

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE BICARBONATO DE POTASIO EN
DIETAS DE FINALIZACIÓN PARA GANADO DE ENGORDA SOBRE LA
FUNCIÓN RUMINAL Y DIGESTIÓN EN TRACTO TOTAL**

TESIS

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS**

PRESENTA

I.A. Grace Marlene Carvajal Armijo

Director de tesis

Dr. Martin Francisco Montaña Gómez

Co-Director de Tesis

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez

Asesores

Dr. Víctor Manuel González Vizcarra

Dr. José Fernando Calderón y Cortés

Dr. Jaime Salinas Chavira

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

ENERO 2013

Efecto de la Suplementación de Bicarbonato de Potasio en Dietas de Finalización para Ganado de Engorda sobre la Función Ruminal y Digestión en Tracto Total. Tesis presentada por Grace Marlene Carvajal Armijo como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el comité particular indicado:

Dr. Martín Francisco Montaña Gómez
Director Principal

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Co-Director

Dr. Víctor Manuel González Vizcarra
Asesor

Dr. José Fernando Calderón y Cortés
Asesor

Dr. Jaime Salinas Chavira
Asesor

Contenido

Lista de Cuadros.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN:.....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPOTESIS.....	4
OBJETIVO.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Minerales para los rumiantes.....	6
Potasio.....	8
Sales de potasio	10
Balance catión-anión	12
pH ruminal y buffers.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Localización del área de estudio	17
Unidad experimental.....	17
Dietas	18
Asignación de tratamientos	20
Diseño experimental.....	20
Duración del experimento.....	22
Inclusión de bicarbonato de potasio (KHCO ₃)	22
Alimentación	22
Procedimientos de muestreo y análisis de laboratorio.....	23
Cálculos y análisis estadístico	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
CONCLUSIONES	31
LITERATURA CITADA	32

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Niveles de los macroelementos en suero.....	7
Cuadro 2. Requerimiento de minerales y concentraciones máximas tolerables.	7
Cuadro 3. Consumo de Materia Seca (CMS) en dietas con adición de sales de potasio y otros buffer.	14
Cuadro 4. Comparación de pH ruminal y AGV en dietas con carbonato de potasio.	16
Cuadro 5. Ingredientes y composición nutrimental de las dietas experimentales.	19
Cuadro 6. Asignación de los tratamientos a las unidades experimentales.	21

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis, Dr. Martin Francisco Montaña Gómez, por la ayuda y la orientación que me brindó durante el periodo de elaboración de tesis y por su amistad y confianza que hicieron de este trabajo una experiencia de aprendizaje agradable.

A mi comité de tesis, Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez, Dr. Víctor Manuel González Vizcarra, Dr. José Fernando Calderón y Cortés y Dr. Jaime Salinas Chavira, por su apoyo durante el periodo de experimento de mi tesis.

Al Instituto de Investigaciones de Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California por permitirme el uso de sus instalaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por la beca que me otorgaron para poder realizar mi maestría.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios, por haberme dado la sabiduría y la fuerza para culminar una etapa más de mis estudios. A mis padres por depositar su confianza en mí, por todos los consejos y el ejemplo que me dieron para ayudarme a salir adelante y por su infinito amor que me brindan a diario que me impulso a superarme y cumplir mis metas. A mis hermanos por toda la comprensión y el apoyo durante este periodo de mi vida.

RESUMEN: Se utilizaron seis novillos Holstein (196 ± 3 kg) con cánulas en rumen y duodeno proximal en un diseño Cuadrado Latino 3×3 replicado para evaluar el efecto del bicarbonato de potasio en dietas de finalización sobre la eficiencia digestiva ruminal y tracto total para novillos. La dieta basal contenía (BMS) maíz amarillo hojueleado al vapor (75%), heno de alfalfa (12%), melaza (6%), grasa amarilla (4%), limestone (1.2%) urea (1%) y minerales (0.8%). Se utilizó óxido de cromo (0.4%) como marcador de digestión. Los tratamientos fueron: 1) dieta basal con 0% de bicarbonato de potasio (KHCO_3), 2) dieta basal con 5 g/kg MS de KHCO_3 y 3) dieta basal con 10 g/kg MS de KHCO_3 . No se observó efecto de los tratamientos sobre la digestión ruminal de MO, FND, N, almidón ni sobre la eficiencia microbial ($P > .10$). No se observó efecto de los tratamientos sobre el pH ruminal ($P > .10$), sobre producción total de AGV, ni la proporción molar ruminal ($P > .10$) de acetato, propionato o butirato. Tampoco se observó efecto de los tratamientos sobre la digestión total de MS, MO, FND, N ni almidón ($P > .10$). Por lo anterior, concluimos que los niveles de bicarbonato de potasio utilizado en nuestro experimento no fueron capaces de afectar la función ruminal ni la digestión en tracto total.

ABSTRACT: Six Holstein steers (196 ± 3 kg) with cannulas in rumen and proximal duodenum were used in a replicated 3 x 3 latin square design to evaluate the effect of the potassium bicarbonate on digestive efficiency at the level of rumen and total tract in diets of feedlots for steers. The basal diet contained (DMB) steam yellow corn (74%), alfalfa hay (12%), molasses (6%), yellow fat (4%), limestone (1.2%), urea (1%) and minerals (0.8%). We used chromium oxide (0.4%) as a marker of digestion. The treatments were: 1) basal diet with 0% of potassium bicarbonate (KHCO_3), (2) 5 g/kg DM of KHCO_3 basal diet and (3) basal diet with 10 g/kg DM of KHCO_3 . Effect of the treatments on OM, NDF, starch ruminal digestion or microbial efficiency was not observed ($P > .10$). Effect of treatments on the rumen pH was not observed ($P > .10$), on total AGV production, nor the ruminal molar ratio ($P > .10$) of acetate, propionate, and butyrate. Nor was observed effect of the treatments on the total digestion of DM, OM, NDF, N or starch ($P > .10$). Therefore, we conclude that the levels of potassium bicarbonate used in our experiment were unable to affect rumen function or total tract digestion.

INTRODUCCIÓN

El balance de catión-anión (BCA) se define como la posible carga negativa o positiva en la mezcla de iones en la dieta (Tucker et al., 1988), la dieta en el balance catión-anión incluye comúnmente dos cationes potasio (K) y sodio (Na) y dos aniones, cloro (Cl) y azufre (S) y se calcula por medio de la ecuación $(K+Na)-(Cl+S)$ por cada 100 gramos de la dieta en base seca (MS) (Block, 1984; Beighle et al., 1988).

En la última década, el concepto de BCA de los animales domésticos ha cobrado un gran interés. Las deficiencias, toxicidades y desbalances minerales limitan la producción, lo cual se traduce en grandes pérdidas económicas. Su regulación en la dieta podría llegar a ser una buena ayuda para mejorar el rendimiento de los animales.

El BCA mide las cantidades de iones disponibles no metabolizados en la dieta, jugando un papel crítico en la determinación del balance ácido-base. Bajos niveles de BCA reducen el consumo de alimento y la tasa de crecimiento en el ganado (Ross et al., 1994). Dietas formuladas con 25 mEq de BCA/100 g de materia seca han sido recomendadas para un óptimo crecimiento en pollos (Mogin, 1981) y cerdos (Austic y Calvert, 1981) mientras que las vacas lecheras ocupan entre 20 a 37.5 mEq/100 g de materia seca para un máximo consumo y producción de leche (Tucker et al., 1988; West et al., 1991), sin embargo, el

requerimiento óptimo de BCA para ganado de engorda en finalización no ha sido establecido aun concretamente.

Por otra parte el ganado en recepción usualmente recupera más rápidamente la merma y baja los niveles de mortandad cuando la dieta contiene altos niveles de BCA, en particular K (Hutchinson., 1980, 1984) mientras que altos niveles de S afectan el consumo de alimento y por lo tanto la ganancia de peso, pero con un adecuado BCA pueden ser tolerados sin efectos adversos en ganado en crecimiento y finalización (Spears et al., 2011). Por lo tanto el alterar el BCA en los animales afecta la tasa de crecimiento y de consumo. Por su parte Teh et al. (1987), reportaron que en respuesta a la suplementación de diferentes buffers (óxido de Mg, bicarbonato de Na, piedra caliza y la combinación de óxido de Mg más bicarbonato de Na) el pH ruminal aumentó significativamente, aunque no observaron efecto alguno sobre el pH a nivel duodenal.

Es conocido que el K interviene de manera importante tanto en el mantenimiento del equilibrio ácido-base, como en las rutas metabólicas de compuestos nitrogenados y carbohidratos. Niveles bajos en la dieta pueden llegar a disminuir el consumo de materia seca y la ganancia diaria de peso (Niles et al., 1980). Mientras que Schneider et al. (1984), observaron una reducción en el consumo en respuesta a la suplementación de bicarbonato de potasio, lo cual acorde con los mismos autores puede ser consecuencia de su baja palatabilidad, Emery y Brown (1961), no observaron efecto sobre consumo

en respuesta a la suplementación de bicarbonato de potasio. Hasta el momento no existe información consistente sobre el efecto de la suplementación de bicarbonato de K sobre la función digestiva en ganado de engorda consumiendo dietas de finalización.

HIPOTESIS

La inclusión de bicarbonato de potasio en diferentes niveles podría tener efecto sobre la función ruminal y la digestión en tracto total en dietas de finalización de bovinos de engorda.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de la adición de bicarbonato de potasio sobre la función ruminal y la digestión de nutrimentos en tracto total de bovinos alimentados con dietas de finalización.

REVISIÓN DE LITERATURA

Minerales para los rumiantes

Los minerales están definidos como material no inerte imprescindibles para la reconstrucción estructural de los tejidos corporales, también son participantes activos en las reacciones enzimáticas, tienen especificada funcionalidad y son críticos para la vida. Los elementos minerales pueden cambiar su valencia y son transferidos de un compuesto químico a otro (Church, 1969).

Los minerales se clasifican generalmente en dos grupos según la concentración encontrada en el organismo: los macroelementos y microelementos. Existen siete elementos clasificados como macroelementos: calcio (Ca), cloro (Cl), magnesio (Mg), fosforo (P), potasio (K), sodio (Na) y azufre (S). En el cuadro 1 se observa los valores representativos de macrominerales normales en el suero sanguíneo de ovejas y ganado vacuno.

A pesar de la baja concentración de los microelementos en el organismo también son indispensables para el correcto funcionamiento del mismo, entre los microelementos están: cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (I), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), selenio (Se), y zinc (Zn).

Cuadro 1. Niveles de los macroelementos en suero

	Ca	Pi	Mg	SO ₄ -S	K	Cl	Na
Vacunomg/dl.....		mEq/l.....			
Ovino	9.0-12	4.5-6.0	1.8-2.3	2-4	3.9-5.8	97-111	132-152

Fuente: Church, (1969).

Cuadro 2. Requerimiento de minerales y concentraciones máximas tolerables.

Mineral	Unidad	Requerimiento			Concentración Máxima Tolerable
		Ganado en Crecimiento y Finalización	Vacas Gestación	Lactación Temprana	
Calcio	%				
Cloro	%	—	—	—	—
Cromo	mg/kg	—	—	—	1,000.00
Cobalto	mg/kg	0.10	0.10	0.10	10.00
Cobre	mg/kg	10.00	10.00	10.00	100.00
Yodo	mg/kg	0.50	0.50	0.50	50.00
Hierro	mg/kg	50.00	50.00	50.00	1,000.00
Magnesio	%	0.10	0.12	0.20	0.40
Manganeso	mg/kg	20.00	40.00	40.00	1,000.00
Molibdeno	mg/kg	—	—	—	5.00
Níquel	mg/kg	—	—	—	50.00
Fosforo	%				
Potasio	%	0.60	0.60	0.70	3.00
Selenio	mg/kg	0.10	0.10	0.10	2.00
Sodio	%	0.06–0.08	0.06–0.08	0.10	—
Azufre	%	0.15	0.15	0.15	0.40
Zinc	mg/kg	30.00	30.00	30.00	500.00

Fuente: Ammerman y Goodrich (1983)

No todos los elementos absorbidos son utilizados por el organismo debido a que la deficiencia o exceso de algún mineral puede afectar la utilización de otro, es por esto que se creó un concepto de disponibilidad biológica de los minerales, que se refiere a la proporción de nutriente presente en un alimento, determinado por lo general químicamente que puede ser absorbido por un animal y utilizado por los tejidos para realizar funciones biológicas (O'Dell., 1972). Por lo menos 17 minerales son requeridos para la alimentación de ganado de engorda (Cuadro 2).

Potasio

El Potasio (K) es uno de los principales elementos requeridos por el ganado, y está involucrado en muchas funciones metabólicas, como el balance catión-anión y la osmolaridad en el cuerpo (NRC, 1996). Una dieta rica en partículas solubles aumenta el potencial osmótico en el rumen, estimula el consumo de agua y extrae el fluido en el rumen de los tejidos circundantes. La mayor cantidad de líquido en el rumen contribuye a una mayor rotación de fluido en el rumen.

Además el potasio juega un papel importante como cofactor de enzimas involucradas en el metabolismo de proteínas y carbohidratos, también es el mejor determinante del balance catión-anión en las dietas (Ross et al., 1994). La tasa de dilución más rápida inducida por sales minerales aumenta el porcentaje molar de acetato y disminuye el porcentaje molar de propionato. Con una

rotación mayor del fluido ruminal, los carbohidratos y proteínas solubles son más propensos a escapar de la degradación del rumen.

Una función importante de K es como el principal catión del líquido intracelular, el sodio (Na) es el principal catión del líquido extracelular, la separación intracelular-extracelular de estos cationes es mantenido por el transporte activo de Na y K a través de la membrana celular. Ambos elementos también juegan un papel importante en la actividad eléctrica de las células nerviosas y musculares (Ammerman y Goodrich, 1983).

El requerimiento de K es más alto en rumiantes que en no rumiantes; en dietas de finalización para rumiantes se requiere entre 0.5 – 0.6% (Roberts y St. Omer 1965) y 0.52 – 0.72% (Devlin et al., 1969) de la dieta. En dietas de finalización el potasio es generalmente suplementado como cloruro de potasio (KCl), para no afectar el balance catión-anión, sin embargo al suplementar como carbonato de potasio se observa un incremento en el balance catión-anión (Sexon et al., 2010).

El K de los alimentos es disponible en su totalidad para los rumiantes, es decir que se absorbe casi todo el K de la dieta (Miller., 1979). La absorción del K se realiza en el intestino por difusión simple. La mayor parte de K corporal se localiza intracelularmente, y está relacionado íntimamente con la masa corporal de tejido magro y puede servir para calcular la composición corporal de proteína y grasa (Church, 1969). El exceso de K se elimina en la orina y una alta ingesta

de Na puede aumentar la excreción urinaria de K que es promovida por la aldosterona (Ammerman y Goodrich, 1983).

El K no se almacena fácilmente, tiene que ser suministrado diariamente. La deficiencia de K puede ser debido a sudoración, pérdidas gastrointestinales como consecuencia de vómitos, diarreas, enfermedades inflamatorias del intestino o secreción excesiva de aldosterona. También se produce deficiencias de K como consecuencia de una pérdida de masa muscular (Welt et al., 1960).

Como consecuencia a deficiencia de K se observa anorexia, reducción de crecimiento, irritabilidad muscular, parálisis, tetania (Ammerman y Goodrich, 1983), aspereza del pelo y acidosis celular debido a la sustitución de iones de K por iones de hidrogeno (H) en la célula (Church, 1969).

El nivel máximo tolerable de K para rumiantes es de 3% de materia seca de la dieta (NRC, 1980). Las cantidades excesivas de K se excretan rápidamente, sin embargo pueden llegar a desarrollarse concentraciones toxicas para el animal, presentado como consecuencia insuficiencia cardiaca, edema, debilidad muscular y muerte (Ammerman y Goodrich, 1983).

Sales de potasio

La interacción de potasio con otros nutrientes tienen gran importancia en los últimos años, estas interacciones se puede ver afectado por muchos factores, entre ellos la disponibilidad de potasio en la fuente que se use para la dieta (Combs et al. 1985), es por esto que se han realizado investigaciones

donde se ha encontrado que al adicionar carbonato o sales de bicarbonato de potasio y sodio en raciones altas en maíz, el consumo de alimento aumenta y el crecimiento tiende a mejorar en ganado de leche (Nicholson et al., 1963) y Clark et al. (1972), reportan que los diferentes niveles de potasio en las dietas tienen un efecto pequeño en las características de la canal en ganado de engorda.

Las dietas altas en granos para rumiantes generalmente no contienen suficiente potasio (Hemkem, 1975) para cumplir con los requerimientos para los bovinos, es por esto que se necesita la adición de sales de potasio a la dieta (Dennis, 1976). La sal de potasio que se utilice debe ser agradable al paladar del bovino, además debe proveer suficiente K para que la salud de los novillos no se vea afectada por deficiencia o toxicidad y para obtener el mejor rendimiento del ganado (Neathery et al., 1980).

El bicarbonato de potasio con su fórmula química KHCO_3 es una sal acida fuerte que es utilizada en la nutrición animal como buffer para evitar cambios bruscos en el pH ruminal, además el K brinda otros beneficios para el desarrollo y salud de los rumiantes.

Varias investigaciones han demostrado que suplementando dietas con cloruro de potasio resulta más palatable para los novillos que suplementado en forma de bicarbonato (Neathery et al., 1980), sin embargo investigadores reportan que los novillos alimentados con 1% de bicarbonato de potasio son más eficientes en la obtención de la energía neta de la dieta que los novillos alimentados con 0.75% de cloruro de potasio (Sexon et al., 2010). Por su parte,

Schneider et al. (1984) han demostrado que al sustituir bicarbonato de sodio por bicarbonato de potasio en dietas para vacas lecheras en estrés calórico aumentan el consumo de alimento y la producción de leche.

El carbonato de potasio es otra sal que se utiliza como fuente de K en bovinos, generalmente utilizado en vacas lecheras donde se ha encontrado que al usar 1.85% de esta sal se observa que la concentración de acetato aumenta en el rumen mientras que la concentración de propionato disminuye comparado con bicarbonato de sodio (West et al., 1987), además incrementan el consumo de alimento, producción de leche y producción de grasa (West et al. 1986), esto se debe a la acción buffer, que evita que el pH baje, lo cual provoca disminución en el apetito (Reid et al., 1957).

Balance catión-anión

Los iones son clasificados como grupos de uno o más átomos con una carga eléctrica debida a la ganancia o perdida de electrones. Los iones pueden tener carga positiva (catión) o carga negativa (anión). En el organismo, cationes y aniones son abundantes y son responsables por una amplia variedad de funciones biológicas.

El balance de catión-anión (BCA) se define como la posible carga negativa o positiva en la mezcla de iones en la dieta (Tucker et al., 1988), la dieta catión-anión incluye comúnmente dos cationes potasio (K) y sodio (Na) y dos aniones, cloro (Cl) y azufre (S).

El cálculo del balance catión-anión en la dieta del ganado lechero es normalmente calculado como el número de mili equivalentes de $(Na + K) - (Cl + S)$ (Block, 1984; Beighle et al., 1988). Dietas formuladas con 25 mEq de BCA/100 g de MS han sido recomendadas para un óptimo crecimiento en pollos (Mogin, 1981) y cerdos (Austic y Calvert, 1981) mientras que las vacas lecheras ocupan entre 20 a 37.5 mEq/100 g de materia seca para un máximo consumo y producción de leche (Tucker et al., 1988; Weast et al., 1991), sin embargo, el requerimiento óptimo de DCAB para ganado de engorda en finalización no ha sido establecido aun concretamente, pero se sabe que el balance óptimo de electrolitos $(Na+K-Cl)$ para novillos en finalización es de 15 mEq/100g de MS (Ross et al., 1994).

En dietas para vacas en estrés calórico el aumento de BCA con sodio o potasio mejora el consumo de materia seca (West et al., 1992) y en vaquillas mejora la ganancia diaria de peso (Jackson et al., 1992).

pH ruminal y buffers

Las dietas altas en concentrados tienden a reducir el pH del rumen, lo que usualmente provoca una reducción en la digestibilidad de la fibra (Rogers et al., 1982), al mismo tiempo que puede provocar alteraciones en la población microbiana ruminal (Van Soest, 1982).

Los buffers son utilizados para reducir la incidencia de acidosis, la bentonita de sodio, bicarbonato de potasio y piedra caliza dolomítica son buffers

efectivos con alto contenido de humedad (Prigge et al., 1975) así también, las combinaciones adecuadas de carbonatos y bicarbonatos son mejores amortiguadores de pH (Herod et al., 1978). Varios autores han demostrado que los animales que se alimentan con dietas suplementadas con buffers consumen mayor cantidad de alimento que los alimentados con dietas normales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Consumo de Materia Seca (CMS) en dietas con adición de sales de potasio y otros buffer.

Tratamiento	Nicholson	West	West	Cerrato
	et al. 1960	et al., 1986	et al., 1987	et al., 2007
	Consumo de MS (Kg)			
0% KCO ₃	5,2	18,03	20,80	
Mezcla de varios buffers	6,2			
0.5 % KCO ₃			19,80	
0,75% KCO ₃				9,85
1% KCO ₃			19,26	9,78
3% Bicarbonato de Potasio		20,05		
3% Carbonato de potasio		19,83		
3% Carbonato de Sodio		20,46		

La digestión de la materia seca tiene una relación lineal positiva con el pH ruminal (Erdman et al., 1982). La digestión de la fibra es máxima a un pH de 6.8 y a medida que el pH disminuye, la digestión de la fibra es menor (Mertens, 1979), al mantener un pH por debajo de 5.7 se puede provocar acidez ruminal, disminuyendo la proporción de acetato:propionato, la digestibilidad de la fibra neutro detergente (FND) y la motilidad del rumen (Chalupa y Kronfeld, 1983). Por lo tanto el pH del rumen está relacionado con la digestibilidad de la fibra

ácido detergente (FAD) (Rogers et al., 1982), por consiguiente para evitar que los animales pierdan el apetito es necesario alimentar con dietas que contengan agentes buffers (Nicholson et al., 1963).

El pH en el rumen no es constante, varía por el tipo de dieta y el nivel de ingestión. La producción de ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen generan compuestos que hacen que el pH se reduzca, al brindar al ganado alimento alto en granos se promueve el crecimiento de bacterias que degradan almidón y aumenta la producción de ácidos (Cerrato et al., 2007).

Los ácidos grasos volátiles son compuestos de cadena carbonada corta que se producen durante la degradación fermentativa en el rumen, pueden convertirse en glucosa, aminoácidos o ácidos grasos. Los AGV más importantes son el ácido acético y propiónico que intervienen en procesos de formación de grasa en la leche de las vacas. La adición de concentrados a las raciones a base de forraje causa una disminución en la concentración de ácido acético que es compensada con aumento en la producción de ácido propiónico y butírico, este desbalance puede causar problemas metabólicos en los animales como acidosis. (Chalupa y Kronfeld, 1983).

El cuadro 4 nos muestra investigaciones donde se han evaluado algunos buffers y se ha observado que el incremento de pH en el rumen debido al efecto de buffer provoca un incremento en la concentración molar de ácidos grasos volátiles.

Cuadro 4. Comparación de pH ruminal y AGV en dietas con carbonato de potasio.

% Carbonato de potasio	West et al.,	West et al.,	West et al.,	West et al.,
	1986	1987	1986	1987
	pH de Rumen		AGV ($\mu\text{mol/ml}$)	
0	6,81	6,58	63,1	57,54
0,5		6,76		49,81
1		6,7		52,04
3	6,73		76,2	

El sodio y potasio como sales de aniones metabolizables están asociados al aumento de la capacidad de amortiguación del contenido ruminal (Matrone et al., 1959). Dietas con adición de carbonato de potasio promueven un pH ruminal más alto (Horn et al. 1979) que es suficiente para prevenir depresión de la digestibilidad de la fibra. Muchos estudios muestran que la adición de buffers incrementan el pH del rumen y la concentración de ácidos grasos volátiles (Van Campen and Matrone, 1959; Emery *et al.*, 1964; Bhattacharya and Warner, 1968; Kay *et al.*, 1969) como el acetato y la proporción acetato:propionato que son mayores en dietas buffer con inclusión de carbonato de potasio (West et al., 1987), sin embargo algunos investigadores reportan que el carbonato de potasio no tiene efecto directo sobre los ácidos grasos volátiles y la glucosa ruminal (Horn et al., 1979).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El experimento se llevo a cabo en la Unidad de Laboratorio de Digestión y Metabolismo de Rumiantes del Instituto de Investigación de Ciencias Veterinarias (IICV) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), ubicada a 10 km al sur de Mexicali, en el noroeste de México con una latitud de 32°40', una longitud de 115°28', una altitud de 10 m sobre el nivel del mar y condiciones desérticas.

Unidad experimental

Se utilizaron seis novillos Holstein (196 kg de PV) clínicamente sanos y habilitados con cánulas en el rumen y duodeno proximal. Las cánulas (80 mm di) instaladas en rumen se elaboraron con el material y el procedimiento descrito por Zinn (2003), mientras que las utilizadas para el duodeno fueron cánulas tipo "T" de 25 mm de diámetro interno y se elaboraron con material de tygon inerte (*USP, Lima, Ohio). Los novillos fueron adaptados a las dietas experimentales 14 días previo al inicio del experimento y se identificaron con aretes con numeración progresiva del 26 al 31.

Dietas

Los novillos fueron alimentados con 3 diferentes dietas elaboradas en base de maíz hojuelado (densidad aproximada de 0.32 kg/L), la composición y aporte nutrimental expresado en base MS calculado (NRC, 1996) o determinado en laboratorio se muestran en el Cuadro 5, excepto por la inclusión de óxido crómico 4.0 g/kg de MS agregado como marcador de digestión. Las raciones fueron elaboradas en la planta de alimentos del IICV-UABC. Se elaboró una dieta basal a la cual se incluyó el tratamiento (bicarbonato de potasio) al momento de servir el alimento a los novillos. Las dietas fueron formuladas para un contenido de balance catión anión (BCA) de 34 mEq/100g MS para el tratamiento sin KHCO_3 , 84 mEq/100g MS al incluir 5 g/kg MS de KHCO_3 y 134 mEq/100g MS para el tratamiento con 10 g/kg MS de KHCO_3 . Las dietas se elaboraron en una sola ocasión y se almacenaron en cajas de madera con tapa de capacidad de 1m^3 , esto se realizó para disminuir la variación del contenido nutrimental y concentración final de cromo en las dietas experimentales. La adición de cromo fue a través del uso de una premezcla la cual fue elaborada en la planta de alimentos del Desert Research and Extension Center, campo experimental de la Universidad de California, Davis. La premezcla fue agregada como cuarto paso posterior a la inclusión del maíz y previo a la inclusión de forrajes, grasa y melaza. El tiempo de mezclado fue de 10 minutos utilizando un mezclador horizontal (Modelo HD-20; HC Davis Sons Manufactory Co., Bonner Spring, KS) de capacidad de 2.5m^3 .

Cuadro 5. Ingredientes y composición nutrimental de las dietas experimentales.

Concepto	Tratamientos		
	1	2	3
Ingredientes, g/kg MS			
Heno de alfalfa	12.0	12.0	12.0
Maiz hojuelado	74.8	74.8	73.8
Grasa amarilla	4.0	4.0	4.0
Melaza	6.0	6.0	6.0
Urea	1.0	1.0	1.0
Piedra caliza	1.0	1.0	1.0
Bicarbonato de potasio ¹	0.0	5.0	10.0
Oxido de cromo ²	0.4	0.4	0.4
Fosfato-Dicálcico	0.4	0.4	0.4
Premezcla mineral ³	0.4	0.4	0.4
Energía neta			
ENm, Mcal/kg	9.37	9.33	9.25
ENg, Mcal/kg	6.49	6.44	6.40
Composición, g/kg MS ³			
Proteína cruda	12.6	12.6	12.6
FND	11.7	11.7	11.7
Extracto Etéreo	7.5	7.5	7.5
Calcio	0.8	0.8	0.8
Fosforo	0.34	0.34	0.34
Sodio	0.19	0.19	0.19
Cloro	0.51	0.51	0.51
Potasio	0.80	0.10	0.11
Magnesio	0.29	0.29	0.29

¹ g/kg MS

²Oxido Crómico (0.40%) fue agregado como marcador de digestión.

³Premezcla mineral contiene: CoSO₄, 0.68%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, .052%; and NaCl, 92.96%.

³Estimado utilizando los valores tabulados para cada ingrediente (NRC, 1996).

Asignación de tratamientos

Los novillos fueron asignados a corrales individuales de 12.6 m² con comedero individual y bebedero compartido localizados en una área cerrada. El 30% de la superficie del piso de concreto de cada corral fue cubierto con un tapete de neopreno (1.25 cm) de espesor para descanso.

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento 1: Dieta control sin inclusión de bicarbonato de potasio (KHCO₃) y un balance catión-anión calculado de 34 mEq/100g MS

Tratamiento 2: Dieta con inclusión de 5 g/kg MS de KHCO₃ y un BCA calculado de 84 mEq/100g MS.

Tratamiento 3: Dieta con inclusión de 10 g/kg MS de KHCO₃ y un BCA calculado de 134 mEq/100g MS.

Diseño experimental

El experimento se analizó con un diseño de cuadrado latino 3 x 3 replicado, en el cuadro 4 se muestra la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales por periodos.

Se usó el modelo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + E_{ijk}$$

Donde;

μ : Efecto medio.

A_i : Efecto de la fila i.

P_j : Efecto de la columna j.

T_k : Efecto del tratamiento k.

E_{ijk} : Error experimental de las unidades experimentales i, j.

Cuadro 6. Asignación de los tratamientos a las unidades experimentales.

UE	P1	P2	P3
26	1	2	3
27	2	3	1
28	3	1	2
29	1	2	3
30	2	3	1
31	3	1	2

Duración del experimento

El experimento consistió en 3 periodos experimentales de 14 días de duración por periodo (10 días para adaptación a las dietas y 4 días para recolección de muestras).

Inclusión de bicarbonato de potasio (KHCO₃)

El KHCO₃ se incorporó manualmente a la dieta basal en forma de aderezo previo a servir el alimento para asegurar el consumo total programado del tratamiento para cada novillo. La cantidad diaria de KHCO₃ de cada tratamiento asignada para cada novillo, en cada servida, fue pesada en báscula de precisión (Navigator, modelo: N1H110 Cap. 8,100 g). Una vez pesado, el KHCO₃ fue depositado en bolsas identificadas donde se encontraba la dieta basal pesada previamente.

Alimentación

El consumo de alimento (BMS) fue restringido a 22g de alimento/kg de peso vivo promedio (2.350 kg/novillo/d en promedio). Los becerros se pesaron en báscula digital tipo ganadera individual capacidad de 1,135 kg (Fairbanks

Scale Mod. FB-1300, KS) en la mañana dos días consecutivos previo al inicio del experimento. La cantidad de MS de las dietas se determinó un día previo a la elaboración de las raciones. Las raciones asignadas por animal por servida fueron pesadas en forma semanal en una báscula digital de precisión (Mettler Toledo SB16100 x 1g). Las dietas se ofrecieron en forma diaria en dos servidas iguales a las 0800h y a las 2000h. La lectura de comederos se realizó diariamente a las 7:50 AM previo al ofrecido matutino, no se observaron rechazos durante el experimento. El consumo de agua fue *ad libitum*.

Procedimientos de muestreo y análisis de laboratorio

En cada periodo se recolectaron muestras de duodeno, heces y rumen. Las muestras duodenales (750 mL) y fecales (200 g) se tomaron de cada novillo dos veces al día durante los cuatro días de muestreo de cada periodo en los siguientes horarios: Día 1, 1030 y 1630 h; día 2, a las 0900 y las 1500 h; día 3, a las 0730 y las 1330 h y día 4, a las 0600 y las 1200h. Las muestras duodenales se tomaron utilizando recipientes de plástico de capacidad de 1L (Wide mouth square bottles, Evenflo[®]), al finalizar la recolección de muestras se lavaron las cánulas y el área adyacente con agua corriente a presión. Las heces se recolectaron directamente del piso mediante espátula y se almacenaron en bolsas identificadas para cada animal. Las muestras de cada novillo recolectadas en cada periodo de colección se identificaron y mezclaron con el propósito de formar muestras homogéneas compuestas las que se congelaron

a -20° C (Kelvinator, KSGW200, 19.4 cf) para análisis posteriores. El último día de colección de muestra de cada periodo se tomaron muestras de contenido ruminal (\pm 350 mL) mediante el uso de una bomba de vacío (Cole Parmer Instrument, Vernon Hill, IL.), donde se determinó el pH del rumen (Orion 261S, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA.) y se congelaron 10 ml de contenido ruminal para la determinación de ácidos grasos volátiles. El último día, del segundo periodo experimental, se obtuvieron muestras de contenido ruminal de cada novillo para aislamiento de bacterias ruminales por centrifugación diferencial. (Bergen et al., 1968). Las muestras de duodeno y heces fueron descongeladas, homogenizadas y secadas a 70°C durante 48 h en estufa de aire forzado (EPS, C3F-2, Orange, CA), posteriormente se molieron en molino para café (Krupps Gx4100), se depositaron en platillos de aluminio, y se sometieron a temperatura de 105°C hasta peso constante. Las muestras desecadas se colocaron en frascos de vidrio de 120 mL cerrados herméticamente (Qorpak Jars, Fisher Sci.) Las muestras generadas se sujetaron a todos o parte de los siguientes análisis: Materia seca (MS, estufa desecando a 105°C hasta peso constante), ceniza, N kjeldhal y N amoniacal de acuerdo con lo estipulado por la AOAC (1986), almidón (Zinn, 1990), purinas (Zinn y Owens, 1986), FDA (Goering y Van Soest, 1970), óxido crómico (Hill y Anderson, 1958), almidón (Zinn, 1990), MO microbiana (MOM) y N (MN), dejando el abomaso se calcularon usando purinas como marcador microbiano (Zinn y Owens, 1986) y energía bruta (EB) (utilizando una bomba calorimétrica adiabática, Parr Instruments, Co.)

Cálculos y análisis estadístico

La cantidad de MS que fluyó a duodeno y la excreción fecal se calcularon a partir de la cantidad de Cr_2O_3 ingerido dividido entre la concentración (g/g MS) de Cr_2O_3 que apareció en duodeno y heces respectivamente. La cantidad de materia orgánica microbiana (MOM), así como el nitrógeno microbiano (NM) que fluyen al duodeno se calculó con base en los análisis de las bacterias aisladas en el fluido ruminal, así como en las muestras obtenidas de duodeno, usando purinas como marcadores (Zinn y Owens, 1986). La materia orgánica fermentada (MOF) en rumen se calculó mediante la resta a la materia orgánica consumida (MOC) menos la diferencia cuantitativa observada a nivel duodenal de la cantidad total de la MO, menos la MOM que ingresó a duodeno [MOF=MOC-(MO-MOM)]. El N consumido que escapa de la digestión ruminal (proteína de escape) se consideró como el equivalente al total de N que ingresa al duodeno menos la suma de las cantidades de N amoniacal y N microbiano que fluyeron al duodeno.

El valor esperado de la energía digestible (ED) de las dietas fue estimado de la siguiente forma: Esperado, ED, Mcal/kg= [(Valor de ED observado para cada uno de los tratamientos)/(valor ED observado para la dieta)]/ED calculada, son estimados a partir del valor de ED de cada uno de los ingredientes que componen cada dieta experimental (NRC, 1996).

La información generada se analizó según un modelo lineal para un diseño en cuadro latino 3 x 3 replicado. Los tratamientos fueron T1 = control,

dieta basal, T2 = dieta basal + 5g de bicarbonato de potasio por Kg de MS, T3 = dieta basal + 10g de bicarbonato de potasio por Kg de MS.

Para los 3 tratamientos se estudió el comportamiento de la inclusión de bicarbonato de potasio a través de polinomios ortogonales (respuesta lineal y cuadrática). El componente de variación animal en el modelo se consideró como aleatorio por lo que el modelo lineal resultó mixto y su análisis fue realizado de aplicar el procedimiento MIXED del paquete SAS 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta se muestra en el Cuadro 5. No se observó efecto de los tratamientos sobre la digestión ruminal de MO, FND, N, almidón ni sobre la eficiencia microbiana ($P > .10$). Respecto a esto, Erdman et al. (1982) reportaron un incremento en el consumo y digestión de materia orgánica en respuesta a la suplementación de buffer (MgO), lo cual acorde con Rogers et al. (1982) este resultado pudo ser debido a un incremento de la tasa de dilución ruminal. Acorde con Harrison et al. (1975), este efecto sobre la tasa de dilución es debido al incremento de flujo de agua hacia rumen observado en respuesta a la suplementación de buffers tales como bicarbonato de sodio. Issacson et al. (1975), sostienen que los beneficios de incrementar la tasa de dilución pueden ser un aumento en la síntesis de proteína microbiana y por lo tanto del flujo de aminoácidos a intestino delgado (Hemsley, 1975). Considerando lo anterior y debido a que no se observó efecto de los tratamientos sobre el flujo de MO, FND, N y almidón a duodeno ($P > .10$), podríamos suponer que el tipo y/o niveles de buffer utilizado en el presente experimento no fueron capaces de alterar la función ruminal, especialmente lo referente a la tasa de dilución, lo cual concuerda con lo observado por Erdman et al. (1982) en respuesta a la suplementación de bicarbonato de sodio y óxido de magnesio.

Aunque no se observó efecto de los tratamientos sobre el flujo a duodeno de MO, FND, almidón, N, NM y NNA ($P > .10$), Teh et al. (1987), sugieren que los buffers pudieran a la vez de alterar la función ruminal y la tasa de pasaje, influenciar los procesos de digestión a nivel de intestino delgado mediante el incremento de las secreciones gástricas. Van Bruchen (1977), al estar trabajando con ovinos observó un incremento de la secreción ácido gástrica en respuesta a la suplementación de bicarbonato de potasio agregado a la dieta o administrado vía intra-abomasal, situación que acorde con Teh et al. (1987), podría incrementar la digestión a nivel de intestino delgado.

El efecto de los tratamientos sobre el pH ruminal y la proporción molar de ácidos grasos volátiles (AGV) se muestra en el Cuadro 6. No se observó efecto de los tratamientos sobre el pH ruminal ($P > .10$), sobre producción total de AGV, ni la proporción molar ruminal ($P > .10$) de acetato, propionato o butirato. En el caso de isobutirato se observó un incremento lineal ($P < .10$), mientras que valerato descendió llinealmente ($P < .10$) en respuesta al incremento de nivel de bicarbonato de K en la dieta.

Aunque Teh et al. (1987) observaron un incremento del pH ruminal en respuesta a la suplementación de MgO, no observaron efecto alguno en respuesta a la suplementación de bicarbonato de sodio ni piedra caliza.

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sobre la función digestiva

Concepto	BCA					SEM
	34	84	134	Lineal	Cuadrático	
Consumo, g/d						
MS ¹	4309	4309	4309			
MO	4045	4045	4045			
NDF	647	647	647			
N	83	83	83			
Almidón	2011	2011	2011			
Flujo duodenal, g/d						
MO	2275	2250	2297	0.91	0.83	104
NDF	418	364	394	0.67	0.43	30
Almidón	596	627	657	0.58	0.99	57
N	98.4	94.3	95.5	0.71	0.7	4.2
NM	58.3	55.7	56.2	0.71	0.75	3
NNA	94.8	91	91.9	0.71	0.73	4.2
N Alimento	36.5	35.3	35.7	0.81	0.77	1.7
Digestión Ruminal, g/kg						
MO	582	582	571	0.76	0.87	19
NDF	354	437	391	0.67	0.43	47
Almidón	704	688	673	0.58	0.99	28
N Alimento	563	577	572	0.81	0.77	21
Eficiencia microbial ²	25.6	24	24.3	0.71	0.75	1.9
Eficiencia Proteica ³	1.14	1.09	1.1	0.71	0.73	0.05
Excreción Fecal, g/d						
MS	895	868	915	0.81	0.63	46.8
MO	770	752	795	0.77	0.68	45.3
NDF	328	294	315	0.79	0.52	25.1
Almidón	24.7	35.4	52	0.25	0.86	10.5
N	29.4	29.9	30.7	0.63	0.97	1.4
Digestión post-ruminal, g/kg de flujo duodenal						
MO	660	664	652	0.71	0.63	11
NDF	210	190	163	0.52	0.96	38
Almidón	958	944	920	0.22	0.82	13
N	699	680	678	0.47	0.71	14
Digestión tracto total, g/kg						
MS	792	799	788	0.81	0.63	11
MO	810	814	803	0.77	0.68	11
NDF	493	545	513	0.79	0.52	39
Almidón	988	982	974	0.25	0.86	5
N	647	641	632	0.63	0.97	17

¹ Consumo de Materia seca fue restringido a 22 g de alimento por kg de PV.

² N Microbial, g/kg MO fermentada.

³ El flujo de NNA hacia el intestino delgado como una fracción del N consumido.

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos sobre el pH ruminal y la proporción molar de Ácidos Grasos Volátiles (AGV)

Concepto	BCA			Lineal	Cuadrático	SEM
	34	84	134			
pH Ruminal	5.80	6.03	5.99	0.35	0.42	0.10
AGV totales, mM	71.6	69.2	66.8	0.42	0.99	3.0
AGV rumen, mol/100 mol						
Acetato	59.3	59.5	57.6	0.38	0.51	0.9
Propionato	27.8	27.6	28.4	0.87	0.88	2.0
Isobutirato	0.7	0.9	1.0	0.08	0.50	0.05
Butirato	8.7	9.1	10.4	0.25	0.69	0.7
Isovalerato	2.0	1.8	1.6	0.62	0.95	0.5
Valerato	1.4	1.0	0.9	0.09	0.30	0.1
Acetato/propionate	2.1	2.4	2.04	0.82	0.52	0.3
Metano ¹	0.51	0.52	0.50	0.76	0.79	0.02

¹La producción de metano (mol/mol glucosa equivalente fermentada) se estimó en base en el balance de fermentación teórica para la distribución molar observada (Wolin, 1960).

Tampoco se observó efecto de los tratamientos sobre la digestión total de MS, MO, FND, N ni almidón ($P > .10$), por lo que acorde con lo expuesto por Emery y Brown, (1961), el bicarbonato de potasio podría no ser recomendable tanto como fuente de K en la dieta como de bicarbonato.

CONCLUSIONES

Los niveles de bicarbonato de potasio utilizado en nuestro experimento no fueron capaces de afectar la función ruminal ni la digestión en tracto total. Esto pudiera explicar la ausencia de efectos positivos observados en experimentos previos sobre comportamiento o digestión parcial.

LITERATURA CITADA

- Ammerman, C. B., y R. D. Goodrich. 1983. Advances in Mineral Nutrition in Ruminants. *J. Anim. Sci.* 57:519-533.
- AOAC. 1986. Official methods of analysis (14th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 155.
- Austic, R. E. y C. C. Calvert. 1981. Nutritional interrelationships of electrolytes and amino acids. *Fed. Proc.* 40:63.
- Beighle, D. E., W. B. Tucker y R. W. Hemken. 1988. Interactions of dietary cation-anion balance and phosphorus: effects on growth and serum inorganic phosphorus in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 71:3362.
- Block, E. 1984. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. *J. Dairy Sci.* 67:2939–2948.
- Cerrato, M., S. Calsamiglia y A. Ferret. 2007. Effects of time at suboptimal pH on rumen fermentation in a dual-flow continuous culture system. *J. Dairy Sci.* 90(3):1486-92.
- Chalupa, W. y D. S. Kronfeld. 1983. Sites of actions of dietary buffers in ruminants. *Buffers, Neutralizers, and Electrolytes Symp. Natl. Feed Ingred. Assoc., West Des Moines, IA.* p 183.

- Church, D. C. 1969. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Volumen 1. Digestive and physiology. D. C. Church, Corvallis, O.R.
- Clark, J. L, H. B. Hedrick, G. B. Thompson, J. G. Riley, W. L. Mies, R. J. Epley y R. L. Preston. 1972. Level and distribution of potassium in beef carcasses. J. Anim. Sci. 35:542.
- Combs, N. R. y E. R. Miller. 1985. Determination of potassium availability in K_2CO_3 , $KHCO_3$, corn and soybean meal for the young pig. J. Anim. Sci. 60:715-719.
- Dennis, R. J., R. W. Hemkem y D. R. Jacobson. 1976. Effect of dietary potassium percent on lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 59:324.
- Devlin, T. J., W. K. Roberts y V.V.E. St. Omer. 1969. Effects of dietary potassium upon growth, serum electrolytes and intra-rumen environment of finishing beef steers. J. Anita. Sci. 28:557.
- Emery, R. S. and L. D. Brown. 1961. Effect of feeding sodium and potassium bicarbonate on milk fat, rumen pH, and volatile fatty acid production. J. Dairy Sci. 44:1899.
- Erdman, R. A., R. W. Hemken. y L. S. Bull. 1982. Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: effects on production, acid-base metabolism, and digestion. J. Dairy Sci. 65:712.

- Goering, H.K., and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). Agric. Handbook 379. ARS-USDA, Washington, DC.
- Harrison, D. G., D. E. Beever, D. J. Thomson and D. F. Osbourn. 1975. Manipulation of rumen fermentation in sheep by increasing rate of flow of water from the rumen. J. Agr. Sci. 85:93.
- Hemkem, R. W. 1975. Potassium requirement of the dairy cow. Feed Manag. 26:7.
- Hemsley, J. A. 1975. Effect of high intakes of sodium chloride on the utilization of a protein concentration by sheep. I. Wool growth. Aust. J. Agric. Res. 26:709-714.
- Herod, E. L., R. M. Bechtle., E. E. Bartley. y A. D. Dayton.1978. Buffering ability of several compounds in vitro and the effect of a selected buffer combination on ruminal acid production in vivo. J. Dairy Sci. 61:1114-1122
- Hill, F. N., and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. J. Nutr. 64:587-603.
- Horn. G. W., J. L. Gordon., E. C. Prigge y F. N. Owens. 1979. Dietary Buffers and Ruminal and Blood Parameters of Subclinical Lactic Acidosis in Steers. J. Anim. Sci. 48:683-691.
- Issacson, F. C., F. C. Hinds, M. P. Bryant y F. N. Owens. 1975. Efficiency of energy utilization by mixed rumen bacteria in continuous culture. J. Dairy Sci. 58:1645-1659

Jackson, J. A, D. M. Hopkins, Z. Xin y R. W. Hemken. 1992. Influence of cation-anion balance on feed intake, body weight gain, and humoral response of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 75:1281.

Kay, M., B. F. Fell. y R. Boyne. 1969. The relationship between acidity of the rumen contents and rumenitis in calves fed on barley. *Res. Vet. Sci.* 10:181.

Matrone, G., H. A. Ramsey y G. H. Wise. 1959. Effect of volatile fatty acids, sodium and potassium bicarbonate in purified diets for ruminants. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 100:8.

Mertens, D. R. 1979. Effects of buffers upon fiber digestion. Ed. Church & Dwight Company. Inc. NJ.

Miller, W. J. 1979. Dairy Cattle Feeding and Nutrition. Academic Press New York.

Mogin P. 1981. Recent advance in dietary anion-cation balance: applications in poultry. *Proc. Nutr. Soc.* 40:285.

Neathery, M . W , D. G . Pugh, W. J. Miller, R. P. Gentry, y R. H. Whitlock. 1980. Effects of sources and amounts of potassium on feed palatability and on potassium toxicity in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 63:82.

- Nicholson, J. W. G., H. M. Cunningham y D. W. Friend. 1963. Effect of adding buffers to all-concentrate rations on feedlot performance of steers, ration digestibility and intra-rumen environment. *J. Animal Sci.* 22:368.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- O'Dell, B. L. 1972. Dietary factors that affect biological availability of trace elements. *Ann. N. Y. Acad Sci* 199:70-81.
- Roberts, W. K. y V.V.E. St. Omer. 1965. Dietary potassium requirements of fattening steers. *J. Anita. Sci.* 24:902.
- Reid, R. L., L. P. Hogan and P. K. Briggs. 1957. The effect of diet on individual volatile fatty acids in the rumen of sheep, with particular reference to the effect of low rumen pH and adaptation on high starch diets. *Australian J. Agr. Res.* 8:691
- Roberts, W. K., y V.V.E. St. Omer. 1965. Dietary potassium requirements of fattening steers. *J. Anita. Sci.* 24:902.
- Rogers, J. A., C. L. Davis y J. H. Clark. 1982. Alteration of rumen fermentation, milk fat synthesis and nutrient utilization with mineral salts in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 65:577.

- Ross, J. G., J. W. Spears y J. D. Garlich. 1994. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in growing steers. *J. Anim. Sci.* 72:1842-1848.
- Schneider, P. L., D. K. Beede, C. J. Wilcox, and R.J. Collier. 1984. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat-stressed lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67:2546.
- Sexson, J. L., J. J. Wagner, T. E. Engle y J. W. Spears. 2010. Effects of water quality and dietary potassium on performance and carcass characteristics of yearling steers. *J. Anim. Sci.* 88:296.
- Spears, J. W., K. E. Lloyd, y R. S. Fry. 2011. Tolerance of cattle to high dietary sulfur and effect of dietary cation-anion balance. *J. Anim. Sci.* 89:2502-2509.
- Teh, T. H., R. W. Hemkem y R. J. Harmon. 1985. Comparisons of buffers and their mode of action in the rumen and abomasum. *Nutr. Rep. Int.* 32-.1339-1348.
- Tucker, W. B., G. A. Harrison, R. W. Hemken. 1988. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71:346–354.
- Van Bruchem, J. 1977. Abomasal secretion and motility in^{oooooooooooo} sheep. Agricultural Research Report 88. Dep. Anim. Physiology, Agricultural University, Wageningen, 140p.

- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. O&B Books, Inc., Corvallis. O.R.
- Welt, L. G., W. Hollander y W. B. Blythe. 1960. The consequences of potassium depletion. *J. Chron. Dis.* 11:213.
- West, J. W., B. G. Mullinix, y T. G. Sandifer. 1991. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *J. Dairy Sci.* 74:1662-1674.
- West, J. W., C. E. Coppock, D. H. Nave, J. M. Labore y L. W. Greene. 1987. Effects of potassium carbonate and sodium carbonate on rumen function in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 70:81.
- West, J. W., K. D. Haydon, B. G. Mullinix y T. G. Sandifer. 1992. Dietary cation-anion balance and cation source effects on production and acid-base status of heat-stressed cows. *J. Dairy Sci.* 75:2776.
- Zinn, R. A. 1990. Influence of steaming time on site digestion of flaked corn in steers. *J. Anim. Sci.* 68:776-781.
- Zinn, R. A. and F. N. Owens. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.* 66:157-166.