

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

CRECIMIENTO DE TORETES EN CORRAL SEGUN EL CONSUMO
DE PROTEINA Y EL NIVEL NUTRICIONAL PREVIO EN
PASTOREO

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

Magister Scientiae

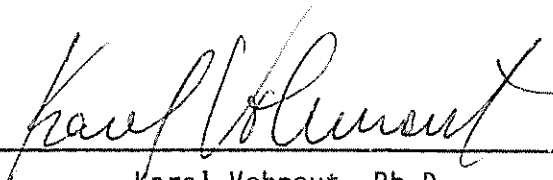
ORLANDO E. JAVIER ZEPEDA

Turrialba, Costa Rica
1975

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

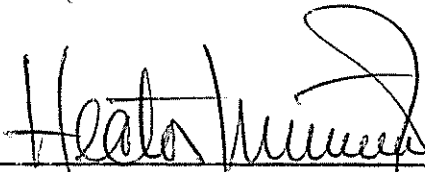
Magister Scientiae

JURADO:



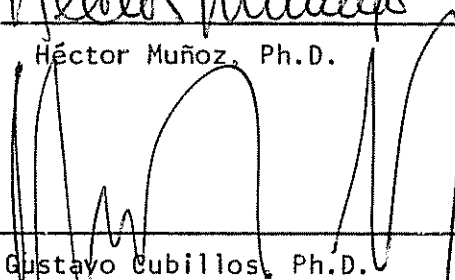
Karel Vohnout, Ph.D.

Consejero



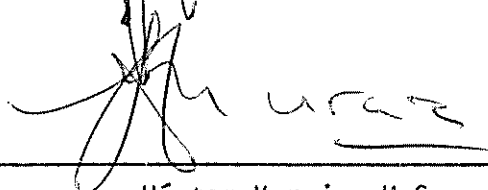
Héctor Muñoz, Ph.D.

Comité



Gustavo Cubillos, Ph.D.

Comité



Héctor Murcia, M.S.

Comité



Coordinador

Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos

A mi querida esposa

AGRADECIMIENTO

El autor expresa sus agradecimientos:

Al Dr. Karel Vohnout, por su acertada guía en el desarrollo del presente trabajo.

A los miembros del Comité Consejero: Héctor Muñoz, Ph.D., Gustavo Cubillos, Ph.D., y Héctor Murcia, MS., por su oportuna orientación.

Al Banco Nacional de Fomento de Honduras, al IICA-Zona Norte, y al Gobierno de Holanda, por el apoyo prestado en la realización de sus estudios de posgrado.

A sus compañeros y amigos.

BIOGRAFIA

El autor nació en San Pedro Sula, Honduras. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto La Salle de San Pedro Sula, en donde obtuvo el diploma de Bachiller en Ciencias y Letras.

Los estudios universitarios los realizó en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista en 1971.

En enero de 1974 ingresó al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Turrialba, Costa Rica, para realizar estudios en el Departamento de Ganadería Tropical, en donde obtiene el grado de Magister Scientiae en diciembre de 1975.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Crecimiento compensatorio	3
2.2 Melaza como fuente energética en la alimentación del ganado	9
2.2.1 Características de la fermentación ruminal de la melaza	9
2.2.2 Efecto del nivel y fuente de nitrógeno suplementario en los sistemas de alimentación a base de melaza	12
2.2.3 Efecto de la calidad y nivel de fibra	16
3. MATERIALES Y METODOS	17
3.1 Antecedentes	17
3.2 Localización del estudio	17
3.3 Duración	18
3.4 Animales	18
3.5 Manejo y alimentación	18
3.6 Diseño experimental	19
3.7 Parámetros medidos	20
3.8 Análisis de la información	22
3.8.1 Etapa de corral	22
3.8.2 Análisis conjunto de las etapas de pastoreo y corral	28
3.9 Análisis económico	29
3.9.1 Etapa de corral	29
3.9.2 Etapas de pastoreo y corral	30
4. RESULTADOS Y DISCUSION	32
4.1 Etapa de corral	32
4.1.1 Incremento de peso	32
4.1.2 Consumo de melaza	40
4.1.3 Eficiencia de utilización del alimento	45
4.1.4 Análisis económico	47
4.1.5 Consideraciones generales sobre el valor predictivo de las ecuaciones	49

	<u>Página</u>
4.2 Etapas de pastoreo y corral	49
4.2.1 Incremento de peso	49
4.2.2 Análisis económico	51
5. CONCLUSIONES	54
6. RESUMEN	56
6a. SUMMARY	58
7. LITERATURA CITADA	60
8. APENDICE	66

LISTA DE CUADROS

TEXTO

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Distribución de tratamientos durante todo el experimento	20
2	Distribución de los tratamientos durante la etapa de corral	19
3	NMP y N total del suplemento proteico en los tratamientos de la etapa de corral	34
4	Costo total por kg de peso vivo, pasto ofrecido, y consumos de melaza en pastoreo y suplemento proteico en corral, para los 25 tratamientos	52

APENDICE

1A	Consumos totales de Nitrógeno e incremento de peso, en los grupos de la etapa de corral	67
2A	Consumos totales de Energía Digestible en los grupos de la etapa de corral	67
3A	Consumo de suplemento proteico y melaza, tasa relativa de incremento de peso anterior, e incremento de peso, para los 25 tratamientos en la etapa de corral	68
4A	Disponibilidad de pasto, consumo de melaza y suplemento proteico, e incremento de peso, para los 25 tratamientos en las etapas de pastoreo y corral	69

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N°</u>		<u>Página</u>
1	Crecimiento (Y) en función del consumo de melaza (X_1), suplemento proteico (X_2) y tasa relativa de crecimiento anterior (X_3)	25
2	Incremento de peso en función del consumo de nitrógeno del suplemento proteico	33
3	Incremento de peso en función del consumo total de nitrógeno	36
4	Incremento de peso en función del consumo total de energía digestible	38
5	Consumo de melaza en función del consumo de nitrógeno del suplemento proteico	42
6	Consumo de melaza en función del consumo de MS del suplemento proteico	43
7	Eficiencia del alimento total en función del consumo de MS del suplemento proteico	46
8	Costo por kg de peso vivo en función del consumo de suplemento proteico	48

1. INTRODUCCION

En las regiones tropicales la producción y calidad del pasto disminuye durante la época seca. Como consecuencia, el ganado en pastoreo sufre limitaciones nutricionales que se reflejan en su productividad. Los incrementos de peso se reducen y en ocasiones pueden ser negativos. La existencia de este estado natural de penuria nutricional, hace necesario estudiar la posibilidad de utilizar el crecimiento compensatorio, como una alternativa para amortiguar el efecto de la producción estacional del pasto sobre el crecimiento del ganado. Sin embargo, para explotar al máximo el crecimiento compensatorio, la alimentación durante el período de recuperación deberá sobrepasar cierto umbral en calidad y abundancia, conservándose a la vez suficientemente económica.

En el trópico existe una serie de productos de precio relativamente bajo, que pueden ser empleados con ventaja en alimentación animal. Entre ellos se encuentra la melaza de caña, cuyo uso como base energética de raciones para engorda, ha permitido buenos incrementos de peso. No obstante, estas ganancias están afectadas por la cantidad y tipo de proteína que se suplementa. La complementación de la melaza con proteínas naturales es una práctica costosa, de aquí que exista la necesidad de investigar, para buscar niveles de suplementación proteica que sean económicos y aprovechados en la forma más eficiente. Con el mismo fin, la sustitución de parte de la proteína con NNP, puede contribuir a reducir los costos de alimentación.

Con el propósito de contribuir al desarrollo de sistemas de

producción que utilicen en forma eficiente los recursos disponibles en el medio tropical, los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

1. Estudiar el efecto de varios niveles de suplementación proteica sobre los incrementos de peso y la respuesta económica, de animales sometidos previamente a diferentes niveles nutricionales durante su manejo en pastoreo.
2. Desarrollar ecuaciones para predecir el comportamiento animal, en función del grado de penuria nutricional sufrido, y del tratamiento de realimentación en corral.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Crecimiento compensatorio

Se conoce como crecimiento compensatorio el crecimiento acelerado que se presenta durante el período de alimentación posterior a la penuria sufrida por restricciones nutricionales o malnutrición (1, 63). Este estado se caracteriza por una mayor tasa de crecimiento que la normal en animales de la misma edad cronológica (1, 25, 63), prolongación del período de crecimiento (1, 23, 63), mayor consumo de alimento (1, 2, 25, 63), y mejora de la eficiencia de su utilización (7, 20, 38, 39). La manifestación del crecimiento compensatorio y la magnitud de la recuperación están influenciados por una serie de factores, que son: naturaleza, duración, y severidad de la restricción, maduración relativa de las diferentes especies o razas, edad del animal al comienzo de la penuria, y patrón de alimentación posterior (1, 16, 20, 63).

No obstante que existen diferentes opiniones respecto a las causas fisiológicas que determinan el crecimiento compensatorio, la mayoría de los investigadores atribuyen este fenómeno principalmente a la acción conjunta o aislada de los siguientes factores: extensión del período de crecimiento, incremento en el consumo de alimento, y mejora en la eficiencia de utilización del alimento.

La recuperación del tamaño corporal y conformación, después de períodos de restricción nutricional, se consigue mediante el aumento del tiempo necesario para alcanzar el tamaño adulto (1, 20, 63) y mediante

el incremento de la tasa de ganancia de peso, principalmente al comienzo de la recuperación (1, 21, 23, 63). En varios trabajos realizados con animales continuamente bien alimentados, o previamente restringidos, se encontró que la duración del período de crecimiento necesario para alcanzar un mismo peso, puede ser 14 a 100 por ciento mayor para los animales que sufrieron restricción (63). El aumento del período de crecimiento puede ser atribuido a un retraso en la edad fisiológica de los animales causado por las restricciones, lo cual les permite continuar su crecimiento a una tasa acelerada una vez que se suspenden las limitaciones (1, 63).

El consumo de alimento es una función controlada por factores físicos, que determinan la velocidad de paso a través del tracto digestivo (5, 28), y por factores quimiostáticos, tales como el balance energético y la concentración de ciertos metabolitos en el rumen y la sangre (5, 28). La importancia relativa con que participan estos factores en el control del consumo, depende de la calidad de la ración consumida (5, 28), y del estado fisiológico del animal (5, 28). En general, se ha establecido que cuando la ración sobrepasa una concentración energética de 2,5 Mcal de Energía Digestible/kg de materia seca, el control es principalmente ejercido por los factores quimiostáticos (28).

Los rumiantes tienen la capacidad de ajustar su consumo a las mayores necesidades nutricionales causadas por incrementos en el metabolismo (1, 5). Por tanto, las tasas más altas de crecimiento de los animales en crecimiento compensatorio, pueden ser una causa para aumentos en el consumo. Además, el incremento en la capacidad del tracto

digestivo con relación al tamaño corporal, en los animales restringidos, permite aumentos en el consumo de alimento durante el período de recuperación (9, 20, 39, 63). El aumento en consumo que se presenta durante la recuperación, a su vez, es un factor importante que contribuye a producir los mayores incrementos de peso que se observan en este período (1, 23). Graham y Searle (23), encontraron que aún después de 30 semanas de alimentación ad libitum, el consumo relativo de alimento y como consecuencia el aumento de peso, fue mayor en animales que sufrieron una restricción de varios meses que en animales bien alimentados durante todo el tiempo experimental.

La eficiencia de utilización del alimento durante el período de alimentación posterior a la penuria nutricional es, en general, mayor que la que se observa en animales continuamente bien alimentados (2, 3, 20, 21, 25, 39, 40). Este fenómeno, que se presenta principalmente al inicio de la recuperación (1, 21, 63), puede ser consecuencia de los siguientes factores: disminución de los requisitos de mantenimiento (1, 21), disminución en el valor calórico de la ganancia de peso (25, 57, 63), y aumento en la eficiencia de utilización de los nutrientes en la síntesis de nuevos tejidos (39, 40).

Se ha observado que durante períodos de restricción nutricional, el animal se vuelve más económico en el empleo de los nutrientes que le son disponibles (1, 23). Este hecho, que está asociado al menor tamaño y actividad metabólica de los animales restringidos, resulta en menores requisitos de mantenimiento (1, 21, 23). Al iniciarse un período de buena alimentación, el ajuste del metabolismo al nuevo estado es un

proceso gradual (1, 21). Esto permite que los requisitos de mantenimiento se conserven bajos al comienzo de la recuperación (1, 21), dejando mayor proporción de los nutrientes consumidos disponibles para realizar crecimiento (1, 21). Es de hacerse notar que la ventaja temporal que se obtiene con la mayor eficiencia causada por menores requisitos de mantenimiento, desaparece en las primeras semanas de la recuperación (23).

Durante la recuperación de estados de malnutrición, el crecimiento se restablece principalmente por un incremento en la síntesis de proteínas (25, 55, 57, 64). Puesto que el valor calórico de las proteínas es menor que el de las grasas, y además, se encuentran acompañadas por una considerable proporción de agua en los tejidos del cuerpo (1, 57), las necesidades energéticas por unidad de incremento de peso, son menores con la síntesis de tejido muscular (1, 25, 57, 64). Fox y colaboradores (20), al estudiar la composición corporal de novillos en compensación sacrificados a diferentes pesos, encontraron incrementos de peso más altos en proteína y más bajos en grasa durante la primera parte de la compensación (hasta 363 kg de peso), sucediendo lo contrario en el tiempo subsiguiente (hasta 554 kg de peso).

Algunos resultados experimentales muestran mayor eficiencia en la utilización de energía y proteína, en forma independiente a los factores ya discutidos (2, 3). Así, Meyer y colaboradores, en trabajos con ratas y ovejas (39) y con novillos (40), atribuyen el crecimiento compensatorio a la mayor eficiencia energética obtenida sobre los requisitos de mantenimiento (eficiencia parcial), ya que en sus observaciones

los requisitos de mantenimiento relativos al peso metabólico fueron iguales para cualquier nivel nutricional, y la composición del peso ganado fue similar a la del perdido previamente. En el caso de la proteína, la mayor eficiencia que se observa al comienzo de la recuperación, puede ser el resultado de su mayor deposición en los tejidos con el inicio de la buena alimentación (57), junto con el cese del catabolismo de las proteínas al suspender las limitaciones (57).

La relación general existente entre la tasa de crecimiento anterior y el crecimiento en etapas posteriores en las que se provee buena alimentación, es negativa (32, 45, 46, 59). Perry (45), encontró una correlación negativa de 0,99 entre el incremento de peso durante el período de engorda en corral y el crecimiento previo en pastoreo, de animales con diferentes tasas de ganancia de peso ocasionadas por diferentes niveles de suplementación con concentrados. Cuando la severidad y duración de la restricción son muy grandes, la capacidad de recuperación puede verse disminuída, hasta el grado en que se presenten pérdidas de peso irreversibles (30). Trabajos realizados con animales gemelos jóvenes (62) y adultos (64), sometidos a condiciones nutricionales de submantenimiento durante seis meses, que provocaron pérdidas de peso considerables, muestran que los animales fueron capaces de recuperarse completamente hasta alcanzar la condición de sus hermanos, después de un período de alimentación ad libitum. Los autores, en el caso de animales jóvenes, hacen notar que una restricción mayor a la empleada (alrededor de 50 por ciento de los requisitos indicados para el crecimiento normal de animales de seis meses de edad)

podría haber causado alguna atrofia en los animales.

No se pueden establecer diferencias entre los efectos de la subnutrición causada por deficiencias de proteína o energía (1, 57). Cualquiera de las deficiencias resulta en una reducción del crecimiento muscular y la síntesis de ADN (57). La manifestación de estos efectos, es diferente dependiendo de la edad de los animales e intensidad de la restricción (57). En animales jóvenes hay pérdida de ARN, reducción de la división celular y una relación normal de proteína por núcleo celular (57). Con malnutrición severa, la pérdida de ARN es grande, la división celular se detiene y el músculo pierde proteínas, de manera que la relación de proteínas por núcleo celular se ve reducida (57).

Las restricciones nutricionales en los primeros estados de desarrollo de los animales tienen efecto más detrimento que las restricciones a estados más avanzados (42, 61). En consecuencia, la capacidad de recuperación depende de la edad de los animales al momento de la restricción (1, 42, 61, 63). La edad a la cual se causan daños permanentes por malnutrición, es aquella en la cual el ADN se está acumulando rápidamente en los tejidos (57). Esta edad crítica varía entre especies y razas de animales (57). Se ha sugerido, que en terneros la edad más crítica es durante el período en que todavía no son rumiantes, esto es durante los dos o tres primeros meses de edad (61).

El crecimiento durante el período de recuperación de penurias nutricionales, es mayor y más rápida cuando mejor es el nivel de alimentación posterior (1, 2, 63). Para lograr la manifestación de la

capacidad de recuperación máxima, la calidad y cantidad del alimento no debe imponer limitaciones (1, 63). En el trópico, el aspecto de la calidad del alimento adquiere especial importancia si se quiere recurrir al pastoreo, ya que el valor nutritivo de los pastos tropicales, es bajo si se compara con los forrajes de las zonas templadas (7, 15). Verde y colaboradores (59), establecen que para lograr la máxima respuesta compensatoria, la concentración energética de los forrajes debe de ser superior a 2,8 Mcal de Energía Metabolizable/kg de materia seca. Este valor energético no se consigue en pastos tropicales, lo cual sugiere la necesidad de recurrir a la suplementación energética, o a sistemas de alimentación intensivos en corral.

2.2 Melaza como fuente energética en la alimentación del ganado

Entre los alimentos de alta concentración energética disponibles en el trópico, la melaza de caña es uno de los más abundantes (53). Dada su concentración energética por sobre 2,6 Mcal de Energía Metabolizable/kg de materia seca, cuando se suplementa con proteínas la melaza puede resultar una fuente de alimentación muy adecuada, tanto para suplementar el pasto como para constituir el alimento energético básico de la ración.

2.2.1 Características de la fermentación ruminal de la melaza

La melaza es un producto de rápida fermentación en el rumen (22, 31, 33). Los carbohidratos que la componen son azúcares, principalmente sacarosa que representa hasta más de un 40 por ciento de su peso (37). El patrón de fermentación característico de la melaza es

diferente al producido por raciones con alto contenido de celulosa o almidón (34, 35). La cantidad total de ácidos grasos volátiles obtenidos de la fermentación de la melaza es menor que la obtenida de la fermentación de cantidades de almidón equivalente en su contenido energético (34, 35). Las concentraciones de los ácidos butírico y valérico, son más altas que en raciones de forrajes o granos, el primero alcanzando valores de 25 a 35 por ciento de los ácidos grasos totales (34, 35). Estos ácidos se producen principalmente a expensas de la producción de ácido acético, que disminuye en un 40 por ciento (34, 35). Se ha sugerido que el incremento de la concentración molar del butirato proviene principalmente del ácido láctico, como un efecto de la adaptación que aumenta la capacidad de los microorganismos para metabolizarlo (34). El pH ruminal es de alrededor de 6,8, valor más alto que el observado en raciones con almidones (34, 35). Se atribuye que el patrón de consumo, que subdivide hasta 50 veces la ración diaria de miel, es el responsable del alto pH ruminal, pues se evita que grandes cantidades de sustrato sean fermentadas a la vez (38). La condición de pH relativamente alto, afecta favorablemente a las poblaciones de protozoarios (19, 56), lo cual es deseable, dada la mejor calidad de la proteína sintetizada por estos organismos en comparación con la sintetizada por las bacterias (49). Parece ser que el patrón de fermentación con alta proporción de ácido butírico que se ha encontrado al suministrar melaza ad libitum, no depende del sustrato en sí, sino del medio ruminal existente (pH cercano al neutro y baja disponibilidad de sustrato) como consecuencia del consumo de

pequeñas cantidades durante el día (37). Con infusiones intrarrumi-
nales de cantidades crecientes de sacarosa, se produjeron aumentos
en la concentración de ácidos grasos totales y en la producción de
ácido propiónico, observándose al mismo tiempo un descenso en el pH
ruminal y en las proporciones de ácido butírico y valérico (37).

También se han logrado patrones de fermentación similares a los de me-
laza con raciones de grano o forraje, mediante ajustes en el consumo
y en el método de alimentación (17). Se hace notar que la cantidad
de energía suministrada influye de manera importante sobre el pH ru-
minal y la cantidad y concentración de los ácidos grasos volátiles
(17, 37). Además, se sugiere que las altas poblaciones de ciliados
obtenidas son las responsables de las mayores concentraciones de ácido
butírico (34). Al cambiar animales a una ración alta en melaza, se ob-
serva que la concentración de ácido láctico es mayor durante las prime-
ras dos semanas de alimentación, con disminución en el tiempo subsi-
guiente (33). Esto sugiere que después de un período corto en esta ra-
ción, los microorganismos del rumen se adaptan para crear un sistema en
el cual, aunque se produzca ácido láctico este es rápidamente cataboli-
zado, a una tasa que es casi el doble que la inicial (33). La desaparición
del ácido láctico y el aumento en los ácidos grasos volátiles no es
proporcional, explicándose este fenómeno por la síntesis de carbohidra-
tos de reserva en los microorganismos a partir del ácido láctico (33).
La tasa de desaparición de la sacarosa es otro factor que cambia con la
adaptación, aumentando en forma significativa durante las primeras cua-
tro semanas después del cambio de ración (33).

2.2.2 Efecto del nivel y fuente de Nitrógeno suplementario en los sistemas de alimentación a base de melaza

El contenido de Nitrógeno de la melaza (0,8%) es bajo (53). Por tanto, las raciones a base de este producto tienen que ser suplementadas con alguna fuente de Nitrógeno (53). Las proteínas, por su alto precio y poca disponibilidad en el mercado, son un factor crítico en los sistemas de alimentación a base de melaza (53). Por esta razón, deben ser empleadas eficientemente para lograr resultados biológicos compatibles con la economía del sistema. La cantidad de Nitrógeno suplementado, dentro de cierto ámbito, está positivamente relacionado con la actividad microbiana ruminal (27, 41), consumo de alimento (5, 18, 28), retención de Nitrógeno (29), y con la productividad de los animales (44, 53). Ochoa (44) obtuvo mejoras en el consumo de melaza que van desde 2,0 a 2,3 kg de materia seca/100 kg de peso vivo, al aumentar el nivel de proteína desde 0,2 a 0,8 kg/100 kg de peso vivo. El incremento de peso diario, mejoró hasta 1,1 kg, con consumos de proteína de hasta 0,5 kg/100 kg de peso vivo, nivel a partir del cual no se lograron mejoras adicionales (44). Sin embargo, la eficiencia de utilización de la proteína, disminuyó con niveles mayores a 0,3 kg/100 kg de peso vivo.*

El amonio es uno de los principales productos finales de la descomposición de las proteínas en el rumen, y es probablemente el principal nutriente nitrogenado para el crecimiento bacteriano (11, 13, 24). Los protozoarios por el contrario, raramente pueden usar amonio como fuente de nitrógeno, ya que tienen requerimientos absolutos de muchos de los

*Vohnout, K., adaptado de Ruíz y otros. Datos sin publicar.

aminoácidos esenciales para los animales mayores, y de bases nitrogenadas preformadas (11, 24). No obstante, estos organismos son capaces de obtener sus nutrimentos nitrogenados a partir de la ingestión de bacterias (11, 24). Estos hechos han servido de base para buscar la utilización de fuentes de Nitrógeno no proteico, tales como la urea, en la alimentación de rumiantes, haciendo uso de la capacidad sintética de los microorganismos para proveer de proteína al animal. La urea es descompuesta por la ureasa hasta amonio y CO_2 (11, 24). Uno de los principales problemas de la utilización eficiente de la urea es su rápida liberación de amonio, que no está apareada con su empleo por los microorganismos, resultando en un exceso de amonio que en su mayor parte es absorbido por la pared ruminal y pasa a la circulación portal (11, 24). La melaza por sus características de rápida fermentación, es una fuente adecuada para la mejor utilización de la urea, ya que provee energía para la síntesis microbiana a una tasa parecida a la de liberación de amonio (19). Además, es un buen vehículo para suministrar urea, por su sabor y forma física, y por su patrón de consumo que evita entradas súbitas de grandes cantidades de sustratos al rumen (37, 38). Estudios realizados con animales alimentados con miel y urea, muestran una baja concentración de amonio a nivel ruminal, lo que se ha tomado como un indicador de la eficaz utilización de cantidades relativamente grandes de urea en la síntesis microbiana (19). Se ha encontrado que la cantidad de Nitrógeno microbiano sintetizado en el rumen de animales alimentados con melaza y urea, es de 2,5 gramos de Nitrógeno/100 gr de carbohidratos fácilmente fermentables, dato que está dentro del

rango de los rendimientos obtenidos según los conceptos teóricos sobre utilización de las hexosas en un medio anaeróbico (51). Al utilizar altos niveles de Nitrógeno no proteico en la ración, decrece la capacidad de producción de los animales (10, 11, 24). Esto ha sido principalmente atribuido a una nutrición de aminoácidos menor que la óptima, y a trastornos subclínicos en el metabolismo energético celular (10, 11). Cuando la urea suministra hasta el 40 por ciento del Nitrógeno de raciones de concentrados, los animales son capaces de metabolizar el exceso de amonio producido, incrementando el nivel de las enzimas que participan en la conversión de amonio a urea y proteína (54). Con niveles superiores, 75 por ciento, el amonio producido actúa como inhibidor de la síntesis enzimática, y por tanto no puede ser metabolizado en su totalidad (54). Con raciones a base de melaza (70 a 80 por ciento de la materia seca de la ración), urea a niveles de 57 a 59 por ciento del Nitrógeno total, y proteína en un 10 a 20 por ciento, se han obtenido ganancias de peso de 0,83 kg/día (19). Estas ganancias fueron ligeramente inferiores que las obtenidas con raciones semejantes en las cuales la energía fue proporcionada principalmente por granos. Sin embargo, los rendimientos y conversión alimenticia de los animales en ambas raciones, fueron comparables (19). El consumo de melaza suministrada en una mezcla con urea, se incrementa hasta con concentraciones de urea de 3 por ciento (47, 50). A partir de ese nivel el consumo guarda una relación inversa con la concentración de urea en la melaza (47, 50). El incremento en el consumo de melaza puede ser debido a un estímulo de la actividad de los microorganismos ruminales y del

metabolismo del animal, causado por el mayor aporte de Nitrógeno para los microorganismos y de proteína para los procesos metabólicos del animal (5, 18, 41). La disminución del consumo, podría considerarse como un efecto del sabor de la urea y de la inhibición de la actividad ruminal que puede ser causada por altos niveles de amonio (11, 13, 28). Al emplear altos niveles de urea en la ración es necesario un período de adaptación, con aumentos sucesivos en la cantidad de urea suplementada (8, 13). Se consideran dos tipos de adaptación a estas raciones, uno a largo plazo a nivel del metabolismo del animal, y otro proceso a corto plazo a nivel ruminal, el cual se completa en un tiempo menor a 19 días (8, 13). La adaptación a nivel del metabolismo del animal, está relacionada con el incremento de la actividad enzimática y con el incremento de los metabolitos necesarios para la producción de urca a partir de amonio (10, 54, 60), mientras que la adaptación ruminal se relaciona con cambios en las propiedades y composición de las poblaciones microbianas que resultan en una utilización más eficiente del amonio (11, 13). Para obtener mejores tasas de crecimiento con sistemas de alimentación intensiva a base de melaza y urea, se recomienda el empleo de una fuente de proteína adicional, que preferentemente sea de baja solubilidad (48, 53). Con ello se pretende mejorar el balance de aminoácidos del animal, al lograr la digestión y absorción postruminal de una proteína de mejor calidad que la sintetizada por los microorganismos del rumen (48, 49). Además, la proteína provee ciertos ácidos grasos de cadena larga que son necesarios como esqueletos de carbono en la síntesis microbiana de proteínas (11, 13).

Ramírez (52), ha sugerido que la actividad deaminativa de las bacterias del rumen de animales alimentados con miel y urea se ve disminuída, lo cual es un efecto que contribuye a la utilización postruminal de las proteínas.

2.2.3 Efecto de la calidad y nivel de fibra

Las raciones con alto contenido de melaza requieren ser complementadas con una fuente de fibra (53, 56). Trabajos realizados en Cuba (14), muestran que la necrosis cerebro cortical causada por la intoxicación de miel, se debe a deficiencias de glucosa asociada con los cambios en la fermentación ruminal a causa de la falta de forraje en la ración. Se ha encontrado que el consumo de un mínimo de 0,3 kg/100 kg de peso vivo, de fibra proveniente de cualquier fuente, es suficiente para prevenir problemas de timpanismo e intoxicación (44, 53). En contraste, con cantidades superiores a 0,6 kg de materia seca/100 kg de peso vivo, se aumenta el consumo de melaza sin que haya una mejor respuesta en las ganancias de peso (44, 53).

Los resultados obtenidos en las pruebas de alimentación con melaza, y la conveniencia que ofrece para combinarse con fuentes de nitrógeno no proteico, hacen que los sistemas de alimentación a base de melaza sean una perspectiva a considerarse para la producción de carne en el trópico.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Antecedentes

El presente estudio fue la segunda parte de un experimento que comprendió dos etapas: crecimiento en pastoreo y engorda en corral. Durante la primera etapa (pastoreo), se produjeron diferentes niveles nutricionales para cada uno de los factores: proteína, energía, y disponibilidad de pasto. Para ello se tuvieron diferentes niveles de presión de pastoreo (1,0; 2,6; 5,0; 7,4; y 9,0 kg MS pasto/100 kg peso vivo), suplementación con melaza (0,1; 0,2; 0,35; 0,5; y 0,6 kg MS/100 kg peso vivo), y suplementación con urea (0,0; 0,014; 0,035; 0,056; y 0,07 kg/100 kg peso vivo). Se empleó un grupo de 66 animales fijos, y un número variable de animales flotantes para ajustar la presión de pastoreo. Se utilizó, además, otro número variable de animales para consumir el forraje residual, los mismos que seguían la rotación de los animales principales.

3.2 Localización del estudio

El presente trabajo se realizó en la Finca Ganadera del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. La finca está situada en una zona tropical húmeda, a 600 m sobre el nivel del mar. Su temperatura anual promedio es de 22°C, su precipitación de 2.800 mm, y su humedad relativa de 90 por ciento.

3.3 Duración

La duración del estudio fue de 126 días, incluyendo un período de 42 días de adaptación.

3.4 Animales

Se utilizaron 66 toretes de aproximadamente dos años de edad. Estos correspondían al grupo de animales fijos de la etapa de pastoreo.

3.5 Manejo y alimentación

Se emplearon corrales con piso de cemento, y techo para los comederos. El área de corral disponible por animal fue de aproximadamente 8 m^2 . El período de adaptación correspondió a la transición del potrero al corral, con disminución progresiva de las horas de pastoreo hasta 0 horas en 15 días. Debido a limitaciones en la disponibilidad de melaza en el mercado, la adaptación, que originalmente se planeó para ser realizada en un mes, tuvo que ser prolongada por dos semanas adicionales, mientras se regularizó la provisión de melaza. La alimentación consistió en melaza ad libitum, y un suplemento proteico con 60 por ciento del N proveniente de harina de algodón y 40 por ciento proveniente de urea. Con esta mezcla se dieron cinco niveles de suplementación proteica, que fueron planeados para proporcionar de 100 a 500 gr de proteína por cada 100 kg de peso vivo. Se empleó bagazo de caña como fuente de fibra, a razón de 300 gr de MS de bagazo por cada 100 kg de peso. Además, se suplementó con azufre en proporción de 1 g por cada 15 g de urea, vitamina A a razón de 2.500 UI por kg de MS consumida, y

sal y harina de hueso cada una en un 2 por ciento de la MS total de la ración.

3.6 Diseño experimental

El diseño empleado fue un arreglo rotatable, sin replicación del tratamiento central, pero con replicación de los vértices de la estrella. En el Cuadro 1 se presenta la distribución de los tratamientos para las etapas de pastoreo y corral. Los animales fixos están formados por dos grupos raciales: Brahman y Romo Sinuano. Dentro de cada grupo racial de 33 animales se distribuyeron los tratamientos.

En el Cuadro 2, se puede observar el ordenamiento experimental durante la etapa de corral.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos durante la etapa de corral.

Nivel de proteína en corral (a)	Tratamientos	Número animales
0,100	1 a 8	16
0,140	9 a 16	16
0,220	17 a 22 y 25	26
0,380	23	4
0,500	24	4

(a) Kg de proteína/100 kg de peso vivo

Cuadro 1. Distribución de tratamientos durante todo el experimento.

Tratamientos	Número animales	Disponibilidad de forraje (a)	Urea (b)	Melaza (a)	Proteína (b)
1	2	2,600	0,014	0,200	0,100
2	2	7,400	0,014	0,200	0,100
3	2	2,600	0,056	0,200	0,100
4	2	7,400	0,056	0,200	0,100
5	2	2,600	0,014	0,500	0,100
6	2	7,400	0,014	0,500	0,100
7	2	2,600	0,056	0,500	0,100
8	2	7,400	0,056	0,500	0,100
9	2	2,600	0,014	0,200	0,140
10	2	7,400	0,014	0,200	0,140
11	2	2,600	0,056	0,200	0,140
12	2	7,400	0,056	0,200	0,140
13	2	2,600	0,014	0,500	0,140
14	2	7,400	0,014	0,500	0,140
15	2	2,600	0,056	0,500	0,140
16	2	7,400	0,056	0,500	0,140
17	4	1,000	0,035	0,350	0,220
18	4	9,000	0,035	0,350	0,220
19	4	5,000	0,000	0,350	0,220
20	4	5,000	0,070	0,350	0,220
21	4	5,000	0,035	0,100	0,220
22	4	5,000	0,035	0,600	0,220
23	4	5,000	0,035	0,350	0,380
24	4	5,000	0,035	0,350	0,500
25	2	5,000	0,035	0,350	0,220

(a) kg de MS/día/100 kg de peso vivo

(b) kg/día/100 kg de peso vivo

3.7 Parámetros medidos

Consumo de alimento: El consumo total de melaza (M) se determinó de acuerdo a la relación:

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

[17]

para: $i = 1, 2, \dots, 5$ tratamientos

$j = 1$ Materia seca (MS)

2 Nitrógeno (N)

en donde O_i es la melaza ofrecida en cada tratamiento y R_i es el rechazo. De igual manera se determinó el consumo de suplemento proteico (S), en aquellos tratamientos en los cuales lo ofrecido no fue consumido completamente.

El consumo de melaza o de suplemento proteico por cada 100 kg de peso vivo (C), se obtuvo de la relación:

$$C_{ij} = \frac{D_{ij}}{W_i} \quad [2]$$

en donde D representa el consumo de melaza o suplemento proteico y W es el peso de todos los animales/100 en cada tratamiento.

Para obtener los valores de contenido de MS y de N en cada tratamiento, se tomaron muestras representativas diarias del suplemento proteico, y semanales de la melaza y el bagazo. Los análisis del suplemento se realizaron con muestras semanales tomadas de una mezcla de las muestras diarias.

Incremento de peso:

El incremento individual de peso (Y_{ik}), se obtuvo mediante la aproximación [3], por pesadas semanales de los animales:

$$Y_{ik} = a + (P_{ik}) T \quad [3]$$

$k =$ animales individuales

utilizando el coeficiente P_{ik} como tasa de crecimiento para peso de

los animales a edad T.

3.8 Análisis de la información

3.8.1 Etapa de corral

El incremento de peso, el consumo de alimento y la eficiencia del alimento durante la etapa de corral, fueron evaluados mediante las siguientes funciones:

Incremento de peso (Y_1) en función del consumo de N del suplemento proteico (X_1):

$$Y_1 = A_1 + B_1 e^{-C_1(X_1)} \quad [4]$$

donde:

A_1 = límite de Y_1 cuando X_1 tiende a infinito.

$A_1 + B_1$ = límite de Y_1 cuando X_1 tiende a cero.

C_1 = tasa relativa de cambio de peso

e = base de los logaritmos naturales

Incremento de peso en función del consumo de MS del suplemento proteico (X_2):

$$Y_1 = A_2 + B_2 e^{-C_2(X_2)} \quad [5]$$

Incremento de peso en función del consumo total de N (suplemento y melaza, X_3):

$$Y_1 = A_3 + B_3 e^{-C_3(X_3)} \quad [6]$$

Incremento de peso en función del consumo estimado de Energía Digestible total (suplemento y melaza, X_4):

$$Y_1 = A_4 + B_4 e^{-C_4(X_4)} \quad [7]$$

La energía digestible de la melaza, 3,3 Mcal/kg de MS, se es timó utilizando datos de composición de melaza de la región, y valores energéticos de los azúcares componentes (sacarosa, glucosa, azúcares invertidos) dados por las tablas de constantes físicas (26), con la suposición de que estos azúcares se digieren completamente (22). Para obtener el total de azúcares, se restó a la MS su contenido de cenizas y N. La energía digestible del suplemento proteico, 2,9 Mcal/kg de MS, se estimó a partir de una mezcla de composición promedio de las ofrecidas en los tratamientos, utilizando los valores energéticos (ED) provistos por las Tablas de Composición de Alimentos en la América Latina (38), y el valor energético estimado para la melaza.

Consumo de MS de melaza (Y_2) en función del consumo de N del suplemento proteico:

$$Y_2 = A_5 + B_5(X_1) + C_5(X_1)^2 \quad \underline{\underline{[8]}}$$

donde:

A_5 = límite de Y_2 cuando X_1 tiende a cero.

B_5 y C_5 = coeficientes de regresión para los efectos lineal y cuadrático de la función.

Consumo de MS de melaza en función del consumo de MS del suple mento proteico:

$$Y_2 = A_6 + B_6(X_2) + C_6(X_2)^2 \quad \underline{\underline{[9]}}$$

Consumo de MS total (suplemento y melaza, Y_3) en función del consumo de MS del suplemento proteico:

$$Y_3 = \frac{1}{A_7 + B_7 e^{-C_7(X_2)}} \quad \underline{\underline{[10]}}$$

donde:

$$\frac{1}{A_7} = \text{límite de } Y_3 \text{ cuando } X_2 \text{ tiende a infinito}$$

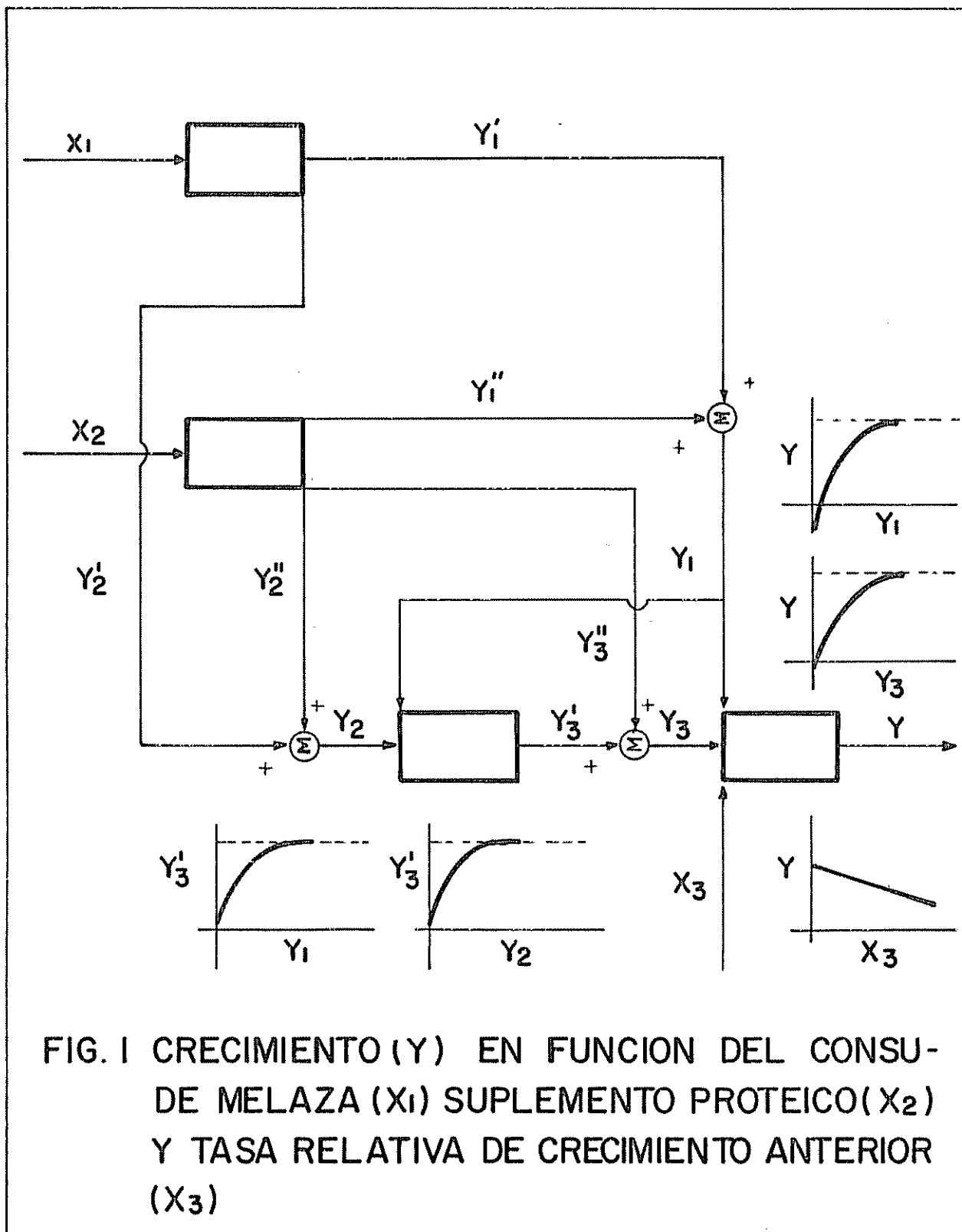
$$\frac{1}{A_7 + B_7} = \text{límite de } Y_3 \text{ cuando } X_2 \text{ tiende a cero}$$

Eficiencia de la MS del alimento total ($Y_4 = \frac{Y_1}{Y_3}$) en función del consumo de MS del suplemento proteico:

$$Y_4 = \left[A_2 + B_2 e^{-C_2(X_2)} \right] \left[A_7 + B_7 e^{-C_7(X_2)} \right] \quad \underline{\underline{[11]}}$$

Al considerar los 25 tratamientos durante la etapa de alimentación en corral, el sistema se describe mediante el flujograma representado en la Fig. 1, donde:

- X_1 = Consumo de MS de melaza/día/100 kg de peso vivo.
- X_2 = Consumo de MS de suplemento proteico/día/100 kg de peso
- X_3 = Tasa relativa de ganancia de peso en la etapa de pastoreo
- Y_1' = Energía (Mcal ED/día/100 kg de peso) en la melaza consumida
- Y_1'' = Energía (Mcal ED/día/100 kg de peso) en el suplemento proteico consumido
- Y_1 = Energía total consumida



Y_2' = NNP (kg/día/100 kg de peso) aportado por la melaza

Y_2'' = NNP (kg/día/100 kg de peso) aportado por el suplemento

Y_2 = NNP total consumido

Y_3' = N proteico (kg/día/100 kg de peso) proveniente de la síntesis microbiana

Y_3'' = N proteico (kg/día/100 kg de peso) aportado por el suplemento proteico

Y_3 = Nitrógeno proteico total

Y = Incremento de peso (kg/día) durante la etapa de corral

El modelo de la Fig. 1 se describe mediante la ecuación [12]:

$$Y = \frac{1}{K_1} \left\{ \left[K_1 + K_2 e^{-K_3} \left\{ C_1 X_1 + C_2 X_2 \left[K_4 \left[1 - e^{-K_5 (C_1 X_1 + C_2 X_2) (C_3 X_1 + C_4 X_2)} \right] + C_5 X_2 \right\} \right] \right\} \right\} \quad [12]$$

que proviene del acople de las funciones:

$$Y(Y_1, Y_3) = K_1 + K_2 e^{-K_3 Y_1 Y_3} \quad [13]$$

en que:

$$Y_1 = Y_1' + Y_1'' = C_1 X_1 + C_2 X_2 \quad [14]$$

K_1 = Incremento de peso máximo

$K_1 + K_2$ = Incremento de peso con consumo de energía y de N igual a cero

K_3 = tasa relativa de incremento de peso

C_1 = Mcal de ED/kg de MS de melaza

C_2 = Mcal de ED/kg de MS de suplemento proteico

$$Y_3 = Y_3' + Y_3'' \quad \underline{\underline{[15]}}$$

$$Y_3'(Y_1, Y_2) = K_4 (1 - e^{-K_5 Y_1 Y_2}) \quad \underline{\underline{[16]}}$$

$$Y_2 = Y_2' + Y_2'' = C_3 X_1 + C_4 X_2 \quad \underline{\underline{[17]}}$$

K_4 = máxima síntesis proteica

K_5 = tasa relativa de síntesis proteica

C_3 = % de N en la melaza

C_4 = % de NNP en el suplemento proteico

$$Y_2'' = C_5 X_2 \quad \underline{\underline{[18]}}$$

C_5 = % de N proteico en el suplemento

K_6 = Tasa relativa de ganancia de peso para la etapa anterior

$$X_3 = \frac{Y_{ih}'}{P_{ih}} \quad \underline{\underline{[19]}}$$

Y' = tasa de ganancia de peso anterior, que incluye la etapa de pastoreo y el período de adaptación de la etapa de corral

P = peso final de la etapa anterior

i = tratamientos del experimento total

h = animales individuales

3.8.2 Análisis conjunto de las etapas de pastoreo y corral

La información de los 25 tratamientos en las etapas de pastoreo y corral, fue analizada en forma conjunta mediante el siguiente polinomio:

$$Z_i = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_5X_1^2 + B_6X_2^2 + B_7X_3^2 + B_8X_4^2 + \\ B_9X_1X_2 + B_{10}X_1X_3 + B_{11}X_1X_4 + B_{12}X_2X_3 + B_{13}X_2X_4 + B_{14}X_3X_4 \quad \underline{\underline{20}} \quad \underline{\underline{7}}$$

donde:

$$Z_i = \frac{Y_0 T_1 + Y_0' T_2}{T} \quad \underline{\underline{21}} \quad \underline{\underline{7}}$$

Y_0 = incremento de peso (kg/día) durante la etapa de pastoreo

Y_0' = incremento de peso durante la etapa de corral (incluyendo período de adaptación)

T_1 = duración de la etapa de pastoreo (días)

T_2 = duración de la etapa de corral

T = duración del experimento completo

X_1 = pasto ofrecido (kg de MS/día/100 kg de peso vivo)

X_2 = consumo de melaza (kg de MS/día/100 kg de peso vivo) en la etapa de pastoreo

X_3 = consumo de melaza en la etapa de corral

X_4 = consumo de suplemento proteico (kg de MS/día/100 kg de peso) en la etapa de corral

B_0 = intercepción de la curva en el eje de Z

B_n = coeficientes de regresión ($n = 1, 2, \dots, 14$)

3.9 Análisis económico

La evaluación económica se realizó mediante una comparación del costo de producción de un kg de animal vivo, con su precio de venta en las condiciones actuales de mercado.

3.9.1 Etapa de corral

Los costos diarios por animal en la etapa de alimentación en corral (C_2), se estimaron mediante la siguiente ecuación:

$$C_2 = K_0 + K_1 (PX_2) + K_2 (PX_1(x_2)) \quad \underline{\underline{22}}$$

donde:

X_2 = consumo de MS de suplemento proteico (kg/día/100 kg de peso vivo)

$X_1(x_2)$ = consumo de MS de melaza (kg/día/100 kg de peso) estimado en función del consumo de suplemento proteico mediante la ecuación 9

P = peso promedio de los animales en la etapa de corral/100

K_0 = costos fijos por manejo de animales

K_1 = costo por kg de MS de suplemento proteico

K_2 = costo por kg de MS de melaza

El costo de producción por kg de peso vivo (Z_2), se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$Z_2 = \frac{C_2}{Y_1(x_2)} \quad \underline{\underline{23}}$$

donde:

$Y_1(x_2)$ = incremento de peso diario (kg), estimado mediante la ecuación [5]

El cálculo de los índices K_0 , K_1 y K_2 , está descrito en el apéndice.

3.9.2 Etapas de pastoreo y corral

Los costos diarios por animal en las etapas de pastoreo y corral (C_3), se estimaron como un promedio (ponderado por el tiempo) de los costos por animal en las etapas de pastoreo (C_1) y corral (C_2), mediante la ecuación [24]:

$$C_3 = T_1 C_1 + T_2 C_2 \quad \text{[24]}$$

donde:

T_1 = duración de la etapa de pastoreo/duración total del experimento

T_2 = duración de la etapa de corral/duración total del experimento

C_2 en función del consumo de suplemento proteico (x_3), se estimó mediante la ecuación [22].

C_1 en función de la disponibilidad de pasto (x_1) y el consumo de melaza en pastoreo (x_2), se estimó mediante la ecuación [25]:

$$C_1 = K_0 + K_1 \left(\frac{1}{AX_1 + B} \right) + K_2 (P \cdot X_2) \quad \text{[25]}$$

donde:

K_0' = costos fijos por manejo de animales

K_1' = costos por ha de pasto

$\frac{1}{AX_1 + B}$ = número de animales por hectárea (carga)

P' = peso promedio de los animales en la etapa de pastoreo/100

K_2 = costo por kg de MS de melaza

El cálculo de los índices K_0' y K_1' se describe en el Apéndice.

El costo total de producción por kg de peso vivo (Z_3) para los 25 tratamientos, se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$Z_3 = \frac{C_3}{Z} \quad [26]$$

donde:

Z es el peso promedio de las etapas de pastoreo y corral, obtenido mediante la ecuación [21].

El costo total de producción en función de la disponibilidad de pasto (X_1), consumo de melaza en pastoreo (X_2), y consumo de suplemento proteico en corral (X_3), se describió mediante el siguiente polinomio:

$$Z_3 = B_0' + B_1' X_1 + B_2' X_2 + B_3' X_3 + B_4' X_1^2 + B_5' X_2^2 + B_6' X_3^2 + B_7' X_1 X_2 + B_8' X_1 X_3 + B_9' X_2 X_3 \quad [27]$$

donde: B_0' = intercepción de la curva en el eje Z_3

B_n' = coeficientes de regresión ($n = 1, 2, \dots, 9$)

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Etapa de corral

4.1.1 Incremento de peso

El incremento de peso (Y_1) en función del consumo de N del suplemento proteico (X_1), se describe mediante la ecuación [4], que se presenta a continuación:

$$Y_1 = 0,604 - 18,2 e^{-223,0X_1}$$

$$R^2 = 0,95, \quad P \leq 0,01$$

La ecuación [4] está representada en la Fig. 2. En esta figura se puede observar la ganancia de peso diaria como respuesta al consumo de N del suplemento. El mayor incremento de peso es de 0,604 kg. Con un consumo aproximado de 0,04 kg de N, casi se alcanza el valor asintótico para el incremento de peso, ya que las ganancias posteriores no mejoran en forma apreciable. Es importante que al evaluar el efecto del N, se considere que este no es independiente del efecto del aporte energético del suplemento. Los incrementos de peso en cada tratamiento, pueden además estar influenciados por la proporción de N que está presente en forma de NNP (10, 11). El Cuadro 3 muestra las cantidades de NNP que fueron suministradas en forma de urea, y la proporción del N total del suplemento que representan. En este cuadro, se puede observar que los tratamientos 1, 2 y 3, conservan proporciones de NNP que están de acuerdo al porcentaje de substitución planeado (40%). Las pequeñas diferencias con este porcentaje, pueden deberse a fallas en la preparación de

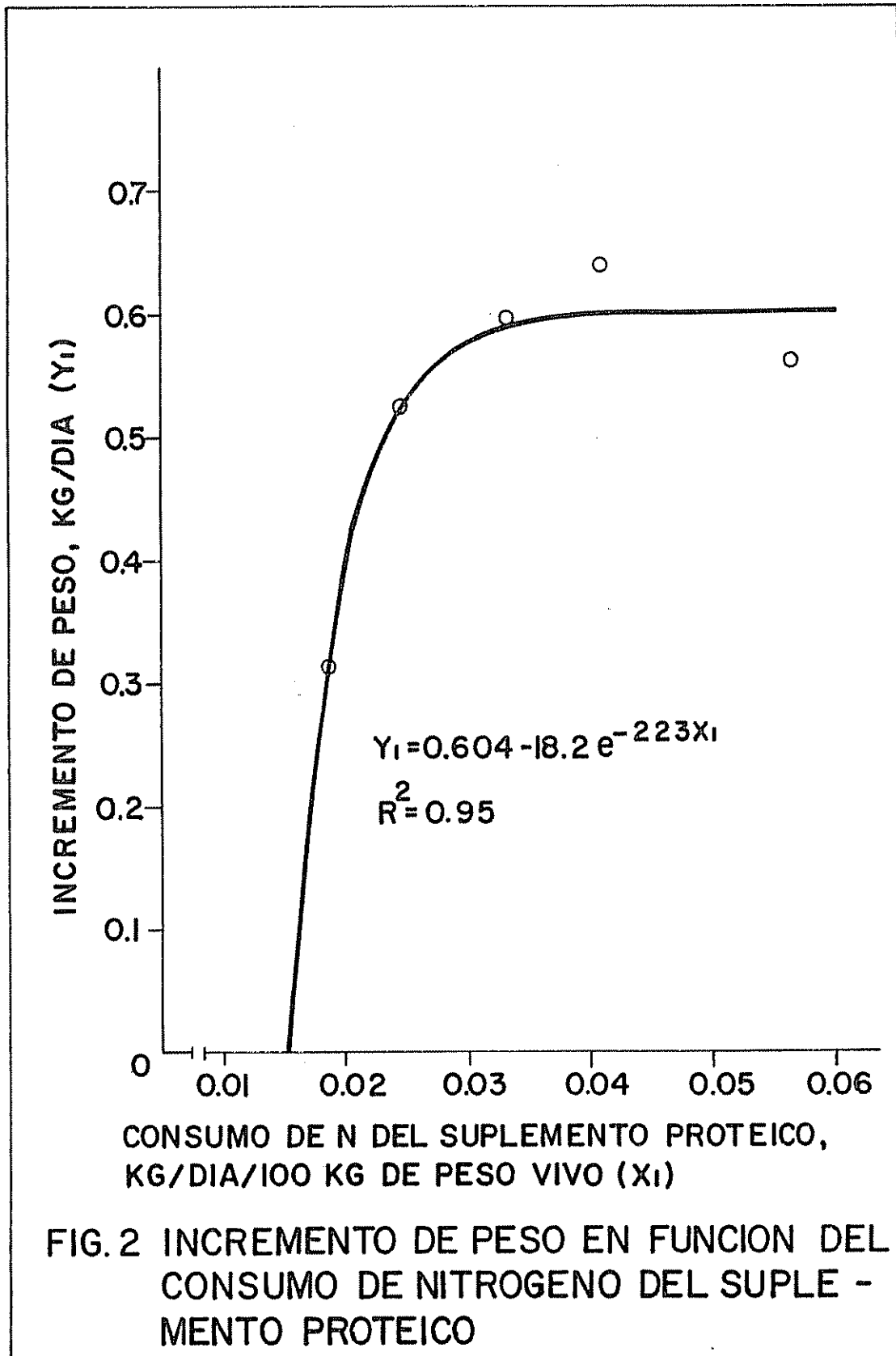


FIG. 2 INCREMENTO DE PESO EN FUNCION DEL CONSUMO DE NITROGENO DEL SUPLE - MENTO PROTEICO

las mezclas. En los tratamientos 4 y 5, por el contrario, se tienen divergencias considerables de este porcentaje, que sin duda se deben al rechazo de parte del suplemento proteico ofrecido diariamente, del cual los animales consumían preferentemente el bagazo. Además, parte de la urea en estos tratamientos, se suministró mezclada con parte de la melaza que se ofreció ad libitum, para tratar de lograr el consumo del nivel de suplementación planeado.

Cuadro 3. NNP y N total del suplemento proteico en los tratamientos de la etapa de corral.

Tratamiento	Suplemento proteico consumido		
	N total ^{a/}	NNP ^{a/}	% ^{b/}
1	0,0186	0,0069	37,1
2	0,0248	0,0096	38,6
3	0,0334	0,0144	43,1
4	0,0407	0,0220	54,1
5	0,0505	0,0321	57,1

^{a/} kg/día/100 kg de peso vivo.

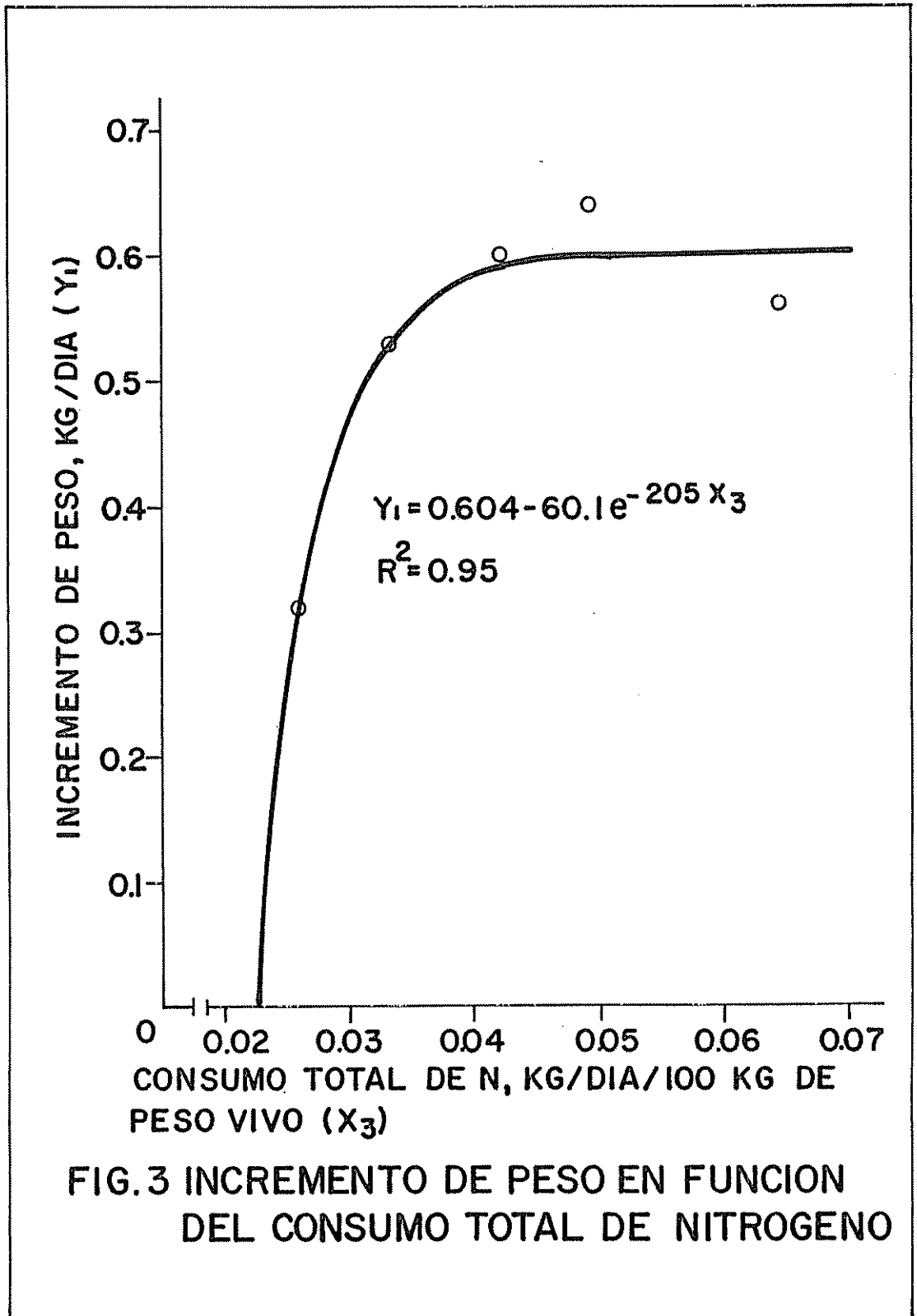
^{b/} NNP como % del N total del suplemento proteico.

El incremento de peso en función de consumo total de N (suplemento y melaza, X_3), se describe con la ecuación [6], que se presenta a continuación:

$$Y_1 = 0,604 - 60,1 e^{-205,0 X_3}$$

$$R^2 = 0,95, P < 0,01$$

La ecuación $\overline{Y_1}$ está representada en la Fig. 3. La tendencia que sigue la ganancia de peso al aumentar el consumo de N total, es similar a la que se observa con el aumento de N del suplemento proteico (Fig. 2). Nótese que el incremento de peso no mejora en forma considerable con consumos mayores a 0,04 kg de N. Este valor coincide con la recomendación del NRC (43) para un incremento de peso similar. Según la ecuación $\overline{Y_1}$ el requisito de N para mantenimiento resulta ser 0,0224 kg/día/100 kg de peso, equivalente a 0,140 kg de proteína. Este valor es algo mayor a 0,113 kg, que se indican como requisito de mantenimiento para novillos de 350 kg de peso en las Tablas de Necesidades Nutritivas para Ganado Vacuno de Carne (43). Los incrementos de peso estimados mediante la ecuación $\overline{Y_1}$ para los consumos de N de los tratamientos 1 y 2 (ver Fig. 3 y Cuadro 1 del Apéndice), son 0,318 y 0,533 kg/día, respectivamente. Estas ganancias coinciden en forma aproximada con las ganancias de 0,250 y 0,500 kg, indicadas en las tablas de necesidades (43), para consumos similares de N. En cambio, al comparar la recomendación de las tablas con los tratamientos 3, 4, y 5, el consumo de N de estos tratamientos se encuentra en exceso para las ganancias estimadas: 0,593, 0,601 y 0,604 kg/día, respectivamente. Al consultar la Fig. 3, se puede observar que los incrementos de peso estimados con la ecuación $\overline{Y_1}$, para los consumos de N de los tratamientos 3, 4 y 5 (ver Cuadro 1 del Apéndice), se encuentran cercanos



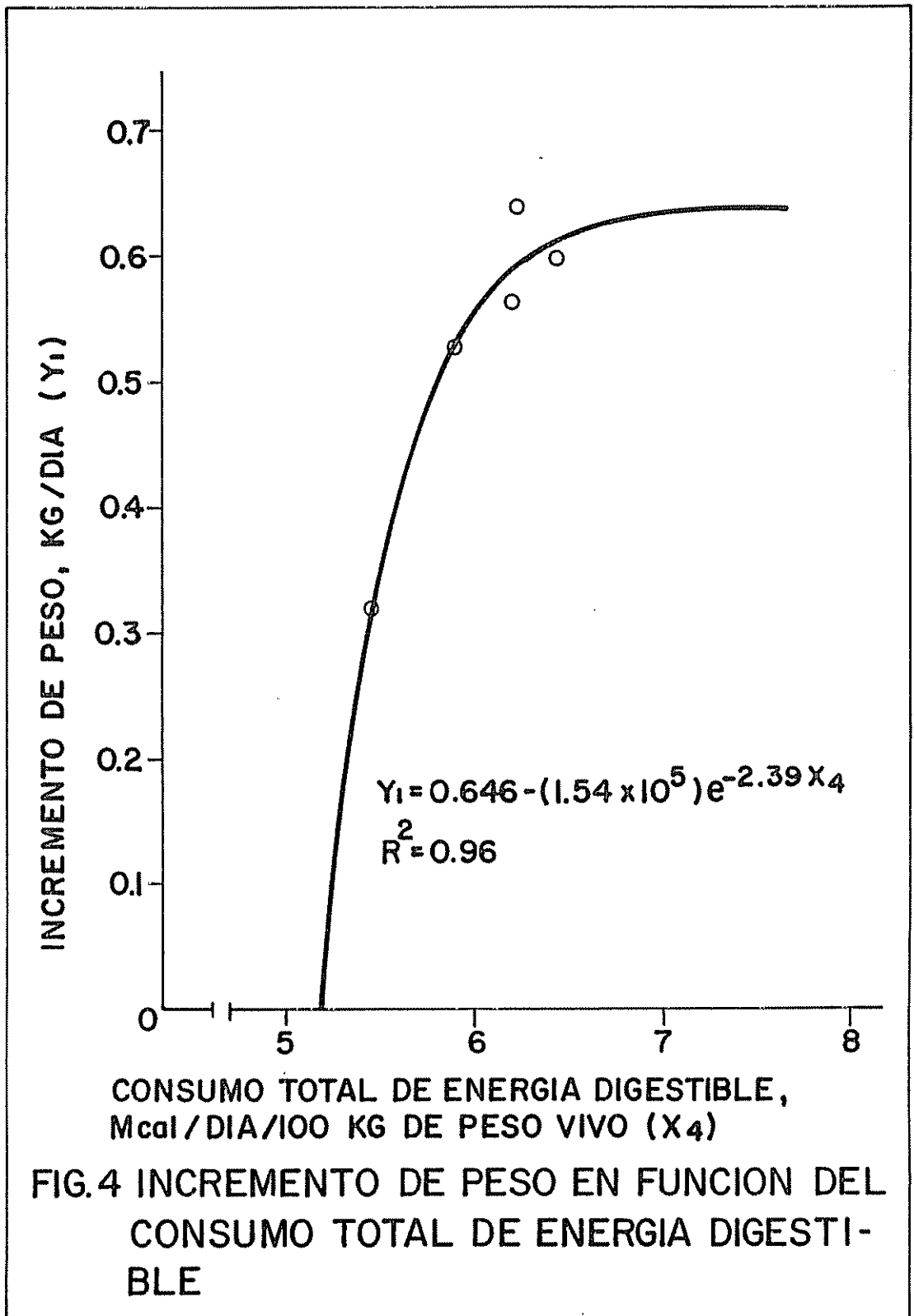
al valor asintótico de la curva, lo cual hace pensar que otros factores diferentes a la cantidad de N consumido, son los que están limitando el crecimiento.

El incremento de peso en función del consumo total de ED (X_4), se expresa mediante la ecuación $\overline{7.7}$, que se presenta a continuación:

$$Y_1 = 0,646 - (1,54 \times 10^5) e^{-2,39 X_4}$$

$$R^2 = 0,96, \quad P \leq 0,01$$

La ecuación $\overline{7.7}$ está representada en la Fig. 4. El incremento de peso, sigue la misma tendencia que se observó al considerar el consumo de N. El incremento de peso máximo es 0,646 kg/día. Ganancias de peso cercanas a este valor se obtienen con consumos aproximados de 7 Mcal ED/día/100 kg de peso. Este consumo está de acuerdo con la recomendación del NRC (43) para una ganancia de peso similar. El requisito de energía para mantenimiento según la ecuación $\overline{7.7}$, es 5,18 Mcal ED/día/100 kg de peso, siendo mayor que el valor de 3,53 Mcal que se recomienda para novillos de 350 kg en las tablas de Necesidades Nutritivas (43). Los incrementos de peso estimados en función del consumo energético, mediante la ecuación $\overline{7.7}$, en todos los tratamientos coinciden con las recomendaciones de las Tablas de Necesidades Nutritivas (43). Esto denota que no hubo suficiente energía para una mejor utilización de la proteína. Por consiguiente, el consumo de energía sería uno de los factores limitantes de la utilización de la proteína, y por ende, del incremento de peso. Otros factores que pueden haber



afectado la respuesta animal, son el nivel de substitución de NP con NMP (10, 11), y la calidad de la fuente proteica empleada (48).

En trabajos previos con alimentación a base de melaza, se han logrado incrementos de peso mayores a 1 kg/animal/día (44, 53). Sin embargo, estos trabajos se han realizado con animales de menor edad, y con diferentes fuentes de proteína. La edad de los animales, al iniciarse la etapa de alimentación en corral, fue de aproximadamente 2 años. Se estima que la tasa máxima de crecimiento se alcanza al año de edad (4), por consiguiente, el potencial de crecimiento de los animales del presente estudio en la etapa de corral, puede haber estado por debajo del máximo, excepto algunos animales que estuvieron realizando crecimiento compensatorio.

El incremento de peso (Y) en función del consumo de suplemento proteico (X_2) y melaza (X_1), y de la tasa relativa de ganancia de peso en la etapa de pastoreo (X_3), para los 25 tratamientos en la etapa de corral (ver Cuadro 3 del Apéndice), se describe mediante la ecuación [12]. Esta ecuación describe el sistema representado en

la Fig. 1:

$$Y = \frac{1}{0,639} \left\{ 0,639 + (-192) e^{-38,6} \left\{ 3,3X_1 + 2,9X_2 \right\} \right. \\ \left. \left\{ 0,02 \left[1 - e^{-9,4 (3,3X_1 + 2,9X_2)} (0,0073X_1 + 0,0199X_2) \right] + 0,0233X_2 \right\} \right. \\ \left. \left\{ 0,639 + (-0,00017X_3) \right\} \right\}$$

$$R^2 = 0,40, \quad P \leq 0,05$$

El bajo valor predictivo alcanzado con esta ecuación, se puede atribuir principalmente a la dispersión de los incrementos individuales de peso obtenidos en los 25 tratamientos, durante la etapa de alimentación en corral. Los 25 tratamientos experimentales se juntaron en cinco grupos de acuerdo al nivel de suplementación proteica. Estos grupos estaban formados por animales procedentes de diferentes grupos en la etapa de pastoreo, lo cual determinó una marcada heterogeneidad en tamaños. En los primeros tres grupos el consumo del suplemento ofrecido diariamente, en todas las ocasiones se completó en un corto lapso de tiempo, por lo cual es muy probable que los animales más fuertes y agresivos hayan logrado consumir mayor cantidad, en perjuicio de los más débiles. Por consiguiente, estos últimos no podían manifestar todo su potencial de crecimiento. Además, a causa de limitaciones en la disponibilidad de melaza en el mercado, se produjo un período de adaptación muy largo entre las etapas de pastoreo y corral, con limitaciones en la cantidad de melaza ofrecida, y como consecuencia en el consumo. Estas limitaciones pueden haber disminuído la posibilidad de manifestación de crecimiento compensatorio de los animales sometidos a penuria nutricional en la etapa de pastoreo.

4.1.2 Consumo de melaza

El consumo de melaza (Y_2) en función del consumo de N del suplemento proteico (X_1), se describe con la ecuación 787, que se presenta a continuación:

$$Y_2 = 0,577 + 31,4(X_1) - 407,0(X_1)^2$$

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

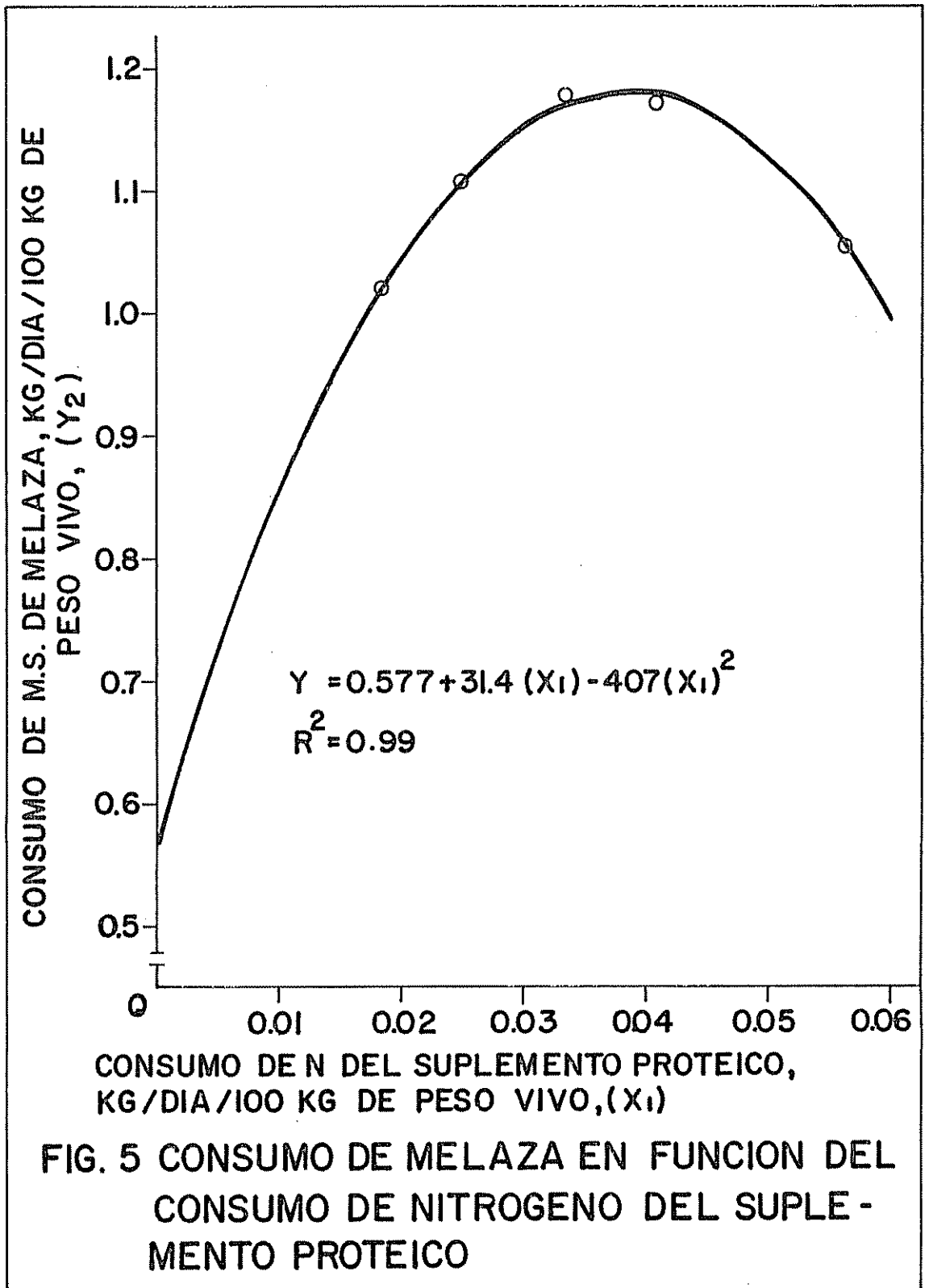
La ecuación $\overline{8}$ está representada en la Fig. 5. En esta figura se puede observar que el consumo de melaza aumenta hasta un nivel máximo después del cual disminuye, con los incrementos sucesivos del consumo de N del suplemento. El consumo máximo de melaza, 1,18 kg MS/día/100 kg de peso, corresponde a un consumo de N del suplemento de 0,04 kg. El consumo de melaza, cuando el consumo de suplemento es igual a 0, resulta ser 0,577 kg MS, valor que está de acuerdo con lo que podría esperarse en la realidad. La disminución en el consumo de melaza con valores mayores a 0,04 kg de N debe estar relacionada con el efecto sustitutivo del suplemento proteico sobre el consumo de melaza.

El consumo de melaza en función del consumo de MS del suplemento proteico (X_2), se describe mediante la ecuación $\overline{9}$, que se presenta a continuación:

$$Y_2 = -7,19 + 19,9(X_2) - 11,8(X_2)^2$$

$$R^2 = 0,93, \quad P \leq 0,01$$

La ecuación $\overline{9}$ está representada en la Fig. 6. La tendencia que sigue el consumo de melaza en esta figura, es similar a la observada en la Fig. 5, para el efecto del N. El consumo máximo de melaza es igual a 1,18 kg de MS/día/100 kg de peso vivo, y se alcanza con un consumo de MS del suplemento de 0,84 kg.



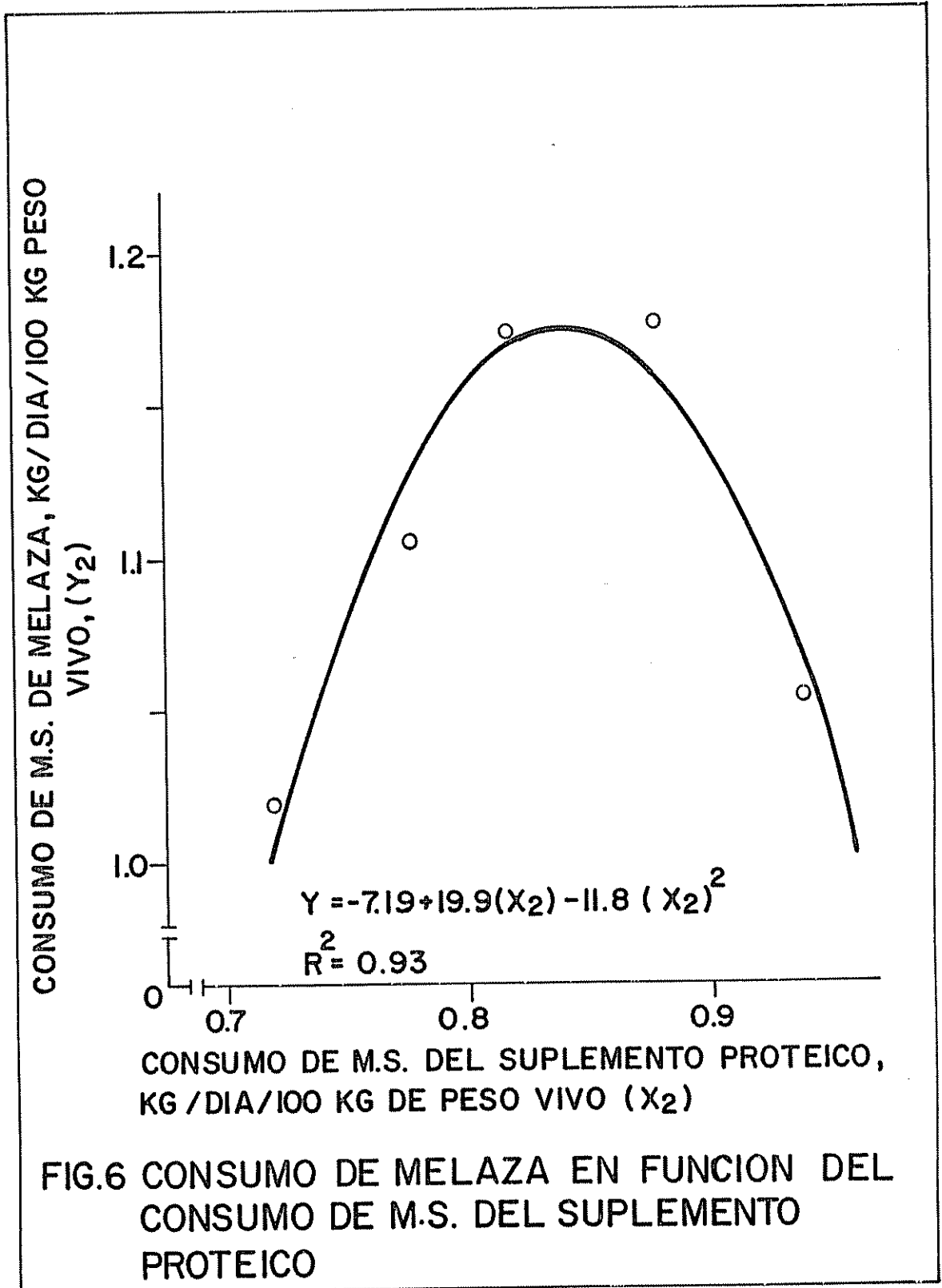


FIG.6 CONSUMO DE MELAZA EN FUNCION DEL CONSUMO DE M.S. DEL SUPLEMENTO PROTEICO

El incremento en el consumo de melaza con el aumento del nivel de suplementación, puede ser explicado como la respuesta a los aportes crecientes de N, que estimulan la síntesis de los microorganismos ruminales (27, 28, 41), y el anabolismo del organismo animal (5, 18). Una vez que se ha alcanzado el máximo consumo de melaza, se observa una disminución que puede ser debida a un efecto de sustitución de la melaza por el suplemento (6). El consumo máximo de melaza suministrada ad libitum, es bajo al compararlo con los consumos de hasta 2,5 kg de MS/día/100 kg de peso, que se han obtenido en trabajos previos (44, 53). Esto puede ser debido a que el consumo de melaza, sumado al consumo de suplemento proteico (ver Fig. 4 y Cuadro 2 del Apéndice), logró llenar los requisitos energéticos y de MS de los animales.

El consumo de MS del alimento total correspondiente al consumo máximo de suplemento proteico obtenido, se estimó mediante la ecuación 107, que describe al consumo total de MS (Y_3) en función del consumo de MS de suplemento:

$$Y_3 = \frac{1}{0,492 + (3,5 \times 10^4) e^{-17,9X_2}}$$

$$R^2 = 0,94, P \leq 0,01$$

El valor máximo obtenido, 2,02 kg de MS total/día/100 kg de peso, es bajo, indicando que los animales tendrían capacidad para comer más. Por consiguiente, es probable que el consumo energético total haya sido el factor principal en el control del consumo de melaza, más

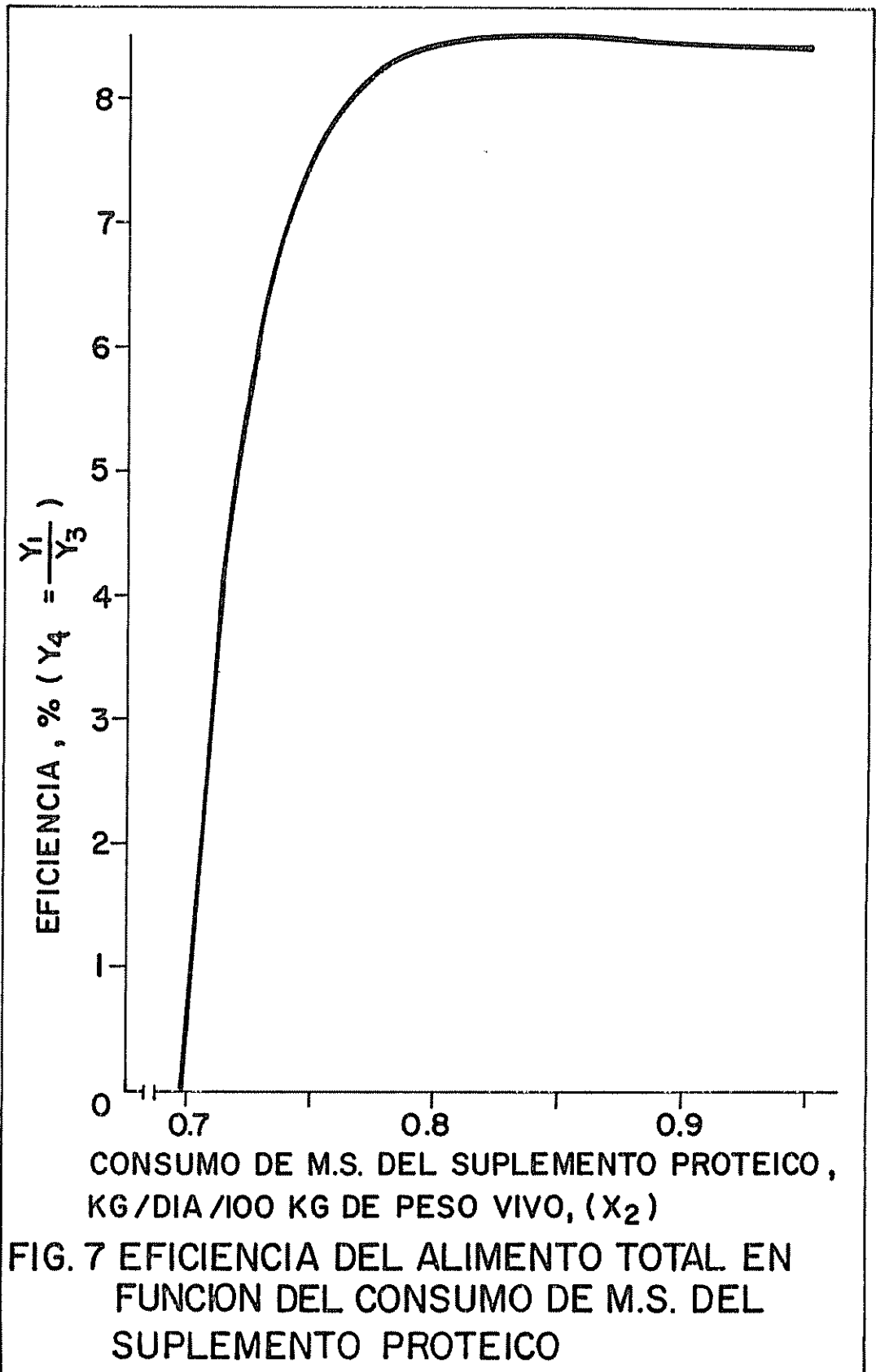
no el volumen del alimento consumido.

4.1.3 Eficiencia de utilización del alimento

La eficiencia de utilización de la MS total consumida (Y_4) en función del consumo de MS del suplemento proteico, se describe mediante la ecuación $\overline{11}$, que proviene de la relación del incremento de peso (Y_1) descrito por la ecuación $\overline{5}$ ($R^2 = 0,93$, $P \leq 0,01$) con el consumo de MS total (Y_3) descrito mediante la ecuación $\overline{10}$:

$$Y_4 = \left[0,598 - (4,3 \times 10^9) e^{-32,5X_2} \right] \left[0,492 - (3,4 \times 10^4) e^{-11,9X_2} \right]$$

La ecuación $\overline{11}$ se representa en la Fig. 7. Se puede observar que la eficiencia aumenta rápidamente hasta su valor máximo de 8,5 por ciento que se logra con un consumo de 0,84 kg de MS de suplemento/día/100 kg de peso vivo y de 1,99 kg MS del alimento total/día/100 kg de peso vivo. El incremento de peso diario correspondiente al punto de mayor eficiencia es de 0,592 kg. El valor máximo de eficiencia, es más alto que el correspondiente a las recomendaciones de la Tablas de Necesidades Nutritivas (43) para consumos de MS con ganancias de 0,5 kg (5,82%), y más bien coincide con el calculado para ganancias de 0,75 kg (8,48%). Clavo (2), en un trabajo de alimentación con melaza en el que se emplearon animales de la misma edad, y un nivel proteico total y de substitución con MNP similar al del presente trabajo, logró mayor eficiencia, 11,6 por ciento, posiblemente a causa de la mejor calidad de su fuente de proteínas. Otros trabajos, con animales más jóvenes (7 a 9 meses) del mismo peso, muestran eficiencia



de 17 por ciento cuando se empleó un suplemento proteico de harinas de soya y de pescado (44). En cambio, animales que consumieron un suplemento con 42 por ciento de harina de algodón y 25 por ciento de urea, a pesar de que consumieron mayor cantidad de N total que los anteriores, sólo tuvieron una eficiencia del 12 por ciento (58). Estas comparaciones ilustran la mayor eficiencia que se obtiene con animales más jóvenes, y la influencia de la calidad de la proteína consumida sobre la eficiencia.

4.1.4 Análisis económico

Los costos por kg de animal vivo (Z_2) en función del consumo de MS del suplemento proteico (X_2), se estiman mediante la ecuación $\overline{23}$, que proviene de la relación del costo diario por animal (C_2) estimado mediante la ecuación $\overline{22}$, con el incremento de peso (Y_1) estimado con la ecuación $\overline{5}$:

$$Z_2 = \frac{0,896 + 0,699 [3,5X_2] + 0,39 [3,5(-7,19 + 19,9X_2 - 11,8X_2^2)]}{0,598 - (4,3 \times 10^{-9}) e^{632,5X_2}}$$

La ecuación $\overline{23}$ está representada en la Fig. 8. La tendencia que sigue el costo por kg de peso vivo, es a disminuir al aumentar el consumo de suplemento hasta 0,82 kg de MS. El costo mínimo de producción estimado por kg de animal vivo, resulta ser \$7,67. Con el precio de venta de \$4,80/kg de animal vivo, en ningún caso se logra cubrir el costo de producción. Aún con el costo mínimo se obtiene una pérdida de 37,4 por ciento.

El incremento de peso correspondiente al punto de menor costo

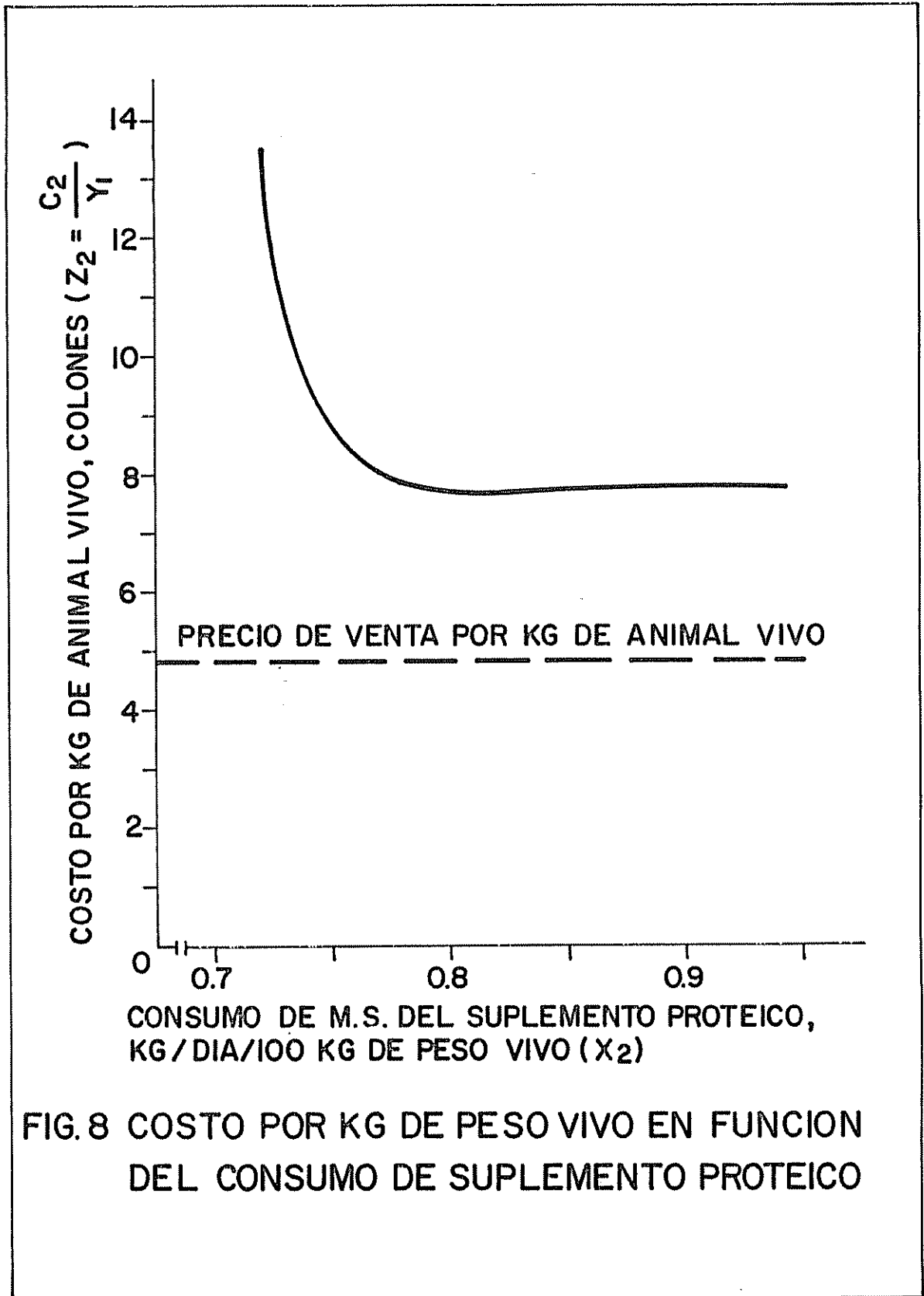


FIG. 8 COSTO POR KG DE PESO VIVO EN FUNCION DEL CONSUMO DE SUPLEMENTO PROTEICO

es 0,587 kg/día, y su eficiencia biológica aproximadamente 8,5 por ciento, valor que corresponde al máximo logrado en la etapa de corral. Para poder lograr beneficios económicos, sería necesaria una eficiencia biológica superior a 23 por ciento, que solamente puede obtenerse en el engorde intensivo de terneros de 150 kg de peso (43). El balance negativo de la etapa de corral, es el resultado del alto costo de los insumos de alimentación y del bajo precio de venta del producto.

4.1.5 Consideraciones generales sobre el valor predictivo de las ecuaciones

La dispersión de la información obtenida durante la etapa de corral, causada por problemas de manejo y por el arreglo de los tratamientos en el diseño rotable, que concentró las observaciones en los niveles de suplementación medio y bajo, afecta la predicción de algunas de las ecuaciones presentadas anteriormente. Al extrapolar valores fuera de la amplitud de las observaciones experimentales, en ocasiones se obtienen estimaciones que no coinciden con lo que podría esperarse en la realidad. Sin embargo, aún en estos casos, la tendencia general con que se describen los fenómenos, es apropiada desde el punto de vista fisiológico.

4.2 Etapas de pastoreo y corral

4.2.1 Incremento de peso

El incremento de peso promedio de las etapas de pastoreo y corral (Z), en función de la disponibilidad de pasto (X_1), consumo de melaza suplementada en pastoreo (X_2), consumo de melaza en corral (X_3),

y consumo de suplemento proteico (X_4) en corral (ver Cuadro 4 del Apéndice), se describe mediante el polinomio $\overline{20}$ que se presenta a continuación:

$$Z = -18,6 + 0,179X_1 + 3,58X_2 + 35,8X_3 - 4,83X_4 - 0,00934X_1^2 + 0,377X_2^2 - 16,0X_3^2 - 1,21X_4^2 - 0,0672X_1X_2 - 0,407X_1X_3 + 0,487X_1X_4 - 5,13X_2X_3 + 2,72X_2X_4 + 3,83X_3X_4$$

$$R^2 = 0,71, \quad P \leq 0,01$$

Al estudiar en forma independiente a los factores que se consideran en este polinomio, dentro de la amplitud experimental, se encuentran las siguientes tendencias generales para el incremento de peso: aumenta en forma no lineal con el aumento de la disponibilidad de forraje ($P \leq 0,05$); aumenta ligeramente con el incremento del consumo de melaza en pastoreo ($P \leq 0,05$); aumenta en forma no lineal con el consumo de alimento, suplemento y melaza, durante la etapa de corral. El incremento máximo de peso promedio estimado para las dos etapas es de 0,499 kg/día, y corresponde a los siguientes insumos:

- Disponibilidad de pasto, 0,164 kg/día/100 kg de peso.
- Consumo de melaza en la etapa de pastoreo, 0,494 kg de MS/día/100 kg de peso.
- Consumo de melaza en la etapa de corral, 1,11 kg/día/100 kg de peso.
- Consumo de suplemento en la etapa de corral, 0,638 kg/día/100 kg de peso vivo.

La disponibilidad de pasto estimada para el incremento de peso máximo, es baja. Esto puede ser debido a una subestimación de

la disponibilidad, que resultó por deficiencias metodológicas en el muestreo agronómico del forraje. Además, el valor predictivo de la ecuación [20] ($R^2 = 0,71$, $P \leq 0,01$), es bajo, por la naturaleza misma del polinomio que no logra describir adecuadamente al sistema bajo estudio y por la dispersión de los datos experimentales.

Estos resultados son poco conclusivos en términos cuantitativos. Sin embargo, demuestran la existencia de efectos residuales importantes sobre el comportamiento de los animales, según los tratamientos que se les da durante su desarrollo en pastoreo.

4.2.2 Análisis económico

El costo por kg de peso vivo (Z_2) en función de la disponibilidad de pasto (X_1) y la melaza consumida (X_2) en la etapa de pastoreo, y del suplemento proteico consumido (X_3) en la etapa de corral, se estimó mediante la ecuación [26] que se presenta a continuación:

$$Z_2 = \frac{1}{Z} \left\{ 0,571 \left[0,554 + 3,76 \left(\frac{X_1}{2,15X_1 + 7,98} \right) + 0,39(3X_2) \right] + 0,429 \right. \\ \left. \left[0,896 + 0,699(3,5X_3) + 0,39(3,5) (-7,19 + 19,9X_3 - 11,8X_3^2) \right] \right\}$$

donde: Z representa al incremento de peso promedio de ambas etapas, ponderado por el tiempo transcurrido en cada una de ellas.

En el Cuadro 4 se presenta el costo por kg de peso vivo (Z_2), pasto disponible, y consumos de melaza en pastoreo y suplemento proteico en corral, para los 25 tratamientos en las etapas de pastoreo y corral.

Cuadro 4. Costo total por kg de peso vivo, pasto ofrecido, y consumos de melaza en pastoreo y suplemento proteico en corral, para los 25 tratamientos.

Tratamientos	Pasto disponible (a)	Consumo de melaza pastoreo (a) ⁻⁻⁻	Consumo de suplemento proteico (a)	Costo por kg de peso vivo (b)
1	2,14	0,176	0,722	10,91
2	7,28	0,177	0,722	8,13
3	2,14	0,155	0,722	17,24
4	7,18	0,135	0,722	8,50
5	2,45	0,411	0,722	6,78
6	6,89	0,404	0,722	12,32
7	2,16	0,382	0,722	8,09
8	6,83	0,354	0,722	7,86
9	2,14	0,176	0,777	7,01
10	7,28	0,177	0,777	8,25
11	2,14	0,155	0,777	5,09
12	7,18	0,135	0,777	5,84
13	2,45	0,411	0,777	7,37
14	6,89	0,404	0,777	6,34
15	2,16	0,382	0,777	6,19
16	6,83	0,354	0,777	6,23
17	0,67	0,294	0,879	10,13
18	8,76	0,282	0,879	7,94
19	4,91	0,297	0,879	6,35
20	4,54	0,233	0,879	7,04
21	4,37	0,077	0,879	5,66
22	4,53	0,385	0,879	6,92
23	4,71	0,289	0,818	7,15
24	4,71	0,289	0,937	6,04
25	4,71	0,289	0,879	5,26

(a) kg/día/100 kg de peso vivo.

(b) Colones

Se puede observar, que el tratamiento 11 proporciona el menor costo por kg de peso vivo, \$5,09. Los insumos correspondientes fueron

2,1 kg de MS disponible de pasto, que corresponde aproximadamente a la disponibilidad en que se obtuvo el mayor incremento de peso por hectárea y el mínimo costo por kg de peso vivo en la etapa de pastoreo. 0,155 kg de malaza en la etapa de pastoreo, es un valor muy bajo; y 0,777 kg de suplemento proteico, que es un valor cercano al de máxima eficiencia en la etapa de corral. En ninguno de los tratamientos experimentales, con el precio actual de venta del producto de \$4,80, se logra obtener un beneficio económico. Estos resultados económicos negativos, se originan principalmente en el alto costo de los insumos, y en el bajo precio de venta de los animales.

El costo por kg de animal vivo, en función de X_1 , X_2 y X_3 , se describió mediante un polinomio de segundo grado [27], cuyo valor de predicción ($R^2 = 0,52$) resultó muy bajo a causa de la dispersión que se observa en los datos de costo/kg PV de los 25 tratamientos (Cuadro 4).

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones en que se realizó el presente trabajo, se concluye lo siguiente:

1. Por razones de índole económica, con los precios y costos vigentes al momento de analizar la información, en la crianza de animales de carne deberá enfatizarse la utilización del pasto, limitando el empleo de suplementos para épocas del año en que no se dispone de suficiente forraje.
2. Para manejo de animales en corral, y en condiciones semejantes a las del presente experimento, son aplicables las normas convencionales de alimentación.
3. Por problemas de diseño y de manejo experimentales, los resultados relacionados con la evaluación cuantitativa del crecimiento compensatorio no son suficientemente conclusivos.
4. El diseño experimental rotatable no es recomendable para estudios como el presente, pues elimina los valores extremos en los tratamientos. Además, la distribución desigual del número de observaciones en los tratamientos ocasiona una distribución heterogénea del error experimental.
5. En experimentos en los que ciertos factores se estudian en diferentes etapas, todos los tratamientos formados deben

de conservar absoluta individualidad.

6. En experimentos cuyos resultados serán analizados por regresión, el diseño de tratamientos no debe condicionar los niveles de aplicación de un factor en estudio, a los niveles de aplicación de otros factores.

6. RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. Fue la segunda parte de un experimento que comprendió dos etapas: desarrollo en pastoreo y engorda en corral. Sus objetivos fueron estudiar la respuesta biológica y económica de animales alimentados con diferentes niveles de proteína en corral, y sometidos previamente a diferentes niveles nutricionales en pastoreo, y desarrollar ecuaciones para predecir la respuesta animal en base a la penuria nutricional sufrida y el nivel de realimentación. Se emplearon 66 toretes tipo Brahman y tipo Romo Sinuano de dos años de edad, repartidos en 25 tratamientos en el experimento total, y agrupados en cinco niveles de proteína durante la etapa de corral. Durante la etapa de pastoreo se tuvieron diferentes niveles de presión de pastoreo (1,0; 2,6; 5,0; 7,4; y 9,0 kg de MS de pasto disponible/100 kg de peso vivo), y suplementación con melaza (0,1; 0,2; 0,35; 0,5; y 0,6 kg de MS de melaza/100 kg de peso vivo) y urea (0,0; 0,014; 0,035; 0,056; y 0,07 kg/100 kg de peso vivo). La alimentación durante la etapa de corral fue a base de melaza, que se suministró ad libitum, y de un suplemento proteico con 60 por ciento del N como harina de algodón y 40 por ciento como urea, con el cual se suministraron diferentes niveles de proteína (0,1; 0,14; 0,22; 0,38; 0,5 kg/100 kg de peso vivo).

Los incrementos de peso en la etapa de corral, mejoraron en forma no lineal hasta valores de 0,6 kg/día, como respuesta a los

niveles crecientes de suplemento proteico. Esto se logró con consumos de 0,04 kg de N y de 7 Mcal de ED/100 kg de peso vivo. La máxima eficiencia de utilización del alimento fue de 8,5 por ciento, correspondiente a un consumo de 0,84 kg de MS de suplemento proteico/100 kg de peso vivo. Los consumos de alimento para los incrementos de peso logrados coinciden con las normas convencionales de alimentación. Por problemas de diseño y de manejo experimentales, los resultados relacionados con la evaluación cuantitativa del crecimiento compensatorio no son suficientemente conclusivos. Sin embargo, fueron significativos ($P \leq 0,05$) los efectos de la presión de pastoreo y el nivel de suplementación con melaza sobre la respuesta de los animales en el total del experimento. Por razones económicas, se recomienda enfatizar la utilización del pasto en la crianza de animales para carne, reservando el empleo de suplementos para épocas del año en que la disponibilidad del forraje es limitada.

6a. SUMMARY

The present study was carried out at the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE), in Turrialba, Costa Rica. The study comprised the second phase of a broader study involving: 1) animal growth on pastures and 2) feedlot fattening. The objectives were: 1) to study the biological and economical response of feeding different levels of protein in feedlot to animals previously subjected to varying nutritional levels on pasture; 2) to develop prediction equations for estimating growth response according to the degree of previous nutritional stress and feeding levels. The animals used were 66 two-year-old bulls (grade and purebred) of the Brahman and Romo Si-nuano breeds, divided into 25 treatments representing different combinations of protein levels in feedlot, grazing pressures, molasses, and urea levels of supplementation on pasture. During the pasture phase, there were five levels of grazing pressure (1.0; 2.6; 5.0; 7.4; and 9.0 kg of available DM/100 kg body weight), five molasses supplementation levels (0.1; 0.2; 0.35; 0.5; and 0.6 kg of DM/100 kg body weight) and five urea supplementation levels (0.0; 0.014; 0.035; 0.056; and 0.07 kg/100 kg body weight). The basic ration used during the feedlot period was molasses fed ad lib with a protein supplement of 60 per cent of the nitrogen as cottonseed meal and 40 per cent as urea. Protein supplementation was fed at five levels (0.1; 0.14; 0.22; 0.38; and 0.5 kg/100 kg body weight).

Weight gains during the feedlot period increased in a non linear

manner up to approximately 0.6 kg/day, as protein supplementation increased. These gains were reached with nitrogen and digestible energy consumptions of 0.04 kg and 7 Mcal/100 kg body weight, respectively. Maximum efficiency of feed utilization was 8.5 per cent, corresponding to consumption levels of 0.84 kg DM/100 kg body weight in the protein supplement. Feed consumption and weight gains obtained coincided with conventional feeding norms. The results during the feedlot period as related to the influence of previous pasture feeding, were not conclusive due to management and design problems. Nevertheless, grazing pressure and molasses supplementation on pasture produced significant growth responses for the entire experiment. For economical reasons it is recommendable to emphasize pasture utilization for beef production and limiting supplementation to periods of forage scarcity.

7. LITERATURA CITADA

1. ALLDEN, W. G. The effect of nutritional deprivation on the subsequent productivity of sheep and cattle. *Nutrition Abstracts and Reviews* 40(4):1167-1184. 1970.
2. ASPLUND, J. H., GERMEROTH, C. J. y GREKING, S. E. Protein levels in supporting compensatory gain. *Journal of Animal Science* 37(1):336. 1973. (Summary).
3. _____, HENDRICK, H. B. y HAUGEBACK, C. D. Performance, digestibility and ⁴⁰K levels in lambs during compensation for feed restriction. *Journal of Animal Science* 40(1): 138-143. 1975.
4. BAILON, G. Aspectos genético-fisiológicos del crecimiento en ganado de carne en el trópico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 48 p.
5. BAILE, C. D. y FORBES, M. J. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. *Physiological Reviews* 54(1):160-214. 1974.
6. BEAUDOUIN, J. Efectos de la melaza sobre el consumo de pasto en bovinos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1968. 41 p.
7. BUTTERWORTH, M. H. The digestibility of tropical grasses. *Nutrition Abstracts and Reviews* 37(2):349-368. 1967.
8. CAFFREY, J. D., HATFIELD, E. E., NORTON, H. W. y GARRIGUS, U. S. Nitrogen metabolism in the ovine. I. Adjustment to a urea rich diet. *Journal of Animal Science* 26:595-600. 1967.
9. CARNEGIE, A. B., TULLOH, H. M. y SEEBECK, R. M. Developmental growth and body weight loss of cattle. V. Changes in the alimentary tract. *Australian Journal of Agricultural Research* 20(2):405-415. 1969.
10. CHALUPA, W., CLARK, J., OPLIGIGER, P. y LAUBER, R. Detoxication of amonia in sheep fed soy protein or urea. *Journal of Nutrition* 100(2):170-176. 1970.
11. _____. Metabolic aspects of nonprotein nitrogen utilization in ruminant animals. *Federation Proceedings* 31(3):1152-1164. 1972.

12. CLAVO F., N. Respuesta a diferentes niveles de urea por novillos alimentados con melaza y bagazo de caña de azúcar. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 45 p.
13. CONRAD, H. R. y HIBBS, J. W. Nitrogen utilization by the ruminant. Appreciation of its nutritive value. *Journal of Dairy Science* 51(2):276-285. 1968.
14. CUBA. INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL. Universidad de La Habana. Informe 1971-1972. 152 p.
15. CUBILLOS, G., VOHNOUT, K. y JIMENEZ, C. Sistemas intensivos de alimentación en pastoreo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1974. 19 p. (mimeografiado).
16. DRORI, D., LEVY, D., JOLMAN, Y. y HOLGER, Z. Compensatory growth on intensively raised bull calves. II. The effect of feed energy concentration. *Journal of Animal Science* 38(3):654-661. 1974.
17. EADIE, M. J., HYLDGAARD, J. J., MANN, S. O., REID, R. S. y WHITELAW, F. G. Observations on the microbiology and biochemistry of the rumen of cattle given different quantities of a pelleted barley ration. *British Journal of Nutrition* 24(1):157-177. 1970.
18. EGAM, 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 roughage by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 16: 451, 462. 1965.
19. ELIAS, S., PRESTON, T. R., WILLIS, M. B. y SUTHERLAND, T. M. Subproductos de la caña y producción intensiva de carne. 4. La ceba de toros con miel/urea en sustitución del grano en dietas de poca fibra. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 1(2):59-67. 1960.
20. FOX, D. G., JOHNSON, R. R., PRESTON, R. L., DOCKERTY, T. R. y KLOSTERMAN, E. W. Protein and energy utilization during comensatory growth in beef cattle. *Journal of Animal Review* 34(2):310-318. 1972.
21. _____, PRESTON, R. L., SENFT, B. y JOHNSON, R. R. Plasma growth hormone levels and thyroid secretion rates during compensatory growth in beef cattle. *Journal of Animal Science* 38(2):437-441. 1974.

22. GEERKEN, C. M. y SUTHERLAND, T. M. Volumen ruminal, flujo y pasaje de carbohidratos solubles fuera del rumen en animales alimentados con dietas altas en nueces. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 3(3):219-223. 1969.
23. GRAHAM, N. McC. y SEARLE, T. W. Studies of weaner sheep during and after a period of weight stasis. I. Energy and nitrogen utilization. *Australian Journal of Agricultural Research* 26(2):343-353. 1975.
24. HELMER, C. G. y BARTLEY, E. E. Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants. A review. *Journal of Dairy Science* 54(1):25-51. 1971.
25. HIROMAKA, R. y KOZUB, G. C. Compensatory growth of beef cattle restricted at two energy levels for two periods. *Canadian Journal of Animal Science* 53(4):709-715. 1973.
26. HODGMAN, C. D. Handbook of chemistry and physics. 13 ed. Cleveland, Ohio. Chemical Rubber Publishing Company. 1946. 2,686 p.
27. HUME, I. D., MOIR, R. J. y SOMERS, M. Synthesis of microbial protein in the rumen. I. Influence of the level of nitrogen intake. *Australian Journal of Agricultural Research* 21(2):283-296. 1970.
28. JONES, G. M. Chemical factors and their relation to feed intake regulation in ruminants: a review. *Canadian Journal of Animal Science* 52(2):207-239. 1972.
29. _____, CECYRE, A. y GANDREAU, J. H. Effects of dietary protein and cellulose content of semipurified diets on voluntary feed intake and digestibility by sheep. *Canadian Journal of Animal Science* 53(3):445-454. 1973.
30. JAUBERT, D. M. The influence of winter nutritional depression on the growth reproduction and production of cattle. *Journal of Agricultural Science* 14:5-66. 1954.
31. KOWALCZYK, J., RAMIREZ, A. y GEERKEN, C. M. Estudio sobre la composición y flujo del contenido duodenal en ganado alimentado con dietas altas en mieles y urea. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 3(3):225-230. 1969.
32. LAWRENCE, T. L. J. y PEARCE, J. Some effects of wintering yearling beef cattle on different planes of nutrition. *Journal of Agricultural Science* 63(1):5-20. 1964.

33. MARTY, R. J. y SUTHERLAND, T. H. El metabolismo de la sacarosa y el ácido láctico en el rumen de bovinos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 3(1):80. 1969. (Sumario).
34. _____ y PRESTON, T. R. Proporciones molares de los ácidos grasos volátiles de cadena corta (AGV) producidos en el rumen de ganado vacuno alimentado con dietas altas en miel. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 4(3):189, 192. 1970.
35. _____. Manipulación de la fermentación ruminal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 6:163-175. 1972.
36. _____ y HENDRICKS, H. K. Estudio de las propiedades bufferantes del líquido ruminal de ovejas alimentadas con una dieta rica en mieles. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 7(2):195. 1973.
37. _____, BENAVIDES, M. y PRESTON, T. R. Rumen fermentation in bulls fed sucrose as the main carbohydrate source. *Cuban Journal of Agricultural Science* 8(2):157-165. 1974.
38. McDOWELL, C. R., CONRAD, J. H., THOMAS, J. E. y HARRIS, L. E. Latin American tables of feed composition. Gainesville, Florida. University of Florida. 1974. 509 p.
39. MEYER, J. H. y CLAWSON, A. J. Undernutrition and recovery from undernutrition in rats and sheep. *Journal of Animal Science* 23:214-224. 1964.
40. _____, HULL, J. L., WEITKAMP, H. y BONILLA, S. Compensatory growth responses of fattening steers following various low energy intake regimes on hay or irrigated pasture. *Journal of Animal Science* 24:29-37. 1965.
41. MOIR, R. J. y HARRIS, L. E. Ruminant studies in the sheep. X. Influence of nitrogen intake upon ruminal function. *Journal of Nutrition* 77:285, 298. 1962.
42. MORGAN, H. L. Effect of plane of nutrition in early life on subsequent live weight gains, carcass and muscle characteristics and eating quality of meat in cattle. *Journal of Agricultural Science* 78(3):417-423. 1972.
43. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. Nutrient requirements of beef cattle. 4a. ed. Washington, D.C., 1970. 55 p.

44. OCHOA, C. O. 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. 46 p.
45. PERRY, T. W., HUBER, D. A., MOTT, G. O., RHYKERD, C. L. y TAYLOR, R. W. Effect of level of pasture supplementation on pasture, drylot and total performance of beef cattle. I. Spring Pasture. *Journal of Animal Science* 32(4): 744-748. 1971.
46. _____, HUBER, D. A., MOTT, G. O., RHYKERD, C. L. y TAYLOR, R. W. Effect of level of pasture supplementation on pasture, drylot and total performance of beef cattle. II. Spring plus summer pasture. *Journal of Animal Science* 34(4):647-652. 1972.
47. PRESTON, T. R., WILLIS, M. B. y ELIAS, A. Efecto de diferentes niveles de urea en la miel final suministrada ad libitum a toros de ceba como suplemento del grano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 1(1):33-40. 1967.
48. _____, WILLIS, M. B. y ELIAS, A. The performance of two breeds given different amounts and sources of protein N in a high-molasses diet. *Animal Production* 12(3):457-464. 1970.
49. PURSER, D. B. Nitrogen metabolism in the rumen. Microorganisms as a source of protein for the ruminant animal. *Journal of Animal Science* 30(6):988, 1001. 1970.
50. RAMIREZ, A, y SUTHERLAND, T. M. Efecto de la concentración de urea en la miel sobre el consumo alimenticio y metabolismo del N en ganado alimentado con dietas basadas en grano o forraje. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 5(2):181-190. 1971.
51. _____ y KOWALCZYK, J. Síntesis de proteína microbiana en toros jóvenes alimentados con dietas basadas en miel/urea libre de proteína verdadera. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 5(1):21-26. 1971.
52. _____. Actividad deaminativa de la microflora del rumen con dietas de miel/urea. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 6(1):37-43. 1972.
53. RUIZ, M. E. y VOHNOUT, K. El uso de subproductos en la alimentación de bovinos en el trópico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 23 p. 1974. (mimeografiado).

54. SALEM, H. A., DEVLIN, T. J. y MARQUANDT, R. R. Effects of urea on the activity of glutamate dehydrogenase, glutamine synthetase, carbamyl phosphate synthetase, and carbamyl phosphokinase in ruminant tissue. *Canadian Journal of Animal Science* 53(3):503-511. 1973.
55. SEARLE, T. W. y GRAHAM, N. McC. Studies of weaner sheep during and after a period of weight stasis. II. Body composition. *Australian Journal of Agricultural Research* 26(2):355-361. 1975.
56. SIMON, J., VEITIA, L. y ESQUIVEL, C. Hierba elefante y paja de arroz como fuentes de forraje para ganado cebado con dietas basadas en miel. 2. Población protozoaria ruminal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 5(2):191-193. 1971.
57. TRENKLE, A. Hormonal and nutritional interrelationships and their effects on skeletal muscle. *Journal of Animal Science* 38(5):1142-1149. 1974.
58. VALENTE, C. S. Efeito de tres fontes nitrogenadas na crecimiento e engorda de bovinos de corte a base de melaçao. Tese Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 59 p.
59. VERDE, L. S., JOANDET, G. E., GIL, E. A., TORRES, F. y FLORES, J. Efecto de la alimentación y el padre en el crecimiento compensatorio de novillos. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Memorias* 10:75-97. 1975.
60. VISEK, W. J. Effect of urea hidrolisis, on cell life-span and metabolism. *Federation Proceedings* 31(3):1178. 1972.
61. WARDROP, I. D. The effects of the plane of nutrition in early post-natal life on the subsequent growth and development of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 17:375-385. 1966.
62. WINCHESTER, C. F., DAVIES, R. E. y HINER, R. L. Malnutrition of young cattle: effect on feed utilization eventual body size and meat quality. U.S. Department of Agriculture. Technical Bulletin no. 1374. 1968. 241 p.
63. WILSON, P. N. y OSBURN, D. F. Compensatory growth after under-nutrition in mammals and birds. *Biological Reviews* 35: 324-361. 1960.
64. YEATES M. T. M. Starvation changes and subsequent recovery of adult beef muscle. *Journal of Agricultural Science* 62: 267-272. 1964.

A P E N D I C E

Cuadro 1A. Consumos totales de nitrógeno e incremento de peso, en los grupos de la etapa de corral.

Grupos	Consumo de N (a)			Incremento de peso (b)
	Suplemento	Melaza	Total	
1	0,0186	0,0075	0,0261	0,318
2	0,0248	0,0081	0,0329	0,526
3	0,0334	0,0086	0,0420	0,598
4	0,0407	0,0085	0,0492	0,640
5	0,0563	0,0082	0,0645	0,565

(a) kg/día/100 kg de peso vivo

(b) kg/día

Cuadro 2A. Consumos totales de Energía Digestible en los grupos de la etapa de corral.

Grupos	Consumo de Energía Digestible ^{a/}		
	Suplemento	Melaza	Total
1	2,094	3,363	5,457
2	2,252	3,643	5,895
3	2,548	3,804	6,432
4	2,372	3,874	6,246
5	2, 2,717	3,478	6,195

^{a/} M cal/día/100 kg de peso vivo

Cuadro 3A. Consumo de suplemento proteico y melaza, tasa relativa de incremento de peso anterior, e incremento de peso, para los 25 tratamientos en la etapa de corral.

Tratamiento	Consumo de suplemento (a)	Consumo de melaza (a)	Tasa relativa incremento peso anterior (b)	Incremento de peso (b)
1	0,722	1,019	0,000582	0,258
2	0,722	1,019	0,001099	0,449
3	0,722	1,019	0,000497	0,003
4	0,722	1,019	0,001192	0,370
5	0,722	1,019	0,000918	0,452
6	0,722	1,019	0,001229	0,148
7	0,722	1,019	0,000782	0,382
8	0,722	1,019	0,001434	0,485
9	0,777	1,104	0,001016	0,302
10	0,777	1,104	0,001108	0,360
11	0,777	1,104	0,000845	0,663
12	0,777	1,104	0,001071	0,639
13	0,777	1,104	0,000983	0,337
14	0,777	1,104	0,001094	0,638
15	0,777	1,104	0,000945	0,528
16	0,777	1,104	0,001056	0,745
17	0,879	1,177	-0,000004	0,592
18	0,879	1,177	0,001343	0,439
19	0,879	1,177	0,001012	0,583
20	0,879	1,177	0,001105	0,472
21	0,879	1,177	0,000908	0,624
22	0,879	1,177	0,000937	0,705
23	0,818	1,074	0,000910	0,640
24	0,937	1,054	0,001240	0,565
25	0,879	1,177	0,000942	0,950

(a) kg de MS/día kg de peso vivo

(b) kg/día

Cuadro 4A. Disponibilidad de pasto, consumo de melaza y suplemento proteico, e incremento de peso, para los 25 tratamientos en las etapas de pastoreo y corral.

Tratamiento	Disponibilidad de pasto (a)	Consumo de melaza <u>1/</u> (a)	Consumo de melaza <u>2/</u> (a)	Consumo de suplemento (a)	Incremento de peso (b)
1	2,138	0,176	1,019	0,722	0,232
2	7,283	0,177	1,019	0,722	0,348
3	2,138	0,155	1,019	0,722	0,146
4	7,180	0,135	1,019	0,722	0,329
5	2,445	0,411	1,019	0,722	0,401
6	6,893	0,404	1,019	0,722	0,241
7	2,155	0,382	1,019	0,722	0,331
8	6,828	0,354	1,019	0,722	0,374
9	2,136	0,176	1,104	0,777	0,379
10	7,283	0,177	1,104	0,777	0,358
11	2,138	0,155	1,104	0,777	0,519
12	7,180	0,135	1,104	0,777	0,501
13	2,445	0,411	1,104	0,777	0,386
14	6,893	0,404	1,104	0,777	0,488
15	2,155	0,382	1,104	0,777	0,452
16	6,828	0,354	1,104	0,777	0,491
17	0,673	0,294	1,177	0,879	0,247
18	8,758	0,282	1,177	0,879	0,402
19	4,910	0,297	1,177	0,879	0,483
20	4,540	0,233	1,177	0,879	0,427
21	4,373	0,077	1,177	0,879	0,511
22	4,533	0,345	1,177	0,879	0,445
23	4,708	0,289	1,074	0,818	0,419
24	4,708	0,289	1,054	0,937	0,507
25	4,708	0,289	1,177	0,879	0,580

1/ Consumo de melaza en la etapa de pastoreo

2/ Consumo de melaza en la etapa de corral

(a) kg de MS/día/100 kg de peso vivo

(b) Incremento de peso promedio (ponderado con el tiempo) kg/día

Costos fijos para manejo de los animales (K_0)

Se consideran los siguientes gastos en relación con el manejo de 66 animales, en 126 días:

a. Inversiones en equipos amortizables:

Corral	∅20.000/10 años/126 días/30% de uso	∅ 207,12
Balanza	∅5.200/10 años/126 días/4,5% de uso	8,08
Instrumental veterinario de primera necesidad	∅1.300/2 años/126 días/4,5% de uso	10,09
Comederos y bebederos	∅1.200/2 años/126 días/30% de uso	62,14
Otros	∅1.000/2 años/126 días/30% de uso	<u>51,78</u>
	Sub-total:	∅ 339,21

b. Gastos de manejo:

Antiparasitarios:

Internos, 920 cc Neguvon inyectable	∅0,35/cc	∅ 322,00
Externos, 1/2 kg Asuntol		50,00
Encargado del manejo de los animales, 140 jornales a	∅21,00/día	2.940,00
Administración	∅3.000/126 días/6%	<u>62,14</u>
	Sub-total:	∅3.374,14

c. Intereses:

Inversión:	∅28.700/126 días/8%	792,59
Gastos de Manejo:	∅3.374,14/126 días/8%	93,18
Compra de animales:	∅103.276,80/126 días/8%	<u>2.852,14</u>
	Sub-total	∅3.737,91
	TOTAL:	<u><u>∅7.451,26</u></u>

Por tanto:

Ø7.451,26 para 66 animales en 126 días es igual a:

Ø0,896 por animal por día (K_0)

Costos por kg de MS de suplemento proteico (K_1)

Los costos por kg de suplemento se calcularon en base a una ración cuya composición es aproximadamente el promedio de las ofrecidas en los cinco tratamientos, utilizando los precios listados a continuación:

<u>Componente</u>	<u>Precio/kg (Ø)</u>
Harina de algodón	1,453
Urea	2,087
Azufre	2,700
Sal	0,587
Harina de hueso	1,522
Bagazo	0,050
Melaza	0,300
Premezcla vitamínica	4,000

El costo resultante por kg de MS de suplemento proteico es de Ø0,699 (K_1).

Costo por kg de MS de melaza (K_2)

Se consideró un contenido de MS de 70 por ciento en la melaza, resultando el costo por kg de MS igual a Ø0,39 (K_2).

Costos fijos por manejo de animales (K₀)

Los cálculos de K₀ corresponden al manejo de 66 animales en 168 días:

a.	Inversiones de equipos amortizables	
	Corral: ₡7.800/10 años/168 días/15%	₡ 53,85
	Balanza: ₡5.200/10 años/168 días/15%	35,90
	Instrumental veterinario de primera necesidad:	
	₡1.300/2 años/168 días/15%	44,88
	Comederos: ₡105/2 años/168 días/15%	121,00
	Bebedores: ₡55/3/2 años/168 días	<u>37,97</u>
	Sub-total:	₡ 293,60
b.	Gastos de mantenimiento y alimentación	
	Sal: 140 kg/₡0,60	₡ 84,00
	Antiparasitarios:	
	Internos: 920 cc Meguvon inyectable ₡0,35	322,00
	Externos: 1 kg de Asuntol	100,00
	Salario mano de obra, 42 jornales/₡21/día	882,00
	Administración: ₡3.000/6%/168 días	<u>994,19</u>
	Sub-total:	₡2.382,19
c.	Intereses	
	Inversión: ₡14.990/8%/168 días	₡ 303,59
	Gastos de manejo: ₡2.382,19/8%/168 días	87,72
	Compra de animales: ₡16.838 (kg PV a ₡4,80)/	
	8%/168 días	<u>2.979,57</u>
	Sub-total	₡3.370,88
	TOTAL:	<u>₡6.046,47</u>

Costos por concepto de pasto (K_1^c)

Los cálculos son realizados en base a 1 ha.

a. Inversiones amortizables

Valor de la tierra: $\$7.000/10$ años/ 168 días \$ 322,19

Implantación del cultivo/ 5 años 86,06

b. Gastos de mantenimiento del pasto

Tractor (chepeo) $2 \frac{1}{2}$ horas/ $10,50$ /hora/ 168 días 26,25

c. Intereses

Implantación y mantenimiento del pasto

$\$961,15$ en 168 días 28,60

Capital en tierra/ 168 días 167,90

TOTAL: \$ 631,00

Por consiguiente:

$$K_1^c = \frac{631,00}{168 \text{ días}} = 3,76$$