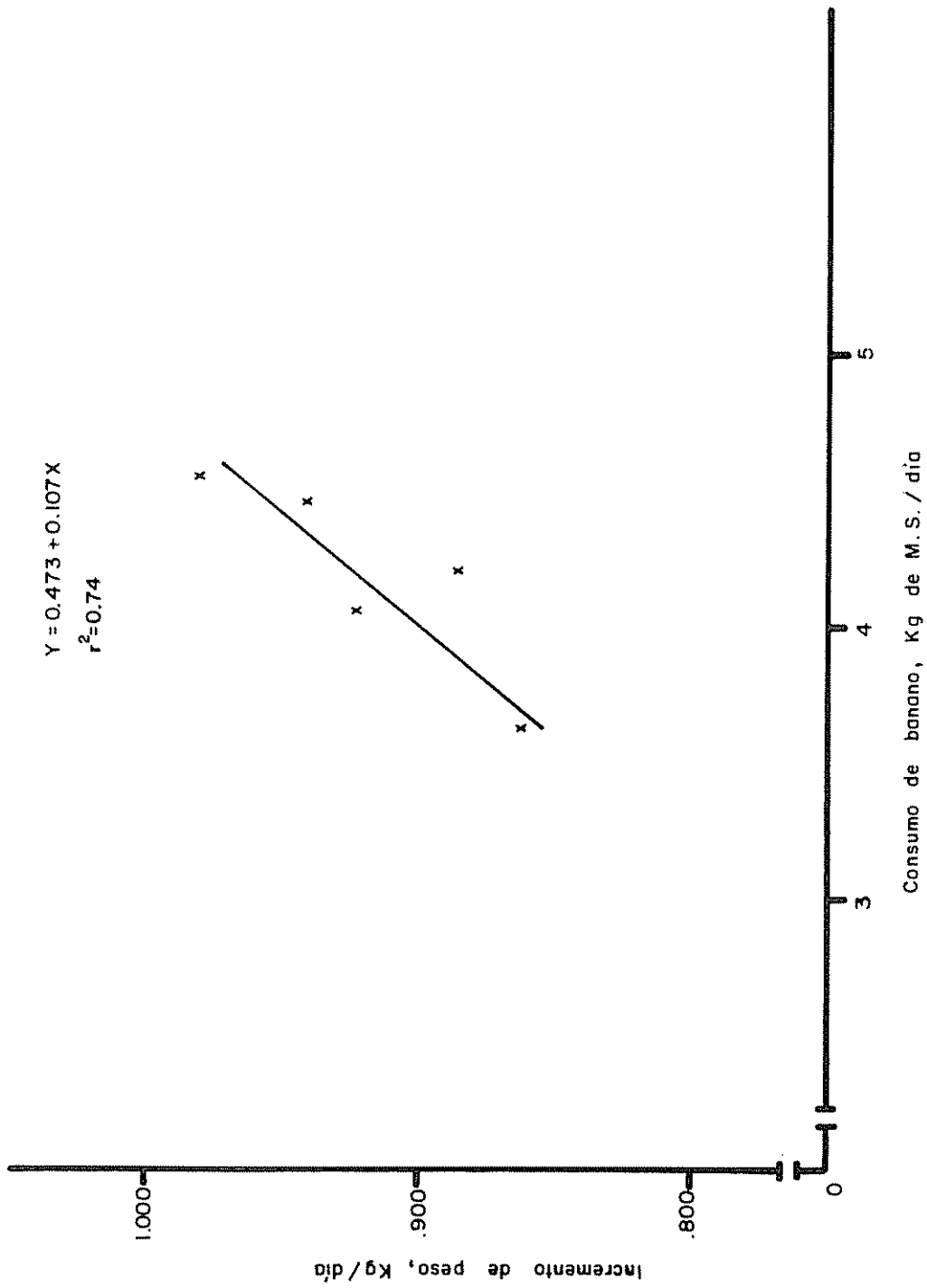


Fig. 3 Correlación entre incremento diario de peso y consumo de banana

b = Diferencia entre el valor asintótico y la intersección cuando $X = 0$

c = Coeficiente de regresión

4.3 Análisis económico

En vista del costo de venta actual inexistente del banano verde de desecho en la zona bananera de Costa Rica y a la uniformidad de consumo de banano en los diferentes tratamientos, se asumió para el cálculo económico un nivel constante de banano verde, base seca, para todos los tratamientos. Tampoco se consideró el forraje en los cálculos económicos debido a que ni la fuente (pasto vs. pinzote) ni los niveles de forraje influyeron sobre la ganancia de peso/día. Es decir, se asume, en base a los resultados, que se puede lograr la misma respuesta del animal si no se incluyera forraje.

Los cálculos por nivel de proteína se presentan en el Cuadro 4A del Apéndice. La diferencia entre los costos de alimentación y el ingreso por conceptos de venta del peso producido/día/animal se denominó como "superávit".

En el superávit no se considera el aumento del valor por kilo en pie del animal que se puede lograr como consecuencia de una mejor condición y acabado. Tampoco se consideraron otros costos incurridos como mano de obra, amortización de la tierra, de instalaciones y equipo, debido a que estos valores, cualesquiera que sean, son constantes para todos los tratamientos y dependen del tipo de operación de engorda que el productor decida emplear.

Para determinar el máximo superávit se usó el mismo modelo exponencial que se aplicó a las respuestas obtenidas en los diferentes niveles de proteína multiplicado por el precio de venta del producto (US\$0.46/kg) y al resultado de esa función se restó el costo de la proteína (US\$0.28/kg). La función resultante es la siguiente:

$$S = 0.46 (0,992 - 0,738e^{-5.83X}) - (0.28)(2.0X)$$

en que: S = Superávit, US\$/animal/día

X = Kg de proteína/100 kg de peso

La maximización del superávit se obtuvo de la derivativa parcial

$$\frac{dS}{dX} = -cvb_2 e^{-CX} - kb_1 = 0$$

Lo cual indica que cuando $v = 0.46$ y $k = 0.28$, el máximo superávit se obtiene cuando

$$X = \frac{\ln - \frac{(5.83)(0.46)(-0.738)}{(0.28)(2.0)}}{5.83} = 0.2165 \text{ kg de proteína cruda/100 kg de peso}$$

En la Figura 4 aparece la curva de ingreso bruto y los costos variables por animal/día, en función del nivel de proteína.

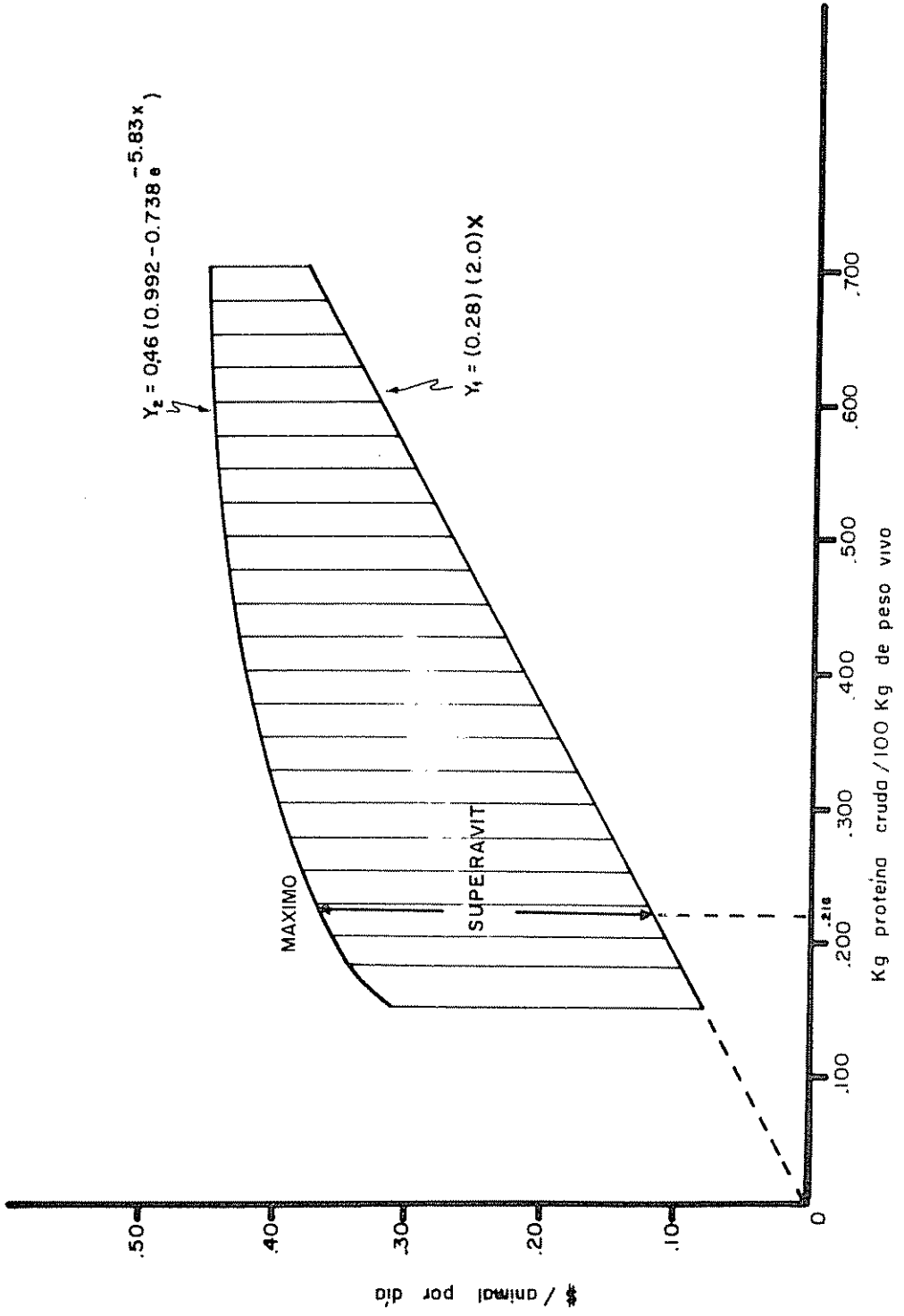


Fig. 4 Cambios del ingreso bruto y costos variables en función del nivel de proteína

5. DISCUSION

Aunque el tipo y condición de los animales usados en este estudio no fueron adecuados para un trabajo de engorde, se obtuvo una respuesta en ganancia diaria que llegó hasta el kilogramo/día. Debido a que los animales en la etapa pre-experimental tenían una tasa de incremento de 100 g/día se esperaría un crecimiento compensatorio. Sin embargo, en las condiciones tropicales los animales, casi siempre, están en una situación de penuria nutricional y por lo tanto se espera un crecimiento compensatorio en cualquier programa de alimentación que supla al animal con niveles adecuados de nutrientes para que logren expresar el fenómeno de crecimiento compensatorio.

Queda así demostrada la posibilidad de llevar a cabo operaciones de engorda en corral a base de banano verde y con la magnitud de ganancia de peso requerida para una engorda a corto plazo. Como una ventaja adicional se demostró que este es otro procedimiento de dar un uso provechoso al banano de desecho, además de su empleo como suplemento en pastoreo (1, 33), que también puede contribuir a aumentar la producción de carne en el trópico.

5.1 Consumo

Bajo las condiciones de libre disponibilidad se observó en corral un alto consumo de banano, que por sí solo, supera todos los datos de consumo conocidos por este autor. En general, se esperan consumos de materia seca no mayores de 3-3,5 por ciento del

peso vivo del animal. Sin embargo, son muy inferiores al promedio alcanzado en este trabajo (5 por ciento del peso vivo). Se puede apreciar por estos resultados que no existen problemas de aceptabilidad del banano verde por animales bovinos.

El consumo elevado probablemente causó un aumento en la velocidad de pasaje de los alimentos por el tracto digestivo (3, 6). Blaxter et al (6) han encontrado que con una menor velocidad de pasaje se obtiene mayor digestibilidad por lo tanto, se puede suponer que la utilización de los alimentos (incluyendo la proteína suplementaria) fue afectada por el alto consumo de banano verde, en forma negativa. Por lo tanto, la eficiencia de utilización de los alimentos disminuye.

En ambos corrales con el tratamiento central se observó un consumo relativamente bajo de banano que difícilmente se deba a efectos de tratamientos si se toman en consideración las tendencias de consumo a niveles variables de proteína o forraje (Cuadro 3). Es muy posible que sea a causa del manejo ya que los corrales centrales tuvieron la misma área/animal que en los demás tratamientos pero no se dividió en cinco corrales, de manera que cada animal disponía de 240 m² de superficie en contra de 48 m² de superficie de los corrales pequeños. Además, la población comprendía 20 animales en cada corral central en lugar de 4 como en los otros tratamientos. Posiblemente esas fueron las causas de que los animales de los tratamientos centrales tendieron a reaccionar nerviosamente y en manada a cualquier estímulo extraño. Fue más notoria la nerviosidad y la mayor actividad de los animales en los días que se

pesaban. Todos estos aspectos observados pueden haber influido sobre el consumo más bajo de banano en los dos corrales con los trata mientos centrales.

5.2 Efectos del nivel de forraje

La aparente ausencia de influencia del nivel de forraje sobre la ganancia de peso tiene importancia especial porque permite diseñar un sistema de alimentación en corral a base de banano verde, una fuente de nitrógeno, minerales y vitaminas solamente, es decir, un sistema simplificado por no tener que incluir forraje. Quizás por el contenido de fibra del banano (3,9 por ciento) no se observaron síntomas de timpanismo en ninguno de los animales, aún cuando el nivel de forraje fue cero. Pero, al relacionar el consumo de ba nano y ganancia de peso obtenidos en cada nivel de forraje se encon tró que a mayor consumo de banano mayor era la ganancia diaria de peso ($R^2 = 0,74$, Fig. 3). Por lo tanto, es conveniente lograr altos consumos de banano a menos que la relación económica entre insumo (consumo adicional de banano) y producto (ganancia adicional de peso) sea igual a uno o menor. Esta marginalidad irá adquiriendo importancia a medida que el banano adquiere un valor de venta. Por otro lado, el hecho de que el nivel de forraje no influyera sobre el consumo de banano, implica que la única manera de lograr una reducción del consumo de banano es mediante el racionamiento del pasto.

5.3 Efectos del nivel de proteína

La ganancia de peso dependió en alto grado del nivel de pro teína. La mejor manera de representar esta relación se ilustra en

la Figura 2 en la que se nota que la respuesta animal aumenta rápidamente hasta que el nivel de proteína alcanza el valor del tratamiento con 0,619 kg/100 kg de peso. Más allá de este nivel los cambios son ínfimos tendiendo la curva a alcanzar un valor asintótico. Se obtuvo una ganancia diaria cercana al kilogramo con el nivel de 0,619 kg de proteína/100 kg de peso vivo la cual es aproximadamente 300 g mayor al nivel encontrado por Ochoa (28), en base a una alimentación con melaza y harina de pescado y soya. También es mayor en igual magnitud al requisito establecido por el NRC (27), para una ganancia diaria de 1 kilogramo.

Existen algunas posibles explicaciones para esta diferencia: la raza de animales usados. Se ha demostrado que los animales de la raza Brahman tienen mayores limitaciones inherentes en la tasa de ganancia diaria de peso, en corral, en comparación a otras razas (28, 41). Otro factor importante es la calidad de la proteína utilizada en el presente trabajo. La harina de carne y hueso es baja en metionina, triptófano, leucina y valina debido al alto contenido de colágeno (12), y, por otro lado, se desconoce el grado de solubilidad de esta proteína el cual podría ser suficientemente bajo como para aumentar las deficiencias de los aminoácidos anotados, originados en la proteína bacteriana.

En la Figura 1 se puede observar que el efecto directo de la proteína sobre la ganancia diaria de peso fue disminuido por algún tipo de interferencia con el banano. Este efecto negativo del banano estaría de acuerdo con un aumento en la velocidad de pasaje de

los alimentos a través del tracto digestivo ocasionado por el alto consumo de banano que significaría una menor eficiencia de utilización de los alimentos incluyendo la proteína. Si esto realmente ocurrió la consecuencia sería que el requisito aparente de proteína aumentaría. Además, no se puede ignorar la posibilidad de que el ambiente tropical esté ejerciendo un efecto fisiológico sobre el animal que tiendan a aumentar las pérdidas de proteína por secreción como lo sugieren los datos de Kamal (21) y McGraham (24) y que fueron considerados por Valente (38) para encontrar explicación de una aparente necesidad de altos niveles de proteína para lograr ganancias de peso similares a las reportadas por el NRC (27)

5.4 Aspectos económicos

El máximo superávit se obtuvo a un nivel de proteína total de 0,216 kg por cada 100 kg de peso vivo siendo el superávit de \$0.239/animal/día. Sin embargo, en el Cuadro 4A del Apéndice, se nota que a ese nivel el superávit es de \$0.25 lo que posiblemente se deba a que en el cuadro se usaron las ganancias observadas en cada nivel de proteína y no las predichas por la función exponencial que aparece en la página 27.

En la medida en que aumenta el nivel de proteína la ganancia de peso/animal/día también se incrementa tendiendo a un valor asintótico mientras que los costos aumentan en forma lineal. La consecuencia es que el superávit aumenta hasta un máximo a $X = 0.216$ y luego con mayores incrementos de proteína, el superávit va reduciéndose, pero también se reduce el tiempo de engorda y los gastos fijos.

El precio de venta del producto es el factor importante para decidir en los cambios que puedan operarse para aumentar o disminuir la proteína que se ofrece a los animales en un momento dado para obtener sino el máximo beneficio económico, el máximo beneficio práctico.

A este superávit habría la necesidad de sustraerle los costos fijos para obtener el beneficio/animal/día. Estos se han considerado como constantes para cualquier nivel de proteína. Sin embargo, a medida que se aumenta el nivel proteico aumenta la rapidez de ganancia de peso antes de alcanzar un nivel asintótico. Por lo tanto, el tiempo necesario para producir animales con el peso del mercado, se reduce a medida que aumenta el nivel de proteína cruda, esto permitiría una mayor cantidad de producto por año vendido por el productor y permite alguna elasticidad en la adaptación en las operaciones a la fluctuaciones en los precios de venta que ocurren durante el año.

Los costos fijos amortizables también tenderían a reducirse a medida que se reduce el tiempo necesario para producir el animal de mercadeo (acabado). No se ha intentado cuantificar estas consideraciones que pueden o no ser de importancia económica en la actualidad pero son aspectos que no pueden ignorarse.

La función de superávit y su derivativa para su maximización puede aplicarse a sistemas de alimentación similares a los empleados en este trabajo y se adapta a fluctuaciones en el precio de venta del producto y del costo de la harina de carne. Es muy probable que los coeficientes de producción van a cambiar si se altera el tipo

de proteína a emplearse y si se emplean animales de diferentes historiales nutricionales previo al período de engorda. Sin embargo, en el medio tropical es más probable que los animales que ingresan a un sistema de engorda provienen de una etapa caracterizada por penuria nutricional similar a la etapa pre-experimental de este trabajo.

El superávit cubre suficientemente todos los gastos directos ya que los costos fijos, según Valente (38), en operaciones de engorda son \$0.12/animal/día lo que significa el 50% del máximo superávit.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en consideración el manejo, la alimentación y el medio ambiente en que se condujo el presente trabajo, se pueden hacer las conclusiones y recomendaciones enumeradas a continuación:

1. Con el uso intensivo del banano verde de desecho es posible obtener ganancias de peso de 1 kg diario en operaciones de engorde en corral.
2. Los novillos muestran gran preferencia por el banano verde y pueden consumir hasta 4,6 kg de materia seca de banano verde/100 kg de peso.
3. Con la harina de carne y hueso como fuente proteica suplementaria, las ganancias de peso aumentan con aumentos en proteína hasta un nivel de alrededor de 0,600 kg de proteína cruda/100 kg. A mayores niveles de proteína la ganancia cambia muy poco.
4. En sistemas de alimentación con banano ad libitum, no hay necesidad de suministrar forraje debido a que éste no afecta ni las ganancias diarias ni el consumo de banano. El ráquis del banano aparentemente es comparable al pasto Alemán (Echino-cloa polystachia).
5. En base a los precios actuales, la máxima diferencia entre ingreso bruto y costos se obtiene a un nivel de proteína de 0,216 kg/100 kg de peso vivo.
6. Se recomienda investigar métodos para la disminución del costo debido al empleo de la proteína natural, especialmente con

el uso de productos nitrogenados no proteicos.

7. Se recomienda investigar el potencial de producción de carne a base de una alimentación con pinzote y niveles mínimos de banano como suplemento energético.

7. RESUMEN

El presente trabajo experimental se realizó en la Finca Bremen propiedad del Sr. Carlos Manuel Rojas, ubicada en Las Mercedes, provincia de Limón, Costa Rica. El objetivo fue estudiar la respuesta biológica y rendimiento económico de novillos en crecimiento a diversos niveles de proteína y forraje (pasto o pinzote) bajo condiciones de consumo ad libitum de banano verde.

Se usaron 104 novillos Brahman con alguna sangre Charolais o Red Polled definidos para los fines experimentales como dos grupos raciales teniendo un peso inicial y edad promedio de 170-175 kg y 16-19 meses, respectivamente. Se usó un diseño rotatable de composición central con dos variables y cinco niveles. Los niveles de proteína total fueron 0,150; 0,231; 0,425; 0,619 y 0,700 kg/100 kg de peso vivo y los de forraje 0,00; 0,103; 0,350; 0,595 y 0,700 kg de M.S./100 kg de peso vivo.

El consumo de banano no fue influenciado por los niveles de proteína total o forraje. Se obtuvo un alto consumo promedio de materia seca (4,99 kg/100 kg de peso vivo), debido a los altos consumos de banano verde.

El promedio de ganancia diaria fue de 0,873 kg por animal. Esta no fue afectada ni por el tipo de forraje ni por variaciones en el nivel de forraje. Se observó un efecto significativo ($R^2 = 0,97$) de la proteína sobre la ganancia diaria de peso aumentando ésta rápidamente tendiendo luego a alcanzar un valor asintótico a aproximadamente 1,0 kg/día. La ganancia diaria fue afectada positivamente

por el nivel de consumo de banano ($R^2 = 0,74$), aunque este efecto fue muy pequeño comparado con el ejercido por la proteína.

Los costos de los diferentes tratamientos variarían de acuerdo a los niveles de proteína obteniéndose un superávit máximo de \$0.24/animal/día con 0,216 kg de proteína total/100 kg de peso vivo.

En las condiciones ambientales en que se realizó el trabajo se puede concluir que debido a que el forraje no afecta la ganancia diaria de peso ni el consumo de banano puede excluirse de un sistema de engorda con banano a libre consumo. En operaciones de engorda en corral usando el banano verde de rechazo en forma intensiva se puede lograr cerca de 1 kg de ganancia diaria de peso con un nivel de 0,619 kg de proteína cruda/100 kg de peso; aunque el máximo beneficio económico se logra a un nivel de 0,216 kg de proteína cruda/100 kg de peso.

7a. SUMMARY

The study reported herein was conducted at Hacienda Bremen (Las Mercedes, Province of Limon), owned by Mr. Carlos Manuel Rojas, in the Atlantic zone of Costa Rica. The objective was to evaluate the biological and economical response of growing steers to different dietary levels of crude protein (C.P.) and roughage (grass or banana rachis) with ad libitum consumption of culled green bananas.

One hundred and four Brahman steers were used. The initial bodyweight and age averages were 172 kg and 17.5 months, respectively. A central composite rotatable design was used with two variables and the following levels: 0.150; 0.231; 0.425; 0.619 and 0.700 kg of C.P./100 kg liveweight/day; and 0.00; 0.103; 0.350; 0.595 and 0.700 kg D.M. of roughage/100 kg liveweight.

Banana consumption was not influenced by the levels of C.P. or roughage. A high total dry matter intake was observed (4.99 kg/100 kg liveweight) attributed, mainly, to the extremely high intakes of green bananas.

The average daily weight gain was 0.873 kg/head. The daily weight gains were not affected by the type of roughage or by the quantity of roughage consumed. A significant ($R^2 = 0.97$) exponential effect of P.C. on liveweight gain was observed, reaching near the asymptotic value of 1.0 kg/day at a P.C. level of 0.619 kg/100 kg liveweight. The daily gain was also affected, linearly, by the level of banana intake ($R^2 = 0.74$) although this effect was much less important than the effect of protein.

Feeding costs varied according to the P.C. levels employed. The maximum difference between daily gross income and protein feed costs was obtained at a level of 0.216 kg P.C./100 kg liveweight yielding a surplus of US\$0.24/head/day.

Under the environmental and management conditions that characterized this study, the following conclusions may be derived: (1) Daily weight gains were not affected either by the type of roughage or by varying the level of roughage. A feeding system based on ad libitum use of bananas and no roughage appears practical; (2) Feedlot commercial operations based on high banana consumption could well be established and expected to produce nearly 1.0 kg weight gain/head/day as long as adequate protein levels are provided; (3) However, the maximum economical benefit will be obtained at a lower protein level (0.216 kg P.C./100 kg liveweight, under present prices).

8. LITERATURA CITADA

1. ALPIZAR, J. y VOHNOUT, K. Crecimiento de bovinos suplementados con banano. I. Efecto de la presión de pastoreo. In Reunión Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), 4a., Guadalajara, México, 1973. Compendios de trabajos presentados. Guadalajara, México, 1973. 1 p. (Documento R-35).
2. ANNISON, E. F. y LEWIS, D. El metabolismo en el rumen. México, UTEHA, 1966. 200 p.
3. BALCH, C. C. y CAMPLING, R. C. Rate of passage of digesta through the ruminant digestive tract. In Dougherty, R. W., et al. eds. Physiology of digestion in the ruminants. Washington, D. C. Butterworths, 1965. 480 p.
4. BELI, M. C., GALLUP, W. D. y WHITEHAIR, C. K. Value of urea nitrogen in rations containing different carbohydrate foods. Journal of Animal Science 12(4):787-797. 1953.
5. BERGEN, W. G., PURSER, D. B. y CLINE, J. H. Effect of ration on the nutritive quality of rumen microbial protein. Journal of Animal Science 27(5):1497-1501. 1968.
6. BLAXTER, K. L., GRAHAM, N. y WAINMAN, F. W. Interrelations between passage of food through the digestive tract and its digestibility. Proceedings of the Nutrition Society 14(1):IV-V. 1955.
7. BRESSANI, R. et al. La composición química de diversas clases de banano en la alimentación de pollos. Turrialba 11(4):127-132. 1961.
8. COCHRAN, W. G. y COX, G. M. Diseños experimentales. Trad. de la 2a. ed. inglesa. México, D.F., Trillas, 1965. 661 p.
9. CONRAD, H. R. y HIBBS, J. W. For big productive dairy ration. Ohio Report on Research and Development 50(3):35, 47. 1965.
10. COPPOCK, C. E. y SLACK, S. T. The use of urea in dairy cattle feeding. Cornell University, Bulletin no. 12. 1970. 16 p.

11. COSTA RICA. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Memorias 1969. San José, 1970. 357 p. (mimeografiado).
12. EASTOE, J. E. y LONG, J. E. The amino-acid composition of processed bones and meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 11(1):87-92. 1960.
13. ELIAS, A. et al. Subproductos de la caña y producción intensiva de carne. IV. La ceba de toros con miel-urea en sustitución del grano en dietas de poca fibra. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 2(1):59-67. 1968.
14. _____ y PRESTON, T. R. Subproductos de la caña y producción intensiva de carne. X. Efecto de la raza y el suplemento proteico sobre la fermentación ruminal en toros alimentados con altos niveles de miel-urea. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 3(1):25-32. 1969.
15. ELLIS, W. C. et al. Effect of ration on the nutritive quality of rumen microbial protein. *Federation Proceedings* 18(1):9-12. 1959.
16. FYOCK, W. D. y KNODT, C. B. Use of dehydrated banana meal in the rations of dairy calves. *Journal of Dairy Science* 32(4):361-366. 1949.
17. HARDISON, W. A. et al. Degree of herbage selection by grazing cattle. *Journal of Dairy Science* 37(1):89-102. 1954.
18. HUDSON, L. W. et al. Ruminal and post-ruminal nitrogen utilization by lambs feed heated soybean meal. *Journal of Animal Science* 30(4):609-613. 1970.
19. HUNGATE, R. E. *The rumen and its microbes*. New York, Academic Press, 1966. 533 p.
20. HUTTON, J. B. Studies of the nutritive value of New Zealand dairy pastures. II. Herbage intake and digestibility studies with dry cattle. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 5:409-424. 1962.
21. KAMAL, T. H. y JOHNSON, H. D. Total body solids loss as a measure of a short-term heat stress in cattle. *Journal of Animal Science* 32(2):306-311. 1972.
22. LAVOLLAY, J. La banane, sa composition chimique envisage du point de vue alimentaire. *Fruits* 7(8):365-370. 1952.

23. LEIBHOLZ, J. y HARTMANN, P. E. Nitrogen metabolism in sheep. I. The effect of protein and energy intake on the flow of ingesta into the duodenum and on the digestion and absorption of nutrients. *Australian Journal of Agricultural Research* 23(6):1059-1071. 1972.
24. LITTLE, C., MITCHELL, G. E. y POTTER, G. D. Nitrogen in the abomasum of wethers fed different protein sources. *Journal of Animal Science* 27(6):1722-1726. 1968.
25. McGRAHAM, M. et al. Environmental temperature energy metabolism on heat regulation in sheep. *Journal of Agricultural Science* 52(1):13-24. 1959.
26. MARTIN, C. M., BRANNON, W. F. y REID, J. R. Relationship of size of growing cattle to pasture intake and its use as an index of palatability. *Journal of Dairy Science* 38(1):181-185. 1955.
27. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirement of beef cattle. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1970. 55 p.
28. OCHOA, C. Efecto del nivel de proteína y bagazo de caña sobre el crecimiento de toretes alimentados con melaza. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 49 p.
29. PEARSON, L. S. The role of livestock in developing economics. *Advancement of Science* 26(129):289-297. 1970.
30. PURSER, D. B. y BUECHLER, S. M. Amino acid composition of rumen organisms. *Journal of Dairy Science* 49(1):81-84. 1966.
31. RAYMOND, W. F. The nutritive value of forage crops. Hurley, England, The Grassland Research Institute, s.f. 108 p.
32. REID, J. T., SMITH, A. M. y ANDERSON, M. J. Difference in the requirement for maintenance of dairy cattle between pasture-and-barn-feeding condition. *Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures. Proceeding* 1958:88-94.
33. RUIZ, M. E. et al. Crecimiento de bovinos suplementados con banano. II. Efecto del nivel de banano. In *Reunión Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)*, 4a., Guadalajara, México, 1973. *Compendios de trabajos presentados*, Guadalajara, México, 1973. 1 p. (Documento R-36).

34. SCHILLING, G. T., HINDS, F. C. y HATFIELD, E. E. Effect of dietary protein levels, aminoacid supplementation on nitrogen source upon the plasma free aminoacid concentration in growing lambs. *Journal of Nutrition* 92(2): 339-347. 1967.
35. SIMMONDS, N. W. Bananas. 2a. ed. New York, Longmans, 1959. 466 p.
36. SQUIBB, R. L. et al. Effect of auromycin and vitamins on growth and blood constituents of pigs fed corn and banana rations. *Journal of Animal Science* 12(2): 297-303. 1963.
37. TORRALBA, J. E. Efecto de diferentes períodos de pastoreo diario y niveles de energía suplementaria sobre el crecimiento de terneras de lechería. Tesis Mag. Sc.. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 55 p.
38. VALENTE, C. S. Efeito de tres fontes nitrogenadas na criação e engorda de bovino de costa a base de melação. Tese Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 52 p.
39. VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forrages. *Journal of Animal Science* 26(1):119-128. 1967.
40. VIRTANEN, A. I. Milk production of cow on protein base feed. *Science* 153:1603-1614. 1966.
41. VOHNOUT, K. et al. Crecimiento de bovinos suplementados con melaza. I. Efecto del nivel de melaza. In Reunión Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), 4a., Guadalajara, México, 1973. Compendios de trabajos presentados, Guadalajara, México, 1973. 1 p. (Documento R-32).
42. WAKELING, A. E., ANNISON, E. F. y LEWIS, D. The aminoacid requirements of ruminants. London, Nutrition Society, 1970. 205 p.
43. WEIR, W. C., MEYER, J. H. y LOFGREEN, G. P. The use of esophageal fistula, lignin and chromagen techniques for studying selective grazing and digestibility of range and pasture by sheeps and cattle. *Agronomy Journal* 51(4):235-237. 1959.

A P E N D I C E

Cuadro 1A. Costo de construcción de corrales y equipo
 accesorio para 104 animales.

Costo de la tierra 1.792 m ² - ₡3.500/ha	₡ 627,20
Arenón 537,6 m ³ - ₡12,00/m ³	6.451,20
50 horas tractor - ₡80,00/hora	4.000,00
16 postes esquineros de 8" x 13' - ₡25 c/u	400,00
126 postes de 4" x 4" x 13 - ₡4,50 c/u	567,00
4 rollos de alambre acerado para cercas - ₡342,80 c/u (1.000 m)	1.371,20
18 techos a ₡100 c/u ^{a/}	1.800,00
156 templadores a ₡8,50 c/u	1.326,00
88 separadores (metal cerca) - ₡4,50 c/u	396,00
Mano de obra ^{b/}	3.360,00
26 comederos - ₡70,00 c/u ^{a/}	1.820,00
26 bebederos de estañones - ₡47,00 c/u ^{a/}	<u>1.222,00</u>
Total:	₡23.340,60

^{a/} Incluido el material y la mano de obra

^{b/} 4 obreros, 240 horas c/u - ₡3,50/hora

Cuadro 2A. Análisis químico proximal de los alimentos usados en el experimento.

Componente	Harina de carne	Pasto Alemán	Banano	Pinzote
Materia seca al vacío, %		29,2	20,2	13,3
Proteína cruda, %	44,9	3,8	4,9	8,8
Extracto etereo, %	19,4	2,1	1,7	2,3
Fibra cruda, %	1,4	38,8	3,9	30,7
Extracto no nitrogenado, %	9,3	46,4	83,4	33,6
Ceniza, %	24,9	8,6	6,1	24,5

Cuadro 3A. Análisis de variancia del consumo de banano.

Fuentes de variación	G.L.	C.M.
Forraje	1	0,194261
Raza	1	0,034528
F x R	1	2,957042
B (repeticiones)	1	31,499362 ^{a/}
F x B	1	0,105894
R x B	1	0,684159
F x R x B	1	0,042420
Tratamientos	8	6,068831 ^{a/}
Regresión	5	7,876831
Efecto lineal	2	0,776035
Proteína	1	0,299910
Forraje	1	1,252160
Efecto cuadrático	2	18,154415
Proteína	1	19,113330 ^{a/}
Forraje	1	17,190510 ^{a/}
Efecto cuadrático mixto	1	0,523500
Desvío del modelo	3	3,055410
Error	83	1,573789
Total	98	

^{a/} P ≤ 0.01

Cuadro 4A. Estimación de la combinación óptima para las condiciones vigentes en Costa Rica^{a/}.

Ganancia de peso, kg/animal/día ^{b/}	Consumo de proteína/animal/día ^{c/}	Consumo de banano por animal/día	Superávit animal/día
0,676	0,261	4,21	.22
0,822	0,449	4,21	.25
0,900	0,813	4,21	.09
0,997	1,314	4,21	.09
0,971	1,409	4,21	.05

^{a/} Para todos los tratamientos se dió una cantidad constante de banano verde

^{b/} Precio de venta US\$0.46/kg (US\$1.00 = ₡8,57)

^{c/} Costo de la proteína US\$0.28/kg