

Validación del modelo "CNCPS" en vacas
lecheras alimentadas con ensilaje de maíz
y pasto guinea (*Panicum maximum* cv tobiatá)

Victor Hugo Lascano Alcóser

INSTITUCIÓN:	_____
FECHA:	_____
ENCARGADO:	_____

ZAMORANO

Departamento de Zootecnia

Diciembre, 1999

#1033

**Validación del modelo “CNCPS” en vacas
lecheras alimentadas con ensilaje de maíz
y pasto guinea (*Panicum maximum* cv tobiatá)**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

presentado por

Víctor Hugo Lascano Alcóser

**Zamorano-Honduras
Diciembre, 1999**

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



Víctor Hugo Lascano

Zamorano-Honduras
Diciembre, 1999

DEDICATORIA

A Dios por ser fundamental y trascendental en mi vida.

A mis padres Víctor y Guadalupe y mi hermano Diego, por el amor que a diario me brindan y el apoyo tanto económico como mental que me ayudaron a alcanzar esta meta.

A toda mi familia, por darme sus ánimos y apoyo para alcanzar el triunfo.

A Maria Delfina Flores Ríos, por ser mi novia, mi amiga, y mi compañera en los buenos y malos momentos que pasamos en la Zamorano y en los que nos esperan.

A mis amigos y colegas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme todas las oportunidades y ayudarme a conseguirlas.

A mi querida familia por el cariño y el apoyo en todo aspecto, que me dan para buscar siempre mi superación.

A María Delfina Flores Ríos, por darme su amor y su apoyo en Zamorano y en lo que nos deparará el futuro.

Al Dr. Miguel Vélez por brindarme su amistad, sabiduría, empuje y asesoramiento en la elaboración de mi tesis.

A la Dra. Gladys de Flores por brindarme su amistad, su asesoramiento en mi tesis y sus valiosos consejos para el futuro.

Al Dr. Isidro Matamoros por su amistad y asesoramiento en la elaboración de mi tesis.

A todo el personal de Zootecnia.

A la clase OMEGA '98.

A mis colegas y amigos del PA y PIA.

RESUMEN

Lascano, Víctor 1999. Validación del modelo "CNCPS" en vacas lecheras alimentadas con ensilaje de maíz y pasto guinea (*Panicum maximum* cv tobiatá). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 25p.

Las tablas de requerimientos para balancear dieta usadas el trópico no discriminan por el tipo de ganado y de alimento, clima y manejo. El Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) de la Universidad de Cornell integra estos factores. Está validado para climas templados. Para aportar a la validación en el trópico se analizaron los resultados de un ensayo con 17 vacas Holstein y 3 Pardo Suizo, alimentadas con ensilajes de maíz y de pasto guinea *ad libitum*, 2 kg de heno de transvala, 1.5 kg de torta de soya y 2 kg de melaza y suplementadas con 1 kg concentrado por 2 kg de leche a partir de 8 kg/día de leche. La producción diaria fue de 23.3 kg y 24.4 kg. El modelo subestimó el consumo de MS total en 40 y 48%, de MS del forraje en 19 y 18 % y de Proteína Metabolizable (PM) en 4.9 y 8.8% y sobrestimó la ingesta de Energía Metabolizable (EM) en 7.3 y 4.8%, para las dietas con guinea y maíz respectivamente. Basándose en la EM disponible, subestimó la producción posible de leche con los ensilajes de guinea y maíz en 20.1 y 13.2% y la sobrestimó cuando se basó en la disponibilidad de PM en 6.7 y 11.2%, respectivamente. Asumiendo que el costo de alimentación representa el 60% del costo total, y un precio de Lp. 5.10/kg de leche (\$0.35) la utilidad fue de \$ 2.65 y \$ 2.64/día para el ensilaje de guinea y de maíz respectivamente.

Palabras claves: CNCPS, energía metabolizable, proteína metabolizable, consumo de materia seca, producción, trópico.

NOTA DE PRENSA

AUMENTE EL RENDIMIENTO DE SU EXPLOTACION LECHERA

La alimentación es el factor más importante para el rendimiento productivo de cualquier explotación animal. En la producción lechera se estima que corresponde a un 60% de los costos totales.

Las dietas balanceadas usando las tablas de requerimientos (hechas en los países de clima templado), no toman en cuenta las necesidades del animal cuando cambiaban las condiciones ambientales y de manejo.

Se han desarrollado modelos computarizados para formular y evaluar dietas tomando en cuenta el tipo de ganado, el clima y el manejo, lo cual ha venido a revolucionar los sistemas tradicionales de alimentación y ha logrado un mejor uso de los alimentos y una mejor producción del ganado.

Se está trabajando en adaptar estos modelos a las condiciones del trópico. Entre marzo y junio de 1999, se realizó en Zamorano un estudio para determinar la eficiencia de uno de estos modelos (Cornell Net Carbohydrate and Protein System; CNCPS) para predecir el desempeño animal y el consumo de alimento.

Se utilizaron 20 vacas lecheras, las cuales fueron alimentadas con ensilaje de pasto guinea y ensilaje de maíz, heno, concentrado, harina de soya y melaza, durante 84 días.

El modelo predijo un consumo de materia seca inferior en 40 y 48 % al consumo real para los ensilajes de maíz y de pasto guinea respectivamente, lo cual se debió a que el mismo no ajustó sus predicciones a las condiciones ambientales existentes en el trópico, las que difieren de las de regiones templadas, por lo tanto es importante seguir investigando sobre el modelo para mejorar su exactitud y poder utilizarlo para el objetivo por el cual fue creado.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Nota de prensa.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de Cuadros.....	x
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Anexos.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Generales.....	2
1.1.2. Específicos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Validaciones en la región templada.....	3
2.2. Validaciones en la región tropical.....	4
2.3. Estrés por calor.....	5
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
3.1. Localización.....	6
3.2. Animales.....	6
3.3. Alimentación.....	6
3.4. Recolección de datos.....	8
3.4.1. Clima.....	8
3.4.2. Datos productivos.....	8
3.4.3. Análisis Bromatológicos.....	8
3.4.3.1. Oferta.....	8
3.5. Análisis estadístico.....	9
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4.1. Consumo de materia seca y forraje.....	10
4.2. Producción de leche.....	13
4.3. Cambios en peso y condición corporal.....	15
4.4. Costos de producción.....	16

4.5.	Correlaciones.....	16
5.	CONCLUSIONES.....	17
6.	RECOMENDACIONES.....	18
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	19
8.	ANEXOS.....	23

ÍNDICE DE CUADROS

Quadro

1.	Descripción de los animales.....	6
2.	Composición del concentrado.....	7
3.	Costo de los alimentos.....	7
4.	Consumo real y predicho de MS y consumo real de proteína cruda (PC) y fibra neutro detergente.....	11
5.	Ingestión real y predicha de energía y proteína metabolizables (EM y PM).....	13
6.	Producción real y predicha en base a la EM y la PM disponible y composición de la leche.....	14
7.	Cambio en peso (kg/vaca) y de condición corporal (CC).....	15
8.	Costos de alimentación y de producción e ingresos y utilidad estimados.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1.	Regresión del consumo de MS total real al predicho.....	11
2.	Regresión del consumo de MS del forraje real al predicho.....	12
3.	Regresión de la producción real y predicha en base a EM.....	14
4.	Regresión de la producción real y predicha en base a PM.....	15

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		
1.	Composición de los alimentos y tasa de fermentación de la fracción de carbohidratos B2.....	<u>22</u>
2.	Consumo de materia seca de los diferentes alimentos.....	23
3.	Correlaciones.....	<u>24</u>
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
13.		
14.		
15.		
16.		
17.		
18.		
19.		
20.		
21.		
22.		
23.		
24.		
25.		
26.		
27.		
28.		
29.		
30.		
31.		
32.		
33.		
34.		
35.		
36.		
37.		
38.		
39.		
40.		
41.		
42.		
43.		
44.		
45.		
46.		
47.		
48.		
49.		
50.		
51.		
52.		
53.		
54.		
55.		
56.		
57.		
58.		
59.		
60.		
61.		
62.		
63.		
64.		
65.		
66.		
67.		
68.		
69.		
70.		
71.		
72.		
73.		
74.		
75.		
76.		
77.		
78.		
79.		
80.		
81.		
82.		
83.		
84.		
85.		
86.		
87.		
88.		
89.		
90.		
91.		
92.		
93.		
94.		
95.		
96.		
97.		
98.		
99.		
100.		

1. INTRODUCCIÓN

El ganado convierte forrajes, granos y subproductos agroindustriales en productos para consumo humano, en una gran variedad de sistemas de producción con suelos, clima, alimentos y tipos de animales diferentes. De la cantidad y calidad de los alimentos depende la cantidad y calidad de los productos y es necesario eficientar la producción para que el animal exprese su capacidad genética sin que por esto la explotación deje de ser rentable.

Para balancear las dietas en el trópico se usan tablas de requerimientos desarrolladas en Estados Unidos y otros países de clima templado, las que no consideran el tipo de ganado, el clima y el manejo (Fox, 1993). Recientemente se han desarrollado modelos que integran los requerimientos y el efecto de dichos factores; uno de ellos es el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS; Owen, 1996).

El CNCPS fue desarrollado en la Universidad de Cornell hace 17 años para formular y evaluar raciones de ganado vacuno. Está basado en submodelos separados de funciones fisiológicas y metabólicas, como son: consumo, etapa fisiológica, fermentación de carbohidratos y degradación de proteínas en el rumen, digestión y absorción intestinales, excreción, producción de calor, división y utilización de nutrientes para mantenimiento, crecimiento, lactancia y reservas, usando las recomendaciones del Consejo Nacional de Investigación (NRC) y literatura adicional (Fox et al. 1990).

El modelo ha sido validado en zonas templadas en donde tiene altos niveles de precisión. Sin embargo en el trópico su poder de predicción es bajo ya que requiere, entre otros, información respecto a la composición y tasas de fermentación de carbohidratos y proteínas, contenido de nitrógeno no proteico, y tasas de pasaje en el rumen de los alimentos tropicales, la que no siempre está disponible.

Además, se sabe poco sobre el efecto que el clima y la composición de los alimentos causan sobre la fisiología del ganado vacuno en el trópico. El presente estudio buscó aportar datos a ello, usando para este fin vacas del ható lechero de Zamorano, y una dieta a base de ensilaje de maíz y tobiatá

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

- a) Validar el modelo CNCPS en vacas alimentadas con ensilaje de maíz y pasto guinea en condiciones tropicales.

1.2.2. Específicos

Comparar los resultados observados con las predicciones del modelo sobre:

- a) Consumo de materia seca (MS), consumo de forraje, proteína y energía metabolizables (PM y EM)
- b) Producción de leche y composición de la leche.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La cantidad de materia seca del forraje (MSF) consumido es el factor más importante en la producción de una vaca lechera. El consumo está controlado por dos mecanismos: el físico y el metabólico. En el caso del mecanismo físico la limitante es la capacidad de llenado del rumen, mientras que cuando actúa el mecanismo metabólico es el requerimiento de energía el factor determinante del nivel de ingestión (Moore, 1981). Estos mecanismos dependen a su vez de diversos factores, entre los cuales se pueden mencionar el estado fisiológico del animal, el clima, la digestibilidad y el tipo de alimento (Vélez, 1997).

El consumo de los forrajes conservados es menor que el de los frescos. Cuando son de buena calidad, los animales tienden a consumir más cuando se ha conservado en forma de heno que de ensilaje; en el caso del ensilaje el consumo aumenta con su contenido de MS. El menor consumo de ensilaje se debe a que hay menos desarrollo de los microorganismos en el rumen ya que la mayoría de los carbohidratos de fácil fermentación son utilizados por los microorganismos que acidifican el ensilaje. Además el bajo pH del ensilaje reduce el pH ruminal, afectando el desarrollo de los microorganismos celulolíticos (Vélez, 1997).

2.1 VALIDACIONES EN LA REGIÓN TEMPLADA.

En una validación del CNCPS en una finca en New York con 230 vacas Holstein se cambió la ración para minimizar los costos y aumentar la producción microbiana en el rumen. La producción de leche aumentó de 43.5 a 45.5 kg/día, los costos de alimentación disminuyeron en \$ 74,000/año y la excreción de N en un 25 % (Fox, 1998).

Jonker *et al.* (1995) utilizaron el modelo para evaluar la sensibilidad de la producción de leche a variaciones en las fracciones de proteína de heno y ensilaje de pastos: proteína soluble (PS), nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA), nitrógeno insoluble en detergente neutro (NIDN) y tasa de digestión de la proteína. Los resultados demostraron la importancia de su determinación: cuando aumentan la PS y el NIDA disminuye el contenido de Proteína Metabolizable (PM) de la leche, mientras que la tasa de digestión no afecta la PM.

La tasa de degradación del alimento en el rumen es importante para la formulación de las dietas, por los efectos sinérgicos de los alimentos en la dieta. Dinn *et al.* (1997) utilizó Smartamine TM (lisina y metionina indigeribles en el rumen) y las predicciones del modelo para reducir la excreción de N en vacas lactantes a) la excreción de N se redujo

en 26 %, lo que se tradujo en una mayor proporción del N de la dieta secretado en la leche, b) disminuyó el nivel de urea en la sangre, lo cual se tradujo en una mejora de la tasa de concepción.

Tedeschi *et al.* (1999) estudiaron los efectos de la deficiencia de nitrógeno ruminal dentro de la estructura del CNCPS ya que las predicciones del modelo sobre la digestión de las paredes celulares y la producción de masa microbial dependen de la disponibilidad de N. Con los ajustes que introdujo describió el 92 % de la variación de la ganancia promedio diaria de vaquillas con un 2 % de error.

2.2. VALIDACIONES EN LA REGIÓN TROPICAL

En el Zamorano y otras regiones se han realizado diversos estudios para validarlo.

Suazo (1993) encontró en vacas alimentadas con ensilaje de sorgo que el consumo predicho de materia seca y la producción de leche fueron inferiores en 19.7 y 1 % a los datos observados. Resultados similares encontró Román (1994) en vacas alimentadas con ensilaje de pasto guinea común, de que la producción y el consumo de MS fueron superiores a los predichos por el CNCPS en un 7 y 15 % respectivamente. Igualmente, Bonifasi (1995) encontró en vaquillas lecheras que el modelo subestima el consumo de MS al aumentar los niveles de suplementación y lo atribuye a que conforme aumenta el concentrado en la dieta hay mayor dilución de la FND que afecta la predicción.

Coronado (1995) encontró que el CNCPS subestimó el consumo de MS en un 19 %, y observó un patrón de dispersión heterogéneo por la alta variación entre animales. Cuando se dio únicamente pasto de baja calidad, el CNCPS fue muy preciso, cuando se dio pasto tierno el consumo se subestimó en 6 % y cuando se incluyó suplemento en la dieta, el modelo perdió la capacidad de predicción subestimando el consumo en 33 %. El modelo subestimó la producción cuando la dieta fue solamente a base de pasto y la sobreestimó en 50 % cuando se suplementó. Sin embargo Galo (1996) encontró que el modelo sobreestimó el consumo de materia seca cuando la dieta fue alta en forraje y que al ofrecer una dieta alta en concentrado el modelo ajustó mejor sus predicciones a los consumos reales. Además observó una mayor variación del consumo en la época templada que en la cálida, lo que atribuye a una variación mayor en las temperaturas máximas y mínimas en dicha época, lo que no es considerado por el modelo ya que no cuenta con ecuaciones que corrijan por cambios de temperatura.

En México se compararon tres modelos con vacas de doble propósito (NRC de ganado lechero 1989; NRC ganado de carne 1996 y CNCPS versión tropical) y encontraron que a) el consumo de MS estimado fue poco realista para los modelos del NRC que no consideran la diferencia en digestibilidad de las paredes celulares ya que ellos usan valores tabulares de contenido de energía neta de los alimentos, b) el CNCPS no mejora las predicciones del NRC lechero si no se conocen las fracciones de carbohidratos. (Fox *et al.* 1993)

Traxler *et al.* (1998) encontraron que la digestibilidad de la FND se reduce en forma no lineal cuando aumenta la concentración de lignina.

2.3. ESTRÉS POR CALOR

La mayoría de tierras de Latinoamérica se encuentran por debajo de los 1,000 msnm y las temperaturas elevadas existentes en éstas, influyen negativamente sobre el animal y su capacidad de producción (Vélez, 1997). La respuesta al estrés por calor está dirigida al mantenimiento de la temperatura corporal y esto se obtiene con la reducción en el consumo que disminuye el calor producido por la fermentación ruminal (Sánchez *et al.* 1994).

El consumo de las vacas puede verse reducido hasta en un 3.3 % por cada grado centígrado sobre los 20 a 25 °C. y este efecto se ve aumentado cuando la humedad relativa es alta (Holter *et al.* 1996). El estrés por calor causa un incremento en la temperatura de los tejidos y aumentan los requerimientos de mantenimiento por el costo del jadeo y por las alteraciones en el metabolismo de los tejidos (NRC, 1987).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó entre marzo y junio de 1999 con vacas del hato de Zamorano, ubicado en el valle del Yeguaré, 36 km al sureste de Tegucigalpa, a 800 msnm, con 1,100 mm de precipitación promedio entre mayo y noviembre, y una temperatura promedio de 23 °C.

3.2 ANIMALES

Se utilizaron 17 Holstein y 3 Pardo Suizo con 30 o más días post parto las cuales fueron agrupadas por producción y número de parto en 4 grupos homogéneos. Estas fueron utilizadas simultáneamente para estudiar el efecto de la enzima FIBROZYME®. Los animales se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los animales.

Índice	Promedio	D E
Peso, kg	455.00	± 72.00
Condición Corporal ⁽¹⁾	2.38	± 0.37
Producción de leche, kg/día	25.20	± 6.35
Grasa en la leche, %	3.01	± 0.59
Proteína en la leche, %	2.67	± 0.20

(1) en una escala de 1 a 5

3.3 ALIMENTACIÓN

Las vacas fueron estabuladas en un corral con piso de cemento y un hechadero de tierra, equipado con comederos automáticos operados con magnetos (Calan Inc. New York) para medir el consumo individual. Todos los animales tuvieron un período de adaptación de 8 días.

Las vacas recibieron ensilaje de maíz (*Zea mays*) o de pasto guinea (*Panicum maximum* cv. tobiatá), *ad libitum* además se les ofreció diariamente 2 kg de heno de transvala (*Digitaria eriantha*), 1.5 kg de harina de soya y 2 kg de melaza y concentrado. El

concentrado (Cuadro 2) se dio de acuerdo con la producción a partir de 8 kg de leche, a razón de 1 kg de concentrado por 2 kg de leche, en dos partes durante el ordeño de la mañana y la tarde.

Cuadro 2. Composición del concentrado

Ingrediente	Porcentaje
Sorgo	49.90
Semolina de arroz	20.00
Harina de Camarón	5.00
Harina de Soya	13.00
Carbonato de Calcio	0.80
Melaza	10.00
Sal común	0.50
Urea	0.50
Vitamina Ganado	0.30
ED, Mcal/kg	3.00
PC, %	18.00

Durante la primera semana se ofreció un heno de transvala amoniado de baja calidad, que fue reemplazado por otro de mayor calidad a partir de la segunda semana. El ensilaje, el heno, la soya y la melaza se dieron a las 7:00 am y a las 3:00 pm. Todas las mañanas se pesó el rechazo y se sacó una muestra por vaca para realizar los análisis respectivos. El costo de los alimentos se detalla en Cuadro 3.

Cuadro 3. Costos de los alimentos.

Alimento	Costo (\$/t)
Ensilaje de maíz	22.00
Ensilaje de guinea	12.00
Heno de transvala	91.00
Melaza	65.00
Harina de Soya	250.00
Concentrado	212.00

3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Clima

La temperatura se registró con una estación meteorológica LI-1200 Minimum (LI-COR®) instalada a 100m del establo. La humedad relativa y la velocidad del viento se midieron con el equipo del Departamento de Agronomía instalado a unos 1,000 m. Por un problema administrativo, el equipo fue cedido a Ingeniería Agrícola y por lo tanto no se contó con datos de humedad relativa y viento en un periodo del experimento.

3.4.2. Datos productivos

- El peso vivo y la condición corporal, se determinaron cada tres semanas. Para la condición corporal se usó en una escala de uno a cinco.
- La producción de leche y el contenido de grasa se determinó semanalmente.
- El contenido de proteína se determinó cada tres semanas.
- El consumo de forraje y demás ingredientes se obtuvo diariamente por diferencia de lo ofrecido y el rechazo. Las muestras por animal se agruparon semanalmente y se sacó una submuestra para su análisis.

Para la evaluación con el CNCPS se usaron además los siguientes parámetros:

- Peso de la cria (45 kg).
- Producción del hato. Se usó el promedio del estudio proyectado a una lactancia de 305 días (6,300 kg/lactancia).
- Peso adulto. Se utilizó el promedio de las vacas del hato (Holstein 520kg, Pardo Suizo 536 kg).

3.4.3. Análisis Bromatológicos

3.4.3.1. Oferta. En los alimentos ofrecidos se determinó (ANEXO 1).

- Materia Seca (MS) por secado a 105°C (AOAC, 1990).
- Proteína cruda (PC) nitrógeno ligado a FND (N-FND) y a FAD (N-FAD) por Kjeldahl (AOAC, 1990).
- Nitrógeno no proteico (NNP) por el método de ácido tricloroacético (Krishnamoorthy *et al.* 1982).
- Proteína soluble (Psol) por el método del buffer borato-fosfato (Krishnamoorthy *et al.* 1982).
- Fibra Neutro Detergente (FND), Fibra Acido Detergente (FAD) y lignina por el método de Van Soest *et al.* (1991).
- Extracto etéreo (EE), calcio (Ca) por espectrofotometría, fósforo (P) por colorimetría con molibdato de amonio y ceniza (CZS) por calcinamiento a 600°C (AOAC, 1990).

- Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO), por el método de Menke *et al.* (1979).
- La tasa de fermentación ruminal *in vitro* según Pell y Schofield (1993), para los alimentos completos y sus respectivas FND.
- Grasa en la leche por Babcock y de proteína por Kjeldahl (AOAC, 1990).

En el rechazo se determinó el contenido de MS, PC y FND por los métodos descritos.

La composición química de la melaza y de la harina de soya (excepto MS, PC y FND) fue tomada de la información contenida en el modelo.

Para el estudio del efecto de la enzima FIBROZYME® se usó un diseño de sobrecambio en cuadrado latino, con cuatro tratamientos (Lucas, 1974). Cada tratamiento duró 21 días y todas las vacas pasaron por los cuatro tratamientos que fueron: Ensilaje de maíz con y sin FIBROZYME® y ensilaje de guinea tobiatá con y sin FIBROZYME®.

La enzima no tuvo un efecto en la producción de los animales alimentados con el ensilaje de maíz, pero sí en los alimentados con ensilaje de guinea, por lo que en el primer caso se usaron todos los datos y en el segundo no se analizaron los datos cuando los animales recibieron la enzima.

Los datos de consumo se promediaron para cada semana de modo que se contó con 120 datos del ensilaje de maíz y 60 del guinea.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se compararon los datos de consumo y producción obtenidos con los predichos por el modelo. Inicialmente se hizo un análisis de residuales en el que se encontró que los datos de ingestión de EM de 3 semanas de 3 vacas alimentadas con ensilaje de maíz y de 3 semanas de 1 vaca alimentada con ensilaje de guinea se desviaban más de 2 unidades estándar, por lo que se eliminaron del estudio. Los datos se validaron por medio de correlaciones de Pearson y regresiones lineales, usando el paquete estadístico SPSS.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONSUMO DE MATERIA SECA Y FORRAJE

El consumo de MS total equivalió a 4.2% del peso vivo y el de forraje a 1.7% en el caso del guinea y a 4.1% y 1.7%, respectivamente, en el del maíz (Cuadro 4). Ambos consumos pueden considerarse buenos (Vélez, 1997) y se reflejan en la producción (Cuadro 6) que igualmente fue buena, considerando el promedio del hato de 18 kg/día.

El modelo subestimó el consumo de materia seca total en 48 y 40% cuando se dio ensilaje de guinea y de maíz respectivamente. Igualmente, el consumo de forraje fue subestimado en 19 y 18 % cuando se dio ensilaje de guinea y de maíz, respectivamente.

Esta subestimación se atribuye a que: a) el modelo no es sensible al efecto del clima cálido sobre el consumo y los requerimientos, lo que se pudo comprobar variando los parámetros respectivos (temperatura, estrés), b) para predecir el consumo de materia seca, el modelo utiliza como una de las variables la condición corporal y asume que esta disminuye si es superior a 3, pero no considera una mayor ingestión en animales más delgados, como los del presente ensayo.

Se encontró una correlación positiva (0.42 y 0.70; $P < 0.01$) entre el consumo de MS total real y MS total predicha, en los ensilajes de guinea y maíz, respectivamente; la correlación entre el consumo real y el predicho de MS del forraje 0.02 y 0.67 ($P < 0.01$). La falta de correlación en el caso del ensilaje de guinea se atribuye a que faltó alguna información sobre su composición (aminoácidos, minerales) y a que la digestibilidad *in vitro* usada fue muy baja debido a su bajo contenido de PC (Anexo I). La regresión del consumo de MS total real al predicho se detalla en la Figura 1 y la del consumo de MS del forraje real al predicho en la Figura 2.

Cuadro 4. Consumo real y predicho de MS y consumo real de proteína cruda (PC) y fibra neutro detergente (FND).

	Cons MS Total			Cons MS Forraje			Cons PC	Cons FND
	Real kg	Pred Kg	Dif. %	Real kg	Pred kg	Dif. %	Real kg	Real kg
Guinea								
Prom	19.0	12.9	48.8	7.7	6.6	18.5	2.7	9.2
DE	3.2	1.7		1.9	0.9		0.5	1.6
CV	16.7	13.4		24.5	13.9		17.9	17.9
Maíz								
Prom	18.7	13.4	40.3	7.9	6.8	17.8	2.8	9.0
DE	3.1	1.8		1.7	1.1		0.5	1.6
CV	16.8	13.7		21.4	16.7		18.1	18.4

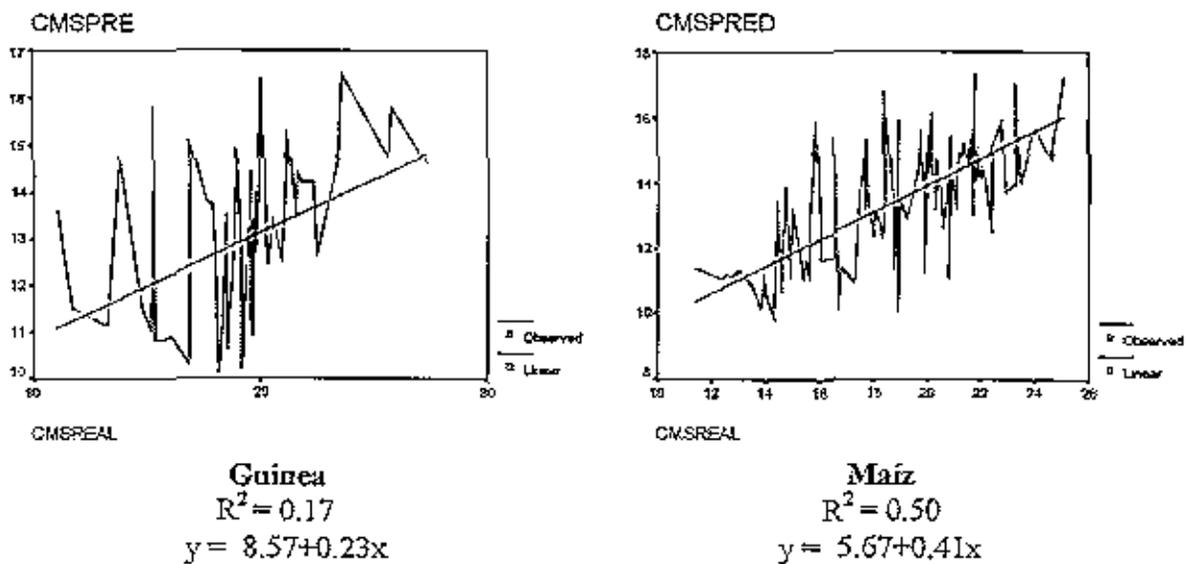


Figura 1. Regresión del consumo de MS total real al predicho

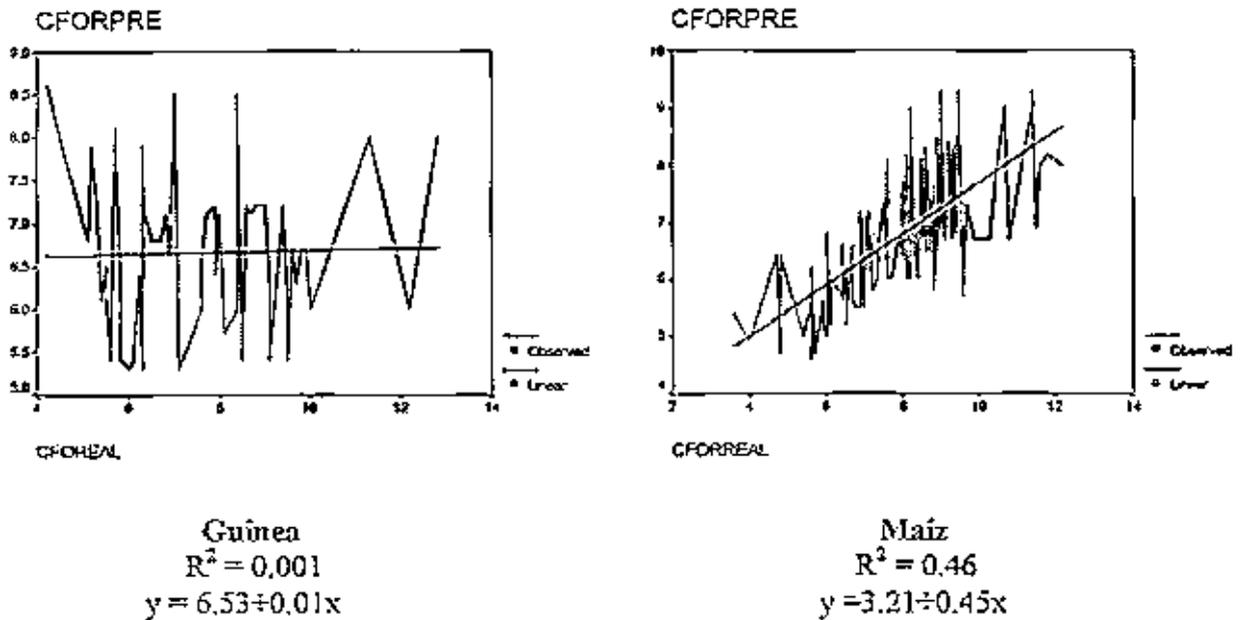


Figura 2. Regresión del consumo de MS del forraje real al predicho.

Al comparar los estimados de consumo de MS total y MS del forraje con los estimados de ingesta de EM y PM se encuentra incongruencia ya que en el caso de la EM el modelo sobrestimó la ingesta en 7.3 y 4.8%, para las dietas con guinea y maíz, respectivamente y subestimó la ingesta de PM en 4.9 y 8.8% respectivamente (Cuadro 5). Estas estimaciones están más acordes con la producción obtenida y con la observación de que los animales mantuvieron su condición corporal a lo largo del estudio. Por otra parte justifican la necesidad de mayor investigación en cuanto a la composición de las diferentes fracciones de carbohidratos y proteína en los forrajes tropicales para poder aplicar el modelo.

En ambos ensilajes se determinaron correlaciones positivas y regresiones lineales entre los resultados reales y predichos de la ingesta de EM y PM ($P < 0.01$) (Anexo 3).

Cuadro 5. Ingesta real y predicha de energía y proteína metabolizables (EM y PM).

	Energía metabolizable EM			Proteína metabolizable PM		
	Real Mcal/día	Pred Mcal/día	Dif %	Real g/día	Pred g/día	Dif %
Guinea						
Prom	36.5	40.1	(7.3)	1847.6	1771.8	4.9
DE	5.0	6.5		297.3	305.4	
CV	13.7	16.3		16.1	17.2	
Maíz						
Prom	39.4	42.1	(4.8)	1904.7	1768.9	8.8
DE	5.6	7.2		310.5	317.8	
CV	14.2	17.1		16.3	17.9	

4.2. PRODUCCION DE LECHE

Cuando el modelo se basó en la EM disponible, subestimó la producción posible de leche con los ensilajes de guinea y maíz en 20.1 y 13.2% respectivamente, y la sobrestimó cuando se basó en la disponibilidad de PM en 6.7 y 11.2%, respectivamente.

Para los dos ensilajes se encontraron correlaciones positivas entre las producciones predichas por el modelo en base a la EM y la PM y la producción real ($P < 0.01$) (Anexo 1). Las regresiones de la producción real a la predicha en base a la EM se describe en la Figura 3 y la predicha en base a la PM en la Figura 4.

Con ambos ensilajes la composición de la leche fue muy similar. El contenido de grasa y de proteína fue bajo si se compara con los datos para la población Holstein en los EEUU de 3.74 y 3.20%, respectivamente (Huljens, 1999). Esto se atribuye a una deficiencia de fibra cruda de la dieta causado por dosis altas de concentrado, b) bajo el pH del rumen 6.2 y 6.5 para guinea y maíz, respectivamente.

Cuadro 6. Producción real y predicha en base a la EM y la PM disponible y composición de la leche.

	Producción					Composición	
	Real	Predicha	Diferencia	Predicha	Diferencia	Grasa	Proteína
	kg	EM kg	%	PM kg	%	%	%
Guinea							
Prom	23.3	19.4	20.1	25.3	(6.7)	2.8	2.7
DE	5.3	7.3		5.1		0.6	0.2
CV	22.9	37.6		20.2		20.9	8.5
Maíz							
Prom	24.4	21.6	13.2	27.8	(11.2)	2.8	2.8
DE	5.3	8.5		5.9		0.4	0.3
CV	21.9	39.3		21.4		14.3	9.9

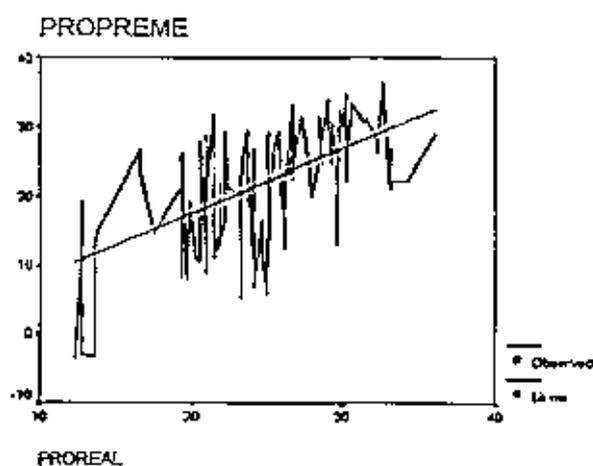
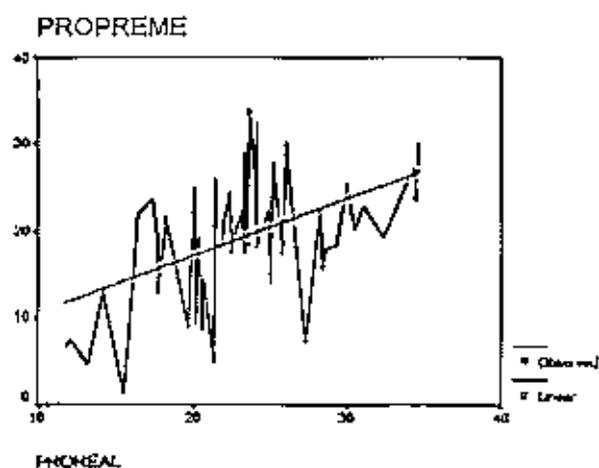


Figura 3. Regresión de la producción real a la predicha en base a EM

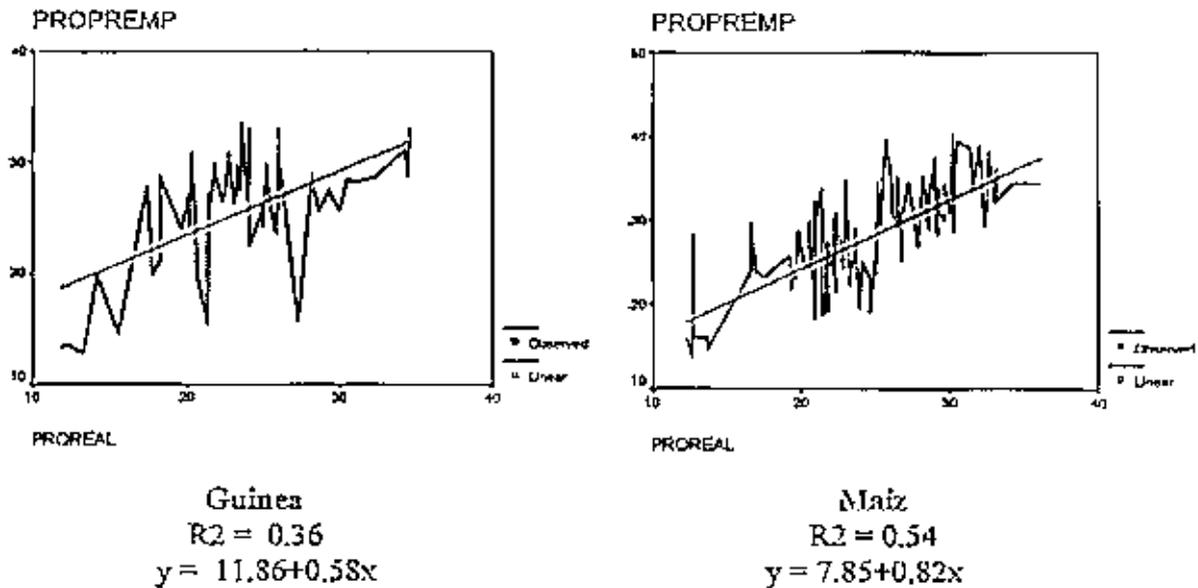


Figura 4. Regresión de la producción real a la predicha en base a PM

4.3. CAMBIOS EN PESO Y CONDICION CORPORAL.

Hubo un ligero aumento en el peso de 2 y 7.7 kg/vaca con el ensilaje de guinea y maíz, respectivamente, mientras que en la CC no se observó ningún cambio con el ensilaje de guinea y un aumento de 0.05 con el de maíz. Estos cambios no fueron significativos (Cuadro 7).

El pH predicho por el modelo fue un poco bajo, lo que es congruente con el alto nivel de concentrado usado y a lo que se atribuye el bajo contenido de grasa en la leche (6.2 y 6.5 para guinea y maíz, respectivamente).

Cuadro 7. Cambio en peso (kg/vaca) y de condición corporal (CC)

Alimento	Cambio en	
	Peso	CC
Guinea	2.00	0.00
Maíz	7.80	0.05

4.4. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Los costos de alimentación (Cuadro 8) fueron altos y ligeramente mayores con el ensilaje de maíz. Si se asume que el costo de alimentación representa el 60% del costo total y se toma un precio de Lp. 5.10/kg (\$0.35) la utilidad en esta fase es de \$ 2.65 y \$ 2.64/día para el ensilaje de guinea y de maíz respectivamente.

Cuadro 8. Costos de alimentación y de producción e ingresos y utilidad estimados

	Costo Alim S/día	Costo Alim S/kg leche	Costo total S/día ¹	Ingr. leche S/día	Utilidad S/día
Guinea	3.30	0.14	5.50	8.15	2.65
Maíz	3.54	0.15	5.90	8.54	2.64

¹ asumiendo que la alimentación representa 60% del costo total

4.5. CORRELACIONES

Para ambos ensilajes se calcularon correlaciones entre las diversas variables estimadas, las que se indican en el Anexo 3.

Tanto con el ensilaje de guinea como con el de maíz la producción tuvo una correlación positiva ($P < 0.01$) con el consumo de MS total; pero no la tuvo con el consumo de MS del forraje, lo que se atribuye a la alta suplementación con concentrado que tuvo un mayor efecto en la producción de leche. Igualmente, su ingestión esta en función de la ingestión de MS, se encontró una correlación entre la producción y el consumo de PC, FND, EM y PM ($P < 0.01$) con la producción, siendo mayor en el ensilaje de maíz que este tuvo un mejor nivel proteico una mayor digestibilidad (Anexo 1).

Con el ensilaje de guinea, el contenido de grasa de la leche no tuvo ninguna relación con el consumo de MS del forraje mientras que con el ensilaje de maíz fue de (0.47; $P < 0.01$). Igualmente, no hubo correlación con el consumo de FND en el caso del guinea pero sí, aunque baja, en el del maíz (0.21; $P < 0.05$). Con ambos ensilajes no hubo ninguna relación entre el contenido de grasa y la producción, lo que se atribuye a que hubo mucha variabilidad en el contenido de grasa entre animales y dietas ($CV = 21\%$).

Con ambos ensilajes el contenido de proteína tuvo una correlación positiva ($P < 0.01$) con el contenido de grasa y una negativa ($P < 0.01$) con la producción total.

La condición corporal no tuvo mayor relación con el consumo de MS total y del forraje. La correlación con la producción fue negativa ($P < 0.05$) lo que era de esperar, ya que a mayor producción menos nutrientes quedan disponibles para la formación de reservas corporales.

Con el ensilaje de guinea se encontró una correlación negativa del pH con el consumo de MS (ns) y positiva con el consumo de MS del forraje (ns). En el ensilaje de maíz el pH no tuvo relación con el consumo de MS, pero si se encontró una correlación positiva con el consumo de MS del forraje ($P < 0.01$)

Con ambos ensilajes se encontró una correlación negativa baja entre el pH y la producción y ninguna entre el pH y el contenido de grasa y proteína de la leche.

5. CONCLUSIONES

1. El consumo de materia seca total y la producción fueron aceptables. El bajo consumo de materia de forraje se atribuye a una sustitución por concentrado.
2. El modelo subestimó el consumo de MS total y del forraje en ambos ensilajes en aprox. 50%. Esto se atribuye a que no considera el efecto del clima cálido ni la mayor ingestión de animales flacos.
3. En ambos ensilajes el modelo sobrestimó la ingesta de EM y subestimó la de PM en no más de 8%. Estas estimaciones están en línea con la producción y con la ausencia de cambios en el peso y la condición corporal. Por lo mismo, basado en la EM disponible subestimó la producción en 20 y 13% y cuando se basó en la disponibilidad de PM la sobrestimó en 7 y 11 % para los ensilajes de guinea y maíz, respectivamente.
4. El contenido de grasa y proteína de la leche con ambos ensilajes fue muy similar y baja, lo que se atribuye a las dosis altas de concentrado y el bajo pH ruminal que esto causó.

6. RECOMENDACIONES

1. Realizar análisis más completos de la composición de los alimentos que se usen para validar el modelo.
2. Repetir el experimento pero variando la edad y el tipo de animal.
3. Incluir efectos climáticos en el modelo.

7. BIBLIOGRAFÍA

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis (13th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

BONIFASI, A., 1995. Validación del Sistema de Carbohidratos y Proteína Neta de Cornell en vaquillas lecheras de reemplazo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Zootecnia. El Zamorano, Honduras.

CORONADO, M., 1995. Producción de leche y consumo voluntario de pastos tropicales en vacas lecheras. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Zootecnia. El Zamorano, Honduras.

DINN, N. E., SHELFORD, J. A., and FISHER, L. J., 1997. Use of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System and Rumen-Protected Lysine and Methionine to Reduce Nitrogen Excretion from Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci.* 81:229-237.

FOX, D. G., SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., RUSSEL, J. B., and VAN SOEST, P. J., 1990. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets. Part I: A model for predicting cattle requirements and feedstuff utilization. Search: Agriculture No. 34, Cornell University Agric. Exp. Stn., Ithaca, New York.

FOX, D.G., STONE, W.C., and CHASE L.E. 1993. Field application of the CNCPS model in a progressive dairy herd. Web Page of Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, New York 14853. [Http://www.soyplus.com/fieldap.html](http://www.soyplus.com/fieldap.html).

FOX, D.G., 1998. D. G. FOX, Profesor. Web Page of Department Animal Science at Cornell University. <http://www.abc.cornell.edu/faculty/fox.html>.

GALO, E., 1996. Validación del Sistema de Carbohidratos y Proteína Neta de Cornell en condiciones tropicales. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Zootecnia. El Zamorano, Honduras.

HOLTER, J. B., WEST, J. W., MCGILLIARD, M. L. and PELL, A. N. 1996. Predicting *ad libitum* dry matter intake and yields of Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 79 (5):912-921.

HUTJIENS, M. F., 1999. Vigilar los componentes de la leche nos mantiene en perspectiva. *Hoard's Dairyman* en español. Grupo de Editores Agropecuarios, México 6 (9):621-623.

JONKER, J. S., FOX, D.G. and CHERNEY, D. J. R., 1995. Influence of grass protein fractions on estimated allowable milk. *J. Dairy Sci.* 78(Suppl. 1):169 (Abstr.).

KRISHNAMOORTHY, U., MUSCATO, T. V., SNIFFEN, D.J., and VAN SOEST, P. J., 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65:217-255.

LUCAS, H. L., 1974. *Design and Analysis of Feeding Experiments with Milking Cattle*. Institute of Statistics, Mimeo Series # 18. North Carolina, State University, Raleigh, North Carolina.

MENKE, K.H., RAAB, L., SALEWSKI, A., STEINGASS, H., FRITZ, D. and SCHNEIDER, W., 1979. The Estimation of Digestibility and Metabolizable Energy content of ruminant feed stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *J. Agric. Sci.* : 499-503.

MOORE, J. E., 1981. Principles of forage quality evaluation. Special report number 93. Ed: King Visiting Lectures. Agric. Exp. Stn. Arkansas.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1987. Predicting feed intake of food producing animals. National Academy Press, Washington, D. C.

OWEN, A. A., 1996. Instructivo acerca del Sistema de Carbohidratos y Proteína Neta de Cornell (CNCPS). Departamento de Producción Animal, Sede Palmira, Universidad Nacional de Colombia.

PELL, A. N. and SCHOFIELD, P., 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 76:1063-1073.

ROMAN, J.I., 1994. Producción de vacas lecheras alimentadas con ensilaje de pasto guinea (*Panicum maximum*). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. Departamento de Zootecnia. El Zamorano, Honduras.

SUAZO, CH. H. 1993. Producción de vacas lecheras alimentadas con ensilaje de sorgo y dos niveles de concentrado. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. Departamento de Zootecnia. El Zamorano, Honduras.

SANCHEZ, W.K., McGUIRE, M.A. and BEEDE, D.K., 1994. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. *Journal of Dairy Science*, 77(7):2051-2079.

TEDESCHI, L. O., FOX, D. G., and RUSSELL, J. B., 1999. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System.

TRAXLER, M. J., FOX D. G., VAN SOEST, P. J., PELL, A. N., LASCANO, C. E., LANNA, D. P. D., MOORE, J. E. LANA, R. P., VELEZ, M., FLORES, A., 1998.

Predicting Forage Indigestible NDF from Lignin Concentration. *J Anim. Sci.* 76:1469-1480.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J.B., and LEWIS, B. A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583.

VELEZ, M., 1997. *Producción de Ganado Lechero*. Departamento de Zootecnia. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

Anexo 1. Composición de los alimentos y tasa de fermentación de la fracción de carbohidratos B2.

	MS	PC	NNP	Psol	FND	FAD	LIGN	N-FND	N-FAD	Ca	P	CZS	EE	DIVMO	B2 Kd %/hr
Ensilaje maíz ¹	17.88	8.50	4.43	4.67	72.93	43.72	6.17	0.32	0.15	0.21	0.19	6.46	2.65	59.88	6.22
Ensilaje guinea ¹	21.70	6.02	2.17	2.23	70.57	47.39	7.44	0.36	0.20	0.50	0.16	12.32	2.08	47.47	5.38
Heno transvala ³	92.48	13.70	9.79	9.75	80.63	48.18	9.20	0.51	0.15	0.25	0.77	7.31	1.36	53.46	3.83
Heno transvala ⁴	92.29	8.73	2.18	2.71	67.42	37.72	5.08	0.66	0.09	0.54	0.33	11.08	2.68	57.51	5.5
Ensilaje maíz ²	21.20	8.90	5.51	5.42	65.15	40.54	6.92	0.23	0.13	0.69	0.23	6.62	2.99	59.35	5.9
Ensilaje guinea ²	24.49	5.46	1.66	1.80	68.98	49.82	7.12	0.37	0.18	0.68	0.18	15.17	2.54	47.12	7.03
Concentrado	91.54	18.02	3.71	5.66	41.36	21.44	4.74	0.61	0.22	1.01	1.08	13.56	2.08	64.82	4.91
Melaza	74.30														
Soya	88.35	50.98			14.90										

1. Usado desde el 13 de marzo hasta el 11 de mayo

2. Usado desde el 11 de mayo hasta el 24 de junio

3. Usado desde el 13 - 19 de marzo

4. Usado desde el 19 de marzo al 24 de junio

Anexo 2. Consumo de materia seca de los diferentes alimentos.

	Consumo de Materia Seca					TOTAL kg
	Ensilaje kg	Heno kg	Concentrado kg	Melaza kg	H. Soya kg	
Guinea						
Prom	6.31	1.58	8.44	1.49	1.33	19.0
DE	1.81	0.24	2.58	0.00	0.00	3.12
CV	28.67	14.94	30.61	0.00	0.00	16.29
Maíz						
Prom	6.35	1.58	8.05	1.49	1.33	18.7
DE	1.55	0.25	2.50	0.00	0.00	3.04
CV	24.34	16.01	31.01	0.00	0.00	16.20

