

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Efectos de la adición de buffers sobre la acidosis en rumiantes

Por:

Mariel Yaretzi López Herrera

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efectos de la adición de buffers sobre la acidosis en rumiantes

Por:

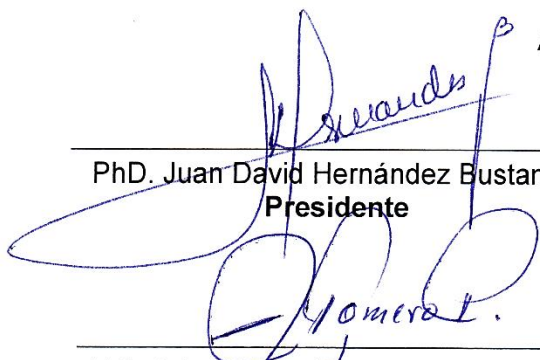
Mariel Yaretzi López Herrera

TESIS

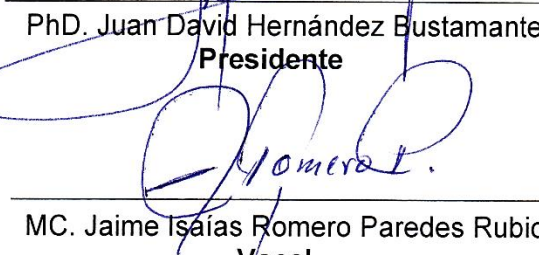
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


PhD. Juan David Hernández Bustamante
Presidente


MVZ. Federico Hernández Torres
Vocal


MC. Jaime Isaías Romero Paredes Rubio
Vocal


Dra. María Guadalupe Sánchez Loera
Vocal suplente


MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efectos de la adición de buffers sobre la acidosis en rumiantes

Por:

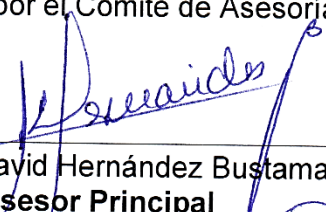
Mariel Yaretzi López Herrera

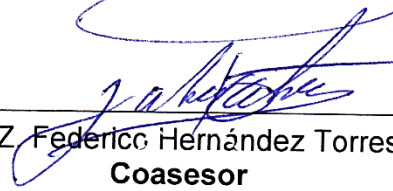
TESIS

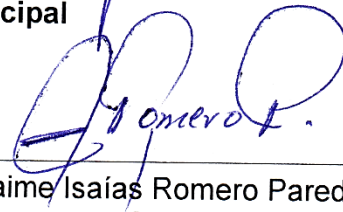
Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

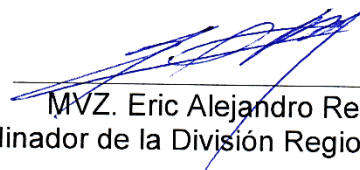
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


PhD. Juan David Hernández Bustamante
Asesor Principal


MVZ. Federico Hernández Torres
Coasesor


MC. Jaime Isaías Romero Paredes Rubio
Coasesor


MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



AGRADECIMIENTOS

A mi hija Aranza quien es la pieza más importante ya que gracias a ella aprendí a superar todos los obstáculos y luchar para brindarle un mejor futuro, por su paciencia en esos días de estrés y su apoyo incondicional día y noche.

A mis padres Ana Violeta Herrera Sánchez y Manuel De Jesús López Torres, quienes me ayudaron a cumplir mi sueño, respaldando todas mis decisiones, gracias por creer en mi, incluso cuando yo dudaba de mí misma.

A mi pareja Diego Valdez por sus palabras de aliento y por estar al pendiente de mis trabajos, proyectos y mis practicas.

A mis hermanos Ricardo y Gerardo y amistades que formé dentro de esta universidad: Kenia, Manuel, Marlene, Jorge, Sagrario, por las palabras de aliento y por todas las motivaciones día con día, cuando teníamos dudas en los trabajos y presentaciones.

A mi asesor el Dr. Juan David Hernández Bustamante por su confianza y por compartir sus conocimientos conmigo

A los Doctores Edgar Diaz y Oscar Ángel ya que estuvieron en los momentos difíciles donde había mucha frustración y por su paciencia, por permitirme aprender y enseñar a otros alumnos.

A toda mi familia que cada uno de ellos puso un granito de arena para poder llegar hasta este momento.

Al Lic. Genaro Macias por permitirme realizar mis prácticas en sus instalaciones, experimentar con sus animales y por la confianza de brindarme un trabajo.

Al Señor Francisco Heredyan por enseñarme todo sobre las vacas productoras de leche y por su paciencia tan enorme para estar detrás de mi respaldando mis decisiones en la etapa laboral.

A Dios por brindarme salud y fortaleza.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1 Acidosis ruminal.....	2
2.2 Función de los buffers en bovinos de carne.....	2
2.3 Comparativa de agentes amortiguadores.....	2
2.4 Efectos adicionales y consideraciones	3
2.4.1 ¿Qué es el bicarbonato de sodio?	3
2.4.2 ¿Qué es el óxido de magnesio?.....	4
2.5 Procedimiento quirúrgico de la fistula	4
2.6 Qué es el pH ?	11
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1 Localización del área de estudio y manejo de los animales	13
4.2 Animales experimentales	13
4.3 Variable de estudio y toma de muestras	14
4.3.1 Parámetros Ruminales.....	14
• pH Ruminal: se usó un potenciómetro digital portátil (HANNA instruments pH Tester). Las tomas fueron a las 0, 4, 8, 12 y 24 horas post-alimentación, directamente del rumen.	14
4.4 Dieta experimental.....	14
4.5 Variables evaluadas	14
4.5.1 pH.....	14
4.6.1 Análisis estadístico.....	15
V. RESULTADOS.....	16
VI. DISCUSIÓN	16
VII. CONCLUSIÓN.....	18
VIII. LITERATURA CITADA	19

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Características del bicarbonato de sodio y del óxido de magnesio	3
Cuadro 2 Valores numéricos del análisis del ph del bicarbonato de sodio vs la mezcla 4	16

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Material quirúrgico y sanitario usado en la cirugía	6
Figura 2 Incisión cutánea, según el tamaño de la cánula.....	7
Figura 3 Disección de capas, (disección roma)	7
Figura 4 Disección roma músculos oblicuo externo, interno y transversal del abdomen	8
Figura 5 Punto de fijación, se sutura la pared del rumen a la piel.....	8
Figura 6 Técnica de sutura continua tipo cushing, con material no absorbible	9
Figura 7 Se sutura conforme a las manecillas del reloj	9
Figura 8 Preparación para la aplicación de la cánula	10
Figura 9 Colocación de la cánula.....	10
Figura 10 Becerras fistuladas con cuidados postoperatorios	11
Figura 11 Gráfico de los datos obtenidos del ph.....	16

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de la adición de agentes amortiguadores (buffers) sobre el ambiente ruminal en bovinos de engorda alimentados con dietas altas en concentrado (60% concentrado, 40% forraje). El estudio se centró en mitigar la acidosis ruminal, un trastorno metabólico común en sistemas intensivos que compromete la salud y productividad animal. Se utilizaron bovinos machos de raza Charoláis, castrados y con fístula ruminal permanente, bajo un diseño experimental cross-over.

Los tratamientos consistieron en la suplementación diaria de 200 g de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) frente a una mezcla mineral (Mezcla 4). Se monitoreó el pH ruminal mediante un potenciómetro digital en intervalos de 0, 4, 8, 12 y 24 horas post-alimentación. Los resultados preliminares indican que el bicarbonato de sodio mantuvo niveles de pH consistentemente más altos (rango de 6.4 a 7.3) en comparación con la Mezcla 4 (rango de 5.9 a 6.9). Se concluye que la suplementación con buffers es una estrategia eficaz para estabilizar el pH ruminal por encima del umbral crítico de 5.5, favoreciendo la homeostasis y previniendo cuadros de acidosis.

Palabras clave: Acidosis ruminal, Buffers (Amortiguadores), Bicarbonato de sodio, Oxido de magnesio, Fístula ruminal, PH ruminal

I. INTRODUCCION

En la industria del ganado de carne, la intensificación de los sistemas de engorda en corral ha priorizado el uso de dietas con alta densidad energética para maximizar la eficiencia de conversión y el marmoleo. Estas raciones, ricas en carbohidratos de fermentación rápida, predisponen a los animales a la Acidosis Ruminal Subaguda

+(SARA), una condición caracterizada por caídas persistentes del pH ruminal por debajo de 5.6. Investigaciones recientes destacan que la acidosis no es solo un evento químico, sino un trastorno inflamatorio complejo que compromete la integridad de la barrera gastrointestinal (Guo.Y., Zhang, & Liu, 2024).

La fisiopatología de la acidosis en bovinos de carne ha adquirido una nueva dimensión con el estudio del microbioma. Se ha observado que el descenso del pH induce una disbiosis severa, incrementando la abundancia de bacterias gramnegativas que, al lizarse, liberan lipopolisacáridos (LPS) o endotoxinas en el fluido ruminal (Zhang, Wang, & Chen, 2023).

Esta liberación de endotoxinas, junto con una menor producción de saliva debida a la baja ingesta de fibra efectiva, debilita las uniones estrechas del epitelio ruminal, permitiendo la translocación de patógenos que derivan en abscesos hepáticos y laminitis, impactando negativamente el bienestar animal y la rentabilidad del sistema (Meale, Li, & Beauchemin, 2024).

Ante este escenario, la adición de agentes buffers o amortiguadores se mantiene como la estrategia de mitigación más crítica. Mientras que el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) sigue siendo el estándar por su capacidad de elevar el pH rápidamente, las investigaciones de los últimos dos años se han volcado hacia el uso de buffers de liberación lenta y fuentes minerales complejas, como las algas marinas calcáreas y el óxido de magnesio de alta reactividad. Estos compuestos no solo ofrecen una estabilidad del pH más prolongada, sino que también actúan modulando la fermentación para favorecer la producción de acetato sobre el lactato (Smith, Garcia, & Hernandez, 2023).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Acidosis ruminal

Este desorden metabólico es recurrente en unidades de producción intensiva que emplean dietas con carbohidratos altamente fermentables. La degradación acelerada de estos insumos en el rumen genera una saturación de ácido láctico y ácidos grasos volátiles (AGV), lo que desploma el pH y rompe el equilibrio de la microbiota ruminal. Estas condiciones no solo perjudican la digestión de la fibra y el rendimiento productivo, sino que también desencadenan patologías clínicas severas.

2.2 Función de los buffers en bovinos de carne

Los modificadores dietéticos conocidos como buffers se integran a la ración para neutralizar la acidez excesiva y prevenir fluctuaciones drásticas en el pH del rumen. Entre los agentes más comunes destacan el bicarbonato de sodio (NaHCO_3), el carbonato de calcio y diversas mezclas de minerales alcalinos. Su mecanismo de acción consiste en potenciar la capacidad amortiguadora del fluido ruminal, regulando los ácidos producidos sin interrumpir la fermentación necesaria para la obtención de energía.

2.3 Comparativa de agentes amortiguadores

Bicarbonato de Sodio: Es considerado el referente principal por su capacidad de incrementar el pH de manera casi instantánea. Sin embargo, debido a su elevada solubilidad, su efecto es transitorio y suele diluirse antes de que el animal alcance el punto más crítico de acidez (nadir), que ocurre generalmente entre las 4 y 6 horas después de la ingesta.

Óxido de Magnesio (MgO): A diferencia del bicarbonato, actúa como un agente neutralizante de acción prolongada. Su baja solubilidad permite una estabilidad del pH a mediano plazo, y su combinación con NaHCO_3 genera un efecto sinérgico donde el

primero actúa de forma inmediata y el segundo mantiene la homeostasis por más tiempo.

Cuadro 1 Características del bicarbonato de sodio y del óxido de magnesio

CARACTERISTICAS	BICARBONATO DE SODIO	OXIDO DE MAGNESIO
Tipo de acción	Buffer inmediato	Neutralizante
Solubilidad	muy alta	Baja
Impacto en fibra	Alto	Moderado
Dosis recomendada	0.75%- 1.5% MS	0.20%- 0.40% MS

2.4 Efectos adicionales y consideraciones

2.4.1 ¿Qué es el bicarbonato de sodio?

Químicamente, es un agente neutralizante. Su característica más importante es su capacidad de actuar como un amortiguador (buffer), lo que significa que puede resistir cambios bruscos en el pH al reaccionar tanto con ácidos como con bases.

En el contexto de la medicina veterinaria y la nutrición, el bicarbonato de sodio es fundamental para mantener la homeostasis:

- **Regulación del pH Ruminal:** Es el principal buffer utilizado para prevenir la acidosis ruminal. Ayuda a neutralizar los ácidos grasos volátiles (AGV) producidos durante la fermentación de carbohidratos.
- **Equilibrio Ácido-Base:** En el torrente sanguíneo, el sistema bicarbonato/ácido carbónico es el mecanismo más importante para mantener el pH de la sangre en rangos fisiológicos normales.

2.4.2 ¿Qué es el óxido de magnesio?

1. Propiedades de acción química

A diferencia del bicarbonato de sodio, el óxido de magnesio es un agente neutralizante de acción más lenta, pero con una mayor capacidad de neutralización de ácidos por unidad de peso. Cuando entra en contacto con el agua o fluidos gástricos, se hidrata para formar hidróxido de magnesio.

2. Funciones en la fisiología y nutrición animal

El óxido de magnesio cumple dos funciones críticas:

Fuente de Magnesio: Es la fuente más común de magnesio suplementario para prevenir deficiencias como la "tetania de los pastos" (hipomagnesemia) en rumiantes.

Alcalinizante Ruminal: Actúa elevando el pH del rumen. A diferencia del bicarbonato (que es un buffer o amortiguador), el óxido de magnesio es un neutralizador; no solo resiste el cambio de pH, sino que lo eleva directamente al reaccionar con los hidrogeniones (H^+).

3. Aplicaciones en la Dieta

Sinergia con Bicarbonato: Es muy común encontrarlo en mezclas comerciales junto al bicarbonato de sodio. Mientras el bicarbonato actúa de forma inmediata, el óxido de magnesio tiene un efecto más prolongado en el tiempo.

Control de Grasa en Leche: Ayuda a mejorar la captación de precursores de grasa láctea por la glándula mamaria, lo que previene la caída del porcentaje de grasa en vacas con dietas altas en granos.

2.5 Procedimiento quirúrgico de la fistula

La creación de una fístula o cánula ruminal es un procedimiento quirúrgico estándar en la investigación de nutrición y fisiología de rumiantes. Este procedimiento permite

el acceso directo al contenido del rumen para recolectar muestras o introducir sustancias de prueba.

A continuación, se detalla el procedimiento técnico quirúrgico (técnica de un solo tiempo). y las consideraciones académicas para tu documento:(esto no ponerlo)

1. Preparación Preoperatoria

1. **Ayuno:** Se recomienda un ayuno de sólidos de 24 a 48 horas y de líquidos de 12 a 24 horas para reducir la presión ruminal y el riesgo de derrame de contenido durante la cirugía.
2. **Localización:** El sitio quirúrgico es la fosa del flanco izquierdo (el "hueco" del ijar), equidistante entre la última costilla, las apófisis transversas de las vértebras lumbares y la tuberosidad coxal.
3. **Anestesia:** Generalmente se realiza con el animal en pie, utilizando una anestesia local por infiltración (bloqueo en L invertida o bloqueo paravertebral) con lidocaína al 2%.

2. Técnica Quirúrgica (Procedimiento)

1. **Incisión Cutánea:** Se realiza una incisión circular en la piel, un poco más pequeña que el diámetro del cuello de la cánula (aprox. 10-12 cm). Se retira el disco de piel.
2. **Disección de Capas:** Se realiza una disección roma (separación de fibras) de los músculos oblicuo externo, oblicuo interno y transversal del abdomen hasta llegar al peritoneo, el cual se incide con cuidado.
3. **Exteriorización del Rumen:** Se localiza la pared dorsal del saco ruminal y se tracciona hacia afuera del orificio quirúrgico.
4. **Fijación (Sutura):** Esta es la fase crítica. Se sutura la pared del rumen a la piel utilizando una técnica de sutura continua de tipo "cushing" o "lembert" con material no absorbible (como nylon o seda) de calibre grueso. El objetivo es crear un sello

hermético que evite que el contenido ruminal caiga a la cavidad abdominal (peritonitis).

5. Ruminotomía: Una vez asegurado el rumen a la piel, se realiza una incisión circular en la pared expuesta del rumen.
6. Colocación de la Cánula: Se introduce la base de la cánula (generalmente de plastisol o caucho flexible) a través del orificio y se asegura con su tapón exterior.

3. Cuidados Postoperatorios

1. Limpieza: Lavado diario de la zona con agua y jabón neutro para evitar la acumulación de secreciones.
2. Medicamentos: Administración de antibióticos de amplio espectro y analgésicos/antiinflamatorios (como flunixin meglumine) durante 3 a 5 días.
3. Retiro de Puntos: Los puntos de sutura externos suelen retirarse a los 10-14 días post-cirugía.



Figura 1 Material quirúrgico y sanitario usado en la cirugía



Figura 2 Incisión cutánea, según el tamaño de la cánula



Figura 3 Disección de capas, (disección roma)



Figura 4 Disección roma músculos oblicuo externo, interno y transverso del abdomen



Figura 5 Punto de fijación, se sutura la pared del rumen a la piel



Figura 6 Técnica de sutura continua tipo cushing, con material no absorbible



Figura 7 Se sutura conforme a las manecillas del reloj



Figura 8 Preparación para la aplicación de la cánula



Figura 9 Colocación de la cánula



Figura 10 Becerros fistulados con cuidados postoperatorios

2.6 Qué es el pH?

El pH (potencial de hidrógeno) es una medida logarítmica que expresa la concentración de iones de hidrógeno (H^{+}) en una solución, determinando qué tan ácida o alcalina (básica) es dicha sustancia (Nelson & Cox, 2021).

La escala de pH varía generalmente de 0 a 14:

- pH < 7 (Ácido): Existe una alta concentración de iones de hidrógeno. (Ejemplo: Jugos gástricos, ácido de batería).
- pH = 7 (Neutro): La concentración de iones H^{+} y OH^{-} es igual. (Ejemplo: Agua pura).
- pH > 7 (Alcalino o Básico): Existe una baja concentración de iones de hidrógeno. (Ejemplo: Bicarbonato de sodio, jabón) (Hall & Hall, 2020).

pH Ruminal: En bovinos, el pH óptimo del rumen debe oscilar entre 6.2 y 7.0. Si el pH cae por debajo de 5.5 de manera sostenida, el animal entra en un estado de acidosis ruminal, lo que afecta la microbiota y la digestión de la fibra.

- pH Sanguíneo: Es vital para la homeostasis. En la mayoría de los mamíferos, el pH de la sangre arterial se mantiene estrechamente regulado entre 7.35 y 7.45.
- Acción de los Buffers: Sustancias como el bicarbonato de sodio actúan capturando los iones H^+ sobrantes para evitar que el pH baje drásticamente. (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2012).

II. HIPÓTESIS

La suplementación con buffers en animales con dietas altas en granos ayuda a mantener el pH del rumen dentro de los niveles adecuados, lo cual nos ayuda a tener una mejor digestibilidad y mayor aprovechamiento de los nutrientes.

III. OBJETIVO

Evaluar cómo la incorporación de buffers en la dieta influye en el pH del rumen sobre la acidosis ruminal en bovinos alimentados con dietas con alto contenido de concentrado.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

General

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002).

4.1 Localización del área de estudio y manejo de los animales

El trabajo de investigación para la presente tesis se realizó en los corrales para bovinos, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera Santa Fe, S/N, Torreón Coahuila, C.P. 27059.

4.2 Animales experimentales

Se utilizaron bovinos macho de engorda de dos años, raza charoláis castrados y con fistula ruminal permanente.

4.3 Variable de estudio y toma de muestras

4.3.1 Parámetros Ruminales

- pH Ruminal: se usó un potenciómetro digital portátil (HANNA instruments pH Tester). Las tomas fueron a las 0, 4, 8, 12 y 24 horas post-alimentación, directamente del rumen.

4.4 Dieta experimental

La dieta estuvo constituida por heno de alfalfa y alimento comercial con el 21% de proteína en base seca, hubo una relación 40% forraje:60% concentrado.

Se proporcionaba alimento por la mañana (8.00 am) y por la tarde (5.00 pm) al momento de ofrecerles el alimento, se ofrecían 100 g de los productos a probar a cada animal hasta llegar a 200 g por día.

El agua fue ofrecida *ad libitum* y siempre estuvo disponible.

Período de Adaptación: Fundamental detallar que los animales tuvieron al menos 10-14 días de adaptación a la dieta para estabilizar la microbiota.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño cross over donde los dos animales tuvieron contacto en las mismas condiciones con las dos sustancias a probar.

4.5 Variables evaluadas

4.5.1 pH

4.6.1 Análisis estadístico

Se hizo un análisis de medias por el método de tukey (2009).

V. RESULTADOS

Cuadro 2 Valores numéricos del análisis del ph del bicarbonato de sodio vs la mezcla 4

HORA	MEZCLA 4	BICARBONATO
0	6.5	7.2
4	6.4	6.5
8	6.2	6.5
12	5.9	6.4
24	6.9	7.3
48	6.4	7.3

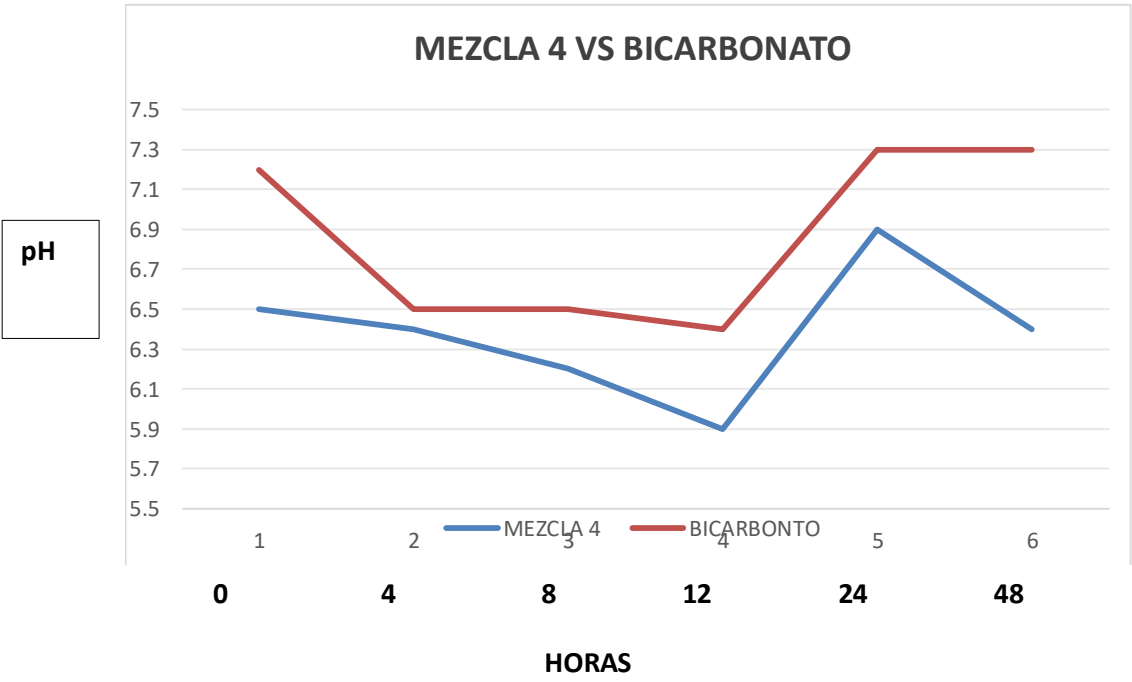


Figura 11 Gráfico de los datos obtenidos del ph

VI. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la suplementación con agentes amortiguadores tiene un impacto directo y significativo en la estabilidad del ecosistema ruminal. Al analizar el pH de los animales suplementados con Bicarbonato de Sodio frente a la Mezcla 4, se observa que el bicarbonato mantuvo valores superiores en todos los puntos de muestreo, alcanzando un máximo de 7.3. Este comportamiento coincide con lo descrito por (Smith, Garcia, & Hernandez, 2023), quienes señalan al bicarbonato como el "estándar de oro" por su capacidad inmediata de neutralización tras la ingesta de concentrados.

Un hallazgo crítico en la dinámica del pH fue el comportamiento a las 4 y 8 horas post-alimentación. En el grupo de la Mezcla 4, el pH descendió hasta 5.9, acercándose al umbral crítico de 5.5 donde comienza la acidosis ruminal subaguda (SARA). En contraste, el grupo con bicarbonato no descendió de 6.4 en esos mismos periodos. Esta diferencia es vital, ya que mantener el pH por encima de 6.0 es una condición necesaria para la supervivencia de las bacterias celulolíticas, encargadas de la degradación de la fibra.

La variación dinámica observada durante el periodo post-prandial confirma la hipótesis de que los buffers compensan la menor producción de saliva natural en dietas con 60% de concentrado. Aunque la Mezcla 4 logró mantener al animal fuera de la acidosis clínica, la mayor estabilidad proporcionada por el bicarbonato de sodio sugiere una mejor protección contra la disbiosis microbiana y la posible liberación de endotoxinas asociadas a caídas bruscas de pH.

VII. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los objetivos planteados y los datos generados en esta investigación, se concluye lo siguiente:

La inclusión de buffers en la dieta de bovinos de engorda es una herramienta eficaz para prevenir la acidosis ruminal en sistemas de alimentación intensiva.

El bicarbonato de sodio mostró una mayor capacidad de elevar el pH ruminal en comparación con la mezcla mineral evaluada, manteniendo el ambiente ruminal en rangos óptimos (6.4 - 7.3) para la fermentación bacteriana.

La suplementación con 200 g diarios de buffer permitió que, a pesar de la alta carga de carbohidratos fermentables (60% de la dieta), el pH nunca cayera por debajo del límite de riesgo de 5.5.

El uso de animales fistulados permitió confirmar que el momento de mayor vulnerabilidad para el rumiante ocurre en las horas intermedias post-alimentación, donde la acción del buffer es determinante para mantener la homeostasis.

VIII. LITERATURA CITADA

- Christodoulopoulos, G. (2025). Acidosis ruminal subaguda en ganado: Una revision crítica del manejo clínico. *Veterinario Res Commun* , 49-273.
- Editores, BM. (2024). Importancia del pH y el balance en el rumen. BM Editores.
- Erdman, R. A. (1988). Dietary buffers and antiseptics in ruminant feeding: A review. *Journal of Dairy Science*, 3246-3266.
- Guo.Y., Zhang, Y., & Liu, J. (2024). Rumen epithelial barrier function and its modulation in beef cattle facing inflammatory challenges: A reviw. *Journal of animal Science and Biothechnology*, 45-58.
- Hall, J. E., & Hall, M. E. (2020). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology* (14th ed.). Elsevier.
- Handayani, U. F. (2025). Prevenir la acisosis ruminal y optimizar el rendimiento de los rumiantes mediante la suplementacion con tampón de carbonato: Una revision . *Ciencias Integrales Veterinarias*, 1-21.
- Hernandez, J. (2014). Acidosis ruminal en corrales de engorde: de la etiología a la prevención . *The Scientific World Journal*.
- Lorenz, I. (junio de 2022). *MANUAL DE MSD* . Obtenido de msdvetmanul.com: <https://www.msdsvetmanual.com/es/aparato-digestivo/enfermedades-de-los-preest%C3%B3magos-de-los-rumiantes/acidosis-ruminal-subaguda-en-ganado-vacuno-y-ovino>
- Mao, J. y. (2025). Acidosis del rumen en rumiantes: una revision de los efectos de dietas de alto contenido y el posible papel modulador de la espuma de rumen. . *Fronteras de ciencia veterinaria* , 12 .
- Mao, S. H. (2017). In vitro effects of sodium bicarbonate buffer on rumen fermentation, levels of lipopolysaccharide and biogenic amine, and composition of rumen microbiota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 1276- 1285.
- Meale, S. J., Li, S., & Beauchemin, K. A. (2024). Integrating precision feeding and additives to mitigate subacute ruminal acidosis in intensive beef production. *Animal Feed Science and Tecnology* .

- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2012). Nutrient Requirements of Dairy Cattle (8th revised ed.). National Academies Press.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2021). Lehninger Principles of Biochemistry. New York : W. H. Freeman .
- Ramos, S. C., & Jeong, C.-D. (2021). Enhanced ruminal fermentation parameters and altered rumen bacterial community composition by formulated rumen buffer agents fed to dairy cows with a high-concentrate diet. *Agriculture*, 554.
- Smith, T. K., Garcia, M., & Hernandez, J. (2023). Comparative effects of sodium bicarbonate and calcareous marine algae on rumen fermentation and microbiota in feedlot steers. *Journal of Animal Science* , skad044.
- Valera, M. Á. (2007). Reproducción canina. *politecnica veterinaria centauro* .
- Voulgarakis, N., Athanasiou, L., Psalla, D., Papatsiros, V., & Christodouloupoulos, G. (2024). Acidosis ruminal Parte II: Diagnostico, prevencion y tratamiento. *Revista de la Sociedad Médica Veterianaria Helénica* , 6329-6336.
- Voulgarakis, N., Gougoulis, D., Psalla, D., Papatsiros, V., & Christogouloupoulos, G. (2024). Subcute ruminal acidosis in cattle A critical review of clinical management. *Veterinary Research*, 947-961.
- Zhang, X., Wang, L., & Chen, H. (2023). Dissecting the rumen microbiome and metabolome responses to high-concentrate diet-induced acidosis in beef cattle. *Microbiome*, 89-104.