

**ZAMORANO**  
**Escuela Agrícola Panamericana**  
**Departamento de Zootecnia**

**EFFECT OF INCLUDING SODIUM BICARBONATE OR  
GRAINS TREATED WITH SODIUM HYDROXIDE  
ON THE NUTRITIVE VALUE AND CONSUMPTION OF  
MIXED DIETS**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al  
título de Ingeniero Agrónomo en el grado  
académico de licenciatura

Por:

**Enid Yamileth Cuellar Pinto**

Honduras, 6 de diciembre de 1997.

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

---

**Enid Cuellar**

Honduras, 6 de diciembre de 1997

**EFFECTO DE LA INCLUSION DE BICARBONATO DE SODIO O  
DE GRANO TRATADO CON HIDROXIDO DE SODIO SOBRE EL  
VALOR NUTRITIVO Y EL CONSUMO DE DIETAS MIXTAS**

por:

Enid Yamileth Cuellar Pinto

Aprobada:

---

Antonio Flores, Ph. D.  
Asesor Principal

---

Jhon Jairo Hincapié  
Coordinador PIA

---

Miguel Vélez, Ph. D.  
Asesor

---

Daniel E. Meyer, Ph. D  
Jefe del Departamento de  
Zootecnia

---

Gladys Flores, M. Sc.  
Asesor

---

Antonio Flores, Ph.D.  
Decano Académico

---

Keith Andrews, Ph. D.  
Director

## **DEDICATORIA**

A DIOS, por ser siempre la luz que alumbra mi camino.

A mi familia por todo el apoyo, amor y comprensión que me han brindado. Gracias por estar siempre a mi lado.

A mis tíos Marcos, Salvador, Oscar, Antonio y mi abuela Roselia. (Q.E.P.D.)

A Luis Osorio, por su amor, apoyo y comprensión durante mis estudios que fueron base para poder haber alcanzado mi meta. Gracias por estar siempre a mi lado.

## AGRADECIMIENTOS

A la familia Flores por haberme brindado su amistad, apoyo y sobre todo por los conocimientos transferidos para poder realizar un buen trabajo.

A la familia Revilla, por todo el apoyo , hospitalidad y los valiosos consejos que me han brindado.

A la familia Gallozzi, por sus consejos y apoyo.

A la familia Robles, por su ayuda y hospitalidad durante este año de trabajo.

Al Dr. Vélez por sus valiosos consejos durante la realización de este trabajo.

Al prof. Agudelo por su amistad y enseñanzas.

A Sandra Panting, por ser siempre mi amiga y sobre todo por haberme apoyado siempre.

A Luis Soto, por brindarme su amistad, sus consejos y por haberme apoyado durante este año. Siempre lo recordaré.

A Julia Prado, Francisca Palacios, Olenka García por haberme brindado su valiosa amistad y apoyo. Siempre las recordaré.

A Hermes C., Marcelo M., Rivaldo, L., Leandro A., Diego V., Doris A., Ramón R., Juan P., Juan A., César A., Iván B., David, F., por su amistad y ayuda durante este año.

A los señores Juan M., Luis M., Santos C., Iván M., por su colaboración en los trabajos de campo.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

A mis padres.

A Decanatura.

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de la inclusión de bicarbonato de sodio o de grano tratado con hidróxido de sodio sobre el consumo y la digestibilidad de los nutrientes de la dieta, se realizó un ensayo de digestibilidad *in vivo* con 16 corderos de 12 meses de edad y 32 Kg de peso, de las razas Blackbelly y Kathadin. Los animales fueron divididos en 4 grupos de 4 animales cada uno, que se asignaron al azar a 4 tratamientos consistentes en: (T1) Suplementación baja de concentrado (0.5% del PV; control); (T2) Suplementación alta de concentrado (1.5% PV); (T3) Suplementación alta de concentrado con 2% de bicarbonato de sodio; y (T4) Suplementación alta de concentrado con sorgo tratado con 3.3% de hidróxido de sodio. Después de dos semanas de adaptación, en la tercera semana se recolectó muestras de alimento ofrecido, rechazado y heces. El consumo de materia seca (CMS) en el tratamiento control (T1) fue más baja ( $p=0.013$ ) que en los demás tratamientos. Similares diferencias se observaron ( $p<0.001$ ) para el CMS cuando éste fue expresado en base al PV. El consumo de materia orgánica digerible/Kg de peso metabólico fue menor ( $p=0.013$ ), mientras que el de FND mayor ( $p=0.025$ ) para el control, no encontrándose diferencias entre los demás tratamientos. La digestibilidad de la MO fue similar; mientras que la de FND fue mayor ( $p=0.002$ ) para el control. La adición de bicarbonato o de grano tratado con hidróxido de sodio no afectó el consumo ni la digestibilidad, no pudiendo notarse su efecto benéfico por la baja proporción de concentrado en las dietas experimentales.

## INDICE

Portadilla.....	i
Derechos de autor.....	ii
Hojas de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Indice.....	viii
Indice de cuadros.....	ix
Indice de anexos.....	x
I. INTRODUCCION.....	1
II. MATERIALES Y METODOS.....	3
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	5
IV. CONCLUSIONES.....	10
V. LITERATURA CITADA.....	11
VI. ANEXOS.....	14

## INDICE DE CUADROS

1. Composición química promedio del ensilaje ofrecido.....	5
2. Ingredientes y composición química de los concentrados.....	6
3. Efecto del bicarbonato de sodio o de sorgo tratado con hidróxido de sodio sobre el consumo y digestibilidad de dietas altas en concentrado.....	8
4. Efecto del bicarbonato de sodio o de sorgo tratado con hidróxido de sodio sobre el pH del líquido ruminal y la relación forraje:concentrado de dietas altas en concentrado.....	9

## INDICE DE ANEXOS

1. Cuadrados medios, valores de probabilidad (p) y coeficientes de variación (CV), para el consumo diario de materia seca (CMSD), MS en base al peso vivo (CMSPV), materia orgánica digerible por Kg de peso metabólico (CMOD/PM) y fibra neutro detergente en base al peso vivo (CFNDPV).....14
2. Cuadrados medios, valores de probabilidades (p) y coeficientes de variación para la digestibilidad de la MS (DMS), materia orgánica (DMO) y fibra neutro detergente (DFND).....14

## INTRODUCCION

Las condiciones ecológicas en el interior del rumen deben mantenerse constantes para asegurar un crecimiento normal de los microorganismos y el bienestar del animal (Van Soest, 1994). Estas condiciones están controladas por el tipo y la cantidad de alimento consumido, su mezclado periódico a través de las contracciones ruminales, la salivación y la rumia, la difusión o secreción de saliva hacia el rumen y la salida de material no digerido hacia el aparato digestivo posterior (Preston y col., 1990).

Algunas veces el ganado requiere de la suplementación con granos para incrementar la concentración de carbohidratos rápidamente fermentables en el rumen (Leventini y col., 1985). Cuando en las primeras semanas de la lactancia los granos superan el 50% de la dieta, el almidón degradable no puede ser metabolizado eficientemente por los microbios ruminales (McNiven y col., 1995) y la producción de ácidos por su fermentación supera la capacidad amortiguadora en el rumen, y se reduce el pH del fluido. Este descenso en el pH reduce la digestión de la fibra y por tanto el consumo de materia seca (Grant y col., 1992).

La mayoría de los microorganismos del rumen trabajan al máximo de eficiencia a un pH de 6.5 a 6.8 y son muy sensibles a cambios en el pH (Russell y col., 1979). Cuando éste desciende a 5 ó menos, los protozoarios y los microorganismos celulolíticos mueren. Por el contrario los microorganismos lactogénicos (lactobacilos) a ese pH se reproducen y utilizan los residuos de fermentación de los carbohidratos para producir mayores cantidades de ácido láctico. Esta acidosis causa una ruminitis química y la absorción de ácido resulta en una acidosis láctica (Merck, 1988).

El pH del rumen es mantenido por la alta capacidad amortiguadora de la saliva, que es rica en bicarbonato, fosfato de sodio y potasio, y mediante la remoción de ácidos grasos volátiles a través de las paredes del rumen (Van Soest, 1994). La producción de saliva depende de la masticación y rumia que a su vez dependen del consumo y del tamaño de las partículas de forraje (Jung y col., 1993).

Por la adición de grandes cantidades de concentrado se reduce la rumia y en consecuencia decrece el flujo de saliva y la capacidad amortiguadora del fluido ruminal. Sin embargo, esta disminución del pH puede ser compensada con la adición a la dieta de amortiguadores como el bicarbonato de sodio (Russel y col., 1993) y bases como el hidróxido de sodio en granos tratados químicamente con él. (Maynet y col., 1996).

Al ajustar el pH del fluido ruminal se mantienen las condiciones óptimas para las bacterias celulolíticas (McCullough, 1996), por lo que la inclusión de amortiguadores de pH y bases en la dieta causan una mayor ingesta de materia seca y mayor digestibilidad de ésta y de la fibra (West y col., 1987).

El bicarbonato de sodio es uno de los amortiguadores más usados comercialmente, cuando las dietas de ganado lechero de alta producción son altas en concentrado y bajas en fibra.

La inclusión de bicarbonato de sodio en dietas altas en granos, mejora las condiciones ambientales en el rumen y la digestibilidad de la fibra y de esa manera ayuda a evitar la reducción de grasa en la leche e incrementa el consumo de materia orgánica (Solorzano y col., 1989). Así mismo, el consumo de agua y el flujo de almidón no degradable en el rumen hacia el tracto posterior aumentan, reduciéndose la producción de propionato (Russel y col., 1993) e incrementándose el pH del fluido ruminal ( Le Ruyet y col., 1992).

El hidróxido de sodio, destruye la cubierta del grano (McCullough, 1996) y produce un hinchamiento de los gránulos exteriores de almidón, por lo que las bacterias gradualmente ganan acceso al endospermo, que es la porción más rica en almidón. Por ello, este tratamiento incrementa la densidad energética de la dieta sin provocar los efectos negativos asociados con la reducción del pH y la menor digestibilidad de la fibra (McNiven y col., 1995) y se obtiene un incremento en la producción de leche y en el consumo (Maynet y col., 1996).

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de los amortiguadores de pH sobre el consumo de forraje y la digestibilidad de los nutrientes de la dieta, usando corderos alimentados con ensilaje de sorgo y diferentes suplementaciones de concentrado.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la Sección de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia de Zamorano. Zamorano se encuentra ubicada en el Valle del Río Yeguaré a 800 msnm y cuenta con una temperatura promedio anual de 24 °C y una distribución de lluvias de 1105 mm entre los meses de mayo a octubre.

Se utilizaron dieciséis corderos machos, castrados y descolados, cruzados de las razas Blackbelly y Kathadin; con un promedio de 32 Kg de peso vivo (PV) y 14 meses de edad. Los corderos fueron puestos en jaulas metabólicas (1.2 m x 0.8 m), equipadas con su respectivo bebedero, comedero, salitrero y se les colocó una bolsa recolectora de heces.

La alimentación consistió en ensilaje de sorgo ofrecido *ad libitum* y tres tipos de concentrado. Uno a base de sorgo blanco, otro a base de sorgo blanco con 2% de bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) con respecto al peso del concentrado y el tercero a base de sorgo blanco tratado con hidróxido de sodio (NaOH).

El tratamiento con hidróxido consistió en humedecer el grano con 10% de agua y mezclarlo con 3.3% del peso de grano con hidróxido de sodio al 97% por 20 minutos. Luego se dejó secar por 48 horas y se molió.

Los corderos fueron divididos en cuatro tratamientos de cuatro animales cada uno, en un diseño experimental completamente al azar (DCA) en dos períodos que se repitieron con un descanso de una semana entre ellos. Durante el descanso, los animales fueron sacados de las jaulas y alimentados con heno. La composición química del ensilaje de sorgo y del concentrado aparecen en los Cuadros 1 y 2, respectivamente.

Los cuatro tratamientos consistieron en : (T1) Suplementación baja de concentrado (0.5% del PV); (T2) Suplementación alta de concentrado (1.5% del PV); (T3) Suplementación alta de concentrado (1.5% del PV) con 2% de bicarbonato de sodio con respecto al peso del concentrado; (T4) Suplementación alta de concentrado (1.5% del PV) con sorgo tratado con 3.3% de hidróxido de sodio.

El estudio se dividió en dos etapas: una de adaptación de dos semanas, en la que el animal se acostumbró al confinamiento, a las bolsas recolectoras de heces, al alimento y al manejo, a la vez que sirvió para establecer su consumo. Y una semana de recolección de muestras, en la que se registró la cantidad de alimento ofrecido, rechazado y de heces excretadas.

Los corderos fueron alimentados una vez al día a las 7:00 a.m. La cantidad de forraje ofrecida y rechazada fue pesada diariamente para determinar el consumo y así ajustar la cantidad de ofrecido del siguiente día hasta obtener en forma constante aproximadamente 20% de rechazo.

Durante la semana de recolección, diariamente se tomaron muestras de alimento ofrecido, rechazado y heces. Del día 1 al 7, se tomaron, por tratamiento, dos muestras de aproximadamente 300 gramos de alimento ofrecido. Del día 2 al 8 se tomó una muestra por animal del alimento rechazado, en una proporción equivalente al 20% del total de rechazo. Del día 3 al 9 se tomó, en bolsas de papel, una muestra de heces por animal correspondiente al 20% del peso total de heces excretadas por día.

Al final de cada período, dos horas después de la alimentación, se colectó de cada animal mediante una sonda esofágica, una muestra de aproximadamente 5 ml de licor ruminal, las cuales fueron filtradas a través de capas de fibra de vidrio para remover las partículas grandes. El pH fue registrado inmediatamente, mediante el uso de un potenciómetro.

Las muestras tanto de alimento ofrecido como de rechazo fueron colectadas en bolsas plásticas y almacenadas en una refrigeradora a 5°C. Todas las muestras fueron secadas en un horno a 60°C por tres días y luego fueron molidas. En las muestras de alimento ofrecido (ensilaje y concentrado) se determinó el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC;  $N \times 6.25$ ) por el método de Kjeldahl (AOAC, 1984), digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) por el método de Menke (Menke y col, 1979) y Fibra Neutro Detergente (FND) usando el autoanализador de fibra ANKOM (ANKOM, 1994). En las muestras de alimento rechazado y en las heces se determinó únicamente MS, MO y FND.

Las variables medidas:

- Consumo y digestibilidad de MS, MO, FND
- Consumo de MOD/PM
- pH líquido ruminal
- Relación forraje:concentrado

Los datos de consumo y digestibilidad fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de comparación múltiple de medias, de acuerdo al procedimiento del Modelo Lineal Generalizado (GLM) de SAS, Inc. (1985). Los efectos principales fueron considerados significativos a partir de una probabilidad de  $P \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Composición de los alimentos*

La composición química promedio del ensilaje ofrecido durante el experimento se presenta en el Cuadro 1.

El proceso de fermentación del ensilaje fue bueno, ya que el pH medido al abrirlo fue de 4.0. A este nivel de pH se inhibe la acción perjudicial de las bacterias que forman ácido butírico y otros productos perjudiciales a partir de la descomposición de las proteínas (Boscán, 1986).

El contenido de MS fue de 24.3%, el cual está por debajo de la cantidad mínima de MS recomendada (30%) para que no haya pérdidas excesivas por filtración (Ayala y col., 1986). El contenido de PC fue bajo 7.1%; sin embargo, aún está dentro del rango de los valores esperados de PC (7-8%) para gramíneas tropicales (Vélez, 1993). Igualmente la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) fue de 58%, valor adecuado para este tipo de materiales.

La composición química del concentrado se encuentra en el Cuadro 2. Los contenidos de PC, coincidieron con los valores estimados por formulación (14%) para vaquillas (NRC, 1978). Por su parte el concentrado con grano tratado con NaOH, presentó menor digestibilidad. Esto pudo deberse a un efecto alcalinizante que pudo disminuir la capacidad fermentativa de las bacterias. Esto puede corroborarse por el incremento en pH que se observó en los concentrados de los tratamientos 3 y 4 (9.3 y 8.4, respectivamente).

Cuadro 1. Composición química promedio del ensilaje ofrecido<sup>z</sup>.

	MS <sup>y</sup> (%)	MO (%)	DIVMO (%)	PC (%)	FND (%)	pH
Ensilaje de sorgo	24.3	93.2	58.0	7.1	64.6	4.0

<sup>z</sup>= con base en MS.

<sup>y</sup>MS= materia seca; MO= materia orgánica; DIVMO= digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, PC= proteína cruda; FND= fibra neutro detergente.

Cuadro 2. Ingredientes y composición química de los Concentrados.

<i>Ingrediente(%)</i>	<i>Tratamientos<sup>z</sup></i>		
	T1;T2	T3	T4
Sorgo blanco/ sorgo blanco tratado con hidróxido de sodio	55.9	54.8	55.9
Semolina de arroz	20.0	19.6	20.0
Harina de maní	8.3	8.1	8.3
Harina de carne y hueso	4.0	3.9	4.0
Carbonato de calcio	0.6	0.6	0.6
Melaza	10.0	9.8	10.0
Sal común	0.5	0.5	0.5
Urea	0.5	0.5	0.5
Vitamelk ganado <sup>w</sup>	0.3	0.3	0.3
Bicarbonato de sodio		2.0	
<i>Análisis químico (%)<sup>y</sup></i>			
MS <sup>x</sup>	87.3	87.7	88.5
MO	92.3	91.5	90.8
FND	8.7	8.5	8.7
DIVMO	95.7	94.1	89.2
PC	16.8	16.5	15.4
pH	6.0	8.1	9.3

<sup>z</sup>= T1= control, concentrado (0.5% PV); T2= concentrado (1.5% PV); T3= T2 + 2% NaHCO<sub>3</sub> con respecto al peso del concentrado; T4= T2 + grano tratado con NaOH (3.3%).

<sup>y</sup>= con base en MS.

<sup>x</sup>= MS= materia seca; MO= materia orgánica; FND= fibra neutro detergente; CZ= cenizas;

DIVMO= digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; PC= proteína cruda.

<sup>w</sup>= Mezcla de vitaminas y minerales.

## ***Consumo y digestibilidad del alimento***

El consumo y la digestibilidad aparente de los nutrientes de las dietas se muestran en el Cuadro 3.

El consumo diario de MS se incrementó ( $P= 0.013$ ) al incrementar la proporción de concentrado, sin que hubiesen diferencias marcadas entre los diferentes tratamientos con suplemento a nivel de 1.5% del PV de concentrado. Un comportamiento similar se observó cuando el consumo diario de MS se expresó en base al PV.

El incremento en el consumo de MS debido al incremento de suplementación fue del orden de un 16.4% con respecto al control. Esto fue debido a que la cantidad de concentrado ofrecida fue poco más de dos veces mayor al control, lo cual dió lugar a una mayor disponibilidad de energía para las bacterias del rumen y para el animal (Bath y col, 1986). Esta mayor disponibilidad de carbohidratos fermentables afectó la digestibilidad de la MS desapareciendo mayor parte de éste por fermentación dando lugar a mayor consumo.

El no efecto de la inclusión de  $\text{NaHCO}_3$  o del grano tratado con NaOH en la dieta, sobre el consumo de MS concuerda con lo encontrado por Kovacik y col. (1986) y McNiven y col. (1995), quienes tampoco notaron un incremento en el consumo en corderos alimentados con 0 a 4.5% de  $\text{NaHCO}_3$  o en vacas Freisian alimentadas con grano de cebada tratado con 4% de NaOH, respectivamente. Sin embargo, Boukila y col. (1995), Leventini y col. (1990) y Mosquera (1997), sí encontraron aumentos significativos en consumo cuando alimentaron corderos, terneros y vaquillas con dietas incluyendo hidróxidos o  $\text{NaHCO}_3$  lo cual lo atribuyen al incremento en la cantidad de concentrado y a la capacidad del  $\text{NaHCO}_3$  y el NaOH de ayudar a reducir las fluctuaciones en el pH del líquido ruminal, manteniendo así las condiciones internas del rumen.

El consumo de fibra neutro detergente por unidad de peso vivo fue mayor ( $P=0.025$ ) para la dieta control (14.8 g/Kg PV) que para los demás tratamientos, no encontrándose diferencia entre éstos (13 g/Kg PV, en promedio). Esta diferencia se pudo haber debido a que la proporción de FND en la dieta control fue más alta debido a que tenía mayor proporción de forraje (Cuadro 4) además de que la digestibilidad de la FND en este tratamiento fue ligeramente mayor a los de los tratamientos 2,3 y 4.

La digestibilidad de la MS fue más baja ( $P=0.002$ ) para los corderos alimentados con el tratamiento control (55.5%) que para los demás tratamientos (60, en promedio), por el contrario la digestibilidad de la MO no se diferenció en ningún caso. Sin embargo en el caso de la digestibilidad de la MO se pudo notar una tendencia a aumentar del control (59.3%) a los tratamientos de 1.5% de suplementación (61.2%): También se

puede ver que tiende a ser menor en el tratamiento 4, comparado con el que se incluye  $\text{NaHCO}_3$  y contra aquel sin álcalis. Estos datos no concuerdan con el estudio de Boukila y col. (1995) quienes con la adición de hidróxidos en la dieta observaron una reducción de aproximadamente 3% en la digestibilidad de la MS, atribuyendo este resultado al alto consumo, lo cual contribuye a reducir el tiempo de retención del alimento en el rumen no permitiendo suficiente tiempo para la degradación de la porción fibrosa de la dieta. Este argumento puede usarse en el presente trabajo puesto que como se aprecia en el mismo Cuadro 3 la digestibilidad de la FND fue en este caso mayor ( $P=0.002$ ) para la dieta control (51.6%) y menor para la dieta con la adición de  $\text{NaHCO}_3$  (44.3%) o  $\text{NaOH}$  (45.6%).

La menor digestibilidad en el tratamiento 3 pudo deberse a que el pH del líquido ruminal con la adición de  $\text{NaHCO}_3$  fue el más alto (7.2), pudiendo esto afectar la capacidad celulolítica de las bacterias del rumen. Debe recordarse que la máxima capacidad fermentativa de las bacterias se da en ambiente favorable de ligera acidez ( $\text{pH}= 6.5-6.8$ ). La elevación del pH pudo haberse debido a que la cantidad suplementada de concentrado no fue tan alta como para inhibir la acción natural de la saliva, para amortiguar el pH del rumen y que al adicionar  $\text{NaHCO}_3$  era mayor la capacidad neutralizante de éste que la liberación de  $\text{H}^+$  provenientes de la fermentación.

En el caso de ganado lechero se ha observado que la baja digestibilidad de la FND con la adición de  $\text{NaHCO}_3$  también reduce el % de sólidos grasos en la leche (López, 1997).

El consumo de energía digerible expresado en términos de gramos diarios de materia orgánica digerible por kilogramo de peso metabólico ( $\text{PV}^{0.75}$ ) fue menor ( $P=0.013$ ) en el control que en los tratamientos con mayor nivel de suplementación. Esto debido a un mayor consumo y mejor digestibilidad de la MO en estos tratamientos. Esta reducción fue del orden de un 17.3%. Entre los tratamientos con alto nivel de suplementación no se encontró diferencias a pesar de que el consumo en T4 (grano tratado con 3.3% de  $\text{NaOH}$ ) tendió a ser menor que los demás. Estos hallazgos no coinciden con los resultados reportados por Boukila y col. (1995) y Solorzano y col. (1989). La diferencia encontrada por estos autores se atribuye al incremento en el consumo de MS y a la corrección de la baja del pH del líquido ruminal, en dietas altas en concentrado. En todos los casos los valores de consumo de MOD/PM encontrados en este ensayo son mayores a los requerimientos de mantenimiento ( $29 \text{ g/Kg PV}^{0.75}$ ).

Cuadro 3. Efecto del bicarbonato de sodio o de sorgo tratado con hidróxido de sodio sobre el consumo y digestibilidad de dietas altas en concentrado en corderos.

Variable	Tratamientos <sup>z</sup>			
	T1	T2	T3	T4
<i>Consumo</i>				
MS (Kg/a/d)	0.9±0.1 <sup>b</sup>	1.1±0.1 <sup>a</sup>	1.7±0.1 <sup>a</sup>	1.1±0.1 <sup>ay</sup>
MS/PV <sup>x</sup> (g/Kg PV)	26.5±2.9 <sup>b</sup>	31.1±1.2 <sup>a</sup>	30.7±2.0 <sup>a</sup>	31.2±2.7 <sup>a</sup>
FND/PV (g/Kg PV)	14.8±1.2 <sup>a</sup>	13.4±0.9 <sup>ab</sup>	12.7±1.6 <sup>b</sup>	12.9±1.7 <sup>b</sup>
<i>Digestibilidad Aparente (%)</i>				
MS	55.5±1.9 <sup>b</sup>	60.3±2.9 <sup>a</sup>	59.1±2.4 <sup>a</sup>	60.5±1.9 <sup>a</sup>
MO	59.3±1.5 <sup>a</sup>	63.3±2.8 <sup>a</sup>	61.9±2.0 <sup>a</sup>	60.3±7.8 <sup>a</sup>
FND	51.6±3.7 <sup>a</sup>	49.3±3.7 <sup>ab</sup>	44.3±5.7 <sup>c</sup>	45.6±4.1 <sup>bc</sup>
CMOD/PM (g/Kg PV <sup>0.75</sup> )	35.4±4.4 <sup>b</sup>	44.6±4.0 <sup>a</sup>	42.6±3.7 <sup>a</sup>	40.7±9.6 <sup>ab</sup>

<sup>z</sup>=T1= control, concentrado (0.5% PV); T2= concentrado (1.5% PV); T3= T2 + 2% NaHCO<sub>3</sub> con respecto al peso del concentrado; T4= T2 + grano tratado con NaOH (3.3%).

<sup>y</sup>= Medias con letras diferentes en una misma línea son diferentes a un nivel de p≤0.05

<sup>x</sup>= MS/PV= materia seca por Kg de peso vivo, CMOD/PM= consumo de materia orgánica digerible por Kg de peso metabólico, FND/PV= fibra neutro detergente por Kg de peso vivo.

Cuadro 4. Efecto del bicarbonato de sodio o de sorgo tratado con hidróxido de sodio sobre el pH del líquido ruminal y la relación forraje:concentrado de dietas altas en concentrado en corderos.

Variable	Tratamientos <sup>z</sup>			
	T1	T2	T3	T4
PH del líquido ruminal	7.0 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>
Relación forraje:concentrado	83.6:16.4 <sup>a</sup>	60:40 <sup>b</sup>	59.3:40.7 <sup>b</sup>	58.5:41.5 <sup>b</sup>

<sup>z</sup>=T1= control, concentrado (0.5% PV); T2= concentrado (1.5% PV); T3= T2 + 2% NaHCO<sub>3</sub> con respecto al peso del concentrado; T4= T2 + grano tratado con NaOH (3.3%).

<sup>y</sup>= Medias con letras diferentes en una misma línea son diferentes a un nivel de p≤0.05

## CONCLUSIONES

1.- La adición de bicarbonato de sodio o de grano tratado con hidróxido de sodio no influye ni en el consumo ni en la digestibilidad de la materia seca de la dieta total; sin embargo, si reduce el consumo y la digestibilidad de la FND.

2.- Cuando la proporción de concentrado en la dieta no supera el 50%, la adición de bicarbonato o de grano tratado con hidróxido de sodio tiende a elevar el pH del rumen, afectando la actividad celulolítica de las bacterias.

Para estudios posteriores se recomienda probar el efecto de la inclusión del grano tratado con hidróxido de sodio a niveles más altos de suplementación.

## LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF Official Analytical Chemists. 1984. Official methods of analysis. 14<sup>th</sup> Ed. W. Horwitz, ed. AOAC, Washington, D.C.
- AYALA, H.; RODRIGUEZ, P.; GARCIA, C.; MENDT, R.; CERMELI, M.; BOSCAN, F. 1986. Pastos. Guyana. Fundación de servicio para el agricultor. Serie Petróleo y Agricultura no. 10. 112 p.
- BATH, D.; DICKINSON, F.; TUCKER, A.; APPLEMAN, R. 1986. Ganado Lechero. Principios, prácticas, problemas y beneficios. Segunda edición. Trad. por Agustín Contín Sanz. México, D.F., Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. 1:160-164.
- BOUKILA, B.; SEOANE, J.R.; BERNIER, J.F. 1995. Effects of dietary hydroxides on intake, digestion, rumen fermentation and acid-base balance in sheep fed a high-barley diet. *Can. J. Anim. Sci. (can.)* 75:359-369.
- FILTER BAG technique. 1994. ANKOM Company, Fairport, N.Y.
- FORAGE CELL wall structure and digestibility. 1993. Ed. por H. Jung, D. Buxton, R. Hatfield y J. Ralph. *EE.UU.* p. 587.
- GRANT, R.J.; MERTENS, D.R. 1992. Development of buffer systems for pH control and evaluation of pH effects on fiber digestion in vitro. *J. Dairy Sci. (EE.UU.)* 75:1581-1587.
- KOVACIK, A.M.; LOERCH, S.C.; DEHORITY, B.A. 1986. Effect of supplemental sodium bicarbonate on nutrient digestibilities and ruminal pH measured continuously. *J. Anim. Sci. (EE.UU.)* 62:226-234.
- LE RUYET, P.; TUCKER, W.B. 1992. Ruminal buffers: temporal effects on buffering capacity and pH of ruminal fluid from cows fed a high concentrate diet. *J. Dairy Sci. (EE.UU.)* 75:1069-1077.
- LEVENTINI, M.W.; HUNT, C.W.; ROFFLER, R.E.; CASEBOLT, D.G. 1990. Effect of dietary level of barley-based supplements and ruminal buffer on digestion and growth by beef cattle. *J. Anim. Sci. (EE.UU.)* 68:4334-4344.

- LOPEZ R. 1997. Efecto de la adición al concentrado de bicarbonato de sodio o del grano tratado con hidróxido de sodio sobre el comportamiento de vacas lecheras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 22 p.
- MANUAL MERCK DE VETERINARIA. 1988. Ed. por C. Fraser y A. Mays. Rahway, N.Y., EE.UU., Cronion, S.A. 1918 p.
- MAYNET, C.S.; DOHERTY, J.G. 1996. The effect of fine grinding or sodium hydroxide treatment of wheat, offered as part of a concentrate supplement, on the performance of lactating dairy cows. *Animal Science (G.B.)* 63:11-19.
- McCULLOUGH, M. 1996. Nuevas ideas para solucionar el viejo problema británico de la alimentación de las vacas. *Hoard's Dairyman*. 5:388-389.
- McNIVEN, M. A.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. 1995. Influence of roasting or sodium hydroxide treatment of barley on digestion in lactating cows. *J. Dairy Sci. (EE.UU.)* 78:1106-1115.
- MENKE, K.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STEINGASS, H.; FRITS, D.; SHNEIDER. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*. 93:217-222.
- MOSQUERA, M. 1997. Efecto de la adición al concentrado de bicarbonato de sodio o del grano tratado con hidróxido de sodio sobre el comportamiento de vacas lecheras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 38 p.
- NRC. 1978. Nutrient requirements of dairy cattle. 5ta Ed. Washington, D.C. National Academy of Sciences. 76 p.
- PRESTON, T.; LENG, R. 1990. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Primera edición. Cali, Colombia. p. 32-34.
- RUSSEL, J.B.; CHOW, J.M. 1993. Another theory for the action of ruminal buffer salts; decreased starch fermentation and propionate production. *J. Dairy Sci. (EE.UU.)* 76:826.
- RUSSEL, J.B.; SHARP, W.M.; BALDWIN, R.L. 1979. The effect of pH on maximum bacterial growth rate and its possible role as a determinant of bacterial competition in the rumen. *J. Anim. Sci. (EE.UU.)* 48:251.
- SAS Institute, Inc. 1985. SAS user's guide: statistics, version 5 edition. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

- SOLORZANO, L.C.; ARMENTANO, L.E.; GRUMMER, R.R.; DENTINE, M.R. 1989. Effects of sodium bicarbonate or sodium sesquicarbonate on lactating holstein fed a high grain diet. *J. Dairy Sci.* (EE.UU.) 72:453-461.
- VAN SOEST, P. 1994. *Nutritional Ecology of the ruminant*. Segunda edición. Copyright© 1994 by Cornell University Press. EE.UU. p. 246-252.
- VELEZ, M. 1994. *Producción de ganado lechero en el trópico*. Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa, Honduras. 163 p.
- WEST, J.W.; COPPOCK, C.E.; NAVE, D.H. 1987. Effects of potassium carbonate and sodium bicarbonate on rumen function in lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.* (EE.UU.) 70:81-90.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Cuadrados medios, valores de probabilidad (p) y coeficientes de variación (CV), para el consumo diario de materia seca (CMSD), MS en base al peso vivo (CMSPV), materia orgánica digerible por Kg de peso metabólico (CMOD/PM) y fibra neutro detergente en base al peso vivo (CFNDPV).

Variable	gl	CMS	CMSPV	CMOD/PM	CFND/PV
Tratamiento	3	0.060	41.771	125.807	6.899
Bloque	1	0.034	0.0005	4.758	1.751
Trat*Blq	3	0.019	9.933	71.310	4.686
Error	24	0.013	4.492	28.515	1.844
p		0.013	0.0003	0.013	0.025
CV		11.094	7.097	13.081	10.104

**Anexo 2.** Cuadrados medios, valores de probabilidades (p) y coeficientes de variación (CV) para la digestibilidad de la MS (DMS), materia orgánica (DMO) y fibra neutro detergente (DFND).

Variable	GL	DMS	DMO	DFND
Tratamiento	3	43.584	25.812	90.657
Bloque	1	6.904	6.906	92.650
Trat*Blq	3	3.926	26.640	45.611
Error	24	6.565	19.381	14.033
p		0.002	0.287	0.002
CV		13.081	7.193	7.853

