

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

“UNIDAD LAGUNA”

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**“CAPACIDAD BUFFER DEL HIDRÓXIDO DE
MAGNESIO, ÓXIDO DE MAGNESIO Y BICARBONATO
DE SODIO EN GANADO DE CARNE QUE PADECEN
ACIDOSIS RUMINAL”**

POR

BENJAMIN ARIAS PALACIO

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE**

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN COAHUILA, MÉXICO NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

"UNIDAD LAGUNA"

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**CAPACIDAD BUFFER DEL HIDRÓXIDO DE MAGNESIO,
ÓXIDO DE MAGNESIO Y BICARBONATO DE SODIO EN
GANADO DE CARNE QUE PADECEN ACIDOSIS RUMINAL**

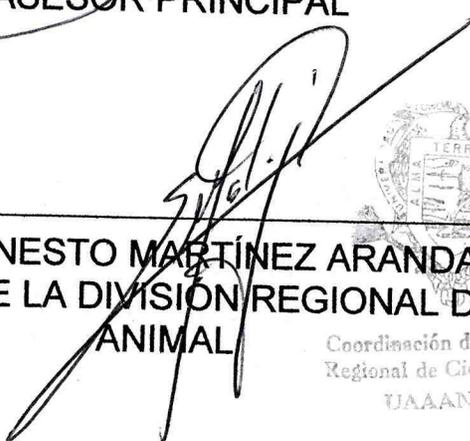
POR

BENJAMIN ARIAS PALACIO

APROBADA POR



PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE
ASESOR PRINCIPAL



M.C. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA
ANIMAL


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal
UAAAN - UL

TORREÓN COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE DE 2005

TESIS QUE SE SOMETERÁ A LA CONSIDERACIÓN DEL H.
JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR:



PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE
PRESIDENTE



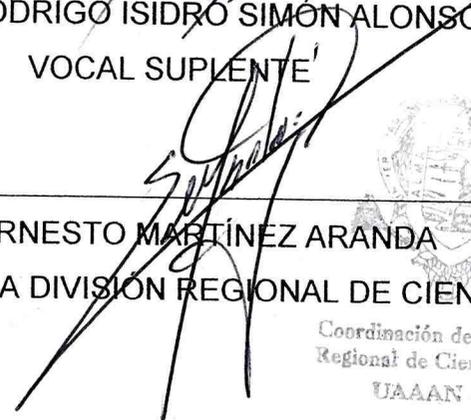
M.V.Z. JESÚS GAETA COVARRUBIAS
VOCAL



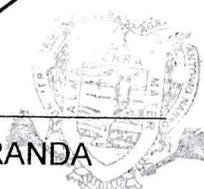
I.Z. JORGE HORACIO BORUNDA RAMOS
VOCAL



M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO
VOCAL SUPLENTE



M.C. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal
UAAAN - UL

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la oportunidad de estar en estas circunstancias y momento de la vida y por ser una base primordial en mi fe y lo espiritual.

A mis padres por darme apoyo incondicional en la realización de mi perfil profesional y mis ilusiones.

A mi ALMA MATER por darme la oportunidad de prepararme y evolucionar académicamente entre sus aulas, campos experimentales y pasillos.

Al PhD. Bustamante por el apoyo que me brindo y la confianza que depositó en mí para la realización de este trabajo, por compartirme sus conocimientos y darme la oportunidad de integrarme a su equipo de trabajo.

Al I.Z. Borunda por apoyarme en todos los aspectos durante los 5 años de mi formación profesional, por compartir sus conocimientos, los consejos y por ser un buen amigo aquí en la universidad y fuera de ella.

Al M.C. Quezada y demás maestros por sus conocimientos aportados, paciencia y dedicación que tuvieron hacia mí para lograr mi superación.

A mis compañeros con los que compartí momentos de alegrías y tristezas y a los que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas.

Y a todas aquellas personas que de algún modo me brindaron su apoyo.

A todos ellos GRACIAS, MUCHAS GRACIAS.....

DEDICATORIAS

A mi madre, Maria Palacio, que es el ser que me dio la vida, que ha querido siempre lo mejor para mí, por ser la guía para estar en el camino correcto y mantener a la familia unida, además de enseñarme a luchar para conseguir la superación.

A mi padre, Moisés Arias, que siempre me ha brindado apoyo incondicional, por ser un ejemplo para mí, por ser el mejor padre y amigo, y por depositar su confianza en mí. Gracias por todas las cosas que siempre me has dado, y por darme la oportunidad de prepararme para enfrentar la vida con mejores herramientas.

A mis hermanos Arsenio, Armando, Moisés, Lucino por todo su apoyo brindado en la realización de mis objetivos, y por ser fuentes de inspiración.

A mis hermanas Eno y Zaida por su apoyo incondicional, amor y cariño.

Y en general a toda mi familia por apoyarme. Gracias.

LISTA DE CUADROS

Cuadro.	Página.
1. DOSIS DE BICARBONATO SODICO POR KILOGRAMO DE SS (SUSTANCIA SECA).....	10
2. VALORES DEL pH RUMINAL CUANDO SE COMPARÓ EL ÓXIDO DE MAGNESIO VS BICARBONATO DE SODIO.....	22
3. VALORES DEL pH RUMINAL CUANDO SE COMPARO EL HIDRÓXIDÒ DE MAGNESIO VS BICARBONATO DE SODIO.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figura.	Página.
1. Cambios en el pH de la dieta posteriores a la alimentación.....	13
2. Cambios en el pH ruminal con la adición de buffers, postalimentación.....	15
3. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 100% de óxido de magnesio contra 0% de bicarbonato de sodio.	23
4. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 75% de óxido de magnesio contra 25% de bicarbonato de sodio.....	23
5. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 50% de óxido de magnesio contra 50% de bicarbonato de sodio.....	24
6. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 25% de óxido de magnesio contra 75% de bicarbonato de sodio.	24
7. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 0% de óxido de magnesio contra 100% de bicarbonato de sodio.	25
8. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 100% de hidróxido de magnesio contra 0% de bicarbonato de sodio.....	27

9.	Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 75% de hidróxido de magnesio contra 25% de bicarbonato de sodio.....	27
10.	Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 50% de hidróxido de magnesio contra 50% de bicarbonato de sodio.....	28
11.	Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 25% de hidróxido de magnesio contra 75% de bicarbonato de sodio.....	28
12.	Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 0% de hidróxido de magnesio contra 100% de bicarbonato de sodio.....	29
13.	Grafica de los valores resultantes de la comparación entre el óxido de magnesio versus el bicarbonato de sodio.....	30
14.	Grafica de los valores resultantes de la comparación entre el hidróxido de magnesio versus el bicarbonato de sodio.....	31

ÍNDICE

	Página.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
LISTA DE CUADROS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
ÍNDICE	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. FACTORES QUÍMICOS DE LOS ÁCIDOS	4
3.2. FACTORES DETERMINANTES DEL PH RUMINAL	4
3.3. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS FACTORES IMPLICADOS EN EL CONTROL DEL PH RUMINAL	5
3.4. LA CAPACIDAD TAMPONANTE DEL RUMEN	6
3.4.1. La producción de saliva	6
3.4.2. La capacidad tamponante de los alimentos	8
3.5. EL USO DE BUFFERS EN DIETAS LECHERAS	10
3.6. BUFFERS	11
3.6.1 La función de los buffers	11
3.7. EL ÓXIDO DE MAGNESIO COMO BUFFER/ALCALINIZADOR	14
3.8. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD TAPÓN DEL BICARBONATO IN VITRO	16
3.9. BICARBONATO DE SODIO	17
3.10. HIDRÓXIDO DE MAGNESIO	18
3.11. BIODISPONIBILIDAD DEL MAGNESIO EN BOVINOS UTILIZANDO ÓXIDO DE MAGNESIO E HIDRÓXIDO DE MAGNESIO	18
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	21
4.1. DIETA EXPERIMENTAL DEL ANIMAL	21
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
VI. CONCLUSIONES	32
VII. LITERATURA CITADA	33

RESUMEN

La disminución del pH ruminal es consecuencia de un exceso de granos (dietas calientes) lo que trae consigo acidosis u otras patologías. En este estudio se evaluaron tres sustancias buffer para ver cual tenia una mejor función amortiguadora o tampón. Se utilizaron el hidróxido de magnesio, el óxido de magnesio combinados con el bicarbonato de sodio en diferentes cantidades o administrados de forma individual, en donde el que mejores resultados mostró fue el hidróxido de magnesio en forma individual, el cual a las dos horas de haberse administrado contribuyó a un significativo aumento del pH; mayor al óxido de magnesio o combinado en las diferentes cantidades con el bicarbonato, y en las siguientes horas también se mostró estable.

I. INTRODUCCIÓN

El consumo elevado de dietas para bovinos, que contienen alta concentración de granos trae como consecuencia una alta producción y en particular para bovinos dedicados al abasto de carne unos buenos aumentos de peso en dichos animales.

Lo anterior supone que todos los productores de bovinos de carne, deben usar este tipo de dietas, es decir, que sean proveedores de altas cantidades de carbohidratos altamente fermentables para la producción de ácidos grasos volátiles y por lo tanto con una digestibilidad energética muy alta, pues esto motivará que haya una absorción mayor de energía con mucha capacidad de producir el conjugado que se requiere con la proteína y así transformarse en el producto esperado.

La estrategia alimentaria en los rumiantes se basa en la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal. Mientras el rumiante aporta alimentos y las condiciones adecuadas del medio, las bacterias utilizan parcialmente los alimentos haciendo útiles los forrajes y aportando productos de la fermentación con valor nutritivo para el rumiante y la proteína microbiana. Cuando esta relación simbiótica se ve alterada como consecuencia de un desequilibrio en los componentes de la dieta (exceso de granos) causa una alteración en el medio ruminal, provocando diarreas mecánicas, desplazamiento de abomaso, disminución del pH, entre otras y en consecuencia una baja en la producción.

El pH óptimo del medio ruminal oscila entre 6.2 y 6.8., el cual es un factor muy susceptible a variaciones, en donde la ración es la principal causa de los cambios. La capacidad tampón del medio ruminal esta dada, por la cantidad de saliva segregada en la cual encontramos fosfatos y bicarbonatos, la capacidad tampón intrínseca de los alimentos ingeridos y la capacidad tamponate de los productos de fermentación.

La disminución del pH ruminal desencadena respuestas metabólicas y fisiológicas, que disminuye la eficiencia productiva, es por eso que se agregan sustancias amortiguadoras (hidróxido de magnesio, óxido de magnesio, bicarbonato de sodio); los cuales neutraliza la acidez ruminal producida por la

fermentación microbiana de los carbohidratos, y así tener una mejor conversión alimenticia y una mayor ganancia de peso.

II. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo el comparar tres productos químicos que puedan tener la opción de poder ser utilizados como buffer o tampón en el rumen de bovinos y que se pueda demostrar en forma medible sus resultados. Además tratar de establecer al magnesio como opción para aliviar los problemas digestivos de los animales para abasto y así poder contribuir a la salud digestiva de estos y por la tanto a una mayor producción de carne.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 FACTORES QUÍMICOS DE LOS ÁCIDOS

Un ácido es una sustancia capaz de liberar protones (H^+) y una base es una sustancia capaz de aceptar protones (H^+). Dentro de esta sencilla definición, se puede clasificar a los ácidos por su afinidad por el H^+ (Montoreano, 2002).

Un amortiguador químico, también conocido con el nombre de buffer o tampón, es una sustancia o conjunto de ellas capaces de resistir, mejor que el agua, un cambio de pH debido al agregado de un ácido o una base. Un amortiguador deberá actuar, entonces, impidiendo que los H^+ queden libres, substrayéndolos de la solución (Montoreano, 2002).

El P_k Es una expresión de la constante de equilibrio y, por lo tanto, depende de cada par ácido-base conjugada. Se determina experimentalmente encontrado el valor de pH en que el amortiguador tiene la máxima capacidad buffer (Montoreano, 2002).

3.2 FACTORES DETERMINANTES DEL pH RUMINAL

El control del pH juega un papel central en el mantenimiento de una fermentación ruminal equilibrada. La acidosis es el resultado de la pérdida de las condiciones normales de acidez en el rumen como consecuencia de un desequilibrio entre la producción de protones (H^+) y de su eliminación del medio ruminal. El pH ruminal depende fundamentalmente de 3 factores:

1. La producción de ácido;
2. La capacidad tampón del medio ruminal;
3. La eliminación de protones por absorción o flujo al tracto digestivo inferior (Calsamiglia y Ferret, 2002).

3.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS FACTORES IMPLICADOS EN EL CONTROL DEL pH RUMINAL

La bibliografía científica ha aportado numerosa información relativa a los factores que contribuyen a la producción de ácido y a su eliminación del medio ruminal. Sin embargo, es necesario consolidar esta información de forma cuantitativa con el objetivo de poder establecer las posibles áreas y estrategias de intervención desde el punto de vista práctico.

Allen (1997) estimó que la cantidad de ácido generado en una ración típica de vacuno lechero de alta producción (consumo de 20 Kg. de materia orgánica con una digestibilidad ruminal media del 50%) era de 74000 meq/d. La neutralización de éste ácido producido se realiza principalmente a través de la absorción a través de la pared ruminal (53%), la neutralización por el sistema carbonato (28%), la neutralización por el sistema fosfato (9%), la neutralización por el amoníaco (2%), y el flujo al abomaso (1,5%). Estos datos demuestran que el mayor potencial de impacto está asociado con la absorción a través de la pared ruminal, y la neutralización a través de la saliva. Este estudio, sin embargo, no considera el posible efecto del poder tamponante de los alimentos. Una ración típica de vacuno lechero aporta aproximadamente 400 meq/kg MS en capacidad tamponante, lo que equivale a 8800 meq/d. Respecto a los 74000 meq/d producidos, supone una contribución aproximada a la capacidad tamponante del medio ruminal del 12% (Calsamiglia y Ferret, 2002).

El mantenimiento del pH ruminal depende del equilibrio entre la producción de ácido (que depende fundamentalmente de la cantidad de materia orgánica ingerida y su digestibilidad ruminal) y de su eliminación del medio, bien sea a través de la capacidad tampón del medio ruminal (que depende de la cantidad y calidad de fibra, y la capacidad tamponante de los alimentos) y/o su eliminación del medio por absorción o paso al tracto digestivo inferior. Para conseguir estos objetivos, es necesario formular cuidadosamente los niveles de fibra e hidratos de carbono no fibrosos, y añadir, cuando sea necesario, sustancias tampón (i.e., bicarbonato) o alcalinizantes (i.e., óxido de magnesio) (Calsamiglia y Ferret, 2002).

3.4 LA CAPACIDAD TAMPONANTE DEL RUMEN

3.4.1 La producción de saliva.

La saliva aporta la mayor proporción de la capacidad tamponante del rumen. Dicho aporte depende del volumen total de saliva producida y de su composición. La saliva contiene iones fosfatos y bicarbonato como sustancias tampones principales. Bailey y Balch (1961) determinaron que el potencial tamponante de la saliva en condiciones fisiológicas era aproximadamente de 126 y 26 meq/l de saliva, respectivamente, y es relativamente constante e independiente del tipo de dieta. En consecuencia, y en las condiciones normales, la capacidad tamponante de la saliva depende en gran medida del volumen de saliva producido.

Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de un entramado de celulosa, hemicelulosa y lignina. A efectos prácticos, se ha definido en términos de fibra bruta (FB), fibras neutro (FND) y fibra ácido (FAD) detergente, y se utiliza para la predicción de la calidad de los forrajes, la ingestibilidad de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos. Desde el punto de vista de la nutrición de los rumiantes, la fibra puede definirse como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio ruminal (Calsamiglia, 2000).

En animales de alta producción, la falta de fibra resulta en una depresión de la grasa en la leche, acidosis, laminitis y desplazamiento de abomaso, debido a desequilibrios físicos (falta de llenado ruminal) o fermentativos (reducción de pH ruminal; Allen 1991). Cuando las estrategias de formulación se orientan a la reducción de los niveles de fibra (en particular de fibra forrajera) y la utilización de subproductos, la composición, estructura, forma y comportamiento de la fibra en el rumen cobra una importancia adicional. Estas consideraciones tienen especial relevancia en muchas explotaciones lecheras, ya que con frecuencia el aporte de fibra forrajera es limitante.

La fibra se fermenta en el rumen lentamente por la acción de las bacterias fibrolíticas, y utilizan mayoritariamente vías fermentativas que conducen a la

producción de acetato como producto final. El acetato juega un papel muy importante en el aporte de precursores para la síntesis de grasa en la glándula mamaria, y por lo tanto la producción de acetato (y en consecuencia el aporte de fibra y la supervivencia de bacterias fibrolíticas) es imprescindible. La degradabilidad efectiva en el rumen de la fibra potencialmente degradable depende de la velocidad de tránsito ruminal y su velocidad de degradación. Debido que su fermentación es más lenta, se reduce el riesgo de acidosis.

La fibra, como nutriente, contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estímulo de las contracciones ruminales) y de las condiciones ruminales (pH, a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia; Nocek, 1994). Estas dos funciones dependen de la composición, la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra.

Las características nutricionales de la fibra no solo dependen de su composición, sino de las interacciones entre sus componentes y de la forma de cómo se presenta al animal. Por estas razones, no es suficiente considerar únicamente el análisis químico como método de valoración de la calidad de un forraje, y es necesario observar el tamaño de partícula y el manejo de la ración. Estas consideraciones dificultan la formulación de raciones y la predicción de las respuestas de los animales a una ración determinada (Calsamiglia, 2000).

La capacidad de regulación del pH del rumen depende de la capacidad tampón de los alimentos ingeridos y de la capacidad de intercambio iónico (CII). Como se puede apreciar en algunos heno, silos y concentrado utilizados tienen un valor CII bajo o muy bajo. Por tanto tienen una menor capacidad tampón y un mayor riesgo de producir acidosis. Para evitar este problema, se recomienda utilizar aditivos que controlen el pH ruminal (Medel, 2000).

Existen sustancias tampones exógenas que controlan el pH ruminal y evitan que caiga por debajo de 6. Entre las sustancias más utilizadas destacan el óxido de magnesio, los fosfatos, las arcillas y el bicarbonato sódico. El óxido de

magnesio es capaz de evitar caídas excesivas de pH, aunque es relativamente insoluble en agua. No obstante el uso de óxido de magnesio está limitado por el contenido de magnesio total (0,4% NRC, 1980) y porque este puede afectar la palatabilidad de la dieta (Medel, 2000).

En estudios realizados por Cobos-Peralta y colaboradores, determinaron la efectividad del bicarbonato sodico como amortiguador del pH del medio presentando mejor actividad en los diferentes horarios de incubación (Cobos-Peralta et al., 2004).

3.4.2 La capacidad tamponante de los alimentos

Por otro lado, la capacidad tampón del rumen depende de los alimentos ingeridos. La capacidad tampón de los alimentos es uno de los factores más importantes en el control del pH ruminal. La capacidad tampón depende de la capacidad de intercambio iónico (fundamentalmente dependiente de los grupos carboxilo, amino e hidroxilos alifáticos y fenolicos) y de la fermentación de la proteína a amoníaco (Van Soest et al., 1991). Es interesante observar que tanto forrajes (alfalfa) como concentrados (pulpa de remolacha, colza) pueden tener una capacidad de intercambio iónico elevada, mientras otros forrajes (silo de maíz, ryegrass, paja) y concentrados (harina de soja y girasol) tienen una capacidad de intercambio iónico escasa.

Por otra parte, el proceso de desaminación de los aminoácidos resulta en un aumento de la capacidad tampón del líquido ruminal. Es decir, que la suplementación de raciones con cantidades elevadas de proteína degradable permite un mejor control de la acidez ruminal. Este hecho parece ser independiente del carácter básico del ion amonio, ya que el pH fisiológico ruminal su capacidad de captación de protones es muy limitada, y depende fundamentalmente de la liberación de iones carbonato en el proceso de desaminación (Sauvant et al., 1999).

El uso de esta información puede permitir valorar los riesgos de acidosis dependiendo del tipo e alimento utilizado y la posible necesidad de utilizar sustancias tampón para controlar el pH ruminal. Entre los aditivos más comúnmente utilizados para el control del pH ruminal están el bicarbonato y el óxido de magnesio. Estos productos tienen funciones distintas, ya que mientras el bicarbonato es por definición una sustancia tampón (resistencia al cambio de pH), el óxido de magnesio es una sustancia alcalinizante. Resultados de una extensa revisión bibliográfica indican que las sustancias tampón son útiles en raciones a base de ensilados de maíz, pero su efecto en raciones que contienen heno de alfalfa como forraje principal es escaso (Calsamiglia, 2000).

Sauvant et al. (1999) demostraron la asociación negativa entre la cantidad de materia seca ingerida y el pH ruminal (figura 2), y estimaron una reducción de $0,14 \pm 0,04$ unidades de pH por cada 10 g de MS ingerida por kg PV. A pesar de esta relación, el impacto de la ingestión de alimento sobre la disminución de pH es relativamente poco importante, ya que supone, en el caso de una vaca de 650 kg consumiendo 22 Kg. de MS, una reducción del 0,02 unidades de pH por cada incremento de 1 Kg. de MS ingerida. El impacto de la degradabilidad de los nutrientes es mayor. La degradabilidad de la materia orgánica en raciones típicas del ganado vacuno es muy variable, y oscila entre 29 y 67%.

Esta degradabilidad depende de las características propias de cada alimento (según el contenido en HCNF y su velocidad de degradación). Los HCNF son el componente que, por su aportación cuantitativa y su rápida degradación ruminal, contribuyen en mayor medida a los cambios de pH ruminal. El riesgo de acidosis es tanto mayor cuanto mayor sea la cantidad y la velocidad de degradación de los HCNF. El potencial acidogénico de los diferentes ingredientes depende de la velocidad de degradación de los almidones, que varía entre especies vegetales, y puede modificarse física (molido, copos, gelatinización por calor) o químicamente (hidrólisis enzimática o ácida) (Calsamiglia y Ferret, 2002).

Para mantener el pH en el rumen por encima de 6.0 se requiere.

- Cuando el número de comida/día es 2 se requiere un mínimo de 21% en Sustancia seca (SS) de FNDef.
- Cuando el número de comidas/día es 4 se requiere un mínimo de 16% en SS de FNDef.

Las vacas de muy alta producción necesitan al menos 4 comidas diarias cuando se da el pienso separadamente de los forrajes para evitar accidentes, especial la acidosis.

Hasta ahora la dosis mas recomendada era añadir el 0,75 en la SS de la ración total. Pero la investigación (Pitt y Pell, 1997) ha determinado la siguiente: El uso de buffers (tampones o antiácidos), bicarbonato sodico en concreto, en la alimentación a nivel menor de 1% en la sustancia seca (SS) de la ración tiene poco o ningún efecto en la fluctuación del ph ruminal. Por tanto, la mínima cantidad (en gramos por día y vaca) de bicarbonato sodico en las raciones es la siguiente:

CUADRO 1. DOSIS DE BICARBONATO SODICO POR KILOGRAMO DE SS.

Kg. de SS en la ración	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Gr bicarbonato vaca/día	240	230	220	210	200	190	180	170	160

(Pitt and Pell, 1997)

3.5 EL USO DE BUFFERS EN DIETAS LECHERAS

A medida que la producción por vaca sigue en aumento, los programas de alimentación deben de resolver las necesidades de nutrientes. Pero lo niveles altos de concentrados en la alimentación y el contenido energético dan lugar a desordenes del rumen.

La ración ideal debe maximizar el consumo de materia seca, mantener el medio ambiente del rumen constante y óptimo, estimular la digestión de la materia orgánica, maximizar la síntesis de la proteína y la producción de los ácidos grasos volátiles (AGVs) en el rumen y proporcionar un flujo de nutrientes hacia los tejidos.

3.6 BUFFERS

3.6.1 La función de los buffers

El rumen tiene un sistema de regulación complejo ácido-base y un pH que varía de 5.7 a 7.0 si el pH de rumen no es el óptimo, el consumo de materia seca disminuirá, causando problemas como la acidosis y la proteína y energía microbiana disminuirá. La adición de buffers en la dieta para el control del pH ruminal se justifica cuando los factores nutricionales causan un pH bajo. En el uso de sustancias buffers el consumo de alimento es más alto y la producción de leche se incrementa así como en su composición (Mason y Hutjens, 2001)

Los buffers son eficaces para mantener el pH y para la elevación del porcentaje de grasa en la leche. En lactancia temprana, los buffers pueden mejorar el consumo de materia seca y la producción de leche. Los buffers son más eficaces en dietas basadas en ensilajes de maíz que son altos en carbohidratos fermentables, Las dietas basadas en alfalfa benefician poco el efecto de bufferización. El contenido bajo de forraje, tamaño de partícula pequeña, dietas muy mojadas, dietas de forrajes fermentables y dietas altas en subproductos con tamaño de partícula pequeño a favor del uso de buffers. Los buffers en la dieta son los compuestos que son agregados para mejorar la grasa en la dieta.

Los buffers se reconocen recientemente para reducir al mínimo las fluctuaciones de pH ruminal después de la alimentación para mejorar la digestión de la fibra, incrementando la proporción acetato:propionato en el rumen (que mejora el % de grasa en la leche) y a menudo la mayor alimentación de DMI así como la producción de leche. Los buffers en la dieta se han estudiado muy bien y se

utilizan extensamente en el sector lechero. Estos se utilizan en gran parte para compensar las condiciones ácidas producidas por raciones altas en granos. (West, 1987)

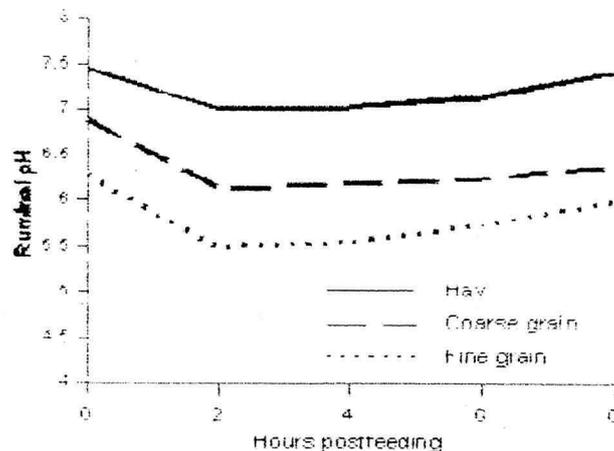
En nutrición el término buffer se aplica libremente a varios compuestos incluyendo bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos y óxidos. El rango de pH deseable para un buen funcionamiento del rumen es de 6.4 a 6.8. Las desviaciones de este rango, especialmente hacia el lado ácido, tiene implicaciones negativas para la población de microorganismos en el rumen reduciendo la grasa en la leche y reducir la digestibilidad de los forrajes por las bacterias.

La vaca tiene tres medios para eliminar la causa ácida:

- Buffer contenidos en la saliva la cual contiene carbonatos y fosfatos.
- Capacidad tampón del alimento consumido.
- Buffers agregados a la dieta.

Las raciones en ganado lechero han cambiado mucho sobre todo de forrajes a un alto contenido de concentrados. Una disminución del consumo de fibra se asocia a mayores cantidades de carbohidratos fermentables y ácidos grasos volátiles; especialmente dos o tres horas después de la alimentación. La cantidad de fibra consumida y el tamaño de partícula que debe ser rumiado también a disminuido. Así la saliva total rendida por kilogramo de alimento a declinado proporcionalmente.

El resultado de estas prácticas de alimentación se ilustra en la figura 1 que demuestra la disminución del pH ruminal después de una comida y el efecto de los ingredientes sobre el pH. Menciona que el pH ruminal es muy alto para el heno mientras que la dieta de grano fino el pH esta por debajo de 6.0, esto es indeseable y contribuye a una mala digestión y el porcentaje bajo de grasa en leche. (West , 1987)



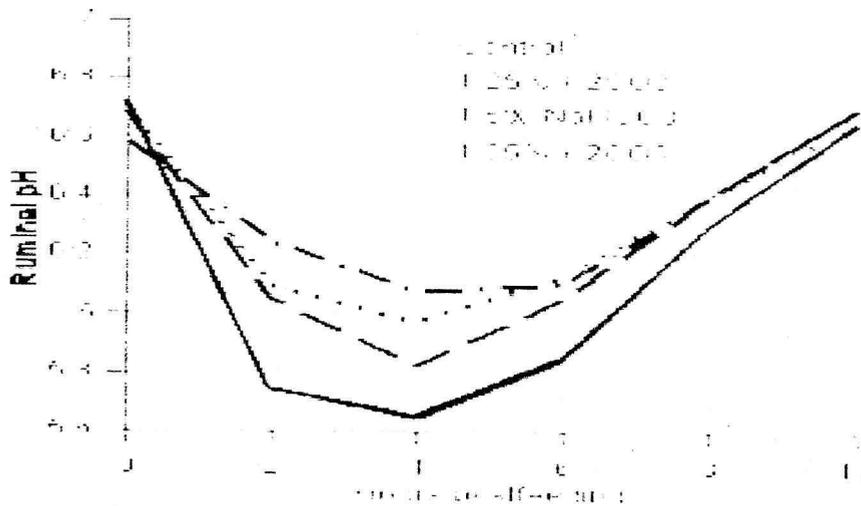
Cheng e Hironaka, 1973

Figura 1. Cambios en el pH de la dieta posteriores a la alimentación

El bicarbonato de sodio (NaHCO_3) es uno de los buffers que mas se utilizan en bovinos el magnesio tiene algunos de los efectos del bicarbonato pero no es en verdad un buffer. (West, 1987)

La figura 2 demuestra como los buffers moderan los cambios de ph del rumen después de la alimentación. En este estudio fueron utilizados el bicarbonato de sodio y dos niveles de carbonato de potasio. Nótese que el bicarbonato de sodio y el nivel alto del carbonato de potasio el ph cae por debajo de 6.0. El pH ruminal para la dieta control estaba por debajo de 5.7 lo cual baja la digestibilidad y la grasa en leche y la digestión de fibra, aunque Staples y Lough en su resumen, menciona que la mayoría de los estudios no demostraron efectos aditivos. Aunque ambos buffers son eficaces, varios estudios demuestran que en niveles adecuados, había poca ventaja a la adición de ambos. Sin embargo, se utilizan a menudo juntos y el uso de un nivel común es .75 a 1.0% de materia seca en la dieta para el bicarbonato de sodio y .25 a .4 para el óxido de magnesio.

Esto estaría en el rango de 160 a 200 gr. de bicarbonato de sodio, y 50 a 85gr de oxido de magnesio por vaca por día. (West , 1987)



West et al., 1987

Figura 2. Cambios en el pH ruminal con la adición de buffers, postalimentación

3.7 EL OXIDO DE MAGNESIO COMO BUFFER/ALCALINIZADOR

Basado en investigaciones extensivas de sustancias buffer en principios de los 80's, investigadores continúan para mostrar los beneficios de alimentar a vacas lecheras lactantes con MgO y NaHCO₃. El MgO actúa como un alcalinizador para bajar la acidez del tracto digestivo que resulta de alimentar con dietas altas en concentrado con alta energía. Los siguientes son algunos ejemplos prominentes de esta investigación.

La solución buffer consistió principalmente de MgO (30g /dia) y NaHCO₃ (100g /dia) se alimentaron a un grupo de 92 vacas por 8 meses las cuales tenían una producción de leche baja en grasa. La grasa de la leche se incremento de 3.06% (pretratamiento) a 3.68% en 4 meses y 3.71% en 8 meses. El número de protozoarios en rumen se incremento de 2.85×10^5 /ml en pretratamiento a 9.61×10^5 /ml en 8 meses con un incremento en la producción de acetato.

Cabras en su primera lactación fueron alimentadas con concentrado y alfalfa (70:30) suplementadas con 2.5 % de bicarbonato solo, 2.5 % de bicarbonato mas 0.5% de MgO o 0.5% de MgO solo, la administración de MgO incremento la grasa y los sólidos contenidos y tuvo un efecto adicional en la grasa de la leche. También, en la alimentación combinada incremento la grasa de la leche y el contenido de butirato en el líquido ruminal.

El hidróxido de magnesio ($Mg(OH)_2$) y el hidróxido de calcio fueron administrados solos o en combinación con suplementos buffer/alcalinizantes para las ovejas alimentadas con una dieta alta en cebada. Estas fueron alimentadas con 1.0% de hidróxido de calcio, 0.75% hidróxido de magnesio, 0.5% de hidróxido de calcio mas 0.39% de hidróxido de magnesio. El consumo de materia seca fue alimentada por cada suplemento pero el consumo fue significativamente mayor con los tratamientos de magnesio. El pH del rumen y la sangre fueron incrementados por cada tratamiento. NOTA: el hidroxido de calcio puede ser peligroso de manejar pero el hidroxido de magnesio es seguro y da mejor respuesta total.

La formación de ácidos grasos trans puede conducir a bajar los niveles de grasa en la leche de acuerdo a algunos experimentos recientes. Las vacas (Holstein) fueron alimentadas con paja y altos niveles de concentrado con o sin 0.5% de MgO y 1.5% de $NaHCO_3$ en combinación. La ración alta en concentrado hizo que se incrementara la ingesta de MS y bajo el % de grasa en la leche. La adición del buffer incremento el porcentaje de grasa en la leche, como se esperaba. Sorprendentemente, los ácidos grasos trans fueron incrementados en los contenidos duodenales y la leche de las vacas alimentadas con raciones altas en concentrado sin buffer pero no en raciones con contenido buffer. Ellos sugieren que los ácidos grasos trans formados en el rumiante son los responsables del decremento de grasa en leche y que la alimentación con buffer puede parcialmente corregir esto.

Un estudio posterior por estos investigadores también utilizaron dietas altas y bajas en concentrado con y sin la combinación de 0.5% de MgO y 1.5% de NaHCO₃. La dieta alta en concentrado sin el buffer incrementó el flujo de C18:1 ácidos grasos trans del rumen al duodeno y bajo el porcentaje de grasa en leche. Otra vez, la adición del buffer en la alimentación se corrige parcialmente el % bajo de grasa en leche.

Vacas en lactación temprana fueron adicionadas con varios buffers para determinar sus efectos en los componentes de la sangre y en la composición de la leche. Su TMR consistía de 53% de ensilaje de pasto y 42% de concentrado del cual 4% de sales de calcio de ácidos grasos. Los tratamientos buffer fueron con 1.1% NaHCO₃ y 1.1 % de bicarbonato de potasio, 1.9% NaHCO₃ solo, 0.5% de MgO y 2.0% sesquicarbonato de sodio, los cuales fueron calculados para dar capacidad de neutralización al ácido. Los buffer en general incrementaron en la sangre la porción acetato:propionato y la remoción de triglicéridos en la glándula mamaria. La remoción de triglicéridos en la glándula mamaria fue más grande con el MgO que con el NaHCO₃. la administración de MgO comparada con el NaHCO₃ decremento el % de ácidos grasos poliinsaturados en la leche pero incremento la cis-trans, los ácidos grasos saturados y poliinsaturados de la ración y la proporción de ácidos grasos monoinsaturados (Miller, 1998).

3.8 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD TAPÓN DEL BICARBONATO IN VITRO

Se describió un modelo para calcular la capacidad tampón del bicarbonato de sodio en el rumen. La adición de NaHCO₃ da lugar a la liberación de CO₂ de la solución por vía eructación. Este proceso neutraliza directamente la acidez del rumen. El grado de continuación del proceso depende de la presión del CO₂ en fase gaseosa, el pH, y una constante (7.74) según la ecuación de Henderson-Hasselbalch: $pH = 7,74 + \log([HCO_3^-] / \text{presión del CO}_2 \text{ en atmósferas})$. La adición de NaHCO₃ al líquido ruminal baja la presión del CO₂ e incrementa el pH según lo dicho.

La capacidad amortiguadora del líquido ruminal en donde el CO₂ era mayor y el pH bajo determinado previamente por titulación en aire. En contraste, en los sistemas in vitro en el cual el CO₂ no se puede escapar puede dar a una capacidad tampón reducida. Los sistemas in vitro en los cuales el exceso de CO₂ puede escaparse (N₂ bajo presión) pueden dar lugar a una elevación de pH. La dilución del líquido ruminal bajo presión constante del CO₂ disminuyó el pH según lo dicho por el modelo. El pH bajo diferentes presiones en el equilibrio y la capacidad tampón se calcula fácilmente para los sistemas in vitro e in vivo (Kohn y Dunlap, 1998).

3.9 BICARBONATO DE SODIO

El bicarbonato de sodio es uno de los compuestos más antiguos usados como antiácido y asociado a un comienzo de acción rápido y corta duración de acción. Es poco empleado en clínica pero posee todavía un uso popular importante.

El bicarbonato de sodio es una sal de un ácido débil (ácido carbónico) con una base fuerte (hidróxido de sodio), es muy soluble y reacciona en forma inmediata con el ácido clorhídrico (HCl).



La reacción química de bicarbonato de sodio y ácido gástrico resulta en la formación de cloruro de sodio, agua y dióxido de carbono. Eleva rápidamente el pH intragástrico a valores 7-8, esto explica el rápido alivio sintomático. Su efecto es de corta duración y puede resultar en una retención de líquido y alcalosis sistémica y el síndrome alcali-leche. Por estas razones el bicarbonato de sodio es raramente utilizado hoy en la terapia antiácida y si se utiliza como antiácido se debe evitar el tratamiento crónico o prolongado (Valsecchia-Malgor, 2000).

3.10 HIDRÓXIDO DE MAGNESIO

Muchas sales de magnesio, incluyendo óxido, carbonato, hidróxido y trisilicato, poseen propiedades antiácidas. Las sales de hidróxido, carbonato y óxido son más potentes que las sales de trisilicato en su capacidad neutralizadora de la acidez gástrica. En general su potencia antiácida es mayor que las sales que contienen aluminio, pero menor que la del bicarbonato de sodio o carbonato de calcio. Los antiácidos que contienen magnesio reaccionan con el ácido formando cloruro de magnesio y agua. El magnesio también forma sales insolubles responsables de la diarrea asociada a los antiácidos que contienen magnesio. Estas sales de magnesio producen catarsis osmóticamente. El hidróxido de magnesio induce la secreción de colecistokinina, con la consiguiente contracción de la vesícula biliar y relajación del esfínter de Oddi (efecto colagogo), lo cual contribuye al efecto laxante de este agente. Además parte del magnesio administrado es absorbido sistémicamente como cloruro de magnesio que generalmente es rápidamente eliminado del cuerpo por los riñones en individuos con función renal normal (Valsecia-Malgor, 2000).

3.11 BIODISPONIBILIDAD DEL MAGNESIO EN BOVINOS UTILIZANDO ÓXIDO DE MAGNESIO E HIDRÓXIDO DE MAGNESIO

Dos experimentos fueron llevados a cabo para comparar la biodisponibilidad de óxido de magnesio contra el hidróxido de magnesio en una dieta totalmente mezclada o un suplemento mineral. En el experimento 1 estas fuentes de magnesio fueron incorporadas en dietas totalmente mezcladas y ofrecidas a 15 novillos (282 Kg) asignados a tres tratamientos: la dieta control que contenía 19 % de magnesio, la dieta control más el 2% que se le agregó MgO , el control más el 20% al que se agregó $Mg(OH)_2$. Cada novillo fue alimentado con 5 Kg. por día de la dieta durante 10 días para el ajuste y 7 días para el periodo de recolección entre muestra y muestra.

Las muestras de sangre fueron recolectadas en los días 1, 3 y 7. La suplementación de magnesio aumento ($P < .01$) de magnesio en urinarias y fecales mientras que la absorción aparente del magnesio (%) y la retención eran similares ($P > .10$) para todos los tratamientos. Las concentraciones de magnesio en plasma eran similares ($P > .10$) para novillos suplementados con MgO y Mg(OH)₂ pero eran mas altas ($P < .05$) para el magnesio suplementado para novillos control en el día 7. En el experimento 2 estas fuentes de magnesio fueron incorporadas en suplemento mineral y se ofrecieron a libre acceso a 30 vacas que pastaban pastos inducidos a partir del 6 de marzo al 1 de mayo. En tres grupos de 10 vacas, asignadas a 5.7 Ha y se ofreció un suplemento control y un suplemento que contenía 40% de MgO y Mg(OH)₂. Las muestras de sangre fueron recogidas en los días 0, 7, 17, 28, 42 y 56. La concentración del magnesio en el plasma no eran diferentes ($P > .10$) de las vacas que se les ofreció MgO y Mg(OH)₂, pero eran mas altas ($P < .01$) para el magnesio suplementado a las vacas control en días 28, 42 y 56. Cuatro vacas control desarrollaron hipomagnesemia titánica clínica. En conclusión, la biodisponibilidad de magnesio era similar cuando el MgO y el Mg(OH)₂ fueron incluidos en dietas o en suplemento mineral, ambas fuentes de magnesio eran eficaces en la prevención de hipomagnesemia.

La biodisponibilidad del magnesio en MgO y Mg(OH)₂ eran similares, sugiriendo que cualquiera puede ser eficaz para la prevención de hipomagnesemia en vacas que se alimentan en pastos inducidos (Davenport, Boling y Gay , 1990).

González y colaboradores trabajaron con cuatro vaquillas holstein fistuladas a las cuales alimentaron con dietas altas en granos y administraron bicarbonato de sodio en diferentes horarios y demostraron que los datos sugieren que un aumento mas allá de del 1% de bicarbonato de sodio no trae otra ventaja que llevar mas alto el pH y la condición de la fermentación ruminal. Otro factor del bicarbonato de sodio es la de ser usado como buffer y desempeñar el papel de llevar el control de los efectos de las dietas altas en concentrado en la fermentación ruminal (González et al, 2004).

Tucker y colaboradores en 1993 trabajaron con cuatro vacas Holstein fistuladas a las cuales les administraron bicarbonato de sodio en diferentes cantidades des pues de la ingestión de alimento, y ellos determinaron que el estado general ácido-base era inafectado por el buffer sobre todo porque la excreción renal de la base sucesivamente redujo con éxito la carga de base, y la administración del buffer tendió a incrementar los ácidos grasos volátiles totales del liquido ruminal (Tucker et al., 1993).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

Para llegar al objetivo planteado, se utilizaron los siguientes materiales:

Novillo Hereford x Angus con fístula permanente en el rumen.

Cánula ruminal neumática

Potenciómetro Digital

Oxido de Magnesio de Peñoles®

Hidróxido de Magnesio de Peñoles®

Bicarbonato de Sodio de Arm and Hammer®

Vaso de precipitado

Guantes

El método utilizado para llevar a cabo el presente estudio fueron el de Hernández y col. (1994), para la rumenotomía y colocación de la cánula ruminal; para la obtención del pH ruminal, se utilizó el método que sugiere AOAC (1999).

4.1 DIETA EXPERIMENTAL DEL ANIMAL.

La dieta experimental estuvo constituida por un concentrado para ganado de carne con un 14% de proteína cruda (PC), además alfalfa de primera calidad como forraje y fuente de fibra y pollinaza, esta dieta estuvo balanceada para que produjera una ganancia diaria de peso de 1.200 kg. Se le ofrecían los alimentos *ad libitum* y se servía dos veces por día (9.00 h y 17.00h), además se colocaba de manera permanente y abundante agua limpia en una pila.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El comportamiento de estos dos productos es de una sinergia, pues los extremos de sus porcentajes máximos no tienen el buen comportamiento alcalinizante de cuando participan los dos en proporciones iguales, es decir, 50%-50%; por lo que se puede considerar a esta proporción como la mejor elección aunque sin llegar al impactante comportamiento del hidróxido. En este cuadro se puede observar a los valores numéricos que avalan la apreciación anterior. También ver la figura 13 para ver su comportamiento.

CUADRO 2. VALORES DEL pH RUMINAL CUANDO SE COMPARO EL ÓXIDO DE MAGNESIO VS BICARBONATO DE SODIO

ÓXIDO DE MAGNESIO VS BICARBONATO DE SODIO					
HORA	100-0	75-25	50-50	25-75	0-100
0	6.6	6.4	6.5	6.8	6.7
2	6.7	6.4	6.9	6.8	6.9
4	6.3	6.3	6.8	6.7	6.5
6	6.3	6.1	6.4	6.2	6.1
8	6.6	6.3	6.4	6.2	6.4
10	6.1	6.4	6.6	6.3	6.3
12	6.1	5.9	5.7	5.7	5.9
14	5.7	5.7	5.7	5.8	5.9
16	5.9	5.7	5.6	6.2	6.2
18	6.1	6.3	6.1	6.2	6.3
20	6.2	6.4	6.3	6.4	6.6
22	6.5	6.6	6.3	6.6	6.7
24	6.8	6.7	6.6	6.7	6.8

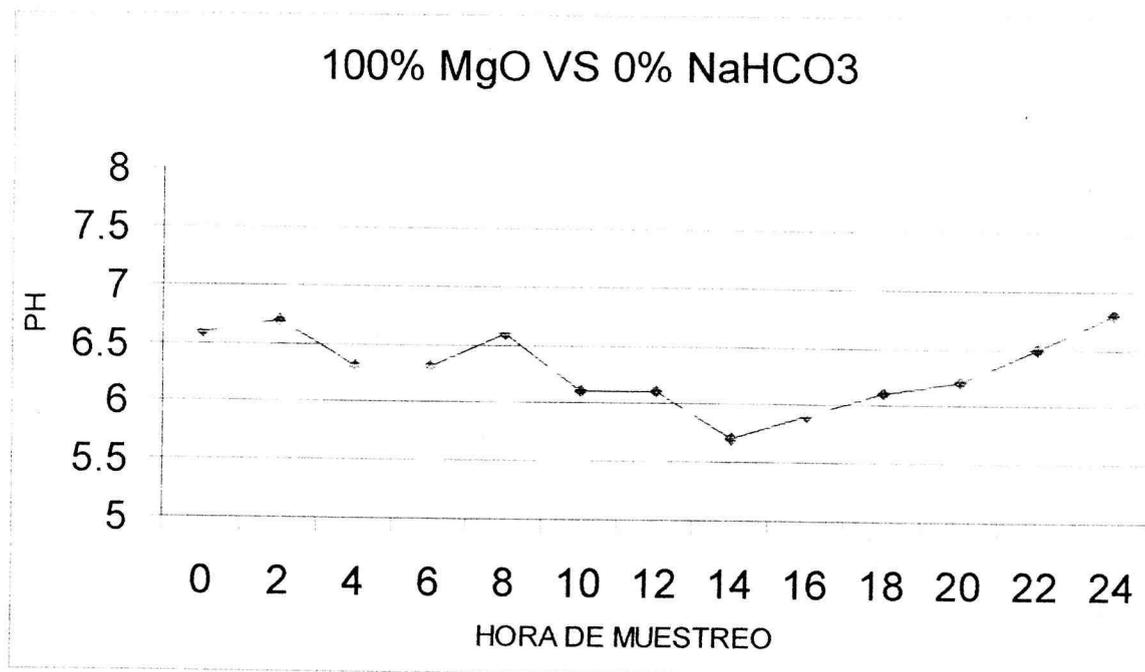


Figura 3. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 100% de óxido de magnesio contra 0% de bicarbonato de sodio.

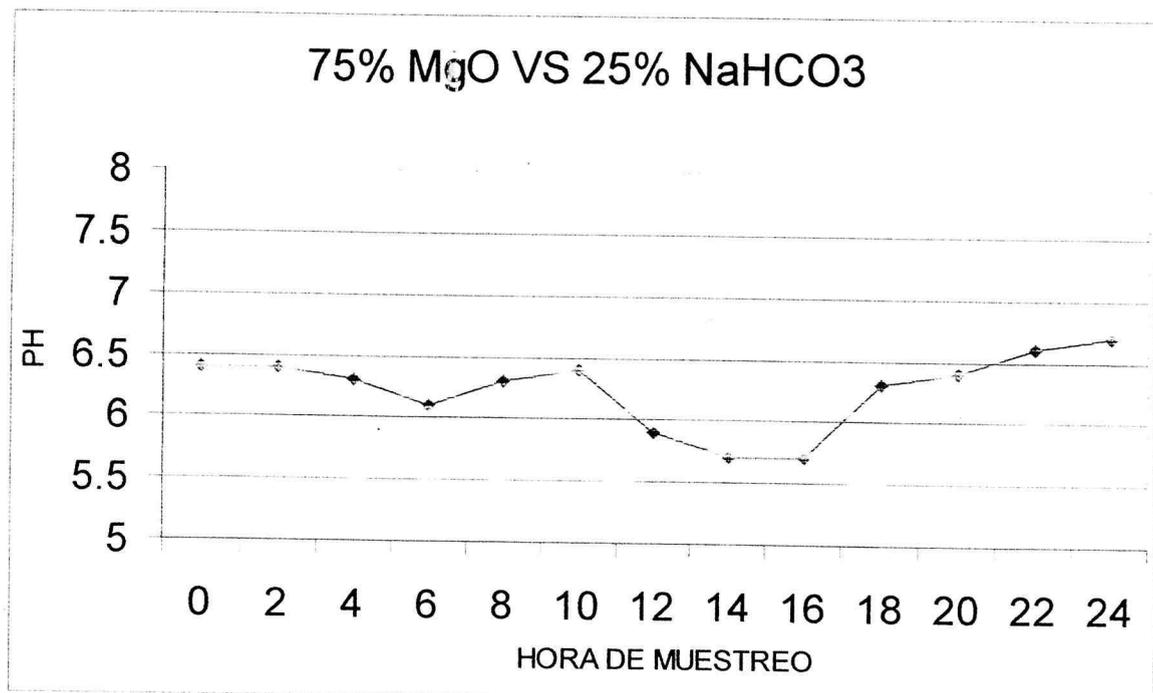


Figura 4. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 75% de óxido de magnesio contra 25% de bicarbonato de sodio.

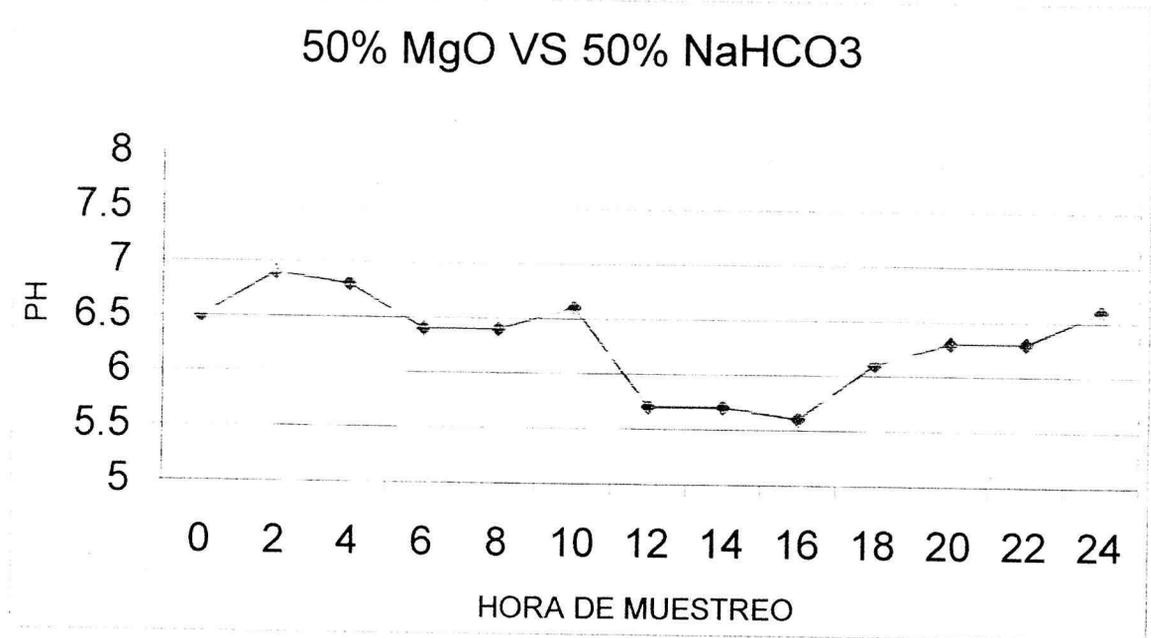


Figura 5. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 50% de óxido de magnesio contra 50% de bicarbonato de sodio.

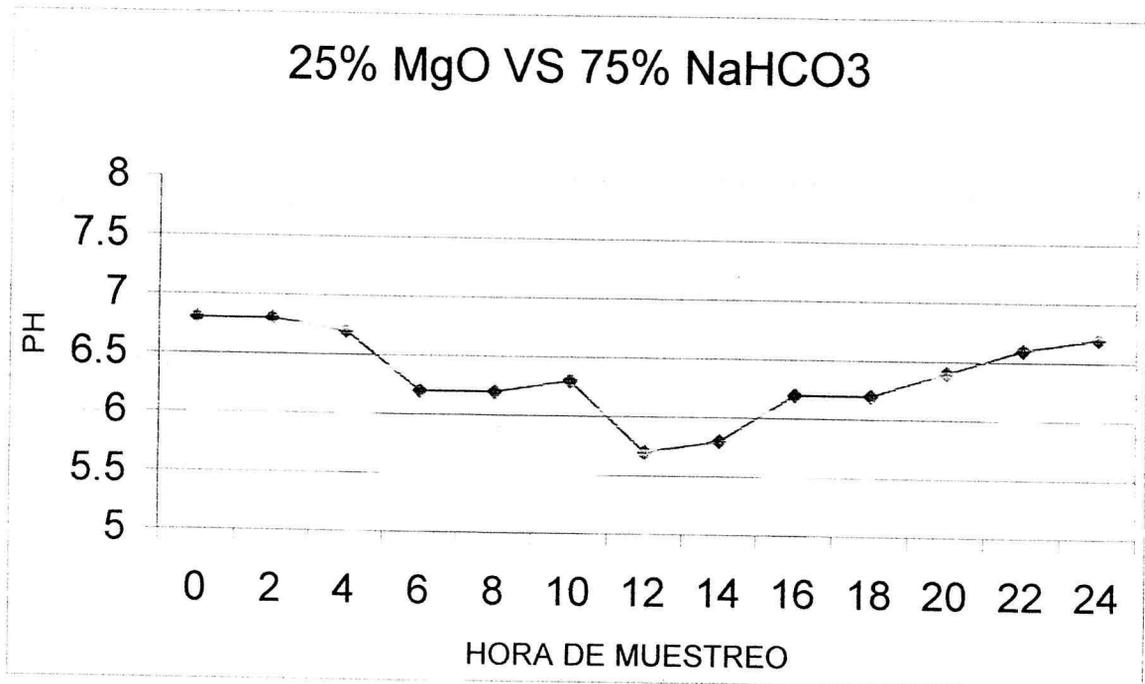


Figura 6. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 25% de óxido de magnesio contra 75% de bicarbonato de sodio.

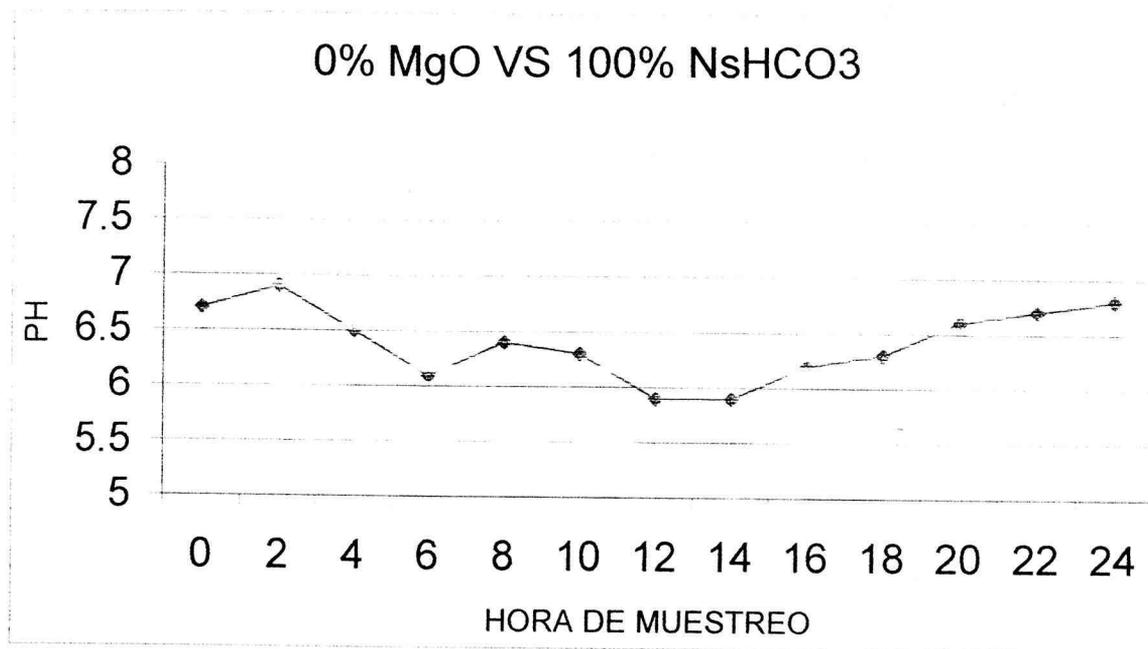


Figura 7. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 0% de óxido de magnesio contra 100% de bicarbonato de sodio.

En el cuadro 3 se puede observar claramente que en los animales de engorda es mas impactante el efecto bufferizante que tiene el hidróxido de magnesio, pues cuando su proporción es mayor que el bicarbonato, tiene un efecto muy marcado hacia la alcalinización y sobre todo en las primeras 2 horas luego de proporcionado el alimento (ver figura 14)

CUADRO 3. VALORES DEL pH RUMINAL CUANDO SE COMPARO EL HIDRÓXIDO DE MAGNESIO VS BICARBONATO DE SODIO.

HIDRÓXIDO DE MAGNESIO VS BICARBONATO DE SODIO					
HORA	100 - 0	75 - 25	50 - 50	25 - 75	0 - 100
0	5.9	5.5	6.3	6.6	6.7
2	7.6	7.2	7.6	6.8	6.9
4	6.9	6.6	7.1	6.6	6.5
6	6.6	6.6	6.8	6.4	6.1
8	6.7	6.7	6.8	6.6	6.4
10	6.8	6.5	6.6	6.3	6.3
12	6.7	5.9	6.3	5.9	5.9
14	5.8	6.0	6.0	5.8	5.9
16	5.7	6.1	6.0	5.7	6.2
18	5.7	6.1	6.2	5.7	6.3
20	5.8	5.9	6.7	6.3	6.6
22	6.0	6.6	6.9	6.5	6.7
24	5.9	6.8	7.0	6.9	6.8

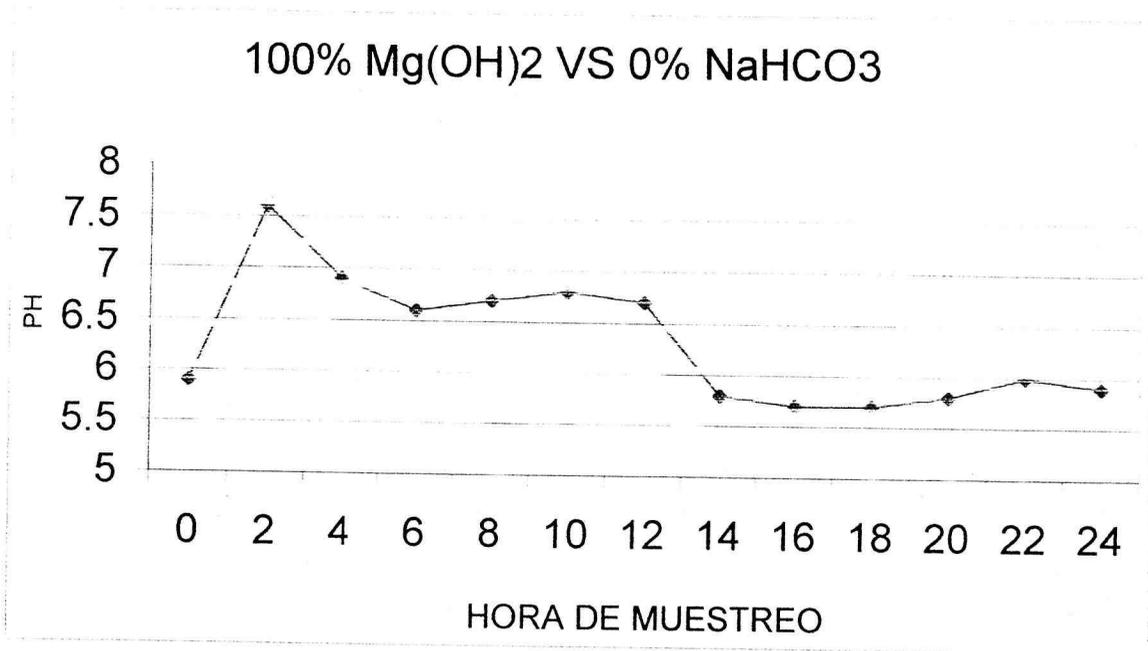


Figura 8. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 100% de hidróxido de magnesio contra 0% de bicarbonato de sodio.

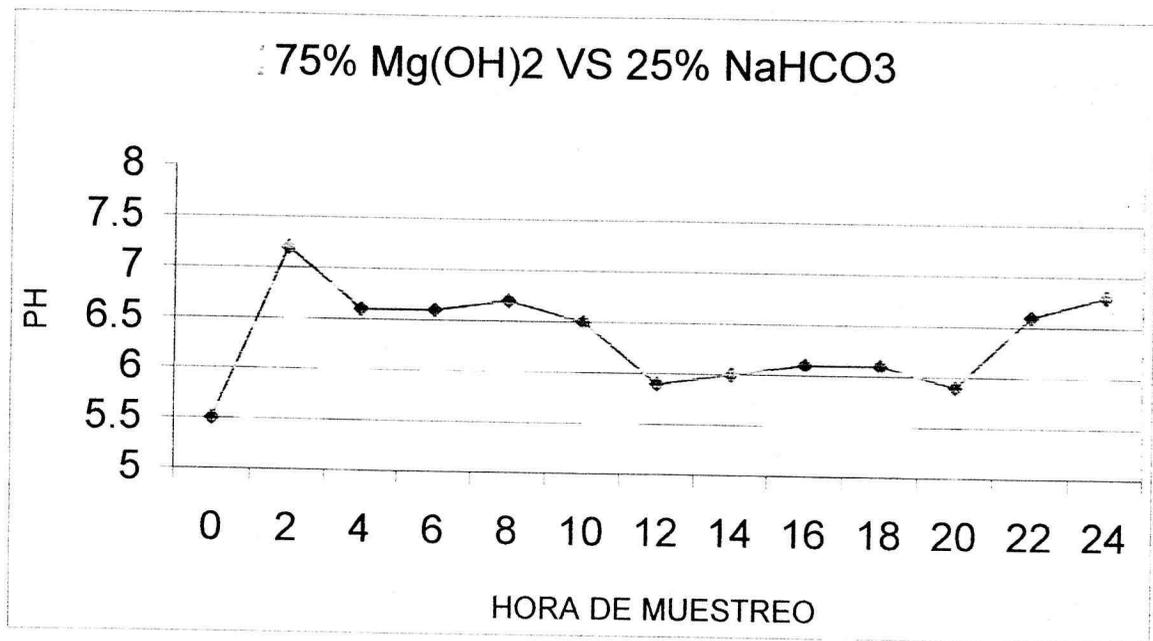


Figura 9. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 75% de hidróxido de magnesio contra 25% de bicarbonato de sodio.

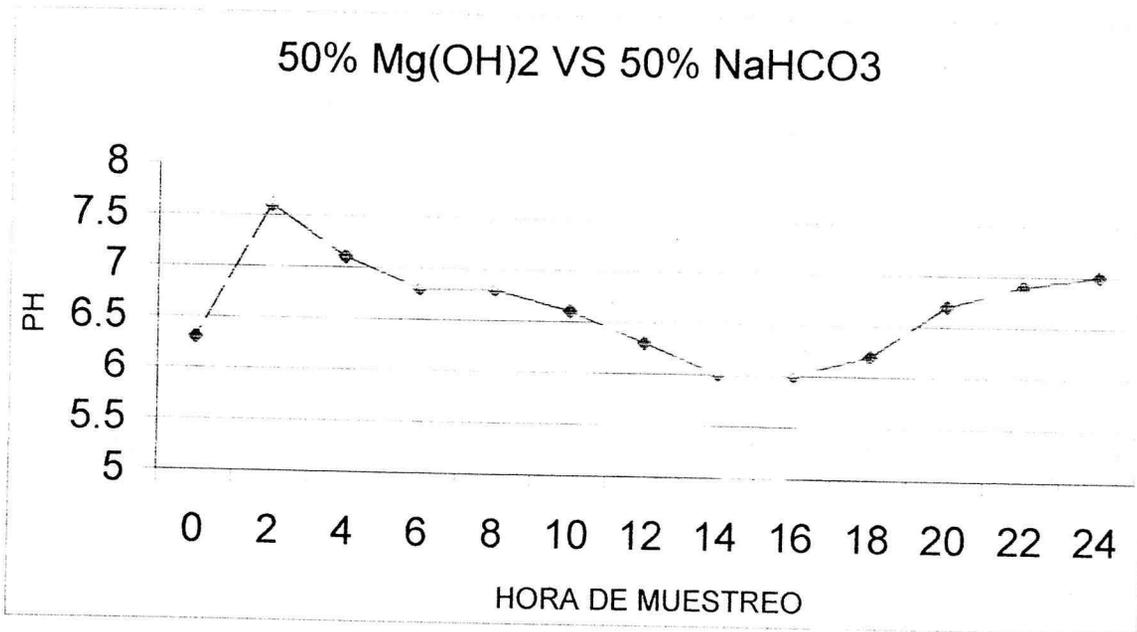


Figura 10. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 50% de hidróxido de magnesio contra 50% de bicarbonato de sodio.

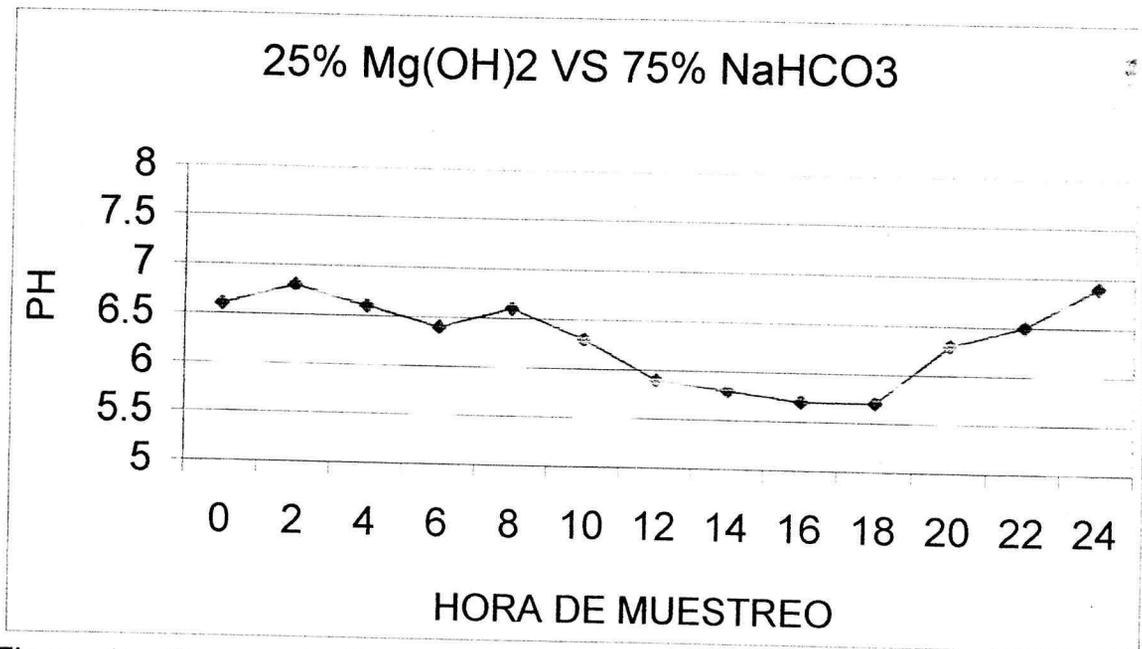


Figura 11. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 25% de hidróxido de magnesio contra 75% de bicarbonato de sodio.

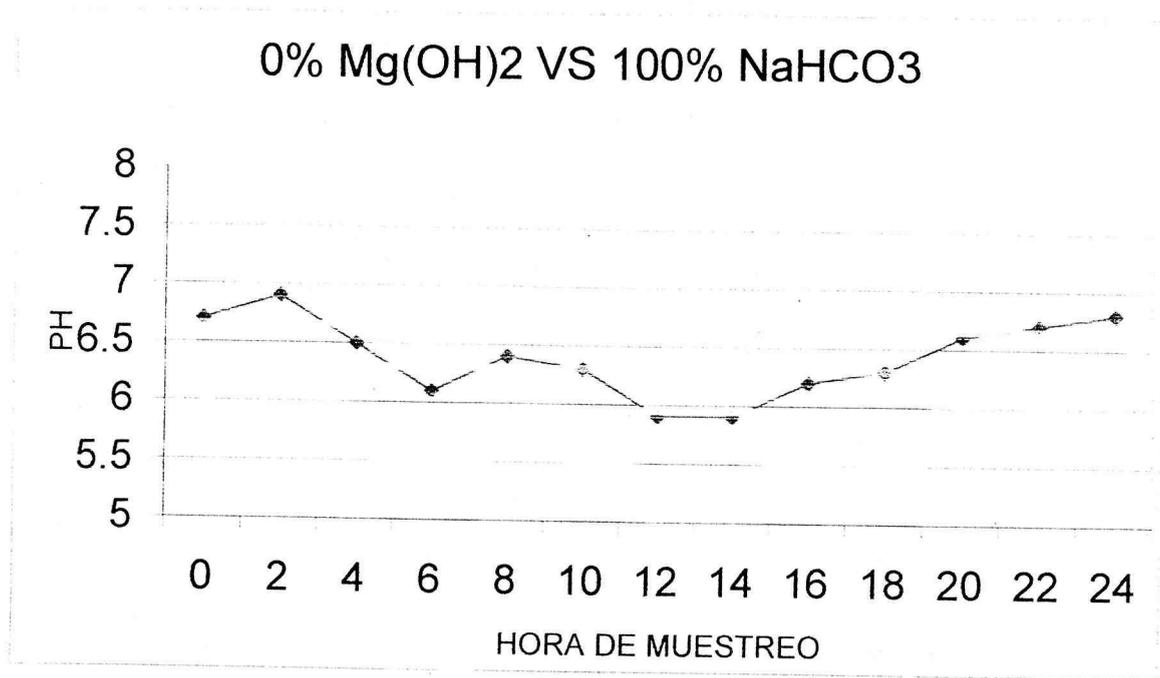


Figura 12. Representación grafica de los datos obtenidos al comparar la combinación de 0% de hidróxido de magnesio contra 100% de bicarbonato de sodio.

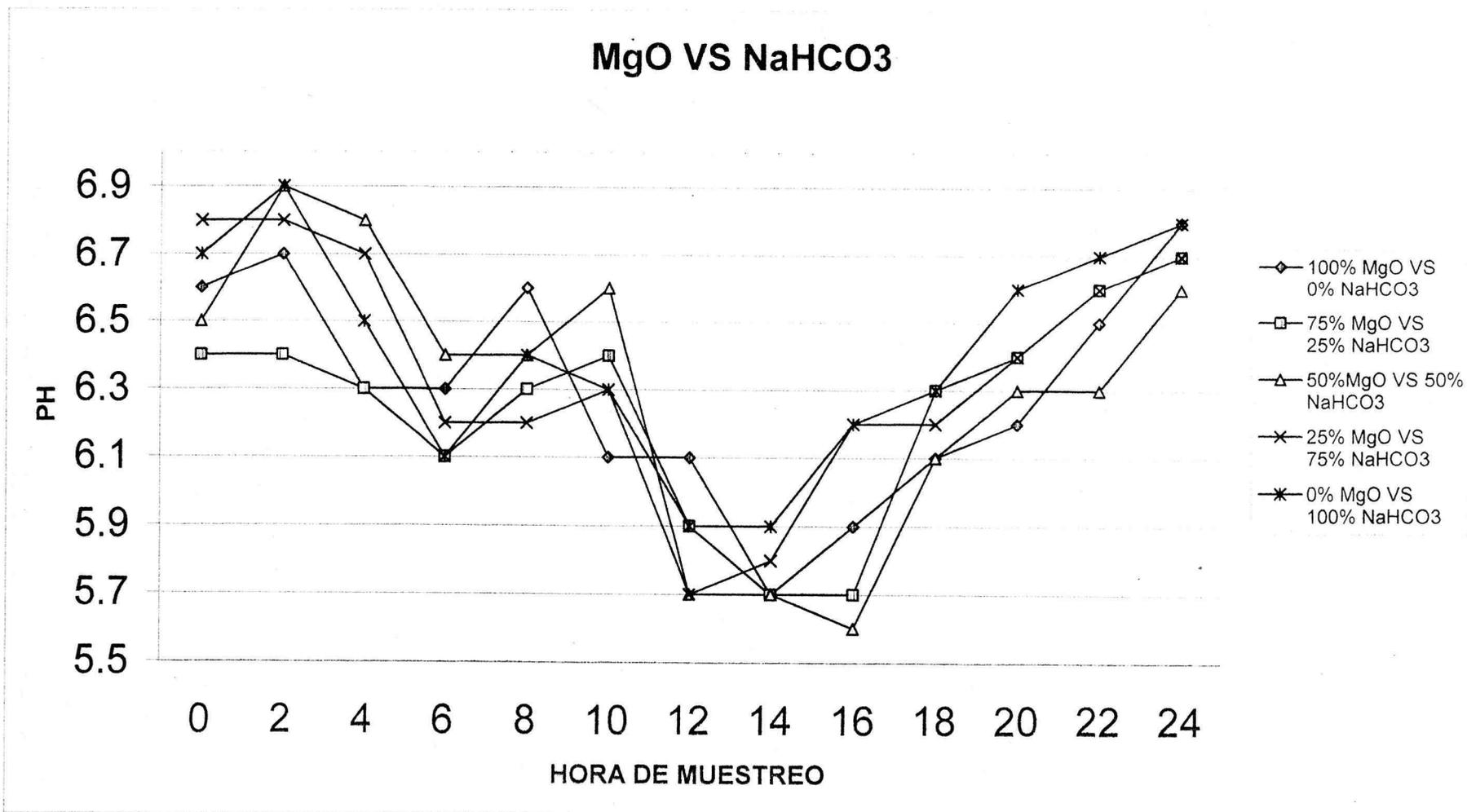


FIGURA 13. Grafica de los valores resultantes de la comparación entre el óxido de magnesio versus el bicarbonato de sodio.

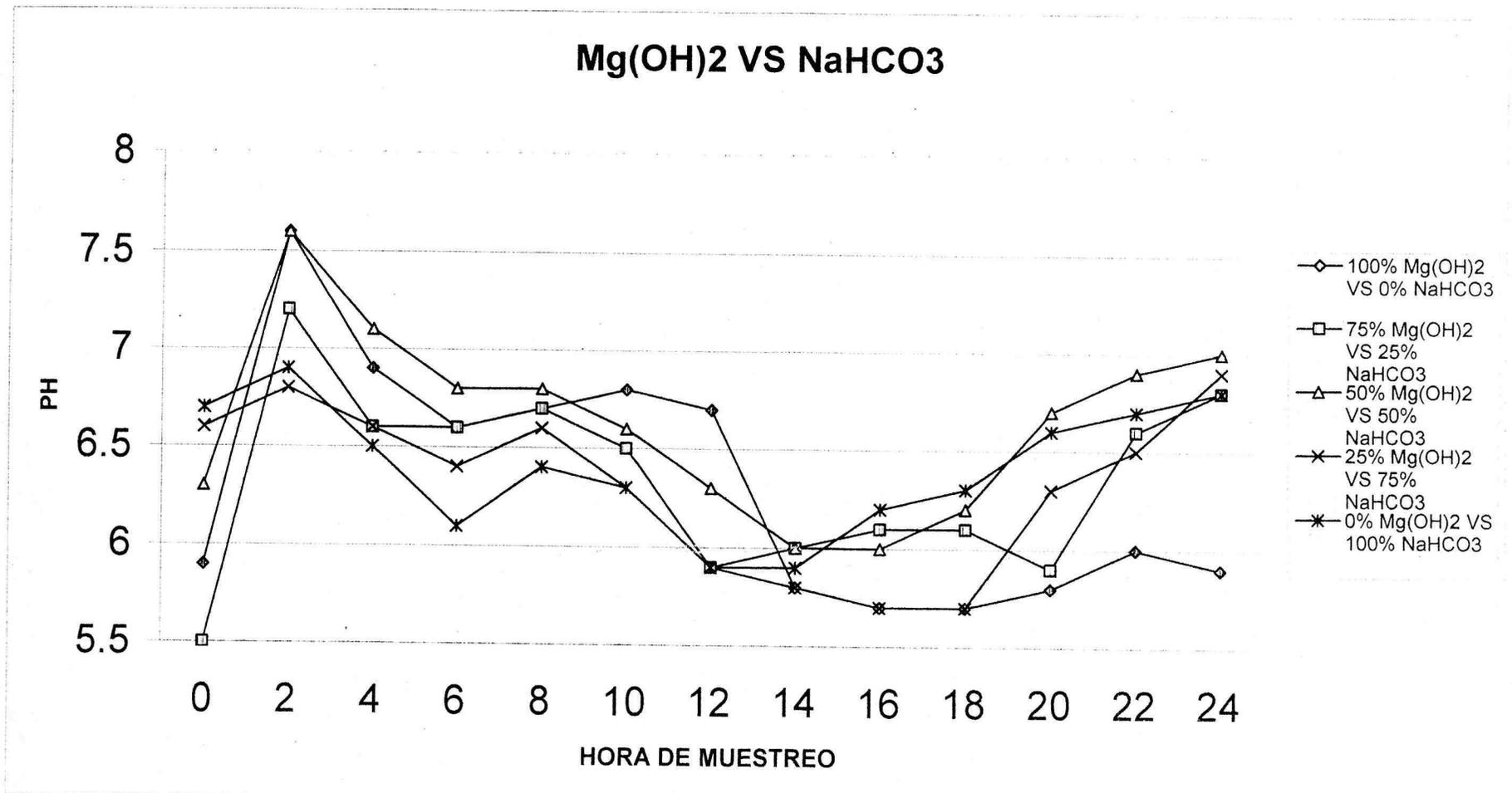


FIGURA 14. Grafica de los valores resultantes de la comparación entre el hidróxido de magnesio versus el bicarbonato de sodio.

VI. CONCLUSIONES

Los datos aquí mostrados nos dan una clara tendencia a reconocer como el mejor agente buferizante del rumen de animales productores de carne con padecimientos de acidez ruminal, al hidróxido de magnesio. La sinergia entre los productos no queda muy bien demostrada, por lo que se concluye que en ocasiones funcionan mejor en forma individual y en concentraciones al 100%.

VII. LITERATURA CITADA

Calsamiglia Sergio. 2000. Factores de la Ración que Afectan al pH Ruminal. Departamento de Patología y Producción Animal. Universidad Autónoma de Bellaterra – Barcelona.

Calsamiglia S., Ferret A. 2002. Fisiología Ruminal Relacionada con la Patología Digestiva: Acidosis y Meteorismo. Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Universidad Autónoma de Barcelona.

Cobos-Peralta Mario A., Guerra-Medina E., López-Garrido Serafín J., Báez-Pérez José L., González-Muñoz Sergio S. y Mendoza-Martínez German D. 2004. Evaluación in Vitro de dos Amortiguadores y un Ionoforo Sobre Variables Fermentativas y Microbiológicas. Programa de Ganadería. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. IREGEP. Montecillo, Estado de México.

Davenport G. M., Boling J. A. and Gay N. 1990. Bioavailability of Magnesium in Beef Cattle Fed Magnesium Oxide or Magnesium Hydroxide. University of Kentucky. J. Anim. Sci. 68:3765-3772

Gonzalez L., Ferret A., et al. 2004. Effect of Increasing Sodium Bicarbonate Proportion in High Concentrate Diets on Ruminal Fermentation in Finishing Beef Heifers. J Anim Sci. Vol. 82, Suppl. 1.

Kohn R. A. and Dunlap T. F. 1998. Calculation of the Buffering Capacity of Bicarbonate in the Rumen and In Vitro. Department of Animal and avian Sciences. University of Maryland. J Dairy Sci 76:1702-1709.

Malgor L. A., Valsecia M. E. 2000. Farmacología de la Hematopoyesis, Farmacología Gástrica, Farmacología del Dolor: AINES y Opioides, Anestésicos Locales y Generales y Bloqueantes Neuromusculares. Farmacología Médica, vol. 4.

Mason Steve PhD, Hutjens Michael F. PhD. 2001. The Use of Buffers in Dairy Diets. Dairy Research & Technology Resources. University of Alberta.

Medel Pedro. 2000. El Bicarbonato Sodico en la Alimentación de Vacas de Alta Producción. ANEMBE, Boletín Informativo. Dpto. Producción Animal U. P. Madrid.

Miller George. 1998. Magnesium Bioavailability Update. Premier Chemicals.

Montoreano R. 2002. Ácidos y Bases. Manual de Fisiología y Biofísica para Estudiantes de Medicina.

Pitt R. E. and Pell A. N. 1997. Modeling Ruminant pH Fluctuations: Interactions Between Meal Frequency and Digestion Rate. Department of Agricultural and Biological Engineering and Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY. J Dairy Sci 80:2429-2441

Tucker W. B., Hogue J. F., Aslam M., Lema M., Ruyet P., Shin I. S., Van Koeveering M. T., Vernon R. K. and Adams G. D. 1993. Controlled Ruminant Infusion of Sodium Bicarbonate. 3. Influence of Infusion Dose on systemic Acid-Base Status, Minerals, and Ruminant Milieu. J. Dairy Sci. 76:2222-2234.

West Joe W. 1987. Buffers – What and When to Use. Department of Animal and Dairy science, University of Georgia, Tifton Campus.