

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Evaluación de recursos alimenticios y
simulación para la implementación del
CNCPS en el trópico

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

Presentado por

Jenny Lizeth Castillo Murillo
Carolina Andrea Villarreal Rubio

Zamorano, Honduras
Abril, 2002

RESUMEN

Castillo, J.; Villareal, C. 2002 Evaluación de recursos alimenticios y simulación para la implementación del CNCPS en el trópico. Proyecto especial del Programa Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 70 p.

El reto en producción de leche es ofrecer una ración balanceada que llene los requerimientos nutricionales de la vaca. Lo anterior se dificulta bajo condiciones de pastoreo o con dietas altas en f011'aje, por lo que es necesario contar con herramientas que permitan evaluar y optimizar la dieta de vacas lecheras en el trópico. El CNCPS (Sistema de Carbohidratos y Proteínas Netas de Comell) es utilizado con éxito en zonas de clima templado. Sin embargo su uso es limitado en el trópico por falta de información nutricional de los recursos alimenticios usados. El objetivo fue enriquecer la biblioteca de ingredientes tropicales del CNCPS y hacer simulaciones de producción de leche para evaluar su comportamiento. Se recolectaron datos del trópico húmedo en la zona del Litoral Atlántico de Honduras. Los muestreos del trópico seco se realizaron en Zamorano. Se muestrearon 14 gramíneas, 10 leguminosas, 6 subproductos y 7 concentrados comúnmente utilizados en el trópico. Para las gramíneas se establecieron parcelas con dos niveles de fertilización y tres cortes. Las leguminosas fueron muestreadas al azar. Se recolectaron 200 g de materia fresca de todas las muestras para ser secadas y enviadas al laboratorio. Las simulaciones fueron hechas con *Panicum maximum* cv. Tobiata y *Digitaria swazilandensis* con cuatro concentrados comerciales para obtener producciones de 5.0, 7.5, 10.0, 15.0, 17.5, Y 20.0 kg leche/vaca/día. Se analizaron los efectos de los niveles de concentrado en la salud ruminal. Para la mayoría de las simulaciones inferiores a 15.0 kg de leche, la salud ruminal fue adecuada. Las producciones mayores, en su mayoría, resultaron dañinas. Se deben hacer repeticiones del estudio para confirmar los resultados, realizar simulaciones con pastos no analizados y continuar alimentando la biblioteca tropical para implementar el CNCPS en el trópico.

Palabras Claves: Fertilización, edad de corte, ración, salud ruminal.

CONTENIDO

Portadilla.....	1
Autoría... ..	11
Página de Firmas.....	111
Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos.....	VI
Agradecimientos a patrocinadores.....	VIII X
Índice de Cuadros.....	XI XII
Índice de Figuras	XJII
Índice de Anexos.....	XVI
	XVII
1. INTRODUCCION	1
2 MATERIALES y METODOS	2
2. LOCALIZACION	2
1 ESPECIES MUESTREADAS	2
2. MANEJO DE LAS P ASTURAS	3
2 FERTILIZACION	4
2. MUESTREOS	4
3 Manejo de las muestras	5
2. ANALISIS DE LAS MUESTRAS	5
4 SIMULACIONES EN EL CNCPS	5
2. RESULTADOS y DISCUSION	7
5 COMPORTAMIENTO DE LAS GRAMINEAS	10
2.5. COMPORTAMIENTO DE LAS GRAMINEAS	10
1 COMPORTAMIENTO DE LOS PASTOS USADOS EN	
2.6 LA SIMULACION	12
2.7 Comportamiento de <i>Panicum maximum</i>.	12
Comportamiento de <i>Digitaria swazilandensis</i>	14
3.3 SIMULACIONES EN EL CNCPS	16
4. CONCLUSIONES	22
5. RECOMENDACIONES	23
6. BIBLIOGRAFIA	24
7. ANEXOS	26

INDICE DE CUADROS

Cuadro

(	
1. Gramíneas y leguminosas muestreadas en el trópico húmedo	2
2. Gramíneas y leguminosas muestreadas en el trópico seco	3
3. Subproductos analizados en el trópico húmedo y seco.....	3
4. Concentrados analizados para el trópico húmedo y seco	3
5. Nivel de fertilización para especies del trópico húmedo	4
6. Nivel de fertilización para especies del trópico seco.....	4
7. Análisis de las gramíneas del trópico húmedo a los 21 días de corte.....	7
8. Análisis de las gramíneas del trópico seco a los 21 días de corte	8
9. Análisis de las leguminosas del trópico húmedo	8
10. Análisis de las leguminosas del trópico seco.....	9
11. Análisis de los subproductos y concentrados para el trópico húmedo y el seco.....	9
12. Efecto de la fertilización y la calidad a corte en el contenido de proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina para todos los pastos muestreados.....	10
13. Consumo de MS y efectos en la salud ruminal para diferentes niveles de producción con <i>Panicum maximum</i> y concentrado Lechera AP 18%	17

14. Consumo de MS y efectos en la salud ruminal para diferentes niveles de producción con <i>Panicum maximum</i> y concentrado Superlac.....	18
15. Consumo de MS y efectos en la Salud ruminal para diferentes niveles de producción con <i>Digitaria swazilandensis</i> y concentrado Lechera AP 18%.....	20
16. Consumo de MS y efectos en la salud ruminal para diferentes niveles de producción con <i>Digifaria S'wazilandensis</i> y Concentrado Superlac.....	21

INDICE DE FIGURAS

Figura

1. Contenido de proteína cruda (PC) en todos los pastos a tres edades de corte..	10
2. Contenido de fibra neutro detergente (FND) en todos los pastos a tres edades de corte	11
3. Contenido de fibra ácido detergente (FAD) en todos los pastos a tres edades de corte.....	11
4. Contenido de lignina en todos los pastos a tres edades de corte	12
5. Efecto de fertilización y corte sobre el contenido de lignina, proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) en <i>Panicum maximum</i> CV. Tobiata con tres edades (21, 28, 35 días) y dos niveles de fertilización (0 y 400 kg N/ha/año).....	13
6. Efecto de fertilización y corte sobre el contenido de lignina, proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) en <i>Digitaria swazilandensis</i> con tres edades (21, 28, Y 35 días) y dos niveles de fertilización (0 y 300 kg N/ha/año).....	15

1. INTRODUCCION

El mayor reto en un hato lechero es proveer una ración que satisfaga los requerimientos nutricionales de la vaca. El desempeño de los animales depende de los resultados de la fermentación ruminal y de la digestión final de los nutrientes.

Sin embargo la baja calidad de los forrajes es la mayor limitante para asegurar un excelente desempeño animal en dietas altas en forraje, especialmente cuando éstos son tropicales (Van Soest, 1994).

Una buena ración debe permitirle al animal expresar su potencial genético incrementando así la eficiencia productiva. Para lograr esto es necesario conocer cual es el comportamiento de los pastos en los procesos de fermentación ruminal y determinar así su consumo potencial para calcular con mayor exactitud el nivel de suplementación con concentrado:> para llenar los requerimientos nutricionales a un costo mínimo para el productor.

Actualmente las tablas de requerimientos nutricionales del NRC para ganado lechero están basados en un nuevo enfoque nutricional que evalúa el comportamiento ruminal de la ración y su aporte nutricional (rumen y tracto digestivo bajo) al desempeño animal.

El CNCPS (Sistema de Carbohidratos y Proteína Neta de Comell) creado en la Universidad de Comell se usa para optimizar raciones tomando en cuenta no sólo el desempeño animal, sino también el tamaño animal, la raza, el ambiente y las tasas de fermentación ruminal de los ingredientes en la dieta entre otros (Fax *et al.*, 2000).

El CNCPS ha sido implementado con éxito en zonas templadas (Fax *et al.*, 2000) sin embargo en el trópico no se cuenta con la información química (composición nutricional) y biológica (tasa de fermentación) de los recursos alimenticios comúnmente usados (Nicholson y col., 1994). El objetivo del presente estudio es enriquecer la base de datos de ingredientes tropicales del CNCPS y hacer simulaciones de producción de leche para evaluar su comportamiento.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se llevó a cabo en dos zonas con el fin de obtener datos de alimentos consumidos tanto del trópico húmedo como del trópico seco.

Se recolectaron datos en cinco fincas ubicadas en el trópico húmedo en la zona del Litoral Atlántico de Honduras. Todos los ensayos fueron realizados en terrenos no inundables, ubicados a una altura promedio de 30 msnm, una temperatura promedio anual de 27 °C y un promedio anual de precipitación de 2250 mm.

Para el trópico seco el ensayo se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, localizada en el valle del Yeguaré a 30 km. al sudeste de Tegucigalpa, con una altura de 800 msnm, temperatura anual promedio (23°C y una precipitación promedio anual (1100 mm. El experimento se realizó entre los meses de Abril y Julio del 2001.

2.2 ESPECIES MUESTREADAS

Con el fin de obtener muestras representativas del trópico seco y húmedo se muestrearon 14 gramíneas, 10 leguminosas, 6 subproductos y 7 concentrados comúnmente utilizados en la alimentación de vacas lecheras. En los cuadros 1, 2, 3 y 4 se detallan los recursos alimenticios muestreados.

Cuadro 1. Gramíneas y leguminosas muestreadas en el trópico húmedo.

	Nombre científico	Nombre común o Variedad
Gramíneas	<i>Digitaria swazilandensis</i>	Suazi
	<i>Brachiaria decumbens</i>	Decumbens
	<i>Brachiaria brizantha</i>	Toledo
	<i>Pennisetum purpureum</i>	Morado
	<i>Panicum maximum</i>	Tanzania
	<i>Panicum maximum</i>	Mombaza
	<i>Panicum maximum</i>	Tobiatá
Leguminosas	<i>Gliricidia Sepium</i>	Madreado
	<i>Arachis pintoii</i>	Maní forrajero
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena
	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Pito
	<i>Pueraria phaseoloides</i>	Kudzú

Cuadro 2. Gramíneas y leguminosas muestreadas en el trópico seco.

	Nombre científico	Nombre común
Gramíneas	<i>Pennisetum purpureum</i>	Pasto Elefante
	<i>Pennisetum purpureum</i>	Pasto Zamorano 10
	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Estrella
	<i>Panicum maximum</i>	Tobiatá
	<i>Digitaria eriantha</i>	Transvala
	<i>Andropogon gayanus</i>	Otoreño
	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Jaraguá
Leguminosas	<i>Neonotonia wightii</i>	Soya forrajera
	<i>Morus a/ba</i>	Morera
	<i>Morus nigra</i>	Morera hoja ancha
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guacimo
	<i>Trichontera gigantea</i>	Nacedero

Cuadro 3. Subproductos analizados en el trópico húmedo seco.

Nombre científico	Nombre común
<i>Anonas comosus</i>	Pulpa de niña
<i>Citrus sinensis</i>	Pulpa de naranja
<i>Elaeis guinensis</i>	Harina de coquito
<i>Zea mays</i>	Harina de maíz
<i>Hordeum vulgare</i>	Afrecho de malta
<i>Oriza saliva</i>	Semolina de arroz

Cuadro 4. Concentrados analizados para el trópico húmedo y seco.

Nombre comercial	Fabricante
Lechera AP 18%	Alimentos y Concentrados S.A.
Superlac	Alimentos y Concentrados S.A.
Econolac	Alimentos y Concentrados S.A.
Medalac	Alimentos y Concentrados S.A.
Zamo 1	Escuela Agrícola Panamericana
Zamo 2	Escuela Agrícola Panamericana
Zamo 3	Escuela Agrícola Panamericana

2.3 MANEJO DE LAS PASTURAS

Para las gramíneas se identificaron pasturas en uso con alto grado de pureza botánica (2 90%) separando parcelas de 25 m² en el trópico húmedo y 50 m en el trópico seco.

Para las leguminosas se identificaron árboles o arbustos para hacer los muestreos.

A todas las parcelas se les hizo un corte de unifolización y se procedió a calendarizar los pastos para el corte, a su vez éstas fueron cercadas para evitar el consumo inoportuno.

A cada parcela se le designó un nivel de fertilización y al momento del muestreo se dejó un espacio de 1.5 m para evitar el efecto de borde.

2.4. FERTILIZACION

En los cuadros 5 y 6 se detalla el nivel de fertilización para las gramíneas. Estos niveles de fertilización son considerados como niveles máximos comerciales que el productor puede utilizar.

Cuadro 5, Nivel de fertilización para especies del trópico húmedo

Gramínea	kg N/ ha / año
<i>Brachiaria decumbens</i>	200
<i>Brachiaria brizantha</i>	200
<i>Digitaria swazilandensis</i>	300
<i>Panicum maximum</i> Tanzania	400
<i>Panicum maximum</i> Mombaza	400
<i>Panicum maximum</i> Tobiata	400
<i>Pennisetum purpureum</i>	600

Cuadro 6. Nivel de fertilización para especies del trópico seco.

Gramínea	kg N/ ha /año
<i>Andropogon gayanus</i>	200
<i>Hyparrhenia rufa</i>	200
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	300
<i>Digitaria eriatha</i>	400
<i>Panicum maximum</i> Tobiata	400
<i>Pennisetum purpureum</i> (Elefante)	400
<i>Pennisetum purpureum</i> (Zamorano 10)	600

2.5 MUESTREOS

Las gramíneas de pastoreo se muestrearon a los 21, 28 Y 35 días después del corte de uniformización, mientras que el pasto de corte (*Pennisetum purpureum*) se muestreó a los 28, 35 Y 42 días. Las leguminosas se muestrearon a los 42 y 56 días,

2.5.1 Manejo de las muestras

De cada parcela se tomó muestras del pasto a una altura de aproximadamente 15 cm. Las leguminosas arbóreas se muestrearon al azar; Se recolectaron 200 g de materia fresca.

Cada muestra se secó en un horno a 60°C por 48 horas o más hasta obtener un peso constante. Se determinó la materia seca y se molió usando un molino de acero inoxidable con un tamiz de 1mm. Treinta y cinco gramos de muestra fueron sellados al vacío y codificados para ser enviados al laboratorio. .

2.6 ANALISIS DE LAS MUESTRAS

Las muestras fueron enviadas a Ago Lab México, SA de C. V y a Dairy One (DHI forage Testing Laboratory) donde fueron analizadas usando los siguientes procedimientos (Anexos 1 y 2):

Materia Seca (MS) por destilación con tolueno (AOAC,1990).

Proteína Cruda (PC) y Nitrógeno No Proteico (NNP) por Kjeldahl (AOAC,1990).

Proteína Soluble (Prot Sol) por el método del buffer borato-fosfato (Krishnamoorthy *etal.*,1983).

Fibra Neutro Detergente (FND), Fibra Acido Detergente (FAD) y lignina por el método de (Van Soest *et al.*, 1991).

Extracto Etéreo (EE) por el método gravimétrico (AOAC, 1990).

Cenizas (AOAC, 1990).

Computación de Carbohidratos No-estructurales (CNE) de las determinaciones FND, proteína, grasa y cenizas, o directamente (Van Soest, 1991).

Tasa de fermentación ruminal in vitro para las fracciones A1, B1 Y B2 (Pell y Schofield, 1993).

NDFe al pasar la NDF por un tamiz de 1.18 mm (Sniffen *el al.*, 1992 citado por Fox *el al.*, 2000).

Nitrógeno ligado a la FND y a la F AD (Van Soest *el al.*, 1991).

2.7 SIMULACIONES EN EL CNCPS

Usando el programa de carbohidratos y proteína neta de la Universidad de Cornell (CNCPS) se realizaron simulaciones del desempeño de vacas cruzadas Holstein por Brahman con un peso adulto 470 kg, 70 meses de edad, 4 partos y 180 días en lactancia; que estaban en sistemas de pastoreo intensivo. Para iniciar las simulaciones, se estimó un consumo materia seca equivalente al 2% del peso vivo (9.4 kg) donde el forraje era el único alimento con esto se determinó el potencial de producción del pasto sin suplementación. En subsecuentes simulaciones, el suplemento concentrado se añadió para suplir los requerimientos nutricionales para producciones de 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5 Y 20 kg de leche por día. Con el concentrado, se dan efectos de adición y sustitución en el consumo de materia seca que son estimados por el CNCPS. Estos valores estimados de consumo de materia seca son los que se utilizaron en las subsecuentes simulaciones.

Las condiciones climáticas que se usaron son: 27°C, 85% de humedad relativa, velocidad del viento 5km/h. Para las simulaciones se tomaron en cuenta *Panicum maximum* y *Digitaria swazilandensis*. Cada uno sin o con fertilización (Cuadros 4 y 5) y para la suplementación se usaron dos concentrados comerciales.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

La base de datos de ingredientes tropicales se puede enriquecer con la información recolectada durante esta investigación. En el presente trabajo se muestran los resultados del corte a los 21 días de edad, los cuales se usaron para la simulación.

En los cuadros 7 y 8 se muestra la composición de las gramíneas con y sin fertilización a 21 días de rebroté.

Cuadro 7. Análisis de las gramíneas del trópico húmedo a los 21 días de corte.

Pastura	Fertilización K N/ha/año	%MS					% de FND
		MS	PC	FAD	FND	EE	Ligni na
<i>Panicum maximum 1</i>	O	17.2	10.1	39.5	68.4	2.0	4.8
<i>Panicum maximum 1</i>	400	7.2)	12.3	38.7	68.5	1.9	4.8
<i>Panicum maximum 2</i>	O	19.2	8.2	40.7	68.6	1.8	4.4
<i>Panicum maximum 2</i>	400	16.7	9.8	41.3	68.2	1.9	6.3
<i>Panicum maximum 3</i>	O	18.3	8.8	39.7	67.2	2.0	5.4
<i>Panicum maximum 3</i>	400	19.8	9.3	40.8	69.0	1.8	5.1
<i>Digilaria swazilandensi</i>	O	24.5	10.2	35.4	62.3	2.0	6.1
<i>Digilaria swazilandensis</i>	300	20.2	13.0	35.2	64.1	1.8	6.0
<i>Brachiaria decumbens</i>	O	20.7	14.9	31.4	58.2	2.0	4.4
<i>Brachiaria decumbens</i>	200	19.9	12.1	38.9	64.5	1.9	5.5
<i>Brachiaria brizantha</i>	O	18.1	12.7	38.2	64.5	2.0	5.5
<i>Brachiaria brizantha</i>	200	16.6	14.6	37.4	63.2	2.0	4.2

I Tobiata

2 Tanzania

3 Mombaza

MS Materia Seca
PC Proteína Cruda
F AD Fibra Ácido Detergente
FND Fibra Neutro Detergente
EE Extracto Etéreo

El mayor contenido de PC se obtuvo con *Digitaria swazilandensis* y *Brachiaria decumbens* fertilizado con valores de 13% y 14.9% de PC en base seca respectivamente.

Cuadro 8. Análisis de las gramíneas del trópico seco a los 21 días de corte.

Pastura	Fertilización Kg N/ha/año	MS	%MS				Lignina	% de FND
			PC	FAD	FND	EE		
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	O	26.4	10.2	38.7	73.5	1.5	3.8	5.2
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	300	22.9	7.2	43.1	65.8	2.0	3.4	5.3
<i>Panicum maximum</i> 1	O	23.7	9.1	41.4	66.3	1.6	3.2	5.1
<i>Paniculí maximum</i> 1	400	23.0	9.8	40.7	66.3	0.9	2.8	4.4
<i>Digitaria eriantha</i>	O	25.6	6.7	38.9	66.6	3.0	3.9	6.1
<i>Digitaria eriantha</i>	400	25.6	7.7	37.3	64.1	3.1	3.3	5.4
<i>Andropogon gayanus</i>	O	25.6	11.9	41.4	69.1	1.2	3.3	4.9
<i>Andropogon gayanus</i>	200	25.6	13	39.5	62.5	2.5	3.1	5.2
<i>Hyparrhenia rufa</i>	O	24.2	9.7	42.8	60.7	2.0	3.5	6.3
<i>Hyparrhenia rufa</i>	200	12.7	10.1	43.5	63.5	2.9	3.8	6.4
Tobiatá								

En el trópico seco los pastos con mayor contenido de PC fueron el *Cynodon nlemfuensis* y *Andropogon gayanus* con 10.2 y 11.9 % respectivamente. En el trópico húmedo estos valores fueron superiores lo que indica que se obtiene mejor calidad y más cantidad en condiciones de humedad.

La composición de las leguminosas tropicales con 42 y 56 días de corte se muestra en los cuadros 9 y 10 y la de los subproductos y concentrados en el cuadro 11.

Cuadro 9. Análisis de las leguminosas del trópico húmedo.

Lguminosa	MS	%MS				Lignina	% de FND
		PC	FAD	FND	EE		
<i>Gliricidia sepium</i> 1	16.8	23.3	25.9	40.9	3.1	11.8	29.4
<i>Gliricidia sepium</i> 2	18.5	24.3	26.4	41.1	2.2	15.4	53.4
<i>Arachis pinto</i> 1	18.2	13.9	33.7	44.7	1.5	8.0	18.1
<i>Arachis pinto</i> 2	19.3	17.9	27.8	41.3	2.3	6.3	15.2
<i>Leucaena leucocephala</i> 1	27.0	23.7	22.0	35.3	1.9	5.9	16.9
<i>Leucaena leucocephala</i> 2	27.8	24.3	29.7	43.5	2.3	9.6	22.2
<i>Erythrina poeppigiana</i> 1	27.1	22.4	34.1	50.0	2.8	9.1	18.5
<i>Erythrina poeppigiana</i> 2	18.4	24.0	32.5	47.7	2.1	9.2	19.6
<i>Pueraria phaseoloides</i> 1	18.0	20.2	34.9	52.5	2.6	6.5	12.5
<i>Pueraria phaseoloides</i> 2	19.8	16.9	39.4	55.9	2.1	9.2	16.5

1 42 días de corte

2 56 días de corte

En el trópico húmedo los mayores contenidos de PC se obtuvieron de *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* con 24.3% de PC en el trópico seco las plantas con mayor valor proteínico son *Morus nigra* (22.% PC y 56 días de corte) y *Trichantera gigantea* (21.5% PC y 42 días de corte)

Cuadro 10. Análisis de las leguminosas del trópico seco.

Leguminosa	MS	% MS					% de FND
		PC	FAD	FND	EE	Lignina	Lignina
<i>Neonotonia wightii</i> ¹	23.7	18.1	31.9	42.9	1.8	5.7	16.5
<i>Neonotonia wightii</i> ²	19.1	20.5	29.7	41.3	2.2	5.5	13.2
<i>Morus alba</i> ¹	27.0	20.3	14.2	25.9	2.5	2.8	11.3
<i>Morus alba</i> ²	22.3	20.2	15.7	25.9	3.6	2.9	11.1
<i>Morus nigra</i> ¹	32.8	20.0	13.2	23.9	4.9	3.3	14.1
<i>Morus nigra</i> ²	31.8	22.2	9.8	18.3	5.8	2.3	12.9
<i>Guazuma ulmifolia</i> ¹	22.9	20.1	21.4	33.3	2.0	5.2	16.0
<i>Guazuma ulmifolia</i> ²	20.8	18.5	18.1	29.9	2.7	5.4	18.7
<i>Trichantera gigantea</i> ¹	12.5	21.5	24.9	42.3	1.9	8.3	20.2
<i>Trichantera gigantea</i> ²	12.6	19.7	24.6	42.1	1.6	9.2	22.4

¹ 42 días de corte

² 56 días de corte

Cuadro 11. Análisis de los subproductos y concentrados para el trópico húmedo y seco.

Subproducto/Concentrado	MS	% MS					
		PC	FAD	FND	Cenizas	EE	Lignina
<i>Zea mays</i> , harina	91.5	18.1	2.6	11.0	2.5	4.2	1.2
<i>Elaeis guineensis</i> , harina	91.4	15.9	31.5	56.3	3.8	7.8	10.9
<i>Ananas comosus</i> , pulpa	13.5	5.4	41.6	67.2	2.4	2.1	2.0
<i>Citrus sinensis</i> , pulpa	17.6	6.4	26.4	26.4	4.3	2.6	1.1
<i>Oriza sativa</i> , semolina	90.5	7.7	53.8	63.3	16.8	2.5	12.7
<i>Hordeum vulgare</i> , afrecho	90.7	20.9	25.2	62.5	4.6	6.8	5.6
Lechera AP 18%	89.5	21.3	9.1	23.6	8.34	7.2	3.7
Superlac	87.5	21.8	10.4	28.7	9.53	6.6	3.9
Econolac	87.7	18.6	11.3	29.2	9.88	6.4	4.6
Medalac	89.7	19.3	7.5	19.6	7.58	6.5	3.3
Zamo 1	87.9	19.6	7.6	15.1	9.26	6.7	3.6
Zamo 2	88.7	18.2	8.1	13.9	9.1	6.2	4.2
Zamo 3	87.8	18.8	8.1	15.8	7.63	5.5	4.1

3.1 COMPORTAMIENTO DE LAS GRAMINEAS

La edad de corte y la fertilización tienen efecto sobre la calidad de forraje. El corte oportuno permite manejar pastos de mejor calidad y con la fertilización nitrogenada se mejora la calidad. En el trópico el tiempo de corte óptimo para la mayoría de las gramíneas está entre los 20 y 28 días (Vélez *et al.*, 2002). En el cuadro 12 se resumen los efectos de corte y fertilización nitrogenada para todos los pastos muestreados. No hubieron diferencias entre los valores sin embargo en la figura 1 se puede observar que el nivel de proteína fue mayor a menor edad de corte. A los 21 días el rango fue de 8.613.2% PC, Y un contraste con el pasto cortado a los 35 días, la PC se redujo en un 29.5%.

Figura 2. Contenido de fibra neutro detergente (FND) en todos los pastos a tres edades de corte.

Cuadro 12. Efecto de la fertilización y la calidad a corte en el contenido de proteína cruda (PC), fibra neutra detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina para todos los pastos muestreados.

	Sin Fertilización			Con Fertilización		
	21	28	35	21	28	35
PC (%MS)	10.8± 2.4	7.8± 2.0	7.0± 2.5	10.9± 2.4	8.6±2.2	8.3±3.5
FND (%MS)	64.9± 4.2	70.7±3.1	70.8±3.1	64.7±2.4	69.5±3.0	69.4±5.0
FAD (%MS)	38.9± 3.0	42.4± 3.2	42.2±3.3	38.7±4.5	43.0±4.0	42.2±4.7
Lignina (%FND)	3.3± 0.5	4.2± 0.8	4.1±1.0	3.3±0.6	4.2±1.0	4.2±0.8
CV 12.0%						

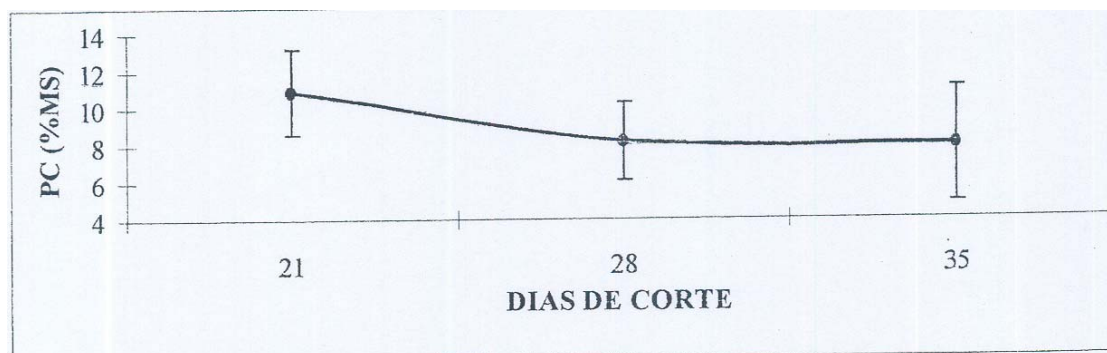
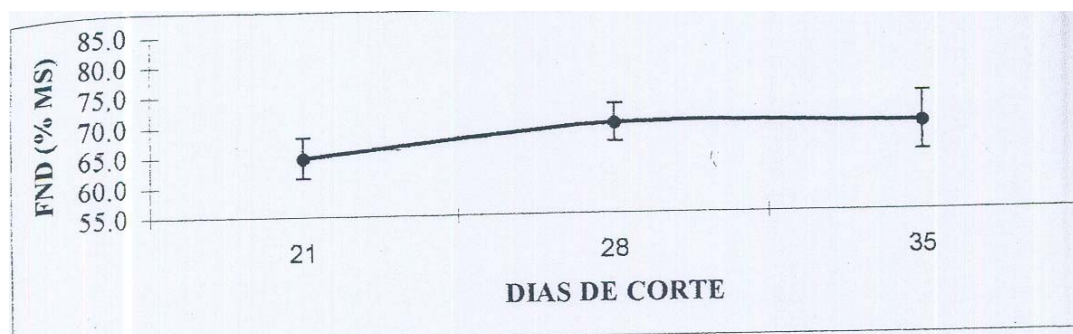


Figura 1. Contenido de proteína cruda (PC) en todos los pastos a tres edades de corte.

La fibra neutro detergente está constituida por la FAD más la hemicelulosa. Según el NRC,(1989; citado por Vélez *et al.*, 2002) se recomienda que la dieta contenga entre 25 y 28% de FND y que el 75% de ésta provenga del forraje. En la figura 2 se puede observar que el contenido de FND aumentó un 8.0% cuando la edad de corte aumentó de 21 a 35 días.



La fibra ácido detergente (FAD) está constituida por celulosa, lignina, compuestos nitrogenados lignificados, proteína dañada por calor y cenizas insolubles (Vélez *et al.*, 2002). El contenido de FAD (figura 3) fue menor en los pastos con 21 días de edad de corte (38.8%) en comparación con los pastos cortados a los 28 días (42.7%) o 35 días (42.2%), lo cual representa un aumento del 10% y 8.8% respectivamente (figura 3).

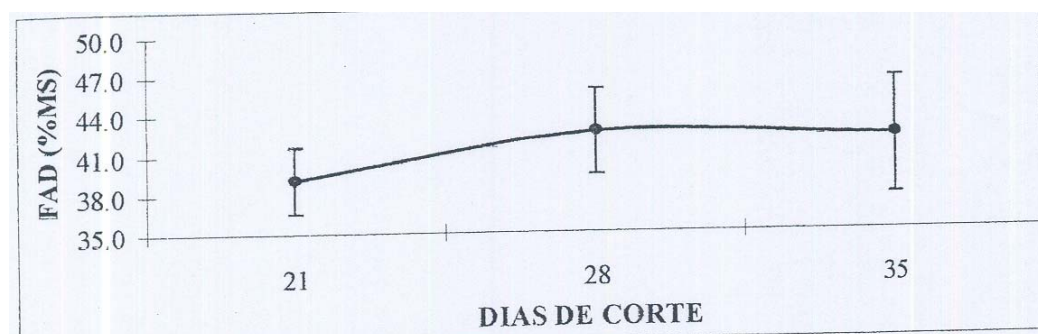


Figura 3. Contenido de fibra ácido detergente (FAD) en todos los pastos a tres edades de corte.

El contenido de lignina de un pasto aumenta con la edad (McDonald *et al.*, 1973). La lignina afecta la biodisponibilidad de la celulosa y hemicelulosa para las bacterias, y de esta manera afecta el valor nutricional de los forrajes (Church y Pond, 1982). En la Figura4 se observa el cambio en el contenido de lignina como porcentaje de la FND a medida que los pastos envejecen. El contenido de lignina aumentó en 27.3% de los 21 días a los 28 días y luego disminuyó ligeramente a los 35 días para un aumento de 25.8% con respecto al contenido a los 21 días de 3.1 %.

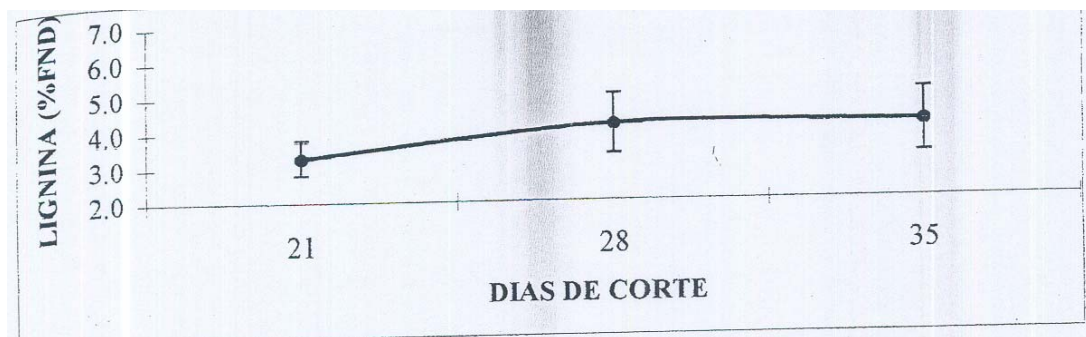


Figura 4. Contenido de lignina en todos los pastos a tres edades de corte.

En general el mejor valor nutritivo se logró a los 21 días de corte, con un marcado deterioro en el valor nutritivo (baja el contenido de proteína y aumentan el de FND, FAD y lignina) conforme aumenta la edad de corte a 28 o 35 días.

3.2 COMPORTAMIENTO DE LOS PASTOS USADOS EN LA SIMULACION

Para el presente estudio se pudo obtener las tasas de fermentación para los pastos *Panicum maximum* cv. Tobiatá y *Digitaria swazilandensis*, por lo que las simulaciones en CNCPS y los trabajos a continuación se presentaron para estos pastos.

3.2.1 Comportamiento de *Panicum maximum*

En la figura 5 se observa la relación de los cambios en los contenidos de proteína cruda, FND, FAD Y lignina en el pasto *P. maximum*. La proteína cruda disminuye en 46.5% y 51.2% en el pasto sin fertilización y el fertilizado respectivamente. Para contenido de FND se observó que al inicio tanto el pasto sin fertilización como el fertilizado iniciaron con contenidos similares (68.4% y 68.5% respectivamente). En cuanto al contenido de FAD, éste aumentó en un 23% y 28% respectivamente. El contenido de lignina aumentó en 43.7% para el *P. maximum* sin fertilización y en 62.5% para el fertilizado, resultados que coinciden con los encontrados por Marcucci, 1999.

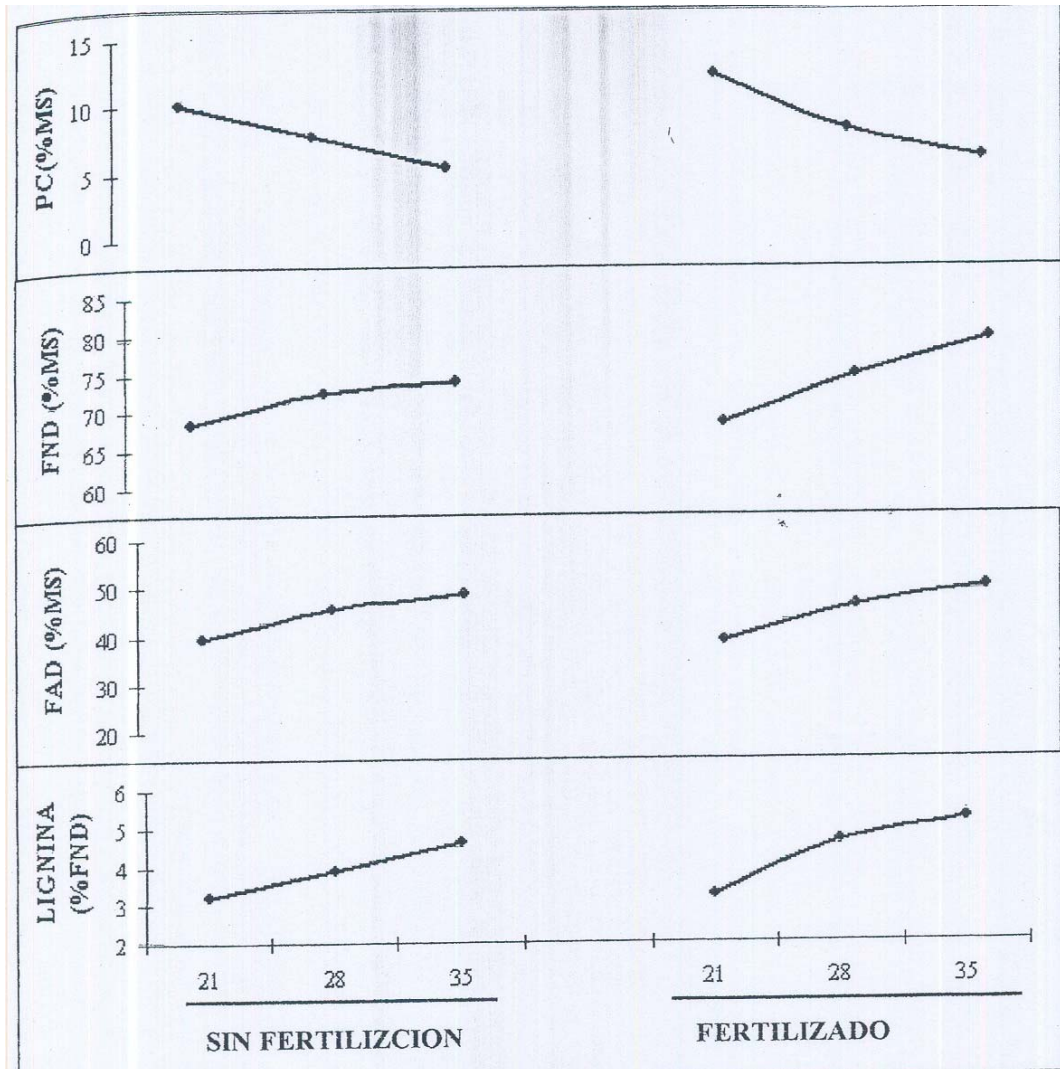


Figura 5. Efecto de fertilización y corte sobre el contenido de lignina, proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) en *Panicum maximum* cv. Tobiatá con tres edades (21, 28, 35 días) y dos niveles de fertilización (0 y 400 kg N/ha/año).

3.2.2 Comportamiento de *Digitaria swazilandensis*

En la figura 6, se observa la relación en los cambios en el contenido de proteína cruda, FND, FAD Y lignina para el pasto *Digitaria swazilandensis*. La disminución en el contenido de proteína con la edad de corte (21 días vs. 35 días) fue de 45.1% en el *D. swazilandensis* no fertilizado, mientras que el *D. swazilandensis* fertilizado fue de 42.3%. Contrario a lo encontrado en el *P. maximum* el aumento en el contenido de FND, FAD Y lignina fueron menores en el pasto *D. swazilandensis* fertilizado en comparación con el no fertilizado. El aumento en el contenido de FND fue de 13.5% y 8.6%, para la FAD fue de 26.6% y 22.7%, Y para la lignina fue de 65.8% y 47.4% para el *D. swazilandensis* no fertilizado y fertilizado, respectivamente.

Las variaciones en el contenido de proteína cruda, FND, FAD Y lignina en ambos pastos fueron menores cuando el pasto estaba entre los 28 a 35 días de corte que cuando pasó de los 21 a los 28. Esto puede deberse a una tendencia de éstos contenidos de estabilizarse con la edad de corte (McDonald, 1973).

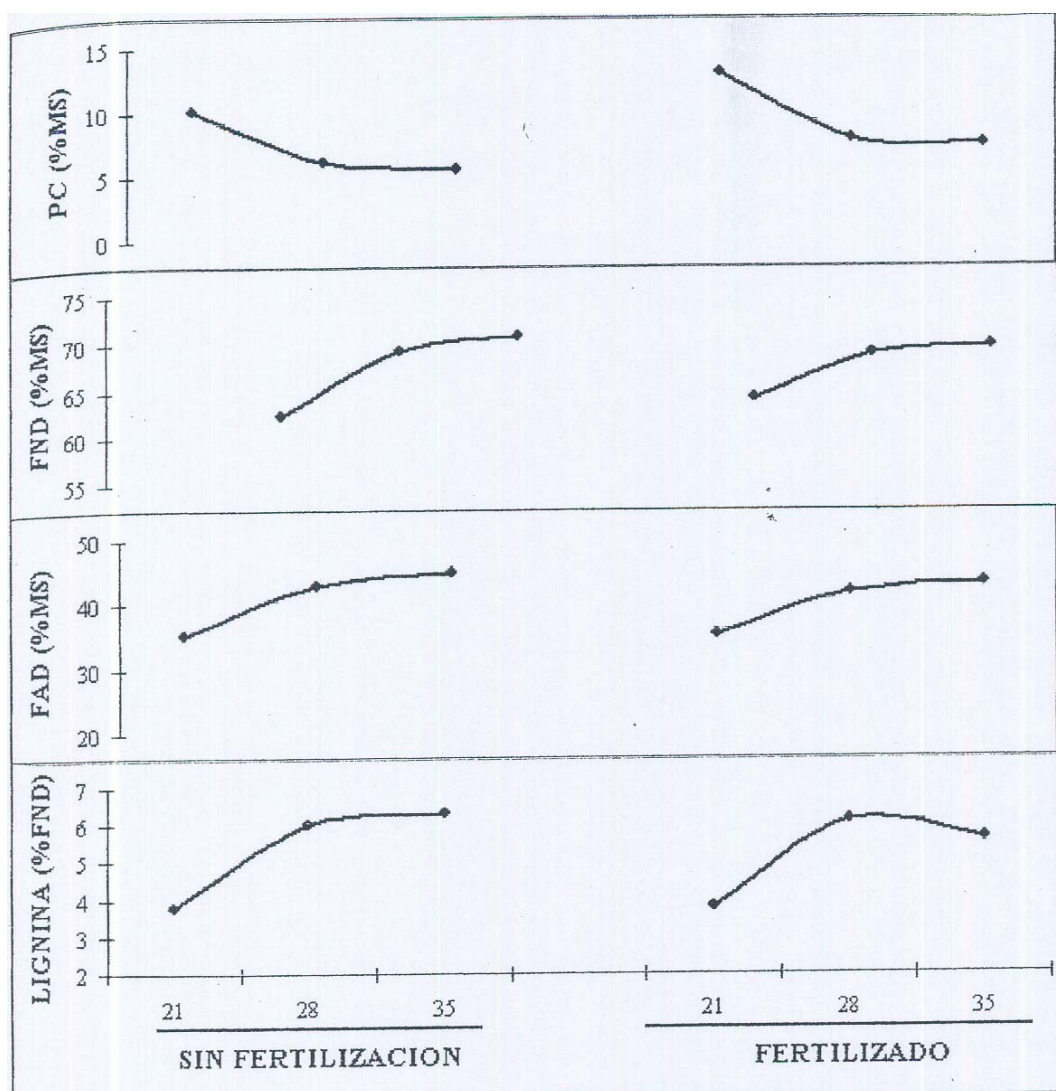


Figura 6. Efecto de fertilización y corte sobre el contenido de lignina, proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) en *Digitaria swazilandensis* con tres edades (21, 28, Y 35 días) y dos niveles de fertilización (0 y 300 kg N/ha/año).

3.3 SIMULACIONES EN EL CNCPS

Las simulaciones de producción usando CNCPS se realizaron para producciones de 5 a 20 kg de leche por día. Los resultados se presentan en los cuadros 13 a 16 y en ellos se reportan los niveles de suplementación con dos concentrados comerciales (Superlac y Lechera AP 18%) necesarios para suplir los requerimientos para cada nivel de producción en dietas con *P. maximum* y *D. swazilandensis*.

Para determinar la cantidad de materia seca ingerida por el animal se inició con el consumo de MS esperado de 2% del peso vivo (9,4 kg/día) y este se ajustó de acuerdo a los niveles' predichos por el programa para cada nivel de producción. La cantidad de materia seca ingerida es fundamental para determinar el valor nutritivo de un forraje, y este está influenciado por el contenido de proteína cruda, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y otros constituyentes del pasto (Skem1an y Riveros, 1992).

En cada simulación (Cuadros 13 al 16) se presentan el consumo de materia seca total de forrajes y de concentrado, la cantidad de leche producida con base en la energía metabolizable en base en la proteína metabolizable, la cantidad de proteína metabolizable proveniente de la actividad bacteriana y el aporte de PM por la digestión no fermentativa del alimento. Así mismo, el balance de nitrógeno ruminal expresado como % en base a el N soluble requerido. Este valor debe mantenerse entre 100 y 120%. El contenido de fibra neutro detergente efectiva es estimado por el programa en base a la composición del alimento. La FND debe ser superior a 20% y el 75% de éste debe provenir del forraje (Vélez *et al.*, 2002). El pH ruminal esperado es una forma de medir estabilidad ruminal, y debe ser superior a 6.25. Los niveles óptimos para todos los rangos de valores fueron tomados del manual de CNCPS elaborado por la Universidad de Cornell (Fox *et al.*, 2000).

Con *P. maximum* no fertilizado y sin suplementación se produjeron 4.3 kg de leche en base a la EM y 6.4 kg en base a la PM con un consumo de 9.4 kg de MS, que corresponde al 2% del peso vivo del animal. Con un consumo pronosticado por el modelo de 10.3 kg de MS se produjeron 5.7 kg de leche en base a la EM y 7.2 kg en base a la PM, lo que indica un exceso de proteína y un faltante de energía en la dieta para ambos casos. Al suplementar con el concentrado Superlac, el nivel de FNDe se reduce a valores inferiores a los requeridos a partir de una producción de 12.5 kg y consecuentemente se reduce el pH a menos del valor crítico de 6.25 (Fox *et al.*, 2000b). Al suplementar con Lechera AP 18% los problemas se presentan a partir de los 15.0 kg. La relación de la PM bacteriana y la del alimento no degradado se vio afectada con Lechera AP 18% al producir 20.0 kg de leche. El balance del nitrógeno ruminal se vio afectado con los dos concentrados para todas las producciones, a excepción de 15.0 kg con Superlac.

Con *P. maximum* fertilizado y sin suplemento se obtuvieron 3.9 kg de leche en base a la EM y 8.1 kg en base a la PM. Con Lechera AP 18%, se encontraron problemas en la relación de la PM bacteriana y la del alimento no degradado al producir 17.5 y 20.0 kg de leche. Tanto con Lechera AP 18% como con Superlac la FNDe estimada y el pH tuvieron valores menores a los esperados mínimos para un buen funcionamiento del rumen, al producir 15.0 kg de leche. Esto no se observó con producciones de 17.5 a 20 kg. Al

Cuadro 13. Consumo de MS efectos en la salud ruminal para diferentes niveles de producción con *Panicum maximum* y concentrado Lechera AP 18%

⁴ Expresado como % de la MS

Cuadro 14. Consumo de MS y efectos en la salud ruminal para diferentes niveles de producción con *Panicum maximum* y concentrado Superlac.

		PRODUCCION ESPERADA (kg/ día)						
		5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0
SIN FERTILIZACION								
Consumo de Forraje ¹	9.4	9.5	9.4	8.9	8.5	7.6	11.5	11.1
Consumo de MS Pronosticado ¹	10.2	10.3	11.1	11.8	12.4	13.0	15.8	16.5
Consumo de Concentrado ¹	0.0	0.7	1.7	2.9	4.0	5.4	4.3	5.5
Producción en base a la EM ¹	2.9	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0
Producción en base a la PM ¹	5.7	7.8	7.5	12.8	15.4	17.2	18.6	21.3
PM de la Bacteria ²	509	575	643	711	778	790	939	1002
PM del alimento no degradado ²	292	353	423	496	572	652	736	817
Balance del Nitrógeno Ruminal ³	77	81	85	90	95	107	92	97
Balance de FND efectiva ¹	0.8	0.6	0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.1	-0.1
FNDe ⁴	28	26	24	22	19	17	21	19
pH ruminal pronosticado	6.46	6.46	6.44	6.34	6.25	6.14	6.31	6.24
Relación Forraje/Concentrado	100:0	93:7	85:15	76:24	68:32	59:41	73:27	67:33
CON FERTILIZACION								
Consumo de Forraje ¹	9.4	10.27	10.25	9.76	9.22	8.27	12.51	12.04
Consumo de MS Pronosticado ¹	10.27	10.27	11.05	11.75	12.4	12.96	15.81	16.52
Consumo de Concentrado ¹	0	0	0.8	2	3.2	4.7	3.26	4.5
Producción en base a la EM ¹	3.9	5.2	7.5	10	12.5	15	17.5	20
Producción en base a la PM ¹	8.1	9	11.1	13.7	16.2	18.5	19.8	22.6
PM de la Bacteria ²	546	591	654	723	791	830	953	1023
PM del alimento no degradado ²	361	401	463	535	605	682	785	870
Balance del Nitrógeno Ruminal ³	81	81	84	89	94	104	92	95
Balance de FND efectiva ¹	0.8	0.8	0.7	0.4	0.2	-0.2	0.4	0.1
FNDe ⁴	28	28	26	24	21	18	23	21
pH ruminal pronosticado	6.46	6.46	6.46	6.42	6.32	6.2	6.38	6.31
Relación Forraje/Concentrado	100:0	100:0	93:7	83:17	75:25	64:36	80:20	73:27
¹ kg/día								
² g/día								
³ % del total requerido								
⁴ Expresado como % de la MS								

Con *D. swazilandensis* no fertilizado y sin suplemento se produjeron 4.9 kg en base a la EM y 6.5 kg de 1e-9he en base a la PM con un consumo de 9.4 kg de MS que corresponde 31200 del peso vivo del animal. Con el consumo pronosticado por el modelo de 10.32 kg (kg de MS se produjeron 6.4 kg en base a la EM y 7.3 kg en base a la PM. Al suplementar *D. swazilandensis* con Lechera AP 18Qo el balance de nitrógeno ruminal fue afectado al producir 5.0,7.5,10.0. 15.0.] 7.5 Y 20.0 kg dt: leche y con Superlac al producir 7.5. 10.0, 12.5 ~ 20.0 kg. con ambos concentrados en 1.1S dietas para producir 15 y 20 kg la cantidad d, FNDe estimada fue inferior a la requerida y consecuentemente el pH ruminal se vio

Afectado. Al suplementar con Superlac para producir 20 kg de leche la cantidad de PM bacteriana fue menor que la de proteína proveniente del alimento no degradado; lo cual indica que no se tuvieron las mejores condiciones de fermentación ruminal.

Con *D. swazilandensis* fertilizado y sin suplemento se produjeron 5.2 kg en base a la EM y 8.8 kg en base a la PM con un consumo estimado del 9.4 % de MS y con el consumo de 10.28 kg de MS predicho por el CNCPS se produjeron 6.6 kg de leche en base a la EM y 9.8 kg en base a la PM. Al suplementar con Lechera AP 18% la PM bacteriana fue mejor que la del alimento no degradado al producir 15.0, 17.5 Y 20.0 kg de leche y con Superlac se presentaron problemas con 15.0 y 20.0 kg de leche. La FNDe y el pH se vieron afectados al producir 15.0 kg con ambos concentrados y Lechera AP 18 % también , presento problemas con 20.0 kg.

En general se observa:

1. A medida que aumentó la producción esperada se observó una disminución en el consumo de forraje y un aumento en el de concentrado hasta los 15kg/día, cuando la relación forraje: concentrado fue de 60:40 con el *P. maximum* y 70:30 con *D. Swazilandensis*. Para los niveles de 17.5 y 20.0 kg se observó un aumento en el consumo de forraje y concentrado. Es decir que inicialmente se presentó un efecto de sustitución y posteriormente uno de adición, que permite la mayor producción aunque con efectos negativos sobre la salud ruminal. Este aumento en el consumo de MS lo justifica el CNCPS con un aumento en la tasa de pasaje (Fox *et al.*, 2000). Los parámetros en que se basan las ecuaciones deben ser validadas en el trópico para diferentes niveles de producción pues estas se basan en producciones entre 8.0 y 14.0 kg/día².

2. El factor limitante para la producción es la energía, es decir que los concentrados se pueden reformular con un menor contenido de PC, lo que permitiría reducir su costo. De igual forma se debe mejorar el balance ruminal de nitrógeno con fuentes solubles de nitrógeno.

² Matamoros, 1. 2002. Consumo de materia seca en el trópico. En conferencia con Alice Pell (Universidad de Comen) y Martín Traxler (Agro Lab México).

Cuadro 15. Consumo de MS y efectos en la salud ruminal para diferentes niveles de producción con *Digitaria swazilandensis* y concentrado Lechera AP 18%

	PRODUCCION ESPERADA (kg/ día)							
	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	
SIN FERTILIZACION								
Consumo de Forraje ¹	9.4	10.3	8.8	10.1	9.8	9.3	12.7	12.3
Consumo de MS Pronosticado ¹	10.3	10.3	11.0	11.9	12.5	13.1	15.8	16.5
Consumo de Concentrado ¹	0.0	0.0	1.3	1.9	2.6	3.8	3.1	4.2
Producción en base a la EM ¹	4.9	6.4	7.5	10.0	12.5	15.0	18.6	20.8
Producción en base a la PM ¹	6.5	7.3	9.1	11.5	13.1	16.3	17.5	20.0
PM de la Bacteria ²	545	594	586	698	707	777	904	947
PM del alimento no degradado ²	255	286	354	457	524	624	692	794
Balance del Nitrógeno Ruminal ³	87	88	101	76	103	97	93	95
Balance de FND efectiva ¹	0.5	0.6	0.3	0.2	0.1	-0.2	0.1	-0.1
FNDe ⁴	26	26	23	22	20	18	21	19
pH ruminal pronosticado	6.40	6.46	6.38	6.35	6.29	6.21	6.30	6.24
Relación Forraje/Concentrado	100:0	100:0	88:12	84:16	79:21	71:29	80:20	75:25
CON FERTILIZACION								
Consumo de Forraje ¹	9.4	10.0	10.3	10.0	9.3	12.6	11.2	
Consumo de MS Pronosticado ¹	10.3	11.0	11.8	12.5	13.1	15.8	16.5	
Consumo de Concentrado ¹	0.0	0.5	1.3	2.5	4.0	2.9	4.8	
Producción en base a la EM ¹	5.2	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	
Producción en base a la PM ¹	8.8	10.6	12.9	15.4	17.9	19.1	21.8	
PM de la Bacteria ²	524	582	642	697	728	823	843	
PM del alimento no degradado ²	388	465	557	661	774	851	977	
Balance del Nitrógeno Ruminal ³	107	107	107	108	112	109	112	
Balance de FND efectiva ¹	0.6	0.5	0.4	0.2	-0.2	0.3	-0.2	
FNDe ⁴	26	25	23	21	19	22	19	
pH ruminal pronosticado	6.46	6.46	6.42	6.32	6.22	6.34	6.22	
Relación Forraje/Concentrado	100:0	95:5	89:11	80:20	70:30	82:18	70:30	
¹ kg/día								
² g/día								
³ % del total requerido								
⁴ Expresado como % de la MS								

Cuadro 16. Consumo de MS Salud ruminal para diferentes niveles de producción con *Digittaria swazilandensis* y concentrado Superlac.

	PRODUCCION ESPERADA (kg/ día)						
	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0
SIN FERTILIZACION							
Consumo de Forraje ¹	9.4	9.0	10.4	10.5	9.0	12.2	8.6
Consumo de MS Pronosticado ¹	10.3	11.0	11.8	12.5	13.1	15.8	16.3
Consumo de Concentrado ¹	0.0	1.1	1.2	2.0	4.1	3.6	7.6
Producción en base a la EM ¹	5.1	7.5	10.0	12.5	15.0	18.9	22.1
Producción en base a la PM ¹	6.6	9.1	10.5	12.7	15.0	17.5	20.0
PM de la Bacteria ²	544	614	691	762	768	930	831
PM del alimento no degradado ²	255	328	382	453	570	656	866
Balance del Nitrógeno Ruminal ³	91	96	96	99	110	103	131
Balance de FND efectiva ¹	0.5	0.3	0.4	0.2	-0.3	0.0	-0.9
FND ⁴	26	23	23	22	18	20	14
pH ruminal pronosticado	6.46	6.39	6.40	6.34	6.19	6.27	6.03
Relación Forraje/Concentrado	100:0	89:11	90:10	84:16	76:24	77:23	53:47
CON FERTILIZACION							
Consumo de Forraje ¹	9.4	11.0	10.9	9.6	7.5	13.5	12.4
Consumo de MS Pronosticado ¹	10.3	11.0	11.8	12.4	13.0	15.8	16.6
Consumo de Concentrado ¹	0.0	0.0	0.9	2.9	5.5	2.4	4.2
Producción en base a la EM ¹	5.2	8.1	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0
Producción en base a la PM ¹	8.8	10.6	12.2	14.6	16.3	17.9	20.4
PM de la Bacteria ²	524	601	643	692	673	827	876
PM del alimento no degradado ²	388	476	536	622	724	809	907
Balance del Nitrógeno Ruminal ³	107	108	110	115	135	114	118
Balance de FND efectiva ¹	0.6	0.7	0.5	0.1	-0.5	0.4	0.0
FND ⁴	26	26	24	21	16	23	20
pH ruminal pronosticado	6.46	6.46	6.46	6.30	6.09	6.38	6.27
Relación Forraje/Concentrado	100:0	100:0	92:8	77:23	58:42	85:15	75:25

¹ kg/día
² g/día
³ % del total requerido
⁴ Expresado como % de la MS

4. CONCLUSIONES

Las 14 gramíneas, 10 leguminosas y 6 subproductos evaluados pueden ser incluidos en la base de datos tropical del CNCPS.

El contenido de PC disminuye y el de FND, FAD Y lignina aumenta con la edad de Corte. Aún cuando hay variaciones individuales, los cambios son menores en pastos fertilizados.

El CNCPS permite evaluar el desempeño animal y la salud ruminal con diferentes dietas e identificar los problemas de salud ruminal generalmente asociados con altas producciones de leche.

5. RECOMENDACIONES

A partir de los análisis para cada pasto se pueden desarrollar cartillas tecnológicas que puedan dar al productor una pauta sobre alternativas de alimentación para su ganado.

Hacer validaciones de campo del CNCPS para optimizar sus ecuaciones.

6. BIBLIOGRAFIA

AOAC (Association of Official Analytical Chemists, US). 1990. Official Methods of Analysis. 13 ed. Washington, De.

Church, D.C; Pond, W.G. 1982. Nutrición animal básica. 2 ed. John Wiley & Sons. New York 403 p.

Fox, D.G; Tylutki, T.P; Van Amburgh, M.E; Chase, L.E; Pell, A.N; Overton, T.R; Tedeschi, L.O; Rasmussen, e.N; Durbal, V.M. 2000. El sistema & carbohidratos y proteína neta para la evaluación de la nutrición del hato y excreción de nutrientes. CNCPS versión 4.0 «:::» 2000). Universidad de Cornell, Nueva York. 236 p.

Krishnamoorthy, U.; Sniffen, e. J.; Stem M.D.; Van Soest, P.J. 1982. Evaluation of mathematical model of digest and *in vitro* simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen undegraded nitrogen content of feedstuffs. Journal of Nutrition. 50:555-587.

Marcucci, I.E. 1999. Variaciones estacionales en la producción y composición del pasto Guinea (*Panicum maximum*) cv Tobiata en Zamorano. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 19 p.

McDonald, P; Edwards, R.A; Greenhalgh, J.F.D. 1973. Nutrición animal. Longman. Nueva York. 479 p.

Nicholson, C.F.; Blake, R.; Urbina, C.I.; Lee, D.R.; Fox, D.G.; Van Soest, P.J. 1994. Economic comparison of nutritional management strategies for adequacy. Journal of Animal Science. 71: 1298-1311.

Pell, A.N. and Schofield, P., 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. Journal of Dairy Science. 76:1063-1073.

Skerman, P. J.; Riveros, F. 1992. Gramíneas tropicales. FAO. Roma. 849 p.

Van Soest, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, New York. 476p.

Van Soest, P.J.; Robertson, I.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3538-3556.

Vélez, M; Hincapié, I; Matamoros, I; Santillán, R. 2002. Producción de ganado lechero en el trópico. 4 ed. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras. 326 p.