UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Biología

EFECTO DE DIFERENTES FUENTES ENERGETICAS EN LA UTILIZACION DE UREA EN UNA DIETA A BASE DE CAÑA DE AZUCAR

MARIELLA DURAN DE MORI

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Guatemala

1987

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Biología.

EFECTO DE DIFERENTES FUENTES ENERGETICAS EN LA UTILIZACION DE UREA EN UNA DIETA A BASE DE CAÑA DE AZUCAR

Mariella Durán De Mori

Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de Licenciado en Biología.

Guatemala

1987

EFECTO DE DIFERENTES FUENTES ENERGETICAS EN LA UTILIZACION DE UREA EN UNA DIETA A BASE DE CAÑA DE AZUCAR.

Vo. Bo.:

(f) _____
Ms. Sc. C. de Bosque
Asesor

(f) _____
Ms. Sc. Peter M. Fairhurst
Asesor

Tribunal.

(f) _____
Dra. Margaret A. Dix

(f) _____
Ms. Sc. C. de Bosque

(f) _____
Ms. Sc. Peter M. Fairhurst.

Fecha de aprobación: 17 Septiembre 1987

A mis padres,
A mi esposo,
A mis hijos, y
A Zia Nina.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las siguientes instituciones y personas que me prestaron colaboración en el desarrollo de la presente tesis:

-Ingenio Pantaleón S. A., Departamento de Ganadería

-Ing. Peter M. Fairhurst

-Licda. Conchita de Bosque

-Doctora Margaret Dix

-Doctor Findlay Pate

-Ing. Raúl Minondo A.

-A todos aquellos que de alguna manera u otra me ayudaron en la realización de esta tesis.

-Y al señor J. V. McLeod, quien al poco tiempo después de colaborar con este estudio falleció.

CONTENIDO

		Páginas
	RESUMEN	
I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	5
	A. Consumo voluntario	5
	B. Producción en los trópicos	6
	C. Valor de la caña de azúcar	7
	D. Urea como fuente de nitrógeno no protéico	8
	E. Carbohidratos: Clases, eficiencia y efecto en la utilización de nitrógeno	9
	F. Melaza: Carbohidrato de fácil acceso	11
	G. Descubrimiento e importancia del nitrógeno no protéico NNP (especialmente urea)	12
	H. Otros compuestos como fuente de nitrógeno no protéico	13
	I. Período de adaptación a la urea	14
	J. Proteína microbiana: Síntesis protéica	14
	K. Concentración de amoníaco ruminal	16
	L. Mejoramiento en la utilización de urea	17
	M. Consideraciones al utilizar urea	18
	N. Utilización y niveles de urea	19
	O. Toxicidad de urea	21
III.	MATERIALES Y METODOS	
	A. Selección de novillos	25

Páginas

B. Procedimiento experimental 25

C. Preparación de las raciones 29

D. Período de ensayo 33

E. Preparación de las muestras 34

F. Análisis de las muestras 35

1. Materia seca 35

2. Proteína cruda 35

3. Ceniza 35

4. Fibra detergente neutral 36

5. Fibra detergente ácido 36

6. Lignina y celulosa 36

IV. RESULTADOS 39

V. DISCUSION 49

VI. CONCLUSIONES 57

VII. BIBLIOGRAFIA 59

APENDICES

A. Procedimiento analítico para la determinación de fibra de detergente neutral y de fibra de detergente ácido 65

B. Tablas de composición, formulación y costo de las raciones otorgadas de maíz con 25% de NNP, maíz con 50% de NNP, melaza con 25% de NNP y melaza con 50% de NNP. 69

Páginas

C. Tablas de resultados en libras para cada nutriente de la ración ofrecida, sobrante, consumida, excretada, asimilada y el porcentaje de la digestibilidad aparente con su desviación standard respectiva, para cada una de las cuatro dietas estudiadas. 79

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
3.1	Raciones suministradas para cada dieta experimental	30
3.2	Composición de las dietas experimentales	31
3.3	Raciones suministradas cada día a cada novillo durante los cuatro ensayos	32
4.1	Composición química y costo de las dietas ofrecidas durante los cuatro ensayos	40
4.2	Digestibilidades aparentes para cada ración durante los cuatro ensayos	41
4.3	Promedio de porcentajes de las digestibilidades aparentes y consumo de materia seca para cada ración en los cuatro ensayos metabólicos	43
4.4	Pesos de los animales al iniciar el primer ensayo y al terminar el cuarto ensayo	45
4.5	Análisis de varianza de dos fuentes energéticas y dos niveles de urea en una dieta a base de caña de azúcar. A= fuentes energéticas (maíz y melaza) B= niveles de urea (25% y 50%)	45

RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo para determinar la fuente energética más efectiva al ser utilizada con diferentes niveles de urea y para determinar el nivel de urea más efectivo al reemplazar proteína natural en dietas basadas en caña de azúcar. Para esto se realizaron cuatro ensayos metabólicos probando cuatro raciones diferentes en cada ensayo, rotando la ración en las cuatro jaulas metabólicas donde se encontraban cuatro novillos Brahman comerciales machos castrados de aproximadamente 12 meses de edad. Las dietas experimentales eran maíz con 25% de urea como NNP*, Maíz con 50% de urea, Melaza con 25% de urea y Melaza con 50% de urea.

El diseño experimental utilizado fue de 2 x 2 factorial con cuatro repeticiones. Al terminar los cuatro ensayos metabólicos de 7 días de duración cada uno, y un período de adaptación de diez días previo a cada ensayo, para que los animales se acostumbraran al nivel de urea, se determinaron las digestibilidades de fibra de detergente neutral, ácido, lignina, celulosa, materia seca, materia orgánica y proteína cruda. Los resultados demostraron ($P<.05$) que no había una diferencia significativa ni en las digestibilidades, ni en el consumo de materia seca de las raciones experimentales.

*Nitrógeno no proteíco.

En este estudio se comprobó que la urea puede suplementar en un 50% del N. dietético, y conjuntamente con la caña resulta un medio prometedor para el engorde de ganado en una época del año que normalmente las condiciones ambientales no lo permitirían.

Se encontró que a medida que aumenta el nivel de urea en la dieta el consumo de materia seca disminuye, por problemas de palatabilidad; pero al utilizar melaza en la dieta, este problema es contrarrestado y por consiguiente el consumo no es afectado.

Se comprobó que al aumentar el nivel de urea en dietas con melaza la digestibilidad de la fibra disminuía, mientras que en las dietas de maíz aumentaba. Sin embargo, la digestibilidad de materia seca aumenta con la melaza y diminuye con las dietas de máiz y la digestibilidad de proteína cruda es igual para ambas dietas, lo que sugiere que el resultado final de otorgar ya sea maíz o melaza y distinto nivel de urea es muy similar, siendo las diferencias no significativas.

Así pues la decisión final de qué dieta es más favorable dependerá del costo, la mayor diferencia en el costo de la ración radica en la fuente protéica (62 y 45% de la dieta) , no en la energética, mientas mayor sea la cantidad otorgada de NNP en la ración que satisfaga las necesidades protéicas, menor será el costo. En este estudio comprobamos que podemos otorgar hasta un 50% de N protéico en forma de urea y obtener resultados igualmente satisfactorios que con proteína natural.

I. INTRODUCCION

El gran potencial de producción animal de los trópicos se encuentra en la enorme cantidad de biomasa que se puede producir por unidad de área (Preston y Leng. 1980).

Comparando las cosechas tropicales y templadas observamos una producción mucho mayor de materia seca (Ton/ha año) en las especies tropicales. Con caña de azúcar (Saccharum oficinarum) se producen 112 Ton/ha de materia fresca al año, mientras la producción de alfalfa y remolacha en regiones templadas es de 26 Ton/ha año (Preston y Leng, 1980).

El 86% de los países clasificados como en vías de desarrollo poseen la mitad del ganado mundial; sin embargo, aportan únicamente un tercio de la producción global de carne (Grigg, 1970). Esta pésima productividad se le atribuye a una variedad de factores tanto socio-económicas como agriculturales, incluyendo suelos pobres y poco fértiles; un patrón de precipitación muy marcado de sequía y humedad (McDowell, 1972); alta competencia con los humanos por granos básicos; baja tasa de fertilidad en las explotaciones ganaderas; y baja cantidad y calidad de forrajes, dando como resultado que la producción de ganado se expresa en hectáreas por animal en lugar de animales por hectárea (Preston, 1974).

Como fue reportado por Fairhurst (1981) y Moore, et al, (1967), el problema mundial con respecto al déficit protéico, tiene varias soluciones a corto plazo. Una de ellas es la crianza de rumiantes, quienes

poseen la habilidad única de transformar NNP* en proteína animal de alta calidad.

Guatemala, como país tropical, está bajo las restricciones ecológicas mencionadas y se deben buscar formas más eficientes de producción animal. Los granos no pueden utilizarse como fuente alimenticia para ganado debido a varios factores como su alto precio, bajo precio de la carne en el mercado local y baja calidad genética del ganado utilizado (Preston, 1974). Por lo tanto, es necesario desarrollar diferentes sistemas de producción animal, donde se utilicen los sub-productos de las actividades agrícolas ya existentes. En la Costa Sur de Guatemala, reside el 53% de ganado del país, como también la mayoría de la producción agrícola de algodón, caña de azúcar, café, hule y cacao (Fairhurst 1981). De estas cosechas provendrían los sub-productos a utilizar en nuevos sistemas de producción ganadera, los cuales para poder ser aplicados deben ser elaborados y refinados por investigaciones.

Recientemente, adquirió interés el uso de caña de azúcar como forraje para alimentación intensiva de ganado (Pate, 1980). La caña de azúcar en contraste con otro forrajes tropicales, encaja bien con las limitaciones de los trópicos con marcadas estaciones de lluvia y sequía (Pate, 1977). Sin embargo, su bajo contenido de proteína cruda hace necesaria una suplementación protéica (pate, 1980).

Siendo cada vez más elevado el precio de fuentes de proteína natural como harina de algodón, la adición de urea como substituto de

*Nitrógeno no protéico

proteína natural presenta una solución posible muy favorable. Un sistema que, conjuntamente con la caña de azúcar, utilizará urea sería de gran interés económico, la producción animal aumentaría y la fuente sería más accesible, gracias a que los precios de la urea por unidad de proteína cruda son bajísimos comparados con otras fuentes nitrogenadas. Por ejemplo, la harina de algodón posee 88% de materia seca a Q12,00 el quintal y 40% de proteína cruda en base a materia seca, nos da Q.0.34 por lb. de proteína cruda. Mientras que, la urea como fuente de NNP con 100% de materia seca nos da un precio de Q.0.04 por lb. de proteína cruda. Aunque la utilización de urea está bien documentada (helmer y Bartley, 1971; Reid, 1953; Goodrich et al., 1972), se ha realizado muy poca investigación con urea en dietas basadas en caña de azúcar. Se ha comprobado exhaustivamente que la urea es eficientemente utilizada en dietas que contienen almidón; sin embargo, su comportamiento cuando se utiliza con azúcares solubles es aún indefinido. Esto se debe a la utilización errática de urea en dietas con azúcares solubles. No se han publicado límites económicos y/o fisiológicos de la utilización de urea con dietas basadas en caña de azúcar. Para aplicar debidamente la técnica de utilizar urea como suplemento alimenticio y maximizar la producción animal se debe realizar un estudio que determine el punto donde se utiliza la urea con máxima eficiencia en dietas con caña de azúcar.

La ganadería ocupa actualmente una posición muy importante dentro del sector agrícola del país, representando una generación de capital que asciende a cinco millones de quetzales mensuales de divisas (Banco de Guatemala, 1985).

Siendo Guatemala un país que depende mayormente de su agricultura para la generación de ingresos es de suma importancia el tratar de volver día a día más eficiente y productiva.

El objetivo del presente estudio es comparar la eficiencia de la utilización de la urea en rumiantes alimentados con dietas basadas en caña de azúcar, usando dos fuentes de carbohidratos fácilmente aprovechables: almidón en la forma de maíz y azúcares solubles en la forma de melaza.

Este estudio se diseñó para determinar la fuente energética más efectiva al ser utilizada con diferentes niveles de urea y para determinar el nivel de urea más efectivo al reemplazar proteína natural en dietas basadas en caña de azúcar.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Consumo voluntario

La alimentación está regulada por condiciones del retículo ruminal, palatabilidad, deficiencias nutricionales y desórdenes metabólicos. Estas mantienen el nivel de energía balanceado (Baile, 1968). Por otro lado, las condiciones ambientales, como humedad, viento, sombra y temperatura influyen en el consumo voluntario. Por ejemplo, en épocas de mucho calor el consumo declina, mientras que en épocas frías aumenta (Schneider y Flatt, 1975). Del consumo voluntario depende el desarrollo satisfactorio del animal al utilizar una ración determinada. Otro factor que influye en el consumo voluntario, es el porcentaje de proteína cruda que contiene el pasto. Al avanzar la madurez del pasto, su consumo se ve limitado porque el contenido de proteína cruda decae más del 7% (Lippke, 1980; Milford y Minson, 1966).

Otro aspecto importante en el consumo voluntario es que la ración basada en caña de azúcar debe estar bien mezclada y finamente cortada. Estudios realizados demostraron que raciones que contienen caña de azúcar finamente cortada son más aceptadas (Preston, 1973). El consumo aumenta a medida que disminuye el tamaño, hasta llegar al tamaño de aserrín (Creek et al., 1976). El apetito decae cuando quedan residuos no digeribles en el tracto digestivo (Schneider y Flatt, 1975).

Una ración balanceada también es muy importante, ya que la carencia de algún elemento esencial disminuye el consumo de alimento.

La cantidad de ración consumida depende de cual es el elemento nutritivo faltante (Schneider y Flatt, 1975).

Estudios han puesto en evidencia que raciones ricas en energía pero deficientes en proteínas son negativas para la producción animal, y que además disminuyen el consumo del pasto (Van Niekerk, 1974).

B. Producción en los trópicos

El valor nutritivo del pasto depende de su eficiencia en satisfacer los requerimientos energéticos, protéicos, vitamínicos y minerales del animal (Milford y Minson, 1966). La limitada producción animal de los trópicos se debe a deficiencias en el pasto, las cuales sólo se satisfacen al proporcionar suplementos que las cubran o inyectando nutrientes directamente al animal.

En los trópicos se alternan períodos de rápido crecimiento del pasto con períodos de crecimiento lento o nulo debido a la distribución de la precipitación. En época seca los rumiantes subsisten alimentándose del pasto que creció en el período de rápido crecimiento, que se encuentra ya maduro, fibroso, poco palatable y de poco valor nutritivo. Para incrementar este valor, Gihad (1979), trató el pasto seco con hidróxido de sodio suplementándolo con melaza y urea. Los resultados fueron muy satisfactorios. Se incrementó la retención de nitrógeno y fósforo, la digestibilidad y consumo diario de materia seca, las digestibilidades de proteína cruda, materia orgánica, fibra cruda y energía neta aumentaron notablemente (Gihad, 1979).

Algunas nuevas medidas para aumentar la producción de carne en los trópicos serían las siguientes: irrigación de pastos durante época

seca; conservación de pastos (ensilaje, heno); suplementación y cosechas arables (Milford y Minson, 1966).

Las cosechas encontradas en los trópicos con alto contenido energético como caña de azúcar, melaza, casava y bananos, nunca han sido utilizadas en grandes cantidades en dietas de rumiantes (Preston y Leng, 1980).

Antes era aceptado que en los trópicos no había lugar para sistemas de engorde intensivo, debido a que los requerimientos energéticos eran sumamente costosos y no podían competir con pastos en forma extensiva. Los pastos se consideraban la fuente alimenticia más barata para ganado en los trópicos. Esta situación ha cambiado en los últimos años, ya que hay un creciente interés por engorde intensivo, pues se han demostrado sistemas económicamente factibles (Preston, 1974).

Utilizando engorde en confinamiento se logra controlar más eficientemente la calidad. Esto permite seleccionar mejor cuando están listos los novillos para utilizarse, se reduce la edad de los novillos y, por lo tanto, aumenta el porcentaje de carne suave. También es reconocido que el ganado engordado en confinamiento tiene más grasa intramuscular, lo que lo hace de mejor calidad (Preston, 1974).

Otras ventajas del engorde estabulado es que se descargan los potreros en tiempos de sequía evitando así el sobrepastoreo, y evitando también que los animales dejen de crecer, desarrollarse y engordar durante este tiempo.

C. Valor de la caña de azúcar

La utilización de caña de azúcar es un medio muy favorable para

resolver algunos de los problemas que se presentan en los trópicos y recientemente, su uso como forraje para la alimentación intensiva del ganado adquirió interés (Pate, 1980). La caña es un forraje sumamente eficiente que produce de treinta a cincuenta toneladas de materia seca por hectárea al año (Pate y Coleman, 1975).

Es la planta más eficiente del mundo para convertir energía solar en carbohidrato, preserva la fertilidad del suelo y evita la erosión. Además caña de azúcar es ideal para las regiones tropicales y sub-tropicales con marcadas estaciones húmedas y secas. En época seca, el ganado pierde peso, debido a que baja la producción y calidad de los forrajes tradicionales en esta época del año. La caña, por otro lado, se encuentra en esta época en su máximo punto de madurez y aprovechamiento (Preston, 1973). Otras ventajas de la caña son que a medida que avanza su madurez, aumenta su digestibilidad y su valor nutritivo, y mantiene su calidad meses después de alcanzar su madurez (Pate, 1977). Por esto no presenta problemas de almacenamiento, ya que está lista para cosecharse cuando otras fuentes de energía no están al alcance (Preston, 1973). La caña fresca tiene más valor alimenticio que la caña ensilada, y el consumo por cabeza diario oscila entre 15 y 25 lbs. de materia seca (Haines y le Grand, 1963).

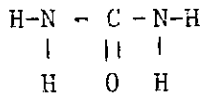
Una desventaja de la caña de azúcar es su extremadamente bajo contenido de proteína cruda (Pate, 1980), lo que hace necesaria una suplementación de proteína.

D. Urea como fuente de NNP

La deficiencia protéica de la caña puede corregirse al proporcionar

urea como fuente protéica de fácil acceso (Van Niekerk, 1974).

La molécula de urea, con la fórmula N_2HCONH_2



se excreta en la orina como principal producto nitrogenado del metabolismo protéico, y se le sintetiza en gran escala a nivel industrial (Morrison y Boyd, 1973). Este compuesto simple de NNP, a través de su conversión a amoníaco puede ser utilizado por los microorganismos del rumen (Preston, 1974).

Los cerdos y aves poseen mayor eficiencia energética que el ganado en la producción de proteína animal. Sin embargo, su mayor desventaja es que tienen que consumir las mismas fuentes protéicas utilizadas por los humanos. En cambio, los rumiantes con su poder de fermentación, son capaces de utilizar fuentes de nitrógeno, como urea o amoníaco, en la producción de proteína que no podrían ser utilizados por los humanos (Preston, 1973).

E. Carbohidratos: clases, eficiencia y efecto en la utilización de Nitrógeno

Para obtener máxima eficiencia en dietas que contienen NNP debe proporcionarse carbohidratos y azúcares como sustrato. Al adicionar carbohidratos, energía y esqueletos de carbono están accesibles para la síntesis microbiana (Helmer y Bartley, 1971). La cantidad controlada de energía en la ración es de primordial importancia para mantener la eficiencia de la síntesis de nitrógeno microbiano (Smith, 1979).

Los carbohidratos utilizados conjuntamente con el NNP se clasifican

en tres clases: carbohidratos de la pared celular, como celulosa y hemicelulosa (se fermentan lentamente); formas rápidamente fermentadas de polímeros de glucosa, como almidón y, por último, las formas de azúcares simples, como las presentes en melaza (se fermentan rápidamente) (Johnson, 1976).

Los azúcares y la celulosa son inferiores al almidón como fuente energética para los microorganismos ruminales (Reid, 1953). Esto se debe a que los azúcares desaparecen muy rápidamente del rumen y la celulosa es lentamente accesible, para satisfacer las necesidades bacterianas (Reid, 1953).

El almidón aumenta la retención de nitrógeno, decrece la concentración de amoníaco en el rumen, incrementa el nivel de proteína y ayuda al crecimiento (Helmer y Bartley, 1971). Por otro lado, aunque la melaza no promueve la utilización de urea más eficientemente que el almidón, hace que las raciones que contienen urea sean más aceptadas. Por esto se ha dado tanto énfasis en utilizar urea y melaza en raciones (Helmer y Bartley, 1971).

Además, hay una reducción en la toxicidad de urea cuando ésta se proporciona con un suplemento líquido, como por ejemplo melaza. En este caso la urea está presente en forma de compuesto ligado químicamente a la melaza y es liberada más lentamente, evitando niveles tóxicos de amoníaco en el cuerpo y produciendo más energía metabolizable (Horton, 1979). También se notó que con esta combinación se mejoraba el ritmo de consumo del forraje de baja calidad, ya que se aumentaba el ritmo de digestión en el rumen (Johnson, 1976).

Experimentos realizados in vitro demuestran que se deben proporcionar los carbohidratos de fácil acceso en moderadas cantidades para que se realice una conversión más satisfactoria del nitrógeno de la urea a proteína (Reid, 1953). Según un estudio realizado por Bohman et al., (1954, citado por Helmer y Bartley, 1971) habría que adicionar maíz a raciones de urea y melaza, para incrementar considerablemente el aumento de peso diario.

F. Melaza: carbohidrato fácilmente accesible

La melaza proporciona un medio excelente para el crecimiento de microorganismos ruminales, por lo que los compuestos simples de nitrógeno son fácilmente sintetizados y suplen las necesidades de aminoácidos del animal (Preston, 1974).

Para el uso adecuado de melaza debemos tomar en cuenta que:

a. La melaza es un líquido, no posee fibra en comparación con otras fuentes de carbohidratos como granos.

b. Contiene menos de 1% de nitrógeno.

c. Es buena fuente de calcio y de otros elementos menores pero es deficiente en fósforo y sodio.

d. La fracción de carbohidratos se encuentra enteramente en forma de azúcares solubles, lo cual origina en el rumen una fermentación totalmente distinta de la del almidón o carbohidratos estructurales (Preston, 1974).

Por lo tanto, hay necesidad de suplementar las dietas con fibra, proteína, minerales y carbohidratos sin azúcar. La fibra es necesaria

para asegurar el funcionamiento eficiente del rumen. Sin éste, ocurre fermentación impropia causando desórdenes metabólicos conocidos como toxicidad de melaza, la cual en su fase inicial causa necrosis cerebrocortical o poliencefalomalacia (Preston, 1974).

Esto fue comprobado por Creek et al., (1974) al otorgar 70% de melaza en la dieta. Ellos trataron y controlaron completamente la poliencefalomalacia con una dosis masiva de inyecciones del complejo B, además de heno y pasto ad libitum. Creek et al., (1974) concluyeron que a medida que disminuía el nivel de melaza, la ganancia de peso diario de los animales aumentaba. Por el contrario, Lishman (1967) concluyó que el consumo de melaza no afectaba la ganancia de peso, aunque con su presencia si aumentaba el consumo de heno y por consiguiente el consumo de materia seca.

Una gran desventaja que se presenta con el uso de melaza, es que cada día su demanda es mayor en procesos industriales por lo que se ha tratado de encontrar substitutos que posean sus mismas características y sean económicamente factibles como los encontrados por Wohlberg y Cash (1979).

G. Descubrimiento e importancia del NNP (especialmente urea)

La acumulación de ATP (Trifosfato de adenosina) en dietas deficientes en nitrógeno inhibe la fermentación que a su vez reduce la digestión ruminal y el consumo ((Hungate, 1966); citado por Poos et al., 1979).

Los compuestos de NNP proporcionan nitrógeno a menor costo que las proteínas vegetales (Goodrich et al., 1972). En 1891, Zuntz y Hagemann

presentaron evidencia que los microorganismos del rumen podían sintetizar proteína de compuestos de NNP, pero no se aceptó como ingrediente de las dietas de rumiantes hasta 1937 (Beeson, 1969). En este año se estableció la existencia de la conversión de nitrógeno amoniacal a nitrógeno protéico y se afirmó experimentalmente que los rumiantes convierten la urea en cantidades significativas de proteína (Reid, 1953).

La urea ha sido el compuesto de NNP más utilizado en raciones de rumiantes por sus ventajas económicas; mayor aceptación de los ganaderos; mejoras en los métodos para la utilización de urea en dietas; su precio que ha sido reducido por avances tecnológicos y mejoramiento de plantas manufactureras, y el hecho de que la urea aumenta la digestibilidad de materia seca y de fibra de detergente ácido (Helmer y Bartley, 1971 ; Slyter, et al., 1979).

H. Otros compuestos como fuente de NNP

Los estudios de NNP no se han limitado únicamente a urea, sino se han incluido sales de amoníaco como: citrato, oxalato, nitrato, succinato, cloruros, acetato, propionato, butirato y sulfato. También se examinó la hemicelulosa, melaza amoniacada y el biuret (Goodrich et al., 1972).

Otras fuentes, como el fosfato de diamonio, amidas de ácidos monocarboxílicos y melaza de caña amoniacada, también recibieron atención. Sin embargo, no se ha encontrado ninguna que supere las ventajas que presenta la urea (Helmer y Bartley, 1971 ; Oltjen et al., 1968; Goodrich et al., 1972).

I. Período de adaptación a la urea

Durante el período de adaptación a la urea la cantidad y tipo de bacterias y/o protozoos ruminales son alteradas, aumenta la cantidad de bacterias y disminuye la cantidad de protozoos, y la habilidad de incorporar amoníaco a la proteína microbiana aumenta (Goodrich, et al., 1972; Schneider y Flatt, 1975).

Por estas razones los animales alimentados con urea ganan menos peso durante el período inicial o de adaptación, que los alimentados con proteína vegetal aunque después de esta fase las ganancias se equiparan (Goodrich, et al., 1972).

También ocurren otros cambios a nivel de tejidos aumenta la habilidad del hígado de incorporar amoníaco a aminoácidos o de convertir amoníaco a urea; y se aumenta el ritmo de absorción de urea en los filtros glomerulares de los túbulos renales de los riñones, aumentando el reciclamiento de la urea en la sangre (Goodrich et al., 1972).

J. Proteína microbiana: síntesis protéica

La utilización de urea depende primordialmente del grado al que es sintetizada por los microorganismos a componentes nitrogenados más complejos, que pueden incorporarse a las estructuras celulares (French, 1957).

La urea es hidrolizada rápidamente a amoníaco y dióxido de carbono por la enzima ureasa (Goodrich et al., 1972), pero en un estudio realizado se concluyó que la urea puede metabolizarse y su nitrógeno ser utilizado, sin ser hidrolizada completamente (Farlin et al., 1968; citado por Helmer y Bartley, 1971).

La mayoría de microorganismos ruminales son capaces de utilizar el nitrógeno del amoníaco liberado y carbonos de otra fuente para sintetizar su propia proteína microbiana (Kang-Meznarich y Broderick, 1980).

Una gran proporción del nitrógeno utilizado por los rumiantes está en forma de proteína bacteriana (Reid, 1953). Su proporción incrementa con la utilización de urea.

La proteína microbiana sintetizada a partir de urea es degradada en el abomasum y tracto intestinal. Los aminoácidos absorbidos por la sangre son trasladados a los tejidos donde pueden ser utilizados en la síntesis protéica. Cambios en la dieta pueden acompañarse de cambios en la población bacteriana; por consiguiente la proporción de aminoácidos esenciales liberados durante la digestión de distintos tipos de bacterias cambia marcadamente (Helmer y Bartley, 1971).

Loosli et al., (1949), alimentaron ovejas y cabras con una dieta purificada que contenía urea como fuente de nitrógeno y encontraron que el rumen de los animales contenía de 9 a 20 veces más aminoácidos que la ración y que los diez aminoácidos esenciales fueron sintetizados en grandes cantidades.

Aunque es muy improbable que los protozoos sinteticen proteína, si ocurre predación de bacterias por protozoos lo que resulta en proteína más digerible y con mayor valor biológico (Chalupa, 1968).

Se han encontrado diferencias significativas en el metabolismo de distintas fuentes de nitrógeno (Reid, 1953). Esto sugiere que una porción del nitrógeno utilizado proviene directamente de la proteína de la dieta y el resto es proporcionado como proteína bacteriana (Reid, 1953).

Sin embargo, Virtanen, (1966) probó que vacas lecheras pueden mantenerse en una dieta en que 100% de la proteína fue reemplazado con NNP, sin afectar su producción, indicando así que la proteína natural no es absolutamente necesaria.

La fuente de nitrógeno depende de la cantidad de aminoácidos absorbidos directamente del rumen o de otras partes del tracto digestivo que escaparon de la acción bacteriana (Reid, 1953). El 20% de la proteína bacteriana proviene de la incorporación directa de aminoácidos y péptidos. Esto sugiere que un mínimo de proteína natural en la dieta si es aconsejable (Henderickx, 1976). La influencia negativa ejercida por la proteína natural administrada con una fuente de NNP como Urea, se debe a que ambas proporcionan amoníaco y compiten en llenar los requerimientos de los microorganismos ruminales (Helmer y Bartley, 1971).

K. Concentración del amoníaco ruminal

El beneficio de adicionar NNP en la dieta estriba únicamente en la incorporación de amoníaco por los microbios ruminales. Por eso es necesario establecer la concentración óptima de amoníaco ruminal.

Existen diversas opiniones respecto a la concentración óptima, según Slyter et al. (1979) 2 a 5 mg de NH3-N por 100ml de fluído ruminal son suficientes para lograr el máximo crecimiento de los microorganismos ruminales. Kang-Meznarich y Broderick, (1980), como también Henderickx (1976), sugieren una concentración de 8 a 10 mg de NH3-N en 100 ml de líquido ruminal. Ellos opinan que arriba de este nivel la eficiencia de NNP es reducida, debido a que la excreción de urea por la orina se aumenta y la retención de nitrógeno disminuye.

Mientras mayor es el nivel de urea ingerido, mayor la cantidad absorbida en forma de amoníaco y mayor la cantidad excretada en la orina como sales de amonio (French, 1957). En circunstancias normales el hígado convierte el amoníaco de la sangre en urea (Lewis, 1957), pero si la concentración de amoníaco es excesiva, la capacidad del hígado es suprimida y el exceso de amoníaco es eliminado por los riñones (Helmer y Bartley, 1971).

Lo ideal es mantener la concentración de amoníaco a modo que NH3-N formado sea igual a NH3-N utilizado (Henderickx, 1976). Sin embargo, la concentración óptima de amoníaco en el rumen no es constante, debido a que la población microbiana y su capacidad de incorporar NH3-N varía aún en el mismo animal (Borhami et al., 1979).

L. Mejoramiento en la utilización de urea

Según Smith (1979), la cantidad controlada de energía disponible es más importante para mejorar la eficiencia de NNP que la manipulación de la concentración de amoníaco en el rumen. El nitrógeno que entra al rumen, es mayor que el que sale. Entonces, para aumentar la eficiencia es necesario disminuir la actividad de la ureasa o dar el NNP en porciones durante el día (Henderickx, 1976).

Se han estudiado varios medios para reducir la actividad de la ureasa como utilizando antibióticos; ácido barbitúrico; anti-ureasa; revestir la urea y utilizando urea poco soluble. (Para este último se han dado tratamientos con calor, formaldehido, etc.) (Henderickx, 1976).

Owens et al., (1980) realizaron un estudio utilizando urea recubierta

con una mezcla de talco y aceite de linaza y se demostró que los niveles de nitrógeno en el rumen se mantenían más uniformes nunca excediendo 35 mg/decilitro. No causó toxicidad ni síntomas anormales, y su consumo fue mayor, lo que sugiere que es más palatable. Sin embargo, la retención de nitrógeno y digestibilidad de materia seca no superó a urea no recubierta.

Aunque el mecanismo es desconocido, al mezclar la alfalfa con urea se retarda la hidrólisis de ésta última dando tiempo a que los carbohidratos disponibles en la dieta sean degradados lo suficiente para servir de fuente de energía y cadenas de carbono (Helmer y Bartley, 1971).

Para mejorar la utilización de urea se requieren niveles adecuados de calcio y fósforo y suplementar la cantidad requerida de elementos minerales, especialmente azufre, cobalto y zinc. (En exceso causa decaimiento de la síntesis protéica.) Se debe tomar en cuenta que el azufre es un nutriente limitante en dietas que contienen urea para la síntesis de metionina y cisteína. Además es aconsejable adicionar 3 a 4% de sal yodada para mejorar palatabilidad (Beeson, 1969).

M. Consideraciones al utilizar urea

Al dar urea se debe tomar en cuenta las siguientes precauciones:

1. No otorgarla si el ganado no ha comido las últimas 36 horas, sino hasta después que esté lleno.
2. No se le debe dar urea a terneros recién nacidos, hasta que se les desarrolle el rumen, esto es 6 a 8 semanas de edad.
3. Cuando este se mezcle con grano o forrajes, la contribución de proteína total de la urea debe ser menos de 33%.

4. Se debe suministrar urea sólo para suplir las necesidades protéicas.
5. Se debe mezclar muy bien con un suplemento balanceado o con ración completa.
6. Debe controlarse la cantidad diaria ofrecida al ganado.

(Beeson, 1969).

Se ha sugerido que la retención de nitrógeno sea mejorada si se le proporciona urea al animal 4 a 6 horas después de darle su ración, para que coincida con la liberación de energía del forraje (Simpson y Woods, 1964)

N. Utilización y Niveles de Urea

Se han utilizado muchos estudios para determinar el nivel más eficiente al que se debe otorgar urea. Sin embargo, los resultados han sido muy variados debido a las condiciones particulares de cada experimento. La eficiencia con que se utilice depende de la especie animal, de la ración con que se otorgue y el nivel al que se suplemente (French, 1957). Se encuentran mejores resultados al utilizar raciones medianamente energéticas al suplementar con urea que con proteína preformada.

En raciones altamente energéticas no había diferencia al suplementar con urea, y con bajo contenido energético no se lograban resultados óptimos utilizando urea (Goodrich et al., 1972).

Perry et al., (1967) concluyeron que en raciones de engorde de ganado de carne se pueden dar suplementos con altas cantidades de NNP formulados apropiadamente, en lugar de 90% de la proteína natural. En muchos ensayos con urea como única fuente protéica se observan muy buenos resultados, en comparación con dietas con ninguna suplementación de NNP (Helmer y Bartley, 1971)

Reddy et al., (1961) citados por Helmer y Bartley (1961) reportaron resultados muy satisfactorios, al aportar 9, 18 y 36% del nitrógeno en la ración en forma de urea en comparación con 0% de urea. Al comparar con proteína natural las ganancias resultaron casi iguales, presentando diferencias no significativas.

Como cualquier otra fuente de NNP, la urea será mas beneficiosa al ser agregada en una ración deficiente en proteína (Goodrich et al., 1972).

Algunos autores recomiendan 33% de nitrógeno como urea (Goodrich et al., 1972), otros como Reid, (1953) y Briggs et al., (1947) recomiendan tan sólo el 25% de nitrógeno en la dieta como urea para que el resultado sea similar al encontrado cuando se suministra proteína común.

Goodrich et al., (1947) sostienen que, aunque se recomienden niveles más bajos, la mayoría de las raciones podrían suplementarse completamente con urea. Algunos estudios, como Briggs et al., (1947) demostraron que para las dietas que contienen 50% de la proteína en forma de urea, los resultados son satisfactorios sólo en la primera fase del período de engorde porque la dieta no es palatable en fases siguientes. En otro estudio de Van Horn y Jacobson, (1971) se estableció que es de poca utilidad otorgar un nivel de urea menor de 11.4% de equivalentes de proteína en la ración basal.

En el presente estudio, se decidió omitir el nivel testigo de cero por ciento de urea básicamente por los siguientes factores: el efecto de 0% de urea ha sido ampliamente documentado y no requiere más investigaciones (Fairhurst, 1981; Creek et al., 1976; Pate, 1980; Preston

et al., 1967; Preston, 1974; Preston y Leng, 1980; Pate, comunicación personal, 1984); segundo, los recursos disponibles para el estudio metabólico fueron limitados por lo que los esfuerzos se canalizaron para generar datos útiles y no para repetir resultados ya ampliamente documentados.

0. Toxicidad de urea

La degradación protéica depende mayormente de su solubilidad (Henderickx, 1976). Mientras más alta es la solubilidad de la fuente protéica, mayor es la digestibilidad de proteína cruda y se pierde más nitrógeno por la orina. La urea posee solubilidad alta, resultando más excreción de nitrógeno por la vía urinaria, como fue comprobado por Wanapat et al., (1982).

Mientras menos solubles son las proteínas, la producción de amoníaco es reducida y poca de la proteína es degradada en el rumen. Cuando la dieta contiene grandes cantidades de fuentes protéicas solubles como la urea, la producción de amoníaco sobrepasa la síntesis de proteína (Goodrich et al., 1972).

No importando la vía de entrada de la urea, por la dieta o pared del rumen, ésta es hidrolizada por la enzima ureasa. La urea se hidroliza cuatro veces más rápido de lo que se realiza la síntesis de amoníaco liberado, por lo que hay una pérdida de nitrógeno por la síntesis protéica microbiana (Helmer y Bartley, 1971).

El pH óptimo para la actividad de la ureasa está entre 7 y 9, mientras que el pH óptimo para la absorción de amoníaco está entre 6.5 y 7.5

(Goodrich et al., 1972). Cuando el pH se encuentra entre 7.8 y 8.2, el 91% del amoníaco está ionizado y existe como ion amonio en su mayoría. Este ion no es absorbido del rumen tan rápidamente como el amoníaco (Bartley et al., 1976; Males et al., 1979).

A medida que aumenta el pH decrece la tolerancia a urea, debido a que hay mayor absorción de amoníaco, al no encontrarse éste como ion amonio (Goodrich et al., 1972).

Coombe et al., (1960), citados por Helmer y Bartley (1971), demostraron que alta concentración de amoníaco no es tóxico a menos que pH suba más de 7.3.

La toxicidad de la urea está correlacionada positivamente al pH del rumen y al amoníaco de la sangre. El amoníaco del rumen y la urea de la sangre no están correlacionados con la toxicidad (Bartley, et al.,1976). En casos de toxicidad el amoníaco de la sangre se eleva a 0.8 mg/100 ml (Bartley et al., 1976).

Estudios han demostrado que la toxicidad de urea resulta cuando se consumen grandes cantidades de urea en corto tiempo (Helmer y Bartley, 1971). El nivel tóxico de urea posee un rango de 0.44 a 0.55 g/kg de peso para animales desnutridos y 0.66 a 0.77 g/kg de peso para animales alimentados con raciones altamente energéticas (Church, 1969, citado por Goodrich et al., 1972).

La dosis requerida para causar toxicidad no está bien establecida, ya que depende de la composición de la ración, método utilizado en la dosificación y estado fisiológico del animal (Goodrich et al., 1972).

Según estudios, citados por Reid (1953), los riñones de animales que

recibían una ración con 4.3% de urea durante 12 meses estaban hipertrofiados, había degeneración y tumores en los túbulos renales. Sin embargo, si sólo se otorgaba 2.8% de urea, no se encontró ninguna alteración patológica. Beeson (1969), también reportó áreas necróticas en el hígado al proporcionar urea.

Clark et al., (1951), citados por Reid (1953), realizaron un estudio extenso sobre toxicidad de urea en ovejas. Los síntomas clínicos aparecían después de 30 a 60 minutos de haberles administrado diez gramos de urea directamente al rumen. Los síntomas son muy parecidos a los presentados por envenenamiento con strichnina. La muerte es causada por un colapso circulatorio. Siempre se encontró hemorragia debajo del espicardio y endocardio. En todos los animales se encontraron los riñones e hígado severamente degenerados. Sin embargo, se han encontrado marcadas diferencias al administrar la urea mezclada con la ración en lugar de introducirla directamente al rumen (Reid, 1953).

Dinning et al., (1949) observaron en ganado que después de 20 minutos de haber administrado oralmente 116 gramos o más de urea se producía tétano severo, ritmo respiratorio retardado y salivación, aunque al proporcionar diariamente 200 gramos de urea mezclado con la ración no había ningún síntoma de toxicidad.

Los primeros síntomas de toxicidad son respiración rápida, temblores musculares, descoordinación leve seguida por descoordinación total, exceso de salivación, dificultad al respirar, hinchazón y tétano. La muerte ocurre 1.5 a 2.5 horas después de los primeros síntomas, manifestados 20 a 30 minutos después de ingerirse la ración (Davis y Roberts, 1959).

Acido acético diluído administrado directamente al rumen o por inyección intravenosa, resultó ser un antídoto eficaz aún cuando los síntomas eran avanzados (Reid, 1953). Sin embargo, Bartley et al., (1976) cpnsideraron que no es efectivo si ésta ya alcanzó la etapa de tétano severo. El ácido acético baja el pH del rumen y convierte el amoníaco presente a ion amonio que es absorbido más lentamente del rumen que el amoníaco (Bartley et al., 1976). Ellos sugieren vaciar el rumen manualmente o con un tubo grande de 2.5 cms. de diámetro interno. En cien ensayos realizados, todos los animales a los que se les trató de esta manera se recuperaron después de aproximadamente dos horas y luego consumieron heno y granos ad libitum.

III. MATERIALES Y METODOS

A. Selección de novillos

Se escogieron diez novillos Brahman comerciales de aproximadamente 12 meses de edad, aunque en los cuatro ensayos metabólicos se utilizaron solamente cuatro de estos animales, ya que se les rotó la ración en las cuatro jaulas metabólicas. Los novillos restantes se escogieron y prepararon como reposición, en caso de que fuera necesario algún cambio. Como ocurrió al terminar el segundo ensayo, hubo que cambiar un novillo por lesiones ocasionadas en la jaula metabólica.

La selección de novillos se llevó a cabo por uniformidad de características como sexo, tamaño, condición, peso y edad.

Se utilizaron machos castrados pues así la recolección de los excrementos estaba menos contaminada y el manejo era más dócil. Después de haber seleccionado los novillos se desparasitaron y vacunaron contra enfermedades contagiosas. Se marcaron debidamente los que aún no lo estaban.

Las jaulas metabólicas donde se mantuvieron se pueden observar en Fig. 1 y 2. Estas jaulas fueron diseñadas por el Dr. Findlay Pate, profesor de AREC, Belle Glade, Florida.

B. Procedimiento experimental

El procedimiento básico para realizar estos ensayos consiste en medir la cantidad del nutriente consumido y la cantidad del nutriente excretado durante el período experimental para determinar el porcentaje

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

de digestibilidad (Schneider y Flatt, 1975). En cada ensayo se le dió a cada animal una ración con diferente fuente energética y distinto porcentaje de nitrógeno total de la dieta como urea: maíz con 25% de NNP, maiz con 50% de NNP, melaza con 25% de NNP y melaza con 50% de NNP. En el siguiente ensayo se rotaron los animales, a modo que al final del cuarto ensayo, los cuatro animales pasaron por las cuatro diferentes raciones experimentales.

El diseño experimental utilizado fue de 2 x 2 factorial con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron dos distintas fuentes de energía (melaza y maíz) y dos niveles de urea (25% y 50%) para reemplazar la proteína cruda natural. Las raciones a utilizar eran isonitrogenadas y aproximadamente isocalóricas.

Un mes antes de iniciar el estudio se amarraron diariamente por ocho horas aproximadamente, para su adaptación al medio; se les dió comida ad libitum y agua a intervalos durante el día.

Antes de comenzar con el experimento se pesaron y luego metieron a las jaulas para iniciar el período de adaptación. Se proporcionó al animal diez días previos a iniciar el experimento la ración que fue utilizada durante el ensayo, con el fin de remover todos los residuos de otras raciones del tracto digestivo y para establecer el paso uniforme de los productos alimenticios.

Además hay un cambio en el tipo y número de microorganismos en el rumen hasta que se desarrollan los específicos de acuerdo a la dieta otorgada. Durante estos diez días únicamente se dió de comer a los animales dentro de sus jaulas metabólicas con regularidad, dos veces al

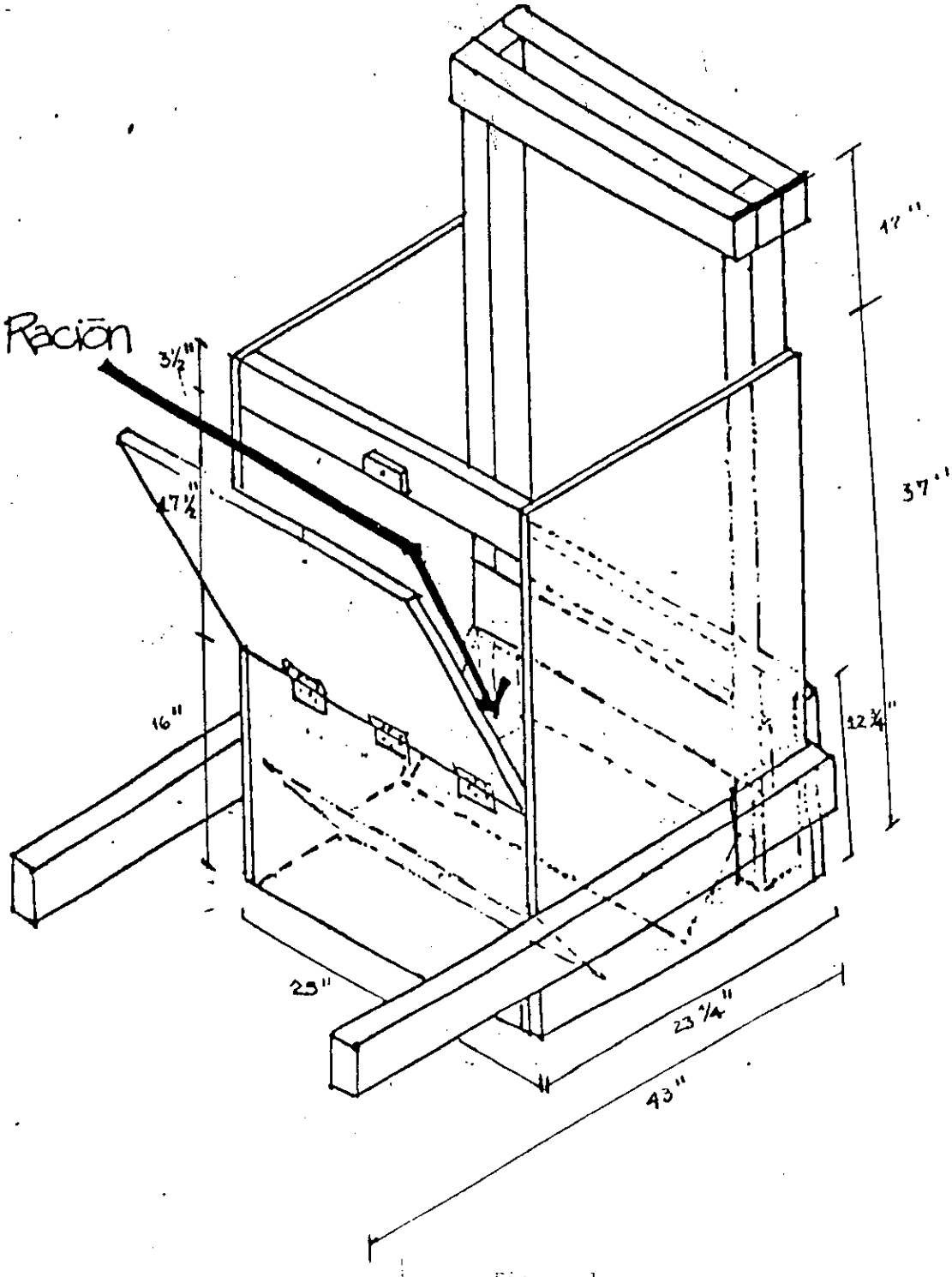


Figura 1

Sección anterior de la jaula metabólica

Aquí es suministrada la ración (donde señala la flecha) al abrir la puertecita y en el otro extremo el novillo introduce la cabeza para ingerirla. Escala 1:12.5

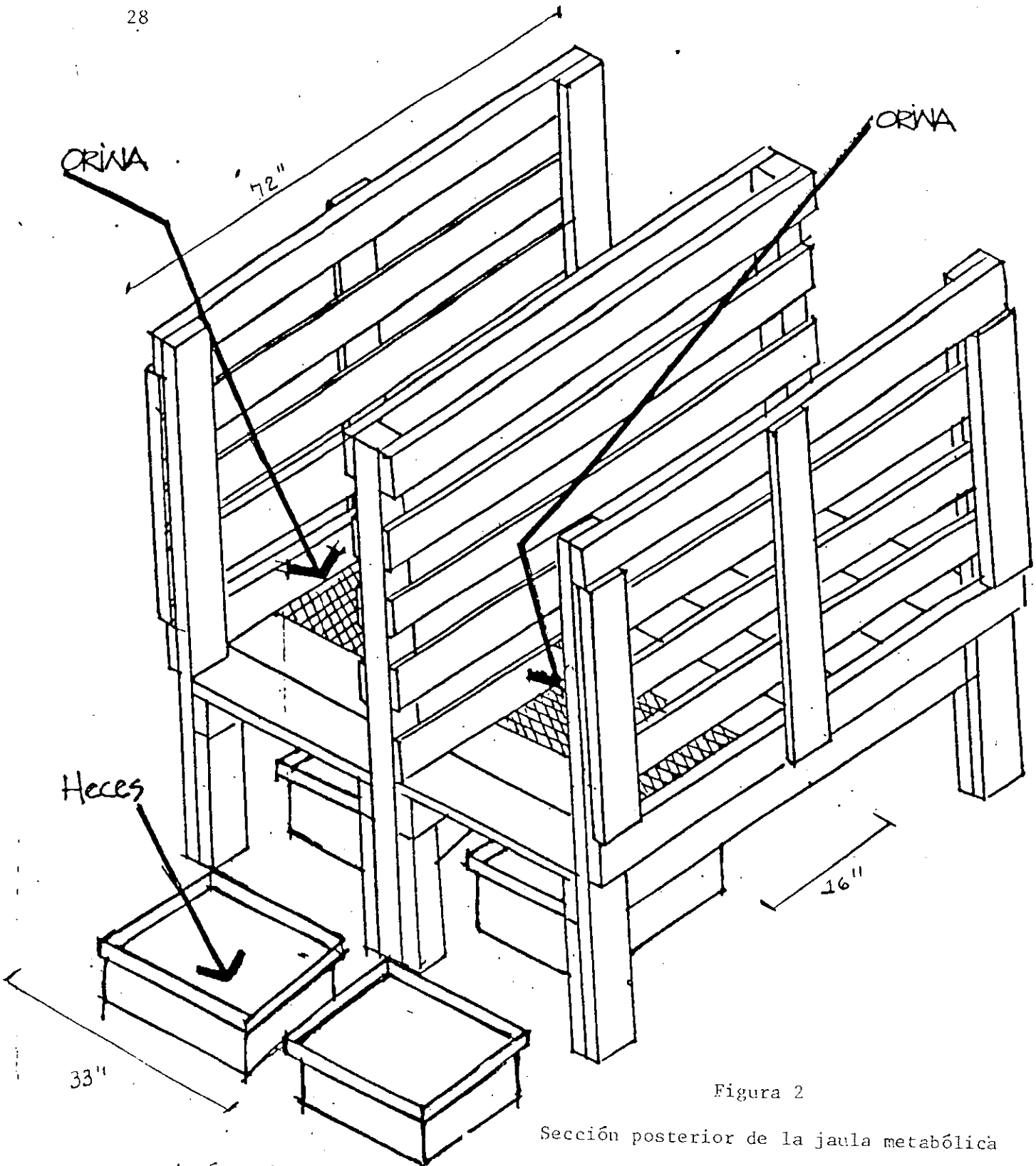


Figura 2

Sección posterior de la jaula metabólica

Aquí es donde el novillo se encuentra de pie, la rejilla del piso de la jaula coincide con la excreción de orina y el largo completo de la jaula con la excreción de heces. Dos recipientes se colocan en dichos lugares para su recolección. Escala 1:20

día, a las 8:00 AM y 5:00 PM.

Antes de darles cada comida se pesaron los residuos de ración, así se determinó la cantidad promedio de ración consumida en cada comida para que esta cantidad fuera ofrecida durante los ensayos. Una vez determinada la cantidad óptima ofrecida ésta permaneció constante para el período de recolección y el resto de ensayos. Mientras menor es el rechazo más fácil es determinar el porcentaje de digestibilidad y menor la posibilidad de error.

A los dos novillos que les tocó una ración con 50% de NNP como urea en la dieta, en el primer ensayo, se alimentaron inicialmente por cinco días con 25% de urea y luego los otros cinco días de adaptación si obtuvieron su ración con el nivel elevado de urea.

C. Preparación de las raciones

Los suplementos maíz con 25% NNP, maíz con 50% NNP, melaza con 25% NNP y melaza con 50% NNP, se mezclaron con anterioridad y se mantuvieron en toneles plásticos de 35 galones debidamente cerrados.

La caña de azúcar se cortó diariamente por la mañana, y se picó a longitud de 1 cm.

La ración completa se preparó inmediatamente antes de darse a los animales.

Tabla 3.1

Raciones suministradas para cada dieta experimental

Ración	Caña de Azúcar		Suplemento		Total	
	MF*	MS**	MF*	MS**	MF*	MS**
Maíz 25% NNP	13.2	4.21	2.04	1.8	15.21	6
Maíz 50% NNP	13.4	4.28	1.98	1.72	15.35	6
Melaza 25% NNP	13.2	4.20	2.16	1.8	15.29	6
Melaza 50% NNP	13.2	4.24	2.13	1.76	15.37	6

MF* libras de materia fresca
MS** libras de materia seca

La caña picada y los suplementos se pesaron y mezclaron a mano antes de dárselos a los animales.

En base a materia seca, la ración contenía aproximadamente 70% caña de azúcar y 30% suplemento. La composición completa se encuentra en la tabla 3.2 En la tabla 3.3 se especifica que ración fue otorgada a cada animal durante los cuatro ensayos.

Tabla 3.2

Composición de las dietas experimentales

	Fuente Energética			
	Maíz		Melaza	
% Urea total de la dieta	25	50	25	50
Ingrediente (% materia seca)				
Caña de azúcar	70.2	71.3	70.0	70.6
Maíz	11.1	18.1	--	6.3
Melaza	--	--	10.9	11.0
Harina de algodón	16.2	7.0	17.0	8.6
Urea, 46% N	1.1	2.2	1.1	2.2
Harina de Hueso	0.5	1.1	0.5	1.0
Cal dolomítica	0.6	--	0.2	--
Sal común	0.3	0.3	0.3	0.3
Proteína cruda	12.41	12.36	12.08	12.29
EM**, Mcal/Kg	2.35	2.34	2.39	2.37
% NNP como PC	25.00	50.19	25.68	50.47
% Ca	0.31	0.34	0.30	0.38
% P	0.31	0.31	0.29	0.29
MS* calculada	39.46	39.09	39.25	39.04

* Materia seca
** Energía metabolizable

Tabla 3.3

Raciones suministradas cada día a cada novillo durante los cuatro ensayos

Primer ensayo				
		Período adaptación		Período recolección
		Días		
# Jaula	Novillo	1-5	6-10	11-15
1	A	Maíz 25%NNP	Maiz 25%NNP	Maíz 25%NNP
2	B	Maíz 25%NNP	Maíz 50%NNP	Maíz 50%NNP
3	C	*Melz 25%NNP	Melz 25%NNP	Melz 25%NNP
4	D	Melz 25%NNP	Melz 50%NNP	Melz 50%NNP

Otros ensayos					
				Adaptación	Recolección
				Días	
# Jaula	2do.ens	3er.ens	4to.ens	1-10	11-15
1	B	C	D	Maíz 25%NNP	Maíz 25%NNP
2	C	D	A	Maíz 50%NNP	Maíz 50%NNP
3	D	A	B	Melz 25%NNP	Melz 25%NNP
4	A	B	C	Melz 50%NNP	Melz 50%NNP

* Melz significa melaza

Unicamente en el primer ensayo es necesario partir el período de adaptación en dos, ya que no es aconsejable otorgar un nivel tan elevado de NNP como es 50% los primeros cinco días, sin previa adaptación a un nivel menor de 25%. En los ensayos posteriores todos los animales

están adaptados al menos a 25% de NNP.

D. Período de ensayo

Después de diez días de adaptación siguieron siete días de ensayo. Durante estos siete días la alimentación fue regular dos veces al día, igual que durante el período de adaptación y a las mismas horas. Se recogieron muestras de excremento, orina, rechazos de comida y de ración otorgada, y se registraron los pesos y volúmenes totales por la mañana y por la tarde.

Es esencial que el excremento recolectado represente la ración y no esté contaminado por residuos anteriores. Por ello mientras más largo es el período de adaptación y de recolección de cada ensayo los resultados son más precisos ya que se minimiza el efecto de fluctuaciones periódicas.

No siendo la excreción regular como la ingestión del forraje, se debe asumir que después de cierto tiempo de administrar la misma ración, la excreción se vuelve constante y que entre tiempos determinados las heces recolectadas representan cuantitativamente la salida de lo ingerido durante determinado período de tiempo. La ración debe darse a intervalos regulares para no variar ni la producción ni la expulsión de heces.

Se recogieron muestras de: 10% del total de rechazo de comida, 5% del total de heces excretadas, 5% del total de orina y 100 gramos de la ración ofrecida por la mañana y 100 gramos de la ración ofrecida por la tarde. Dos veces durante este período de recolección, de 7 días consecutivos, se tomaron muestras de 200 gramos de caña picada y suplementos,

cada uno aparte para análisis posterior.

Las muestras de heces y de ración ofrecida de la mañana se guardaban en un refrigerador hasta que eran mezcladas con las muestras de la tarde, se pesaban antes de meterlos al horno, a 105 C durante 24 horas. Los rechazos de comida de la mañana y de la tarde se pesaban por separado y también se metían al horno por 24 horas a 105 C. Luego, se sacaban completamente secos, se pesaban para determinar materia seca, y se metían en bolsas plásticas debidamente rotuladas y cerradas.

La orina de cada animal fue acumulada en frascos de cinco galones de polietileno, inicialmente acidificados con 10 ml. aproximadamente de una solución acuosa de 50% de ácido sulfúrico para prevenir volatilización de Nitrógeno y se mantuvieron en un refrigerador a 5°C.

Al terminar el período de recolección se bajaron los animales de sus jaulas metabólicas, para limpiarlas y permitirles ejercitarse. Se volvían a meter después de 24 horas, para iniciar el siguiente período de adaptación del próximo ensayo.

E. Preparación de las muestras

Todas las muestras secas recolectadas durante los cuatro ensayos de ración ofrecida, ración rechazada, caña picada, suplementos y heces se equilibraron con las condiciones ambientales dejando las bolsas de plástico abiertas durante 24 horas. Luego se pasaron por un molino para obtener muestras más uniformes y finas.

De las muestras de ración diarias se tomaron 14.4 gramos por día, un total de 100 gramos (7 días de recolección) y se mezclaron para análisis. Se tomaron 50 gramos de las dos muestras de caña picada y suple-

mentos, que se obtuvieron durante el ensayo. Un total de 100 gramos de caña y 100 gramos de cada suplemento se mezclaron para análisis posteriores.

De rechazos de comida y heces se tomó una muestra compuesta ponderada, es decir se tomó de cada día un porcentaje relativo al total hasta obtener una muestra de 100 gramos y se mezcló para su análisis posterior. De orina se tomaron 15 ml y se filtraron, para remover cualquier partícula fecal y para realizar posteriormente su análisis.

F. Análisis de las muestras

Las muestras de ración ofrecida, caña picada, suplementos, heces y rechazos de ración, fueron sometidos a los siguientes análisis:

1. Materia seca. Al secar las muestras se determinó el contenido de agua o humedad. Los resultados fueron expresados como porcentaje de materia seca. (Official Methods of Analysis) A.O.A.C.(1980).

2. Proteína cruda. Se utilizó el método de Kjeldahl. Con una hora de digestión y muestras de dos gramos. Para obtener el % de proteína cruda se multiplica el % de nitrógeno obtenido en el análisis por 6.25, debido a que la mayoría de proteínas contienen 16% de Nitrógeno se obtiene este factor 100/16 = 6.25 (Official Methods of Analysis) A.O.A.C. (1980).

3. Ceniza. Este análisis se realiza para obtener la cantidad de materia orgánica. Se quema la muestra después de pesarse, lo restante es la ceniza.

100 - ceniza = cantidad de materia orgánica.

Estos análisis se encuentran detallados en (Official Methods of Analysis) A.O.A.C. (1980).

4. Fibra de detergente neutral. Este es un método para analizar la cantidad total de fibra en forrajes, separa la materia seca de los mismos en sus componentes nutritivos accesibles (98%) y solubles de los que no son accesibles y dependen de la fermentación microbiana. El valor nutritivo de las porciones fibrosas depende del grado de lignificación que presenten. Para separar la porción soluble del residuo fibroso se digiere durante una hora la muestra en una solución buferada (pH 7.0) de sulfato láurico de sodio al 3%. El residuo insoluble se filtra y se pesa. El resultado es la fibra de detergente neutral representada por los componentes de la pared celular, la cual contiene lignina, celulosa y hemicelulosa.

5. Fibra de detergente ácido. Por este método se determina lignocelulosa en forrajes. El residuo incluye silice. La diferencia entre fibra de detergente neutral y fibra de detergente ácido es un estimado de hemicelulosa. El procedimiento de fibra de detergente ácido es un paso preliminar en la determinación de lignina.

6. Lignina y celulosa. En el método de fibra de detergente ácido se removió la lignina, celulosa y minerales insolubles. La lignina se aisla de la fibra de detergente ácido con una solución de ácido sulfúrico al 72%.

Los procedimientos 4, 5 y 6 se encuentran detallados en Goering y Van Soest (1970).

El contenido de nitrógeno de la orina filtrada se determinará de

acuerdo a la técnica Kjeldahl delineada también en A.O.A.C. (1980).

La digestibilidad aparente se expresa como porcentaje y su fórmula es:

$$\left[(\text{cantidad consumida}-\text{cantidad excretada})/\text{cantidad consumida}\right] \times 100$$

La denominación digestibilidad aparente es para todas las determinaciones aparte del nitrógeno una manera de nombrarlo, sin tener este un significado particular por llamarlo aparente. En cambio para el nitrógeno si existe lo que se llama digestibilidad real del nitrógeno.

En el caso del nitrógeno se denomina digestibilidad aparente a la fracción donde no se ha tomado en cuenta lo que se pierde por la orina. En la digestibilidad aparente del nitrógeno se asume que todo lo que es excretado por las heces son substancias que no fueron digeridas, sin tomar en consideración que aparte de las heces provienen del cuerpo mismo y que ya habían sido digeridas previamente y ya cumplieron un propósito en el cuerpo (Schneider y Flatt, 1975). Las heces contienen nitrógeno metabólico y nitrógeno no digerido.

La digestibilidad aparente y digestibilidad real son pues distintas debido a que el nitrógeno fecal consiste de nitrógeno proveniente de la dieta y de nitrógeno proveniente del cuerpo. A éste último se le denomina nitrógeno metabólico fecal y está relacionado a la cantidad de materia seca consumida (Schneider y Flatt, 1975).

IV. RESULTADOS

En la tabla 4.1 se presenta la composición química de las dietas ofrecidas durante los cuatro ensayos y además el costo por libra de cada ración otorgada de máiz con 25% de NNP, de maíz con 50% de NNP, de melaza con 25% de NNP y de melaza con 50% de NNP.

Los porcentajes de las digestibilidades aparentes de cada dieta durante los cuatro ensayos se presentan en la tabla 4.2.

En la tabla 4.3 se presenta el promedio del consumo de materia seca por animal para cada dieta durante los cuatro ensayos, como también el promedio de los porcentajes de las digestibilidades aparentes para cada ración durante los cuatro ensayos y el promedio de cada varible entre los dos niveles de urea y la misma fuente energética.

En la tabla 4.4 se presentan las diferencias de peso de los novillos al iniciar el primer ensayo y al terminar el cuarto ensayo.

Tabla 4.1

Composición química y costo de las dietas ofrecidas durante los cuatro ensayos

	Maíz con 25% NNP	Maíz con 50% NNP	Melaza con 25% NNP	Melaza 50% NNP
Materia orgánica %	95.48	96.33	94.57	95.72
Fibra detergente neutral %	50.46	49.44	50.03	46.84
Fibra detergente ácido %	30.47	29.90	33.09	29.53
Lignina %	6.86	6.82	8.34	6.16
Proteína cruda %	13.68	10.80	11.06	11.34
Costo por lb. de ración	¢ 0.12	¢ 0.09	¢ 0.11	¢ 0.09
Costo ingredientes de la ración por animal/día	¢ 1.74	¢ 1.40	¢ 1.65	¢ 1.32
Costo por lb. de aumento	¢ 1.20	¢ 0.99	¢ 1.14	¢ 0.94

Tabla 4.2

Digestibilidades aparentes de cada variable para cada ración durante los cuatro ensayos

	Digestibilidad Aparente°						
	Mat. seca	Mat. org.	Celulosa	F.D.N.*	F.D.A.**	Lignina	Proteína cruda
Ración I							
Ensayo I	67.59	70.30	61.04	54.80	53.16	39.83	71.43
Ensayo II	69.80	71.32	57.91	42.17	48.42	10.98	77.57
Ensayo III	67.68	69.24	62.11	48.77	46.15	-5.50	70.51
Ensayo IV	56.28	65.29	42.67	29.21	21.79	-44.53	61.88
Promedio	65.34	69.04	55.93	43.74	42.38	0.19	70.35
Ración II							
Ensayo I	68.86	70.86	62.28	53.25	47.35	0.00	66.53
Ensayo II	75.30	76.72	58.27	48.10	51.38	34.80	70.57
Ensayo III	74.08	75.40	69.18	56.98	60.48	36.02	75.05
Ensayo IV	65.60	67.22	53.03	44.05	42.80	11.14	68.58
Promedio	70.96	72.55	60.59	50.59	50.50	20.49	70.18
Ración III							
Ensayo I	68.29	69.89	58.14	55.62	51.71	40.74	60.47
Ensayo II	71.21	72.67	57.98	49.89	55.51	49.72	66.89
Ensayo III	66.42	68.09	67.36	40.51	44.01	-55.65	66.62
Ensayo IV	67.19	68.58	48.72	40.80	39.61	19.04	68.36
Promedio	68.28	69.81	58.05	46.70	47.71	13.39	65.59
Ración IV							
Ensayo I	70.70	72.19	48.23	49.56	40.94	25.30	73.50
Ensayo II	65.48	65.00	47.87	31.88	43.11	28.85	52.12
Ensayo III	73.85	75.47	63.72	56.01	52.09	8.06	67.29
Ensayo IV	63.55	65.04	52.71	37.74	39.93	-1.82	60.57
Promedio	68.39	69.42	53.13	43.80	44.02	15.10	63.37

* Fibra de detergente neutral
** Fibra de detergente ácido
° Porcentajes

Tabla 4,3

Tabla de consumo de materia seca y de porcentajes de digestibilidades aparentes para cada ración en los cuatro ensayos metabólicos.

	Maíz con 25% de NNP	Maíz con 50% de NNP	Promedio	Melaza con 25% de NNP	Melaza con 50% de NNP	Promedio
	DIGESTIBILIDAD APARENTE					
Materia seca	65.34 ± 5.30[1]	70.96 ± 3.93	68.15[2]	68.28 ± 1.82	68.39 ± 4.09	68.33[3]
Materia orgánica	69.04 ± 2.29	72.55 ± 3.77	70.79	69.81 ± 1.78	69.42 ± 4.55	69.61
Celulosa	55.93 ± 7.81	60.69 ± 5.90	58.31	58.05 ± 6.59	53.13 ± 6.41	55.59
Fibra detergente neutral	43.74 ± 9.50	50.59 ± 4.92	47.16	46.70 ± 6.38	43.79 ± 9.50	45.24
Fibra detergente ácido	42.38 ± 12.16	50.50 ± 6.51	46.44	47.71 ± 6.25	44.02 ± 4.80	45.86
Lignina	0.19 ± 30.50	20.49 ± 15.44	10.34	13.39 ± 41.36	15.10 ± 12.54	14.24
Proteína cruda	70.35 ± 5.59	70.18 ± 3.15	70.26	65.59 ± 3.03	65.37 ± 7.94	65.48
	CONSUMO DE MATERIA SECA					
Kg/día	3.56	3.06	3.31	4.03	3.91	3.97
Lbs./ensayo	55.04	47.32	51.18	62.35	60.54	61.44

1 Promedio de digestibilidad ± desviación standard
2 Promedio de los promedios de las digestibilidades de maíz
3 Promedio de los promedios de las digestibilidades de melaza

Tabla 4.4

Peso de los animales al iniciar el primer ensayo y al terminar el cuarto ensayo

Animal	Peso en lbs. Ensayo 1	Peso en lbs. Ensayo 4	Diferencia
B	440	480	40
C	490	515	25
D	475	510	35

Tabla 4.5

Análisis de varianza de dos fuentes energéticas y dos niveles de urea en una dieta a base de caña de azúcar
A= fuentes energéticas (maíz y melaza)
B= niveles de urea (25% y 50%)

Consumo de materia seca

Fuentes de variación	Grados de libertad gl	Suma de cuadrados SC	Cuadrado medio CM	F observado	F Requerido 5%	F Requerido 1%
A	1	425.60	429.60	2.77	4.75	9.33
B	1	92.64	92.64	0.60		
A X B	1	36,12	36,12	0.25		
Error	12	1842.23	153,52			
Total	15					

Siendo F observado F requerido con una probabilidad que en 95% y 90% de los casos las variaciones en el consumo de materia seca causadas por la utilización de distintas fuentes energéticas y distintos niveles de urea no serán significativas.

Digestibilidad de fibra de detergente neutral

	gl	SC	CM	F Observado	F Requerido 5%	F Requerido 1%
A	1	1.76	1.76	0.02	4.75	9.33
B	1	2.11	2.11	0.02		
A X B	1	150.49	150.49	1.93		
Error	12	935.92	77.99			
Total	15					

Digestibilidad de fibra de detergente ácido

	gl	SC	CM	F Observado	F Requerido 5%	F Requerido 1%
A	1	2.41	2.41	0.028	4.75	9.33
B	1	22.89	22.89	0.022		
A X B	1	147.08	147.08	1.72		
Error	12	1012.91	84.41			
Total	15					

Digestibilidad de materia seca

	gl	SC	CM	F Observado	F Requerido 5%	F Requerido 1%
A	1	0.14	0.14	0.01	4.75	9.33
B	1	32.84	32.84	1.55		
A X B	1	30.25	30.25	1.43		
Error	12	254.54	21.21			
Total	15					

Digestibilidad de materia orgánica

	gl	SC	CM	F Observado	F Requerido 5%	F Requerido 1%
A	1	0.08	0.08	0.004	4.75	9.33
B	1	27.04	27.04	1.42		
A X B	1	23.77	23.77	1.24		
Error	12					
Total	15					

Dibestibilidad de proteína cruda

	gl	SC	CM	F Observado	F Requerido 5%	F Requerido 1%
A	1	0.01	0.01	$6X10^{-5}$	4.75	9.33
B	1	81.54	81.54	0.51		
A X B	1	182.52	182.32	1.13		
Error	12	1932.28	161.02			
Total	15					

Digestibilidad de celulosa

	gl	SC	CM	F Observado	F Requerido 5%	F Requerido 1%
A	1	37.82	37.82	0.57	4.75	9.33
B	1	2.51	2.51	0.03		
A X B	1	105.48	105.48	1.59		
Error	12	749.59	66.22			
Total	15					

Digestibilidad de Lignina

	gl	SC	CM	F Observado	F Requerido 5%	F Requerido 1%
A	1	61.77	61.77	0.06	4.75	9.33
B	1	480.26	480.26	0.47		
A X B	1	347.46	347.46	0.34		
Error	12	12192.05	1016.00			
Total	15					

V. DISCUSION

En la tabla 4.4 podemos observar la ganancia de peso de tres novillos utilizados durante los cuatro ensayos metabólicos. El peso de uno de los novillos se omitió debido a que hubo necesidad de cambiarlo al terminar el segundo ensayo, por lesiones ocasionadas en la jaula metabólica, como fue aclarado previamente en la sección de materiales y métodos. Esta substitución se anticipó con suficiente tiempo para adaptar a un nuevo novillo al nivel de urea de la dieta.

Todos los demás novillos aumentaron de peso, esto demuestra que aún en condiciones adversas como lo fue estar encerrados en las jaulas metabólicas, los novillos consumieron suficiente ración para satisfacer demandas de mantenimiento nutricional evitando así que el consumo influyera adversamente los datos de digestibilidad obtenidos posteriormente.

En la tabla 4.1 se presenta la composición química de las dietas experimentales. Aquí podemos notar que el contenido de fibra de detergente neutral, fibra de detergente ácido, lignina y celulosa disminuyen a medida que aumenta el nivel de urea, esto se debe a la substitución de harina de algodón por urea y maíz.

El consumo promedio de materia seca se presenta en la tabla 4.3. Aunque no se demostró una diferencia significativa en el consumo de materia seca en las raciones de maíz y melaza, ni en los diferentes niveles de urea, si se encontró que a medida que el nivel de urea aumenta, disminuye el consumo de materia seca, esta decrecimiento se atribuye principalmente a problemas de palatabilidad asociados con niveles altos de urea.

Lassiter et al., (1958) demostraron que el consumo se veía restringido cuando la urea contribuía a más de un 70% del nitrógeno de la dieta.

El consumo de materia seca se vió menos afectado en la dieta de melaza gracias a su palatabilidad. Es reconocido que este es uno de los factores más importantes en la utilización de melaza en dietas, mejorar su palatabilidad y por consiguiente su consumo (Lishman, 1967).

Fairhurst (1981) substituyó dietas de 28 y 56% de nitrógeno de harina de algodón por una mezcla de máiz y urea obteniendo consumos de materia seca de 3.35 y 3.05 Kg. al día. Estos valores son muy similares a los obtenidos en la dieta de maíz de los presentes ensayos (3.56 y 3.06 Kg. al día). Los valores obtenidos en el consumo de materia seca de las dietas de melaza, como se mencionó anteriormente, son apreciablemente, aunque no significativamente, más altos.

Los coeficientes de digestibilidad aparente para cada animal se calcularon para determinar diferencias entre las raciones. El promedio de éstos durante los cuatro ensayos figuran en las tablas 4.2 y 4.3.

Los resultados obtenidos de digestibilidad de lignina muestran variaciones muy grandes y en ciertos casos digestibilidades negativas, lo cual es poco común. En cualquier otro nutriente resultaría imposible, sin embargo por ser lignina la parte menos digerible de un forraje es posible que se deba a acumulación. Se notó que estos resultados se obtuvieron en casos en que los animales se comían toda la ración ofrecida ó dejando muy poco sobrante. Esto sugiere que estos animales realizaron poca selección en la ingesta, consumiendo más lignina que aquellos que sí realizaron

selección y por lo tanto dejaron sobrante. Siendo la excreción irregular no como la ingestión, se debe asumir que después de cierto tiempo de otorgar la ración, la excreción se vuelve constante, y que entre tiempos determinados las heces recolectadas representan cuantitativamente la salida de la ingesta pero puede no ser tan exacto.

Es conocido que al consumir el animal volúmenes suficientes de ración con cantidades grandes de fibra se ocasiona un mejor funcionamiento del tracto digestivo, provocando la eliminación de residuos acumulados. Estos residuos se acumulan formando una masa, la cual es excretada al ingerir cantidades suficientes de fibra al generar un efecto laxante (Maynard y Loosli, 1969).

El porcentaje de lignina en la dieta es mínimo, en comparación con los demás nutrientes y siendo ésta no digerible, los resultados negativos de la digestibilidad no deben afectar la interpretación de la dieta en general.

Las digestibilidades de materia seca y materia orgánica aumentan al incrementarse el contenido de urea en la dieta. Estos aumentos no son tan marcados en las raciones de melaza como en las de maíz, como también fue comprobado por Slyter, et al., (1979). Gallup et al., (1952) demostraron que al adicionar urea a una dieta con alto contenido de fibra se incrementaba la digestibilidad de materia orgánica. Ellos encontraron que la digestibilidad de materia orgánica aumentaba en un 58 a 72% al adicionar 5% de equivalentes de proteína cruda a una dieta basal que contenía 7% de proteína cruda.

En las raciones de maíz, las digestibilidades de fibra de detergente ácido, fibra de detergente neutral y celulosa aumentaron al incrementar el nivel de urea, mientras que en las raciones de melaza ocurrió todo lo contrario. Se ha demostrado que al adicionar carbohidratos de fácil acceso a la dieta, se aumenta la digestibilidad de la dieta en general, mientras que, al adicionar melaza a la ración, se tiende a disminuír la digestibilidad de la fibra en particular (Head, 1953).

Hamilton, 1942 (citado por Pate, 1980) reportó una disminución en la digestibilidad de la fibra al adicionarse azúcares a dietas a base de forrajes, mucho mayor que al adicionar almidón. Esta aseveración es ampliamente respaldada por los resultados de este estudio.

En este estudio encontramos que la digestibilidad tanto de la fibra como de materia orgánica y seca en la dieta de maíz, aumenta al incrementar el nivel de urea de 25% a 50% de NNP como urea. No ocurriendo así en la dieta de melaza, donde solo la digestibilidad de materia seca aumenta en altos niveles de urea. No importando el tipo y nivel de carbohidrato la adición de nitrógeno aumenta la digestibilidad de materia seca (Maynard y Loosli, 1969). Al comparar las digestibilidades para ambas fuentes energéticas (maíz y melaza) las dietas de maíz proporcionan mayores digestibilidades, esto sugiere que ésta fuente promueve mejores resultados. El almidón aumenta la retención de nitrógeno, decrece la concentración de amoníaco en el rumen, incrementa el nivel de proteína, y ayuda al crecimiento (Helmer y Bartley, 1971).

La digestibilidad de proteína cruda diminuye a medida que aumenta el nivel de urea en las raciones tanto de maíz como de melaza. Este fenómeno fue descrito por Kropp et al., (1977), quienes encontraron que en una substitución de harina de algodón de una dieta isocalórica e isonitrogenada por una mezcla de urea y sorgo decaía la digestibilidad de proteína cruda al aumentar el nivel de urea. Ellos asumieron que este decrecimiento en la digestibilidad de proteína cruda se debía a un menor consumo de nitrógeno conjuntamente con niveles de nitrógeno metabólico fecal constantes y más incorporación microbiana de nitrógeno (Kropp et al., 1977).

La fibra es el componente nutricional de los forrajes con alto contenido energético proveniente de la celulosa y hemicelulosa. Los rumiantes son los únicos animales domesticados capaces de digerir la fibra y aprovecharla eficientemente. El grado de eficiencia con que sea utilizada radica en el grado de posibilidad de digerirse. Siendo la fibra una fuente accesible con pocas alternativas útiles, y siendo muy económica, se considera en la dieta un ingrediente muy favorable. La fibra es el ingrediente que posee el rango de digestibilidad más amplio, entre 15-95%. Diferencias en la digestibilidad de fibra cruda influyen en la digestibilidad de todos los demás nutrientes, debido a que al estar la fibra intacta retarda la acción de las enzimas digestivas en otros nutrientes (Maynard y Loosli, 1969). Esto hace que sea determinante en la eficiencia de la ración y entonces se estudia detalladamente analizando fibra de detergente neutral, fibra de detergente ácido, lignina y celulosa. Las dietas del presente estudio se basaron en caña de azúcar, un forraje muy adecuado (Pate, 1980). Como se verificó en este trabajo, se puede complementar su bajo contenido en proteína cruda con hasta 50% de nitrógeno no protéico en forma de urea de bajo costo.

Estadísticamente, como podemos ver en los resultados del análisis de varianza en la tabla 4.5, no se encuentra ninguna diferencia significativa entre las cuatro dietas que fueron otorgadas. Esto significa que ya sea que se utilice maíz o melaza y niveles de urea más altos, las digestibilidades de la fibra, tanto fibra detergente neutral como ácido, lignina y celulosa, no se verán alteradas, como tampoco el consumo de materia seca, digestibilidades de materia orgánica y proteína cruda.

En la tabla 4.1 se presentan los costos de las dietas. Como es obvio notar, la dieta más cara por libra de ración es la de maíz con 25% de NNP, esto se debe al bajo nivel de urea lo que hace indispensable la suplementación de proteína natural de precio más elevado. La siguiente más costosa es la de melaza con 25% de NNP, siendo levemente menos costosa a la primera debido a que la melaza es más barata que el maíz. Sin embargo, la diferencia mayor entre el costo de las cuatro dietas radica en el nivel de urea. Si observamos el costo por libra de aumento de peso, podemos notar que el costo de ambas dietas con 25% de NNP no es rentable. La libra actualmente cuesta en promedio ¢1.00, o sea nos costará más caro que el animal aumente esta libra, que lo que nos pagarán por ella. En cambio las dietas con 50% de NNP si resultan rentables siendo aún mejor la de melaza que la de maíz.

Reconociendo que la mayor diferencia en el costo de la ración radica en la fuente protéica (62 y 45% del costo de la dieta para 25 y 50% de NNP como urea respectivamente) y no en la energética, mientras mayor sea la cantidad otorgada de NNP en la ración que satisfaga las necesidades protéticas, menor será el costo.

Las muestras de orina recolectadas para calcular los parámetros del nitrógeno metabólico resultaron inútiles debido a contaminación excesiva con

heces, causando que los resultados del análisis del laboratorio fueran muy dudosos. Por esta razón los datos del nitrógeno metabólico no se presentan. Se esperaba una mayor retención de nitrógeno en las dos raciones de maíz, siendo un poco inferior la que contenía 50% de urea (Helmer y Bartley, 1971; Reid, 1953). La retención de nitrógeno en la dieta de melaza con 50% de nitrógeno no protéico debía resultar mucho menor a la que contenía 25% de nitrógeno no protéico, esto iba a ser detectado por la cantidad alta de nitrógeno en la orina. Esto se debe a que poco de todo el nitrógeno que entra en forma de urea al rumen es incorporado por los microorganismos, debido a que los azúcares desaparecen muy rápidamente del rumen para satisfacer las necesidades energéticas bacterianas (Reid, 1953). Además, mientras mayor el nivel de urea ingerido, mayor la cantidad absorbida en forma de amoníaco y mayor la cantidad excretada como sales de amonio (French, 1957).

VI. CONCLUSIONES

En este estudio se utilizaron dos fuentes energéticas distintas, maíz y melaza en dietas a base de caña de azúcar con distintos niveles de urea como fuente de nitrógeno no protéico obteniéndose resultados muy similares.

Se encontró que no había diferencia significativa ($P < .05$) entre las digestibilidades aparentes de fibra de detergente neutral, fibra de detergente ácido, lignina, celulosa, proteína cruda, materia seca, materia orgánica y consumo de materia seca en las distintas raciones experimentales.

La utilización de urea como fuente de NNP en dietas basadas en caña de azúcar permite el engorde de ganado en una época del año que normalmente las condiciones ambientales no lo permiten. La caña de azúcar es un cultivo ideal para los trópicos, ya que en la época de sequía es cuando se encuentran en su máximo punto de madurez y aprovechamiento y lo mantiene meses después. Su desventaja es su extremadamente bajo contenido de proteína cruda. Este problema se soluciona al suplementarse con urea como fuente protéica de fácil acceso y como fue comprobado en este estudio se puede otorgar hasta un 50% de la proteína de la dieta como urea (NNP). Caña de azúcar conjuntamente con urea resulta ser un medio prometedor para aumentar la proporción entre cantidad de animales y producción final de carne en los trópicos, donde el déficit protéico y la calidad del pasto no son los ideales.

En este estudio se encontró que a medida que aumenta el nivel de urea en la dieta, el consumo de materia seca diminuye, esto se atribuye principalmente a problemas de palatabilidad. Sin embargo, este problema es contrarrestado al utilizar melaza en la dieta, pues ésta mejora la palatabilidad de la

ración y por consiguiente el consumo, resultando ser ambos ingredientes complementarios en la dieta.

En la dieta donde se utilizó maíz como fuente energética las digestibilidades de fibra de detergente ácido y neutral, celulosa, lignina, materia seca y orgánica aumentaron al incrementarse el nivel de urea a 50% del NNP de la dieta, ocurriendo lo contrario únicamente con la digestibilidad de proteína cruda. En la dieta de melaza solo la materia seca y lignina aumentaron al incrementarse el nivel de urea a 50% del NNP de la dieta. Comparando digestibilidades de ambas fuentes energéticas, las dietas de maíz proporcionan mayores digestibilidades, esto sugiere que esta fuente promueve mejores resultados, no siendo éstos significativamente mejores.

La decisión final en la utilización de urea en dietas basadas en caña de azúcar depende del factor económico. Aunque se obtengan ganancias menos eficientes con urea y melaza que con urea y maíz, debido a que los azúcares desaparecen rápidamente del rumen, siendo inferiores al almidón como fuente energética para los microorganismos ruminales. El costo favorece dietas con melaza, siendo los resultados igualmente satisfactorios a largo plazo.

La dieta de melaza con 50% de NNP en la ración daría actualmente mejores resultados, ya que en nuestros países en vías de desarrollo los granos básicos como el maíz son requeridos para la alimentación humana. Además existe un déficit protéico que podría ser mejorado al suplementar con urea hasta un 50% de la proteína de la dieta. Esto mejoraría la producción de carne, abarataría el producto dando más oportunidad a que más personas consumieran proteína.

VII. BIBLIOGRAFIA

Association of Official Analytical Chemists. Official methods of
1980 Analysis. A.O.A.C. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists. George Bants, Menasha, Wisconsin.

Baile, C. A. Control of feed intake in ruminants. Federation
1968 Proceedings 27: 333-349.

Banco de Guatemala. Dirección de Cambios. Comunicación personal.
1985

Bartley, E. E., A. D. Davidovich, G. W. Barr, G. W. Griffel, A.
1976 D. Dayton, C. W. Deyoe y R. M. Bechtle. Ammonia toxicity in cattle. 1. Rumen blood changes associated with toxicity and treatment methods. Journal of Animal Science 43: 835-841.

Beeson, W. M. Urea in the ration: how much can we safely add?
1969 Journal of American Veterinary Medicine Association, 154 (10): 1220-1224.

Borhami, B. E. A., K. El-Shazly, A. R. Abou Akkada, M. A. Naga,
1979 A. M. Nour y M. A. Abaza. Nitrogen (15N) utilization and microbial protein synthesis in the rumen of urea fed cattle. Journal of Animal Science 49 (5): 1306-1314.

Briggs, H. M., W. D. Gallup, A. E. Darlow, D. E. Stephens y C.
1947 Kinney. Urea as an extender of protein when fed to cattle. Journal of Animal Science 7: 35-39.

Chalupa, W. Problems in feeding urea to ruminants. Journal of
1968 Animal Science 27: 207-211.

Creek, M. J., H. A. Squire y J. Mulder. Fresh sugarcane as a
1976 substitute for maize silage in beef cattle rations. World Review of Animal Production 12 (3): 35-42.

Davis, G. K. y H. F. Roberts. Urea Toxicity in Cattle. Florida
1959 Agricultural Experiment Station Bulletin No. 611.

Dinning, J. S., H. M. Briggs y W. D. Gallup. The value of urea
1949 in protein supplements for cattle and sheep. Journal of Animal Science 8: 24-28.

Fairhurst, P. M. The effect of varying urea level on the digesti-
1981 bility, rate of passage and nitrogen retention of sugar-
cane diets. M. S. Thesis, University of Florida, Gainesville, Florida.

French, M. H. The apparent digestibility of crude protein by the
1957 ruminant. III, The application of the general equation to rations containing urea. Journal of Agricultural Science 48: 384-386.

Gallup, W. D., L. S. Pope y C. K. Williams. Ration factors affec-
1952 ting the utilization of urea nitrogen by lambs. Journal of Animal Science 11(3): 573-578.

Gihad, E. A. Intake, digestibility and nutrient utilization by
1979 sheep of sodium hydroxide treated tropical grass supplemented with soybean or urea. Journal of Animal Science 48 (5): 1172-1176.

Goering, H. K. y P. J. Van Soest. Forager fiber analysis. U.S.D.A.
1970 Agricultural Handbook, No. 379.

Goodrich, R. D., J. C. Meiske y F. H. Gharib. Utilization of
1972 urea by ruminants. World Review of Animal Production 8 (4): 54-69.

Grigg, D. The Harsh Lands. Pitman Press. New York.
1970

Haines, C. E. y F. le Grand. Supplementing winter grazing with
1963 sugarcane. The Sugar Journal. Florida Agricultural Experiment Station 26 (7): 47-49.

Hamilton, T. S. The effect of added glucose upon the digestibi-
1942 lity of protein and of fiber in rations for sheep. Journal of Nutrition 23 (2): 101-108.

Head, M. J. The effect of quality and quantity of carbohydrate
1953 and protein in the ration of sheep on the digestibility of cellulose and other constituents of the ration, with a note on the effect of adding vitamins of the B-complex on the digestibility and retention of the nutrients of a hay ration. Journal of Agricultural Science 43: 281-286.

Helmer, L. G. y E. E. Bartley. Progress in the utilization of
1971 urea as a protein replacer for ruminants. A review. Journal of Dairy Science 54 (1): 25-51.

Henderickx, H. K. Quantitative aspects of the use of nonprotein
1976 nitrogen in ruminant feeding. Cuban Journal of Agricultural Science 10: 1. (Eng. Ed.).

Horton, G. M. H. Feeding value of rations containing nonprotein
1979 nitrogen or natural protein and of ammoniated straw for beef cattle. Journal of Animal Science 48 (1): 38-44.

Johnson, R. R. Influence of carbohydrate solubility on NPN uti-
1976 lization in ruminant. Journal of Animal Science 43: 184-189.

Kang-Meznarich, J. H. y G. A. Broderick. Effects of incremental
1980 urea supplementation on ruminal ammonia concentration and bacterial protein formation. Journal of Animal Science 51 (2): 422-438.

Kropp, J. R., R. R. Johnson, J. R. Males y F. N. Owens. Micro-
1977a bial protein synthesis with low quality roughage rations; isonitrogenous substitution of urea for soybean meal. Journal of Animal Science 45: 837-843.

Kropp, J. R., R. R. Johnson, J. R. Males y F. N. Owens. Microbial
1977b protein synthesis with low quality roughage rations: level and source of nitrogen. Journal of Animal Science 46: 844-851.

Lassiter, C. A., R. M. Grimes, C. W. Duncan y C. F. Huffman. High
1958 level urea feeding to dairy cattle. I. Effect of high level urea feeding on the growth and metabolism of growing dairy heifers without sulfur supplementation. Journal of Dairy Science 41: 281-290.

Lewis, D. Blood urea concentration in relation to protein utili-
1957 zation in the ruminant. Journal of Animal Science 48: 438-441.

Lippke, H. Forage characteristics related to intake digestibility
1980 and gain by ruminants. Journal of Animal Science 50 (5): 952-956.

Lishman, A. W. Cane molasses as a substitute for maize in beef-
1967 finishing rations. South Africa Journal of Agricultural Science 10: 51-59.

Loosli, J. K., H. H. Williams, W. E. Thomas, F. H. Ferris y L. A.
1949 Maynard. Synthesis of amino acids in the rumen. Science 110: 144-145.

Males, J. R., R. A. Mussinger y R. R. Johnson. In vitro and
1979 in vivo ammonia release from "slow release" urea supplements. Journal of Animal Science 48(4):887-892.

Maynard, L. A. y J. K. Loosli. Animal nutrition. 6a. ed.
1969 McGraw Hill Co., New York, Estados Unidos.

McDowell, R. E. Improvement of Livestock Production in Warm Cli-
1972 mates. W. H. Freeman and Co., San Francisco, California.

Milford, R. y D. J. Minson. Intake of tropical pasture species.
1966 Proc. 9th. International Grassland Congress. Sao Paulo, Brazil 1965. 815.

Moore, L. A., P. A. Putnam y N. D. Bayley. Ruminant livestock-
1967 their role in the world protein deficit. Agricultural Science Review 8 (2): 1.

Morrison, R. T. y R. N. Boyd. Química orgánica, 3a. ed. Fondo
1973 Educativo Interamericano, F. A. Estados Unidos.

Oltjen, R. R., L. L. Slyter, A. S. Kozak y E. E. Williams, Jr.
1968 Evaluation of urea, biuret, urea phosphate and uric acid as NPN sources for cattle. Journal of Nutrition 94: 193-199.

Owens, F. N., K. S. Lusby, K. Mizwicki y C. Forero. Slow ammonia
1980 release from urea: rumen and metabolism studies. Journal of Animal Science 50 (3): 527-531.

Pate, F. M. Valor nutritivo de la caña de azúcar en diferentes
1977 etapas de madurez. Producción Animal Tropical 2 (1): 112.

Pate, F. M. Sugarcane greenchop for feeding feedlot cattle. 72nd.
1980 Annual meeting of A.S.A.S., Cornell Univ., Ithaca, N. Y. Abstr. No. 339.

Pate, F. M., J. Alvarez, J. D. Phillips y B. R. Eiland. Sugarcane
1984 as a cattle feed: Production and utilization. Florida Agricultural Experiment Stations. Bulletin 844.

Pate, F. J. y S. W. Coleman. Evaluation of sugarcane varieties as
1975 cattle feed. Research Report of Agricultural Research and Education Center, Belle Glade, Florida.

Perry, T. W., W. W. Beeson y M. T. Mohler. A comparison of high
1967 urea supplements with natural protein supplements for growing and fattening beef cattle. Journal of Animal Science 26: 1434-1427.

Poos, M. I., L. S. Bull y R. W. Hemken. Supplementation of diets
1979 with positive and negative urea fermentation potential using urea or soybean meal. Journal of Animal Science 49 (5): 1417-1426.

Preston, T. R. Beef and milk production from sugarcane. CIDA,
1973 Seminar on Sugarcane as Livestock Feed. Barbados, Jan. 30-31.

Preston, T. R. Intensive beef fattening systems for the tropics.
1974 Potencial para incrementar la producción de carne en América Tropical. Seminario CIAT. Cali, Colombia. Pub. 18-21. 149-182.

Preston, T. R. y R. A. Leng. Utilization of tropical feeds by ru-
1980 minants. Digestive physiology and metabolism in ruminants. Y. Ruckebusch y P. Thivend (Eds.), Avi Pub. Co., Westport, Ct. 621-640.

Preston, T. R., M. B. Willis y Elias. Intensive beef production
1967 from sugarcane. 2. Comparison between normal and invert molasses as a supplement to forage or concentrates. Cuban Journal of Agricultural Science (Eng. ed.). 41-48.

Reid, J. T. Urea as a protein replacement for ruminants: a re-
1953 view. Journal of Dairy Science 36: 955-966.

Schneider, B. H. y W. P. Flatt. The Evaluation of Feeds through
1975 Digestibility Experiments. The University of Georgia Press, Athens, Georgia.

Simpson O. y W. Woods. Influence of time of urea supplementation
1964 on utilization of protein by cattle. Journal of Animal Science 23: 892-898.

Slyter, L. L., L. D. Satter y D. A. Dinius. Effect of ruminal
1979 ammonia concentration on N utilization by steers. Journal of Animal Science 48 (4): 906-912.

Smith T. H. Synthesis of microbial nitrogen compounds in the ru-
1979 men and their subsequent digestion. Journal of Animal Science 49 (6): 1604-1614.

Steel, R. G. D. y J. H. Torris. Principles and Procedures of Statistics. John Wiley and Sons. Inc. New York, N. Y.

Van Horn, H. W. y D. R. Jacobson. Response of lactating cows to
1971 added increments of dietary protein and non-protein nitrogen. Journal of Dairy Science 54: 379-382.

Van Niekerk, B. D. H. 1974. Supplementation of grazing cattle. Potencial para incrementar la producción de carne en América tropical. Seminario CIAT. Cali, Colombia 204-241.

Virtanen, A. I. 1966. Milk production of cows on protein free feed. Science 153: 1603-1614.

Wanapat, M., D. O. Erickson y W. D. Slanger. 1982. Nitrogen metabolism in sheep fed protein sources of various solubilities with low quality roughages. Journal of Animal Science 54 (3): 625-631.

Wohlberg, M. L. y E. H. Cash. 1979. Various liquid by products as a protein supplement to ruminant diets. Journal of Animal Science 49 (6): 1431-1437.

APENDICE A

Procedimiento analítico para la determinación de fibra de detergente neutral y de fibra de detergente ácido

El procedimiento de fibra de detergente neutral para determinar el contenido de la pared celular es un método rápido para analizar el contenido total de fibra en forrajes. Separa la materia seca en los nutrientes accesibles (98 porciento) y material soluble del que no es accesible y depende de la fermentación microbiana. Los reactivos requeridos de 1 a 4 (final del apéndice).

1. Se pesa 0.5 a 1.0 g. de materia seca finamente molida que pase filtros de 1 mm. en un beaker del aparato de digestión.
2. Se le agregan estas soluciones en el siguiente orden: 100 ml. de solución de detergente neutral, 2 ml. decahidronaftaleno y 0.5g. de sulfato de sodio en un beaker calibrado. Calentar hasta ebullición de 5 a 10 minutos. Se reduce el calor al comenzar a hervir. Se digiere por 60 min. desde que comienza a hervir (Reflux apparatus).
3. Se filtra al vacío la solución del beaker, primero con vacío suave, incrementándole fuerza poco a poco. Se lava la muestra con agua caliente (90°-100°C). Se quita el vacío, se rompe la capa filtrada y se le vuelve a echar agua caliente. Se filtra de nuevo el líquido y se repite el lavado.
4. Se lava dos veces con acetona de la misma manera, se seca la muestra a 100°C por 8 horas y se pesa.
5. Se reporta la fibra de detergente neutral recuperada como porcentaje del contenido de la pared celular. Para estimar el contenido de material soluble de la célula se resta este valor de 100.

El procedimiento de fibra de detergente ácido proporciona un método rápido para determinar lignocelulosa en forraje. El residuo también incluye silice.

Reactivos requeridos 2, 3 y 5. (Ver siguiente página)

1. Se pesa 0.5 a 1.0 g. de materia seca finamente molida que pase filtros de 1 mm. en un beaker apropiado para la digestión.
2. Se le agrega 100 ml. de la solución de detergente ácido a temperatura ambiente y 2 ml. de decahidronaftaleno. Se lleva a ebullición de 5 a 10 minutos. Se reduce el calor al comenzar a hervir. Se digiere por 60 minutos.
3. La solución se filtra al vacío con succión lenta. Se rompe la capa filtrada y se lava dos veces con agua caliente (90^{o}-100^{o}C).
4. Se repite el procedimiento del lavado con acetona hasta que ya no pierde color. Se seca la muestra a 100^{o}C por 8 horas y se pesa.
5. Calcular fibra de detergente ácido:

$$(P_o - P_t)\ (100)\ /S = FDA$$

P_o = peso del beaker incluyendo la fibra

P_t = peso del beaker tarado

S = peso de la muestra seca.

Reactivos:

1. Solución de detergente neutral:

   Agua destilada

   Sulfato laurico de sodio

   EDTA

   Borato de sodio decahidratado

   Difosfato de sodio

   Etilen glycol monoetil eter

Poner EDTA y $Na_2B_4O_7$ 10 H_2O juntos en un beaker, se agrega un poco de agua destilada, se calienta hasta disolverse. Se agrega la solución de etilen glycol monoetil eter con sulfato laurico de sodio. Se coloca Na_2HPO_4 en un beaker y un poco de agua destilada, se calienta hasta disolverse y se le agrega la solución con los otros ingredientes.

Se chequea el pH de 6.9 a 7.1.

2. Decahidronaftaleno

3. Acetona - se usa la que no tiene color y no deja residuo al evaporarse.

4. Sulfato de sodio

5. Solución de detergente ácido:

   Acido sulfúrico 1N

   Bromuro de cetil trimetilamonio (CTAB)

Se mide el ácido sulfúrico, se agrega agua destilada a 20°C hasta llegar al volumen. Luego se agrega CTAB y se mezcla cuidadosamente.

APENDICE B

Tablas de composición, formulación y costo de las raciones otorgadas de Maíz con 25% de NNP, Maíz con 50% de NNP, Melaza con 25% de NNP y Melaza con 50% de NNP

Composicion, formulación y costo de la ración 4
Melaza con 50% de NNP

Ingredientes	Composición % M.S.	% P.C.	% N.T.D.	% Ca.	% P.	Formulación P.C.	N.T.D.	Ca.	P.	Libras M,F.	M.S.	Parámetros ración Totales en porciento	
Caña de azúcar	27.00	2.00	60.00	0.00	0.04	1.41	42.36	0,00	0.03	261.48	70.60	Total P.C.	12.[illegible]
Maíz en grano	85.00	9.90	89.00	0.02	0.29	0.62	5,61	0,00	0.02	7.41	6,30	Total N.T.D.	62.9[illegible]
Harina de algodón	88.00	42.00	78.00	0.20	1.09	3.61	6.71	0.02	0,09	9.77	8.60	Total Ca.	[illegible]
Melaza	75.00	4.00	75.00	0.66	0.08	0.44	8.25	0,07	0.01	14,67	11.00	Total P.C. como urea	50.[illegible]
Urea 46%	100.00	282.00	0.00	0.00	0.00	6.20	0.00	0.00	0,00	2.20	2.20	Total M.S.	33.[illegible]
Cal dolomítica	100.00	0.00	0.00	22.30	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Harina de hueso	90.00	0.00	0.00	29.00	14,00	0.00	0.00	0.29	0.14	1.11	1,00		
Sal común	90.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.30		
Totales						12.29	62.93	0.38	0,29	296.98	100,00		

Ingredientes	UNIDAD medida	Valor unitario	Valor Lb. M.F.	Valor Lb. M.S.	Valor por QQ MS	% Costo ración	Lbs. M.S. día/ani	Lbs. M.F. Día/ani	Tot. Ingr.	Valor Ingr.		
Caña de azúcar	Ton	¢ 17.50	0.0088	0.0324	2.2880	24,87	10.17	37.65	376.53	6589.33	Número animales	1000.[illegible]
Maíz en grano	QQ	¢ 15.50	0.1550	0.1824	1.1488	12,49	0.91	1.07	213.46	3308,61	Días suplementación	20.[illegible]
Harina de algodón	QQ	¢ 40.00	0.4000	0.4545	3.9091	42.49	1.24	1.41	281.45	11258.18	Peso vivo promedio	600.[illegible]
Melaza	Gln	¢ 0.80	0.0684	0.0912	1.0028	10,90	1.58	2.11	3610,26	2888.21	Consumo estimado lbs.	14.[illegible]
Urea 46 %	QQ	¢ 16.00	0.1600	0.1600	0.3520	3,83	0.32	0.32	63.36	1013.76	Efici. conversión	9.[illegible]
Cal dolomítica	QQ	¢ 1.20	0.0120	0.0120	0.0000	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00	Ganancia diaria promedio	1.[illegible]
Harina de hueso	QQ	¢ 42.00	0.4200	0.4667	0.4667	5.07	0.14	0.16	32,00	1344.00	Días animal tot.	20000.[illegible]
Sal común	QQ	¢ 10.00	0.1000	0.1111	0.0333	0.36	0.04	0.05	9.60	96.00	Valor ración:	
											por ingr. día/animal	1.[illegible]
											por maq. y M.O.	0.[illegible]
											total día animal	1.[illegible]
											por libra de aumento	0.[illegible]
Totale			1.35	1.54	9.20	100.00	14,40	42.76	¢	26498.09		

Tabla E.2

Composición, formulación y costo de la ración 2
Maíz con 50% de NNP

Ingredientes	Composición % M.S.	% P.C.	% N.T.D.	% Ca.	% P.	Formulación P.C.	N.T.D.	Ca.	Libras P.	M.F.	M.S.	Parámetros ración Totales en porciento	
Caña de azúcar	27.00	2.00	60.00	0.00	0.04	1.43	42.78	0.00	0.03	264.07	71.30	Total P.C.	12.36
Maíz en grano	85.00	9.90	89.00	0.02	0.29	1.79	16.11	0.00	0.05	21.29	18.10	Total N.T.D.	64.33
Harina de algodón	88.00	42.00	78.00	0.20	1.09	2.94	5.46	0.01	0.08	7.95	7.00	Total Ca.	0.34
Melaza	75.00	4.00	75.00	0.66	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Total P.C. como urea	50.19
Urea 46 %	100.00	282.00	0.00	0.00	0.00	6.20	0.00	0.00	0.00	2.20	2.20	Total M.S.	33.66
Cal dolomítica	100.00	0.00	0.00	22.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Harina de hueso	90.00	0.00	0.00	29.00	14.00	0.00	0.00	0.32	0.15	1.22	1.10		
Sal común	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.30		
Totales						12,36	64.35	0.34	0.31	297.08	100.00		

Ingredientes	Unidad medida		Valor unitario	Valor Lb. M.F.	Valor Lb. M.S.	Valor por QQMS	%Costo ración	Lbs. M.S. día/ani	Lbs. M.F. día/ani	Tot. ingr.	Valor ingr.
Caña de azúcar	Ton	₡	17.50	0.0088	0.0324	2.3106	23.84	10.27	38.03	380.27	6654.67
Maíz en grano	QQ	₡	15.50	0.1550	0.1824	3.3006	34.06	2.61	3.07	613.27	9505.69
Harina de algodón	QQ	₡	40.00	0.4000	0.4545	3.1818	32.83	1.01	1.15	229,09	9163.64
Melaza	Gln	₡	0.80	0.0684	0.0912	0.0000	0.00	0.00	0.00	0,00	0.00
Urea 46 %	QQ	₡	16.00	0.1600	0.1600	0.3520	3,63	0,32	0,32	63,36	1013,76
Cal dolomítica	QQ	₡	1.20	0.0120	0.0120	0.0000	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00
Harina de hueso	QQ	₡	42.00	0.4200	0.4667	0,5133	5,30	0,16	0,18	35,20	1478,40
Sal común	QQ	₡	10.00	0.1000	0.1111	0.0333	0,34	0,04	0,05	9,60	96,00
Totales				1.35	1.54	9.69	100,00	14,43	43,26	₡ 27912,16	

Número animales	1000.00
Días suplementación	20.00
Peso vivo promedio	600.00
Consumo estimado lbs.	14.40
Efici. conversión	9.00
Canancia diaria promedio	1.60
Días animal tot,	20000,00
Valor ración:	
por ingr. día/animal	1.40
por maq. y M.O.	0.18
total día animal	1.58
por libra de aumento	0.99

Composición, formulación y costo de la ración 3
Melaza con 25% de NNP

Ingredientes	Composición % M.S.	% P.C.	% N.T.D.	% Ca.	% P.	Formulación P.C.	N.T.D.	Ca.	Libras P.	M.F.	M.S.
Caña de azúcar	27.00	2.00	60.00	0.00	0.04	1.40	42.00	0.00	0.03	259.26	70.00
Maíz en grano	85.00	9.90	89.00	0.02	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00
Harina de algodón	88.00	42.00	78.00	0.20	1.09	7.14	13.26	0.03	0,19	19,32	17.00
Melaza	75.00	4.00	75.00	0.66	0.08	0.44	8.18	0.07	0,01	14,53	10.90
Urea 46 %	100.00	282.00	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00	0,00	0.00	1,10	1,10
Cal dolomítica	100.00	0.00	0.00	22.30	0.00	0.00	0.00	0,04	0.00	0,20	0,20
Harina de hueso	90.00	0.00	0.00	29.00	14.00	0.00	0.00	0,15	0.07	0,56	
Sal común	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0.33	0,30
Totales						12.08	63.44	0.30	0,29	295,30	100,00

Parámetros ración	Totales en porciento
Total P.C.	12.09
Total N.T.D.	63.44
Total Ca.	0.30
Total P.C. como urea	25.69
Total M.S.	33.86

Ingredientes	Unidad medida	Valor unitario	Valor Lb. M.F.	Valor Lb. M.S.	Valor ingr. por Qq MS de ración	% Costo ración	Lbs. M.S. día/ani	Lbs. M.F. día/ani	Tot. ingr.	Valor ingr.
Caña de azúcar	Ton	₡ 17.50	0.0088	0.0324	2.2685	19.84	10,08	37,33	373,33	6533,33
Maíz en grano	QQ	₡ 15.50	0.1550	0.1824	0.0000	0.00	0,00	0.00	0.00	0,00
Harina de algodón	QQ	₡ 40.00	0.4000	0.4545	7.7273	67.58	2.45	2.45	556.36	22254,55
Melaza	Cln	₡ 0.80	0.0684	0.0912	0.9937	8.69	1.57	2,09	3577,44	2861.95
Urea 46 %	QQ	₡ 16.00	0.1600	0.1600	0.1760	1.54	0.16	0.16	31.68	506,88
Cal dolomítica	QQ	₡ 1.20	0.0120	0.0120	0.0024	0.02	0.03	0.03	5,76	6,91
Harina de hueso	QQ	₡ 42.00	0.4200	0.4667	0.2333	2.04	0.07	0.08	16.00	672,00
Sal común	QQ	₡ 10.00	0.1000	0.1111	0.0333	0.29	0.04	0.05	9,60	96.00
Totales			1.35	1.54	11.43	100.00	14.40	42.32		₡ 32931,62

Número animales	1000.00
Días suplementación	20.00
Peso vivo promedio	600,00
Consumo estimado lbs.	14.40
Efici. conversión	9,00
Ganancia diaria promedio	1,00
Días animal tot.	20000,00
Valor ración:	
por ingr. día/animal	1.63
por mag. y M.O.	0,14
tot. día animal	1.93
por libra de aumento	1.14

Composición, formulación y costo [illegible] ración 1
Maíz con 25% de MST

Ingredientes	Kilos	% P.C.	% N.T.D.	% Ca.	% P.	P.C.	N.T.D.	Ca.	P.	M.F.	M.S.	Totales en porcentaje
Melaza de azúcar	37.[illegible]	2.00	60.00	0.08	0.04	1.40	42.12	0.06	0.03	26.00	20.20	Total P.C.
Maíz en grano	47.000	9.00	80.00	0.02	0.29	1.10	9.84	0.06	0.03	11.06	11.1[illegible]	Total N.T.D.
Harina de algodón	68.30	42.00	78.00	0.20	1.09	6.80	12.64	0.31	0.18	13.41	13.20	Total Ca.
Melaza	75.000	4.00	75.00	0.60	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Total P.C. como urea
Urea 46%	3[illegible].00	2[illegible].00	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00	0.00	0.00	1.10	1.10	Total M.S.
Sal dolomítica	1[illegible].00	0.00	0.00	22.30	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	
Harina de hueso	1.[illegible]	[illegible].00	0.00	29.00	14.00	0.00	0.00	0.16	0.07	1.56	1.50	
Sal común	30.[illegible]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.30	
Totales						12.41	64.[illegible]	0.[illegible]	0.31	2[illegible].00	20.50	

Ingredientes	Unidad Medida	Valor Unitario	Valor Kg. M.F.	Valor Kg. M.S.	Valor Por QQ MS	% Costo Ración	Kgs. M.F. día/anim.	Kgs. M.S. día/anim.	Tot. ingr.	Valor ingr.	
Melaza de azúcar	Ton	$ 17.50	0.0088	0.0324	2.2750	18.78	10.11	37.24	374.40	6552.63	Número animales
Maíz en grano	Qq	$ 15.50	0.1550	0.1825	1.0161	16.71	1.00	1.18	376.09	5829.40	Días suplementación
Harina de algodón	Qq	$ 46.00	0.4600	0.4545	7.3636	60.79	2.33	2.30	530.18	21207.27	Peso vivo promedio
Melaza	Ton	$ 0.80	0.0684	0.0917	0.0000	0.00	0.66	0.88	6.00	0.00	Ganancia estimada tos.
Sal [illegible]		$ 16.00	0.1600	0.1905	0.1760	1.45	0.15	0.18	5.68	545.28	Costo suplemento
Sal dolomítica	Qq	$ 1.20	0.0120	0.0127	0.0072	0.06	0.01	0.01	12.5%	28.5%	Ganancia costo prod.
Harina de hueso	Qq	$ 42.50	0.5763	0.5667	0.2333	1.93	0.01	0.01	1.22	0[illegible]	[illegible] animal [illegible]
Sal común	Qq	$ 10.00	0.1000	0.1111	0.0333	0.28	0.03	0.03	0.09	0[illegible]	Valor ración:
											por kilo alimento
											por kilo M.S.
											total día animal
											por lote de animales
Totales			1.35	1.54	12.11	100.00	14.40	[illegible].35		$ 34384.35	

APENDICE C

Tablas de resultados en libras para cada nutriente de la ración ofrecida, sobrante, consumida, excretada, asimilada y el porcentaje de la digestibilidad aparente con su desviación standard respectiva, para cada una de las cuatro dietas estudiadas.

Tabla C4.1

Tabla de resultados de la dieta de maíz con 25% de NNP como urea.

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	DIGESTIBILIDAD APARENTE (%)	DESV. STAN. +/-
MAT. SECA							
ENSAYO I	70.12	44.23	25.27	8.45	17.82	87.59	
ENSAYO II	71.34	14.39	57.25	17.69	29.96	69.80	
ENSAYO III	73.67	3.18	70.29	88.65	47.44	67.69	
ENSAYO IV	70.72	3.57	66.75	85.16	37.57	56.28	
PROMEDIO	71.42	16.39	55.04	19.39	35.65	85.34	5.32
MAT. ORG.							
ENSAYO I	85.58	41.67	24.95	7.41	17.54	72.32	
ENSAYO II	69.86	15.66	54.62	15.66	28.94	71.32	
ENSAYO III	71.45	3.93	67.43	88.74	46.38	69.24	
ENSAYO IV	63.95	2.82	62.95	88.82	41.75	65.19	
PROMEDIO	67.32	14.59	52.73	18.52	36.33	69.24	3.33
P.C.							
ENSAYO I	23.18	24.68	15.32	8.75	6.11	54.52	
ENSAYO II	24.91	7.84	17.11	15.65	11.43	48.17	
ENSAYO III	22.43	1.04	33.79	17.31	16.43	48.77	
ENSAYO IV	24.74	1.76	32.73	86.71	9.37	86.21	
PROMEDIO	26.32	9.33	26.33	15.62	11.37	43.74	5.53
E.L.A.							
ENSAYO I	24.25	14.45	3.80	4.59	5.21	53.15	
ENSAYO II	21.87	4.55	17.12	8.53	8.35	48.41	
ENSAYO III	21.32	2.31	28.41	12.99	9.43	46.15	
ENSAYO IV	15.77	1.09	18.69	14.61	4.07	21.79	
PROMEDIO	21.75	5.25	16.52	9.75	6.75	42.38	12.16
[illegible]							
ENSAYO I	5.46	3.13	2.33	1.43	0.9-	29.83	
ENSAYO II	5.54	2.26	3.49	3.02	2.38	10.96	
ENSAYO III	4.53	2.23	4.35	4.60	-2.24	-5.52	
ENSAYO IV	4.22	2.35	3.75	5.42	-1.67	-44.53	
PROMEDIO	4.93	1.42	3.49	3.63	-2.15	2.19	10.50
PROT. CRUDA							
ENSAYO I	9.87	6.44	3.43	2.98	2.45	71.43	
ENSAYO II	11.42	2.66	8.74	1.96	6.78	77.57	
ENSAYO III	9.53	2.32	9.22	2.66	6.35	72.51	
ENSAYO IV	9.44	2.29	9.05	3.45	5.62	61.88	
PROMEDIO	10.26	2.58	7.55	2.66	5.32	72.35	5.59
CELULOSA							
ENSAYO I	17.84	10.73	7.11	2.77	4.34	61.04	
ENSAYO II	16.13	2.47	13.66	5.75	7.91	57.91	
ENSAYO III	16.09	2.65	15.44	5.85	9.59	62.11	
ENSAYO IV	15.85	2.82	14.25	8.17	6.26	42.67	
PROMEDIO	16.23	3.66	12.62	5.64	6.96	55.93	7.31

Tabla C4.2

Tabla de resultados de la dieta de maíz con 50% de NNP como urea.

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]						[illegible]	[illegible]
[illegible]							
ENSAYO I	76.59	16.58	45.62	14.12	31.49	89.96	
ENSAYO II	78.88	25.35	34.88	8.81	35.85	75.32	
ENSAYO III	71.72	16.72	45.03	11.87	33.35	74.03	
ENSAYO IV	71.13	7.35	63.81	21.08	41.85	85.82	
PROMEDIO	74.58	24.84	47.31	14.11	33.82	72.66	3.63
[illegible]							
ENSAYO I	55.89	65.54	43.35	12.69	33.86	78.35	
ENSAYO II	93.46	24.37	34.11	7.94	36.17	76.72	
ENSAYO III	65.29	25.21	46.39	13.65	32.84	78.49	
ENSAYO IV	66.65	7.13	61.74	20.24	41.50	87.23	
PROMEDIO	68.53	33.25	46.67	13.25	36.79	72.55	3.77
[illegible]							
ENSAYO I	33.43	14.52	24.35	11.87	13.16	53.35	
ENSAYO II	34.33	13.61	18.11	7.34	7.36	45.19	
ENSAYO III	24.51	12.71	21.35	8.47	12.45	56.33	
ENSAYO IV	33.37	4.25	28.71	15.07	12.65	44.03	
PROMEDIO	35.33	13.65	23.71	11.27	11.44	50.55	4.83
[illegible]							
ENSAYO I	20.21	5.58	14.51	7.65	6.89	47.25	
ENSAYO II	22.15	10.74	9.44	4.53	4.85	51.35	
ENSAYO III	21.73	6.14	15.58	6.15	9.41	60.45	
ENSAYO IV	19.64	1.68	18.34	12.49	7.85	42.80	
PROMEDIO	21.41	6.94	14.47	7.22	7.25	50.52	5.51
[illegible]							
ENSAYO I	5.23	3.39	3.23	3.82	0.23	8.23	
ENSAYO II	5.42	2.67	2.73	1.75	0.95	34.80	
ENSAYO III	4.79	1.23	3.47	2.22	1.25	35.83	
ENSAYO IV	3.96	2.82	3.65	2.27	0.41	11.14	
PROMEDIO	4.85	1.84	3.32	2.27	0.85	22.43	15.44
[illegible]							
ENSAYO I	7.53	2.75	4.73	1.60	3.18	66.53	
ENSAYO II	7.19	3.86	3.33	0.98	2.35	70.57	
ENSAYO III	6.32	2.95	5.41	1.35	4.06	75.35	
ENSAYO IV	7.68	0.66	7.16	2.35	4.81	66.58	
PROMEDIO	7.73	2.56	5.17	1.55	3.63	72.13	3.15
[illegible]							
ENSAYO I	17.54	6.51	11.83	4.16	6.87	62.29	
ENSAYO II	14.78	6.27	8.71	2.52	3.91	58.87	
ENSAYO III	15.43	4.78	11.23	3.53	8.26	68.16	
ENSAYO IV	15.47	1.69	14.12	5.96	7.52	58.23	
PROMEDIO	15.35	5.16	10.69	4.22	6.59	62.89	5.52

Tabla C4.3

Tabla de resultados de la dieta de melaza con 25% de NNP como urea.

Tabla C4.4

Tabla de resultados de la dieta de melaza con 50% de NNP como urea.