

# EFECTO DE BICARBONATO DE SODIO Y GLUCOSA SOBRE LA FERMENTACIÓN RUMINAL, EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE Y QUÍMICA SANGUÍNEA EN BORREGOS

## Effect of Sodium Bicarbonate and Glucose on Ruminal Fermentation, Acid-Base Balance and Blood Chemistry in Sheep

Eugenia Candanosa<sup>1</sup>, Germán D. Mendoza<sup>2</sup> y Rosalba Salcedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Universitaria, México D.F. 04510, México. E-mail: ieca@servidor.unam.mx fax: 56 16 67 95 tel: 56 22 58 88. <sup>2</sup> Colegio de Postgraduados, Programa de Ganadería, Montecillo, km 36.5 Carr. México-Texcoco Estado de México, 56230, México.

### RESUMEN

Se evaluó el efecto de NaHCO<sub>3</sub> y glucosa en borregos con una dieta de 60% de concentrado sobre la fermentación ruminal, equilibrio ácido-base y actividad bioquímica sérica. Se emplearon cuatro borregos (65 ± 10 kg PV) con cánula ruminal distribuidos en un modelo reversible simple; con periodos de adaptación de 14 días y dos para la colección de muestras. Se administró glucosa (1 g el primer día y 2 g glucosa/kg/PV durante el segundo día de muestreo) por vía intraruminal a todos los animales. El tratamiento fue 20 g de NaHCO<sub>3</sub> en el alimento y un grupo testigo. La dieta integral consistió en 60% de concentrado y 40% forraje. Se midió el consumo de alimento diariamente y se colectó líquido ruminal a las 0, 2, 4 y 6 h postalimentación para determinar el pH, ácidos grasos volátiles, L-lactato, osmolalidad y protozoarios. En sangre se determinó pH, HCO<sub>3</sub>, pCO<sub>2</sub>, exceso de base, Na, K, Cl y otros metabolitos bioquímicos. Se observó una mayor proporción de acetato en el grupo con NaHCO<sub>3</sub> y 2 g de glucosa. Los borregos tratados con NaHCO<sub>3</sub> aumentaron el consumo de nutrientes (MS, proteína, FDN y almidón) (P<0,05). No se determinaron alteraciones en el equilibrio ácido-base y electrolítico en los diferentes líquidos corporales (P>0,05). El efecto principal del NaHCO<sub>3</sub> favoreció la producción de acetato sin afectar el equilibrio ácido-base y electrolítico, teniendo un efecto limitado sobre la fermentación ruminal y bioquímica sérica en los borregos.

**Palabras clave:** Bicarbonato de sodio, fermentación ruminal, equilibrio ácido-base, borregos.

### ABSTRACT

The effects of NaHCO<sub>3</sub> and glucose on ruminal fermentation, acid-base balance and blood chemistry were assessed in sheep fed with 60% of concentrated. Four ruminally cannulated sheep (65 ± 10 kg initial BW) were used in a cross-over design in metabolic crates. Sheep were fed with a total mixed ration (concentrate 60% and forage 40%). Each period included adaptation of 14 d and 2 d of sample collection. Glucose (1 g on day 1, and 2 g glucose/kg BW on day 2) was ruminally administered to all the animals. Treatments consisted of 20 g/d of NaHCO<sub>3</sub> in the feeding and a control. Dry matter intake was measured daily. Ruminal fluid samples were collected at 0, 2, 4 and 6 h to determine pH, VFA, L-lactate, osmolality and protozoa. Blood samples were collected at 0 and 6 h to determine pH, HCO<sub>3</sub>, pCO<sub>2</sub>, base excess, electrolytes (Na, K, Cl), anion gap and other metabolites. Sheep receiving NaHCO<sub>3</sub> had highest VFA concentration with more proportion of acetate and less propionate; and increased nutrient intake (DM, protein, NDF y starch) (P<0.05). Acid-base balance and electrolytes were not affected by treatments (P>0.05). The principal effect of NaHCO<sub>3</sub> was to increase acetate without changes in the acid-base and electrolytes balance, with limited effects on ruminal fermentation and blood chemistry in the sheep.

**Key words:** Sodium bicarbonate, ruminal fermentation, acid-base balance, sheep.

### INTRODUCCIÓN

En México, la mayoría del ganado ovino se encuentra en traspatio o pastoreo, sin embargo en los últimos años se han

incrementado los sistemas intensivos de producción en esta especie con dietas basadas en granos [22]. Existe evidencia limitada sobre el efecto de las dietas ricas en energía sobre la salud y la producción ovina [13, 14, 27]; los cambios más importantes que se mencionan son la disminución del consumo de alimento, reducción del pH en el rumen, daño al epitelio, e hipertonidad del líquido ruminal, entre otros [18, 26, 32].

El bicarbonato de sodio se ha empleado por más de 30 años en rumiantes para alterar la fermentación ruminal y obtener mayor beneficio del empleo de dietas altas en energía sobre el rendimiento animal principalmente en vacas lecheras. La administración de este amortiguador influye directamente en el equilibrio ácido-base, previniendo la concentración de  $H^+$ ; por otro lado, incrementa la concentración de sodio [29], y la tasa de dilución ruminal lo cuál reduce la degradación de la proteína de la dieta y disminuye la producción de propionato [15].

Los desbalances del equilibrio ácido-base en los rumiantes que consumen dietas altas en energía se deben, principalmente, a la excesiva producción de ácidos o la insuficiente remoción de éstos. Las modificaciones del pH ruminal, bajo ciertas condiciones de acidez o alcalinidad, se reflejan en otros líquidos corporales como la sangre, en donde también puede haber variaciones en la concentración de ácidos, bicarbonato y  $CO_2$ , entre otras [26, 29]. Como reflejo de los cambios en el equilibrio ácido-base la absorción de iones puede verse alterada.

La glucosa ha sido empleada experimentalmente para estudiar la acidosis ruminal clínica y subclínica [18, 32], y puede ser una opción para valorar el efecto del  $NaHCO_3$ . El incremento de la concentración de glucosa en el rumen induce el crecimiento de bacterias formadoras del ácido láctico. La glucosa libre altera el metabolismo del ácido láctico inhibiendo su utilización, teniendo como consecuencia una mayor concentración y absorción de ácido láctico ruminal [32].

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del  $NaHCO_3$  en borregos dosificados con glucosa y alimentados con una dieta de 60% de concentrado sobre la actividad bioquímica sérica, cambios en la fermentación ruminal y del equilibrio ácido-base; así como su influencia en el consumo de alimento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se emplearon 4 borregos con el peso promedio de:  $65 \pm 10$  kg PV con cánula ruminal. El procedimiento quirúrgico fue realizado de acuerdo a lo descrito por Zinn y Plascencia [36]. Los ovinos fueron alimentados con una dieta integral constituida por 60% de concentrado comercial (71% grano de maíz, 17% harina de soya y 12% de melaza), 30% heno de avena y 10% heno de alfalfa. La cantidad de alimento que se ofreció fue *ad libitum*, y se fue ajustando por el rechazo en forma individual. Los animales fueron ali-

mentados una vez al día y el rechazo se valoraba antes de asignar el alimento nuevo. Cuando el rechazo era menor al 10% de lo ofrecido, al día siguiente se administraba 0,5 kg más de alimento. Se tomó una muestra de alimento de cada periodo y de los rechazos de cada animal para determinar el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC) [1], fibra detergente neutro (FDN) [34] y almidón [16]. Durante todo el experimento los animales no tuvieron acceso a sales minerales.

Los borregos se distribuyeron en un diseño reversible simple (cross-over) [21] fueron adaptados al alimento y a las jaulas metabólicas durante 14 días y dos días para la colección de muestras. Durante los días de colección de muestras a todos los animales se les administró 1 g de glucosa/kg/PV durante el primer día de muestreo y 2 g de glucosa/kg/PV en el segundo día; ésta fue disuelta en un litro de agua tibia introduciéndola a través de la cánula ruminal antes de administrar el alimento. El tratamiento proporcionado fue: adición de 20 g de  $NaHCO_3$  directamente en el alimento en dos animales y dos animales se emplearon como testigo en cada etapa. Una vez concluida cada etapa experimental los borregos fueron sacados de las jaulas y se mantuvieron en un corral durante 2 semanas, antes de iniciar el siguiente periodo del diseño reversible [25].

## Métodos de laboratorio

En los días de administración de glucosa y bicarbonato, se colectaron 50 ml líquido ruminal a las 0, 2, 4 y 6 h postalimentación, filtrado inmediatamente después en un cedazo de tela y se colocó en un recipiente plástico con cierre hermético. El pH ruminal se evaluó con un potenciómetro portátil (Hanna instruments mod pHep 2). Posteriormente, se tomaron 5 ml de cada muestra de líquido ruminal y se le adicionó 1 ml de ácido metafosfórico al 25% para el análisis de los AGV en un cromatógrafo de gases [7]. Una muestra de líquido ruminal con 5 ml de solución yodada se empleó para la cuenta de protozoarios [10]. La cuantificación de la osmolalidad se realizó en un osmómetro (Wiscor 5100C vapor pressure). El L (+) lactato fue determinado enzimáticamente con lactato deshidrogenasa (Sigma Diagnostics, procedimiento No. 735, St. Louis, MO).

Se colectó sangre a las 0 y 6 h posteriores a la alimentación. Todas las muestras fueron tomadas de la vena yugular con sistema de vacío y jeringa. Las muestras se mantuvieron en refrigeración hasta su procesamiento. En plasma se determinó glucosa, urea y creatinina (Diagnostic Chemical, Cat No. 220-32, 275-06 y 221-30, Charlottetown, CA), los ácidos grasos no esterificados (Waco Chemicals, Código No. 994-75409F), aspartato aminotransferasa (AST), colesterol, albúmina, amilasa (Diagnostic Chemical, Cat No. 303-42, 225-S7, 200-S7 y 321-07 Charlottetown, CA), L-lactato (Sigma Diagnostics, procedimiento No. 735, St. Louis, MO) empleando un analizador químico (Modelo Roche Cobas Mira, Roche Diagnostic; Basle, Switzerland). Ca y P fueron determinados colorimétricamente (Diagnostic Chemicals Limited, Cat No. 140-20 y 115-16, Charlottetown, CA). El suero fue obtenido de sangre venosa para la determinación de Na, K y Cl en un analizador

de electrolitos (Ciba Corning 644, Ciba Corning Diagnostics, Medfield, MA). Además, se calculó el anion gap de acuerdo a la siguiente fórmula:  $(Na^+ + K^+) - (Cl^- + HCO_3^-)$  [6]. La osmolalidad del plasma se obtuvo con la fórmula: 1,86 X concentración de Na + concentración de glucosa + concentración de urea [6]. Al segundo día de muestreo se colectó también una muestra sanguínea para gasometría y colocada, inmediatamente después, en agua con hielo hasta su procesamiento para determinar pH, exceso de base (EB),  $HCO_3^-$ , y  $pCO_2$  en un analizador de pH y gases sanguíneos (Ciba-Corning 238, Ciba Corning Diagnostics, Medfield, MA).

### Diseño y análisis estadístico

Los resultados se analizaron de acuerdo en un diseño reversible simple (cross-over) [24], se emplearon los promedios en las muestras colectadas en más de una hora. Además, un análisis de mediciones repetidas fue usado para muestras tomadas en diferentes tiempos para detectar interacción tiempo por tratamiento. Se realizó un análisis de correlación con las variables del metabolismo ruminal. Los datos fueron analizados usando el procedimiento de SAS [31].

### RESULTADOS

La dieta integral tuvo una composición media de 18,89% PC ( $\pm 1,34$ ), 28,40% almidón ( $\pm 1,36$ ) y 36,89% FDN ( $\pm 6,99$ ). Con respecto al consumo de alimento, los animales adicionales con  $NaHCO_3$  tuvieron mayor consumo ( $P < 0,05$ ) de MS, proteína, FDN y almidón (TABLA I). En general, la administración de bicarbonato de sodio no provocó diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ) sobre el pH ruminal, protozoarios, osmolalidad y L-lactato, en los diferentes grupos. Basados en la determinación de los ácidos grasos volátiles totales, no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ), encontrándose diferencias ( $P < 0,05$ ) en la proporción de acetato y propionato, teniendo la mayor con-

centración de acetato y la menor de propionato en el tratamiento con  $NaHCO_3$  y 2 g de glucosa (TABLA II). Los borregos que consumieron  $NaHCO_3$  tuvieron una mayor osmolalidad del líquido ruminal a la 0 h [TABLA III] y un incremento en el porcentaje de propionato a las 4 h ( $P < 0,05$ ) (TABLA IV). Los animales que recibieron  $NaHCO_3$  no presentaron cambios en los analitos séricos, osmolalidad, equilibrio ácido-base y electrolítico ( $P > 0,05$ ) (TABLA V y VI).

El análisis de correlación mostró una moderada asociación negativa entre el pH ruminal y los AGV totales ( $r = -0,40$ ), y entre los AGV totales y la osmolalidad ruminal ( $r = -0,35$ ). También, se observó una correlación positiva ( $r = 0,49$ ;  $P = 0,04$ ) entre el pH ruminal y el número de protozoarios.

### DISCUSIÓN

La capacidad amortiguadora del  $NaHCO_3$  está basada en el equilibrio que mantiene con el  $HCO_3^-$ ,  $H^+$ ,  $H_2HCO_3$ ,  $CO_2$  y  $H_2O$ ; con la premisa, de que al incrementarse la cantidad de  $H^+$  en el organismo éste será utilizado para formar  $CO_2$  y  $H_2O$ . En el presente estudio, se pretendió incrementar la concentración de ácidos ruminales introduciendo diferentes concentraciones de glucosa más el concentrado, observando que fue evidente un incremento en el consumo de MS, FDN, proteína y almidón, lo que sugiere un efecto amortiguador del  $NaHCO_3$ .

En el líquido ruminal no se observaron diferencias ( $P > 0,05$ ) con 1 y 2 g de glucosa/kg/PV sobre pH, protozoarios, osmolalidad y L-lactato. Los protozoarios no son esenciales para la fermentación ruminal [11,35], sin embargo se considera que las condiciones dentro del rumen son más estables cuando la población de cilios es constante, ésta disminuye con la acidez ruminal, sin llegar a la defaunación [12]. La pérdida súbita de protozoarios en ganado adaptados a grano, posiblemente es causada por factores como la presión osmótica ruminal, la acidez y la mayor tasa de pasaje [32]. Por otro lado,

TABLA I  
EFECTO DE BICARBONATO DE SODIO Y GLUCOSA SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO EN BORREGOS

	Día 1		EEM*	Día 2		EEM*
	1 g	Glucosa/kg PV		2 g	Glucosa/kg PV	
	Sin $NaHCO_3$	+ 20 g $NaHCO_3$		Sin $NaHCO_3$	+ 20 g $NaHCO_3$	
MS kg	1,994 <sup>b</sup>	2,775 <sup>a</sup>	0,2323	2,430 <sup>b</sup>	2,949 <sup>a</sup>	0,1429
Proteína kg	0,401 <sup>b</sup>	0,555 <sup>a</sup>	0,0371	0,432 <sup>b</sup>	0,524 <sup>a</sup>	0,0252
FDN kg	0,598 <sup>b</sup>	0,883 <sup>a</sup>	0,0802	1,064 <sup>b</sup>	1,238 <sup>a</sup>	0,0454
Almidón kg	0,554 <sup>b</sup>	0,755 <sup>a</sup>	0,0571	0,737 <sup>b</sup>	0,834 <sup>a</sup>	0,0438

\* Error estándar de la media. FDN: Fibra detergente neutro.

<sup>a, b</sup> Medias con distinta literal en el mismo renglón son diferentes ( $P < 0,05$ ).

**TABLA II**  
**EFFECTO DE BICARBONATO DE SODIO Y GLUCOSA SOBRE EL PATRÓN DE FERMENTACIÓN RUMINAL EN BORREGOS**

	Día 1		EEM*	Día 2		EEM*
	1 g	Glucosa/kg PV		2 g	Glucosa/kg PV	
	sin NaHCO <sub>3</sub> + 20 g NaHCO <sub>3</sub>			sin NaHCO <sub>3</sub> + 20 g NaHCO <sub>3</sub>		
pH ruminal	6,16	6,04	0,0947	5,92	5,95	0,0911
Osmolalidad mOsm/kg	324,0	310,5	12,47	321,7	325,8	10,01
AGV totales mM/L	91,60	104,16	8,018	109,48	101,35	9,890
Acetato %	61,99	61,97	0,5205	59,02 <sup>b</sup>	61,18 <sup>a</sup>	0,6572
Propionato %	23,63	24,28	0,3844	24,47 <sup>a</sup>	23,46 <sup>b</sup>	0,4606
Butirato %	14,38	13,76	0,4780	16,51	15,36	0,6646
L-lactato mM/L	0,4664	0,6672	0,3433	0,1498	0,5928	0,1316
Protozoarios X 10 <sup>4</sup>	193,47	173,06	19,18	187,13	195,59	20,61

\* Error estándar de la media. <sup>a, b</sup> Medias con distinta literal en el mismo renglón son diferentes (P<0,05).

**TABLA III**  
**EFFECTO TIEMPO POR TRATAMIENTO DE BICARBONATO DE SODIO Y GLUCOSA SOBRE EL PATRÓN DE FERMENTACIÓN RUMINAL EN BORREGOS**

Analito y hora	Control	Tratamiento	EEM <sup>1</sup>
	sin NaHCO <sub>3</sub>	20 g NaHCO <sub>3</sub>	
ph ruminal			
0	6,31	6,31	0,0609
2	6,03	5,97	0,1323
4	5,95	5,85	0,0944
6	5,89	5,84	0,0849
Osmolalidad mOsm/kg			
0	301,75 <sup>b</sup>	336,88 <sup>a</sup>	7,39
2	366,13	343,75	11,37
4	310,38	289,00	14,05
6	313,13	303,00	8,66
Protozoarios, organismos x 10 <sup>4</sup>			
0	251,88	280,19	32,08
2	189,38	150,13	13,43
4	137,19	134,38	8,54
6	182,75	172,63	15,37
L (+)-lactato, mM/L			
0	0,2594	0,4363	0,2334
2	0,6555	0,8961	0,3902
4	0,282	0,6299	0,3989
6	0,0294	0,5578	0,3389

<sup>1</sup> Error estándar de la media. <sup>ab</sup> Medias con distinta literal en el mismo renglón son diferentes (P<0,05).

**TABLA IV**  
**EFFECTO TIEMPO POR TRATAMIENTO DE BICARBONATO DE SODIO Y GLUCOSA SOBRE EL PATRÓN**  
**DE FERMENTACIÓN RUMINAL EN BORREGOS**

Tiempo	Control	Tratamiento	EEM <sup>1</sup>
	sin NaHCO <sub>3</sub>	20 g NaHCO <sub>3</sub>	
<b>Ácidos grasos volátiles, mM/L</b>			
0	87,73	112,53	9,79
2	92,47	96,45	8,15
4	97,68	115,94	11,54
6	108,04	102,40	8,13
<b>Acetato, %</b>			
0	65,21	63,96	0,5748
2	60,77	59,82	0,9791
4	58,65	57,91	0,5045
6	61,71	60,28	0,8481
<b>Propionato, %</b>			
0	21,67	21,99	0,4418
2	24,10	24,85	0,3604
4	24,36 <sup>b</sup>	25,81 <sup>a</sup>	0,3721
6	24,07	24,84	<b>0,3477</b>
<b>Butirato, %</b>			
0	13,12	14,05	0,5088
2	15,13	15,33	0,8461
4	16,99	16,28	0,5580
6	14,22	14,88	0,7510

<sup>1</sup> Error estándar de la media. <sup>ab</sup> Medias con distinta literal en el mismo renglón son diferentes (P<0,05).

**TABLA V**  
**EFFECTO DE BICARBONATO DE SODIO Y GLUCOSA SOBRE ALGUNOS METABOLITOS SANGUÍNEOS EN BORREGOS**

	Día 1		EEM*	Día 2		EEM*
	1 g sin NaHCO <sub>3</sub>	Glucosa/kg PV + 20 g NaHCO <sub>3</sub>		2 g sin NaHCO <sub>3</sub>	Glucosa/kg PV + 20 g NaHCO <sub>3</sub>	
Glucosa mM/L	4,25	4,50	0,2125	4,13	4,38	0,1443
Urea mM/L	9,58	9,46	0,2143	8,89	9,44	0,2517
Creatinina M/L	84,66	82,39	3,7154	75,60	81,96	3,2525
AGNE mM/L	0,086	0,172	0,0377	0,136	0,087	0,0190
AST U/L	96,00	96,63	3,8596	155,38	120,60	36,3115
Colesterol mM/dl	1,57	1,54	0,0330	1,65	1,82	0,0978
Albúmina g/L	28,50	28,13	0,5472	28,75	29,88	2,1084
Amilasa U/L	16,00	17,00	0,6641	19,00	21,88	2,8652
L-lactato mM/L	17,69	31,92	5,0673	15,33	14,47	0,9992

\* Error estándar de la media. AGNE: ácidos grasos no esterificados. AST: aspartato aminotransferasa.

**TABLA VI**  
**EFFECTO DE BICARBONATO DE SODIO Y GLUCOSA SOBRE PH, PCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, EXCESO DE BASE (EB), ANION GAP, OSMOLALIDAD Y ALGUNOS ELEMENTOS SANGUÍNEOS EN BORREGOS**

	Día 1		EEM*	Día 2		EEM*
	1 g sin NaHCO <sub>3</sub>	Glucosa/kg PV + 20 g NaHCO <sub>3</sub>		2 g sin NaHCO <sub>3</sub>	Glucosa/kg PV + 20 g NaHCO <sub>3</sub>	
Na mM/L	149,13	148,25	2,6262	146,25	146,13	0,4340
K mM/L	4,57	4,72	0,0892	4,41	4,57	0,0778
Cl mM/L	112,75	111,63	1,9439	109,88	110,13	0,4930
Ca mM/L	3,52	2,88	0,4608	2,86	3,46	0,1868
P mM/L	2,66	2,11	0,3631	2,13	2,06	0,1375
Osmolalidad mOsm/kg	291,20	289,71	3,8925	285,61	285,14	1,1744
pH	–	–	–	7,48	7,49	0,0075
pCO <sub>2</sub> mM/L	–	–	–	36,28	35,15	0,7517
HCO <sub>3</sub> mM/L	–	–	–	27,58	27,18	0,3507
EB mM/L	–	–	–	3,86	3,31	0,3943
Anion gap mM/L	–	–	–	13,21	13,40	0,7376

\*Error estándar de la media. – No se realizaron lecturas.

el efecto del NaHCO<sub>3</sub> fue más evidente cuando el rumen presentó mayor concentración de energía en donde se incrementó la proporción de acetato y se redujo la de propionato [28,29], mientras que otros procesos fermentativos no fueron significativos. Russell y Chow [29], sugieren que dentro de los efectos del bicarbonato están el incremento del consumo de agua, la tasa de dilución y el flujo de almidón no degradado, lo cual reduce la producción de propionato ruminal. Sin embargo, en la interacción tiempo por tratamiento los borregos que consumieron NaHCO<sub>3</sub> tuvieron una mayor osmolalidad del líquido ruminal a la 0 h; y solamente un incremento en el porcentaje de propionato a las 4 h. En el presente estudio, los cambios observados en el patrón de fermentación sugieren que la adición de NaHCO<sub>3</sub> puede permitir mayor resistencia a la acidez de las bacterias celulolíticas cuya fermentación predomina el acetato y la disminución en propionato podría asociarse a una mayor tasa de dilución [9, 28].

En el presente estudio no se observaron variaciones en los diferentes analitos sanguíneos, en estudios de acidosis ruminal subclínica en bovinos de engorde los cambios en las concentraciones sanguíneas se presentan entre los 3 a 7 días de la inducción de la acidosis [5]. Mientras que, en cabras con acidosis aguda las concentraciones de glucosa, AST, deshi-

drogenasa láctica, glutamato deshidrogenasa [24] y gamma glutamiltransferasa [20] pueden variar en cuestión de horas. Sin embargo, Krehbiel y col. [19], indujeron acidosis en borregos sin observar diferencias significativas en las concentraciones de amilasa y lipasa que corrobore daño pancreático, éstas observaciones son similares a las del presente trabajo. En este estudio no se detectaron cambios significativos en la función hepática y pancreática de los borregos con y sin bicarbonato; sin embargo, numéricamente se observó que fue ligeramente mayor en AST, albúmina y amilasa en los animales que consumieron bicarbonato, esto sugiere un incremento en la actividad funcional de los órganos evaluados sin presentar lesiones relevantes [4, 33].

La presión osmótica de los líquidos corporales tiene una importancia fisiológica significativa en la función ruminal y el consumo de alimento. Los alimentos peletizados y las dietas ricas en energía no permiten una adecuada rumia, salivación y función ruminal; generando hipertonicidad que se manifiesta en el líquido ruminal y plasma [8]. En el presente estudio no se observaron cambios osmóticos y electrolíticos en los líquidos corporales de los animales con y sin bicarbonato. Godfrey y col. [14], mencionan que la introducción gradual a las dietas ricas en energía en un periodo de 2 a 3 semanas previenen los



efectos adversos del consumo de grandes cantidades de carbohidratos; en el presente estudio los animales fueron adaptados dos semanas previas a la toma de muestra.

La evaluación en sangre del equilibrio ácido-base en animales adaptados a una dieta de 60% de concentrado y la adición de glucosa, observadas en el presente estudio coinciden con los descritos en observaciones previas de acidosis subclínica [12, 17]. Esto fue corroborado con los valores de  $\text{HCO}_3^-$  y EB sanguíneos, los cuales no presentaron disminución en su medición por lo que no hubo respuesta compensatoria de acidosis sanguínea por absorción de ácidos ruminales [26]. Cabe señalar, que tampoco hubo diferencias significativas en los borregos adicionados con  $\text{NaHCO}_3$ , lo cual es similar a lo descrito por Sánchez y col. [30], en un estudio realizado con vacas lecheras a la mitad de la lactación, alimentadas con 40% de ensilado de maíz y 59% de grano adicionadas con 1% de  $\text{NaHCO}_3$ , donde no presentaron variaciones en la evaluación sanguínea del equilibrio ácido-base y electrolítico. En otro estudio [2], se indujo acidosis ruminal mediante la administración de una dieta rica en cebada, describiéndose los cambios producidos en el equilibrio ácido-base; el grupo testigo que únicamente consumió la dieta de cebada a las 4 h postparto el pH ruminal se encontraba en 5,05 con una concentración de lactato de 0,33 mM y un pH sanguíneo de 7,32. Lo anterior difiere a lo observado en el presente estudio, ya que a pesar de tener el pH ruminal en valores similares, el comportamiento del pH sanguíneo no disminuyó, ya que a los borregos que se les administraron 2 g de glucosa el pH sanguíneo fue de 7,48 a las 6 h con valores positivos de exceso de base y bicarbonato sanguíneo. Es posible que la administración de cebada generara una mayor concentración de glucosa que la dosificada en éste modelo de estudio [3].

La correlación positiva observada en el presente estudio, entre el pH ruminal y el número de protozoarios, coincide a lo descrito por Mendoza y col. [23], en borregos con acidosis ruminal, en donde los protozoarios regulan la fermentación ruminal reduciendo el rango de digestión y digestibilidad ruminal del almidón, cambiando el sitio de digestión de éste al intestino delgado.

## CONCLUSIONES

En este estudio el efecto principal del  $\text{NaHCO}_3$  favoreció la producción de acetato sin afectar el equilibrio ácido-base y electrolítico; teniendo un efecto limitado sobre la fermentación ruminal y bioquímica sérica.

Es necesario considerar que las cantidades de glucosa y concentrado empleadas en el presente estudio fueron insuficientes para producir alteraciones significativas en el equilibrio ácido-base y electrolítico, lo que impidió evaluar ampliamente el efecto amortiguador de  $\text{NaHCO}_3$  en los borregos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa de Apoyos a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, UNAM IN225198 por el financiamiento de éste estudio. Al Colegio de Postgraduados, por el procesamiento de las muestras de ácidos grasos volátiles y del análisis del alimento, por facilitarnos el equipo de osmometría y por las cirugías de las cánulas ruminales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemists. 15<sup>th</sup> ed. 69-88 pp. 1980.
- [2] BOUKILA, B.; SEOANE, J.R.; BERNIER, J.F. Effects of dietary on intake, digestion, rumen fermentation and acid-base balance in sheep fed a high-barley diet. **Can. J. Anim. Sci.** 75: 359-369. 1995.
- [3] BRITTON, R.A.; STOCK, R.A. Acidosis, rate of starch digestion and intake. **Proceedings of the Feed Intake Symposium 1986**; Stillwater november 20 - 22; (Oklahoma) USA. 61-69, 1986.
- [4] BROBST, D.F. Pancreatic function. En: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. (Eds). **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5<sup>th</sup> ed. San Diego: Academic Press. 353-364 pp. 1997.
- [5] BROWN, M.S.; KREHBIEL, C.R.; GALYEAN, M.L.; REMMENGAS, M.D.; PETERS, J.P.; HIBBARD, B.; ROBINSON, J.; MOSELEY, W.M. Evaluation of models of acute and subacute acidosis on dry matter intake, ruminal fermentation, blood chemistry, and endocrine profiles of beef steers. **J. Anim. Sci.** 78:3155-3168. 2000.
- [6] BURTIS, C.A.; ASHWOOD, E.R. **Tietz textbook of clinical chemistry**. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia, WB Saunders Company. 1375-1448 pp. 1994.
- [7] CANALE, A.; VALENTE, M.E.; COIOTTI, A. Determination of volatile carboxylic acids (C1 – C5i) and lactic acid in aqueous acid extract of silage by high performance liquid chromatography. **J. Sci. Food Agric.** 35: 1178-1182. 1984.
- [8] CARTER, R.R.; GROVUM, W.L. A review of physiological significance of hypertonic body fluids on feed intake and ruminal function: salivation, motility and microbes. **J. Anim. Sci.** 68: 2811-2832. 1990.
- [9] CLAYTON, E.H.; LEAN, I.J.; ROWE, J.B.; COX, J.W. Effects of feeding virginiamycin and sodium bicarbonate to grazing lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 82: 1545-1554. 1998.
- [10] DEHORITY, B.A. Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen ciliate protozoa. **J. Gen. Microb.** 48: 182-185. 1984.

- [11] EADI, J.M.; GILL, J.C. The effect of the absence of rumen ciliate protozoa on growing lambs fed on a roughage-concentrate diet. **Br. J. Nutr.** 26: 155-167. 1971.
- [12] GOAD, D.W.; GOAD, C.L.; NAGARAJA, T.G. Ruminal microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers. **J. Anim. Sci.** 76: 234-241. 1998.
- [13] GODFREY, S.I.; BOYCE, M.D.; ROWE, J.B.; SPEIJERS, E.J. Changes within the digestive tract of sheep following engorgement whit barley. **Aust. J. Agric. Res.** 44: 1093-1101. 1991
- [14] GODFREY, S.I.; ROWE, J.B.; THORNILEY, G.R.; BOYCE, M.D.; SPEIJERS, E.J. Virginiamycin to protect sheep fed wheat, barley or oats from grain poisoning under simulated drought feeding conditions. **Aust. J. Agric. Res.** 46: 393-401. 1995.
- [15] HARRISON, D.G.; BEEVER, D.E.; THOMSON, D.J.; OSBORN, D.F. Manipulation of fermentation in the rumen. **J. Sci. Food Agric.** 27: 617-628. 1976.
- [16] HERRERA-SALDANA, R.; HUBER, J.T. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. **J. Dairy Sci.** 72:1477-1481. 1989.
- [17] HORN, G.W.; GORDON, E.C.; PRIEG, G.E.; OWENS, F.N. Dietary buffers and ruminal and blood parameters of subclinical lactic acidosis in steers. **J. Anim. Sci.** 48:683-691. 1979.
- [18] HUBER, T.L. Physiological effects of acidosis on feedlot cattle. **J. Anim. Sci.** 43: 902-909. 1979.
- [19] KREHBIEL, C.R.; BRITTON, R.A.; HARMON, D.L.; WESTER, T.J.; STOCK, R.A. The effects of ruminal acidosis on volatile fatty acid absorption and plasma activities of pancreatic enzymes in lambs. **J. Anim. Sci.** 73: 3111-3121. 1995.
- [20] LAL, S.B.; DWIVEDI, S.K.; SHARMA, M.C.; SWARUP, D. Biopathological studies in experimentally induced ruminal acidosis in goat. **Indian J. Anim. Sci.** 62: 200-204. 1992.
- [21] LUCAS, H.L. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. North Carolina State University, Institute of Statistics. Serie 18. 1994.
- [22] MENDOZA, M.G.D. Dietas altas en granos y problemas de acidosis. En: Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. **Alimentación de ovinos**. México: Universidad Autónoma de Chapingo, 63-72 pp. 1995.
- [23] MENDOZA, M.G.; BRITTON, R.A.; STOCK, R.A. Influence of ruminal protozoa on site and extent of starch digestion and ruminal fermentation. **J. Anim. Sci.** 71:1572-1578. 1993.
- [24] NARAYANA, P.; ALIKUTTI, K.M. Ruminal dysfunctions of goats in Kerala. III. Effect of ruminal acidosis on liver status. **J. Vet. Anim. Sci.** 21:43-50. 1990.
- [25] OLFERT, E.D.; CROSS, B.M.; MCWILLIAM, A.A. Guide to the care and use of experimental animal. Montreal: Canadian Council on Animal Care, 7-12 pp. 1993.
- [26] OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. Acidosis in cattle: a review. **J. Anim. Sci.** 76:275-286. 1998.
- [27] PATRA, R.C.; LAL, S.B.; SWARUP, D. Physicochemical alterations in blood, cerebrospinal fluid and urine in experimental lactic acidosis in sheep. **Res Vet Sci.** 54:217-220. 1993
- [28] ROGERS, J.A.; DAVIS, C.L.; CLARK, J.H. Alteration of rumen fermentation in steers by increasing rumen fluid dilution rate with mineral salts. **J. Dairy Sci.** 62: 1599-1607. 1979.
- [29] RUSSELL, J.B.; CHOW, J. Another theory for the action of ruminal buffer salts: decreased starch fermentation and propionate reduction. **J. Dairy Sci.** 76:826-831. 1993.
- [30] SÁNCHEZ, W.K.; BEEDE, D.K.; CORNELL, J.A. Dietary mixtures of sodium bicarbonate, sodium chloride and potassium chloride: effects on lactational performance, acid-base status and mineral metabolism of Holstein Cows. **J. Dairy Sci.** 80:1207-1216. 1997.
- [31] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). Version 6. **User's guide: Statistics**. Cary, N.C. 1989.
- [32] SLYTER, L.L. Influence of acidosis on rumen function. **J. Anim. Sci.** 43: 910-928. 1976.
- [33] TENNANT, B.C. Hepatic function. En: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML (Eds). **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5<sup>th</sup> ed. San Diego: Academic Press 329-348 pp. 1997.
- [34] AN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.S. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.** 74: 3583-3597. 1991.
- [35] WILLIAMS, A.G.; WHITERS, S.E. Changes in the rumen microbial population and its activities during the refaunation period after the reintroduction of ciliate protozoa into the rumen of defaunated sheep. **Can. J. Microbiol.** 39:61-69. 1991.
- [36] ZINN, R.A.; PLASCENCIA, A. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. **J. Anim. Sci.** 71:11-17. 1993.