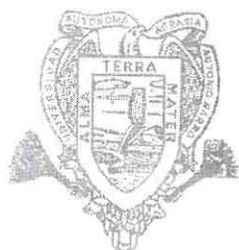


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**CARACTERIZACION DEL pH RUMINAL DE
GANADO LECHERO UTILIZANDO DIVERSAS
FUENTES DE MAGNESIO**

POR

JORGE FRANCISCO GARCIA GARCIA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA. MÉXICO

OCTUBRE 2004

TESIS QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


 Ph.D. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE
 PRESIDENTE


 M.V.Z. JESÚS GAETA COVARRUBIAS
 VOCAL


 I.Z. JORGE H. BORUNDA RAMOS
 VOCAL


 I.Z. HÉCTOR M. ESTRADA FLORES
 SUPLENTE

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN
 DE CIENCIA ANIMAL


 MC. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA




Coordinación de la División
 Regional de Ciencia Animal
 UAAAN - UL

TESIS QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE
PRESIDENTE

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN
DE CIENCIA ANIMAL


MC. ERNESTO MARTINEZ ARANDA



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal
UAAAN - UL

DEDICATORIA

Con dedicatoria especial a mis padres Pablo García Carrasco y Bertha García López que siempre han estado conmigo incondicionalmente aconsejándome y apoyándome desde el principio hasta el final, a mis hermanos Julián, Teresa, José Luis, salvador y a todas aquellas personas que en algún momento de mi vida que lo necesite estuvieron ahí para ayudarme y aconsejarme.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me guía espiritualmente y trata de conducirme por buen camino y que me ha permitido haber llegado hasta este punto de mi vida.

A mi “Alma Terra Mater” por haberme dado la oportunidad de ser parte de ella y formarme como profesional.

Al PhD. Juandavid Hernández Bustamante por su asesoramiento y confianza de haberme invitado a ser parte de su equipo de trabajo pero sobretodo por su amistad brindada.

A mis compañeros de grupo Dinora, Olivia, Inés, Dulce, José, Luis, Chuy, Antonio, Francisco y Mario. Por su amistad brindada durante la carrera.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO.....	2
META.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
pH Ruminal y microorganismos ruminales.....	3
Microflora bacteriana ruminal.....	5
Factores físicos que modifican el pH ruminal.....	7
Neutralización de la acidosis	7
Capacidad tampón de la dieta.....	8
Adición de sustancias tampones	9
Otros aditivos.....	10
El buffer: El sistema de contención para evitar cambios bruscos del pH	10
Magnesio.....	11
Historia.....	11
Fuentes de Magnesio.....	12
Metabolismo del Magnesio.....	13
Absorción del Magnesio.....	14
La Edad.....	14
Requerimientos de Magnesio.....	15

MATERIALES Y METODOS	16
RESULTADOS Y DISCUSION	17
Niveles de pH ruminal.....	17
CONCLUSIÓN.....	23
LITERATURA CITADA.....	24

LISTA DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	AMBIENTE RUMINAL CON ALIMENTOS FIBROSOS Y CONCENTRADOS.....	4
2	MATEIAS PRIMAS CAPACIDAD TAMPÓN.....	9
2	VALORES DEL pH RUMINAL DE LOS PRODUCTOS SOMETIDOS A EXPERIMENTACIÓN.....	17

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Porcentaje molar de los AGVs según el pH ruminal..	5
2	Efectos sobre la producción de leche en relación al % de concentrado en la dieta.....	7
3	Niveles de pH del tratamiento testigo.....	18
4	Niveles de pH del tratamiento MgOH Nacional.....	19
5	Niveles de pH del tratamiento MgO Nacional.....	20
6	Niveles de pH del tratamiento MgO de Importación..	21
7	Concentración grafica de los resultados de los cuatro Tratamientos.....	22

INTRODUCCION

El intenso crecimiento de la población humana mundial ha encendido las señales de alerta a los profesionales dedicados a la producción animal, esto debido a que los métodos clásicos de alimentar a los animales no son suficientes para lograr los consumos mínimos de carne, leche y huevo por la población.

Los investigadores de la producción animal, ante este reto, han iniciado la búsqueda de alternativas para aumentar la eficiencia productiva de los animales domésticos; así se ha conseguido el encontrar productos eficientes que reducen el uso ineficiente de ellos por el animal y aumentan su respuesta productiva.

Estos avances convertidos en alimentos, están disponibles en el mercado y algunos de ellos han logrado su objetivo básico, aumentando la producción animal. Desafortunadamente ha habido repercusiones en la salud de los animales, debido a alteraciones metabólicas causadas por los alimentos mejoradores de la eficiencia productiva.

En el caso de los bovinos productores de leche, el uso de productos biotecnológicos, incluyen hormonas, levaduras y alimentos con tratamientos físicos y químicos que dan protección ante los ataques de las bacterias del rumen, por lo que reciben el nombre de alimentos de sobrepaso. Debido a lo anterior, la dieta tradicional de los bovinos de leche que incluye en su mayoría plantas forrajeras ha sido cambiada casi totalmente por granos y pastas proteicas que proporcionan una mayor cantidad de nutrientes, pero alteran en gran forma el metabolismo de los animales.

Ante el gran consumo de alimentos no forrajeros, la salud digestiva de los bovinos productores de leche se ha visto alterada causando problemas metabólicos, principalmente acidosis ruminal, por alteraciones en la fermentación y descenso marcado del pH inician con una simple diarrea, derivando en una baja en la producción láctea, laminitis, reducción de la masticación y el consumo en general, posteriormente sucede una alteración en

las papilas del rumen, la pérdida de la condición corporal, problemas con el aparato locomotor e inclusive puede llegar a la muerte del animal.

Todo lo anterior, ha llevado a buscar soluciones que resuelvan en forma definitiva o al menos reduzcan los efectos negativos que se reflejan en los animales y causan en los productores una grave pérdida económica, en ese sentido, se han desarrollado algunos productos minerales, como el óxido de magnesio que busca evitar los malestares digestivos que sufren los animales lecheros al poder conservar el equilibrio digestivo de los animales, lo que redundará en animales sanos y longevos y una mayor producción de leche.

OBJETIVO

El presente trabajo presenta como objetivo principal tratar de observar el efecto buffer o tampón que tiene el óxido de magnesio e hidróxido de magnesio cuando es consumido o introducido a animales lecheros, midiendo el pH postprandial.

META

La meta que persigue el presente trabajo, es tratar de establecer al magnesio como opción para aliviar los problemas digestivos de las vacas lecheras, y así contribuir a la salud digestiva de los animales.

REVISIÓN DE LITERATURA.

DEFINICION DE pH

Sörensen en 1909, propuso el término de pH, el cuál definió como el cologaritmodecimal (menos logaritmo decimal), de la concentración de los iones hidronio: expresión que nos permite un manejo más sencillo de esta variable. Esta concentración, es un promedio de la actividad de los iones hidronio, la actividad, es una definición mas adecuada de pH sin embargo, se emplea para el cálculo de pH.

Para el establecimiento de la escala de pH se toman como base disoluciones de ácidos y bases fuertes, con concentraciones de 1M como máximo. El rango de variación de la concentración de iones hidronio en disolución alcanza 10^{14} unidades a temperatura ambiente. Con la definición de pH dada anteriormente, la escala toma valores desde cero (ácido fuerte 1M) hasta 14 (base fuerte 1M); donde el punto medio es 7, que representa soluciones con un pH neutro (American Society 1990).

pH RUMINAL Y MICROORGANISMOS RUMINALES.

pH ruminal:

La principal adaptación a un cambio de la dieta está dada por la regulación del pH ruminal. Esta regulación dependerá del proceso rumia-salivación-pH ruminal el cual depende especialmente del contenido de fibra de la dieta.

Los factores más importantes que intervienen en la regulación del pH ruminal son:

Producción de AGVs.

Producción de saliva.

Velocidad de absorción de ácidos grasos volátiles (AGVs).

Concentración de amoníaco (U.B.A,1999).

Cuando el bovino es alimentado con insumos basados en forrajes, la mayor cantidad de fibra presente en éstos produce un mayor tiempo de

masticación y salivación durante la ingesta y la rumia; por lo tanto, la presencia de un alto contenido de saliva en el rumen produce una alcalinización del medio ambiente ruminal (pH de 6.5-7.0).

Este pH ruminal permite la proliferación de la flora celulolítica capaz de digerir las paredes celulares de los forrajes.

Sin embargo, cuando se aumenta el aporte de alimentos concentrados energéticos como los granos de maíz o de otros cereales, la disminución en el contenido de fibra en la dieta produce una disminución del tiempo de masticación y de salivación durante la ingesta y la rumia; por lo tanto, la baja secreción de saliva hace que el medio ambiente ruminal comience a acidificarse (pH de 5.5, 6.0). En este caso, el pH ruminal bajo permite la proliferación de la flora amilolítica capaz de digerir rápidamente los carbohidratos solubles como el almidón presente en los granos de cereales. (U.B.A, 1999).

En resumen, un cambio en la proporción de forraje y de concentrado en una dieta provoca un cambio importante en el pH ruminal, el cual tiene un efecto profundo en la flora ruminal y en el tipo de fermentación. (Rearte y Pasinato, 1995).

CUADRO 1. Ambiente ruminal con alimentos fibrosos y concentrados

Parámetros	Alto Contenido de forrajes	Alto contenido de concentrados
Tiempo de rumia (min/kg ms alimento)	40 - 50	20 - 30
Producción de saliva (Lts/kg ms alimento)	12 - 14	10 - 12
pH ruminal	6.5 - 7.0	5.5 - 6.0
Tipo de actividad microbiana	Celulolítica	Amilolítica
Producción AGVs (Mm/l)	80 - 120	150 - 200
AGVs predominante	Ac. Acético	Ac. Propionico y láctico

MICROFLORA BACTERIANA RUMINAL

El animal necesita un período de adaptación al suministro de dietas ricas en granos o concentrados para proveer el pH óptimo a la microflora ruminal responsable de la digestión de este tipo de dietas.

El suministro de dietas con alto contenido de concentrados energéticos origina un descenso del pH ruminal. Esto trae como consecuencia un efecto sobre la microflora ruminal: disminuye el número y la actividad de la flora bacteriana celulolítica y aumenta el número y la actividad de la flora bacteriana amilolítica.

Este incremento en la actividad amilolítica con dietas ricas en granos o concentrados, es consecuencia del efecto del pH ruminal sobre la microflora ruminal, más que una influencia del pH óptimo para la actividad enzimática.

En la figura siguiente se observa la influencia del pH ruminal sobre el tipo de flora ruminal y su actividad metabólica.

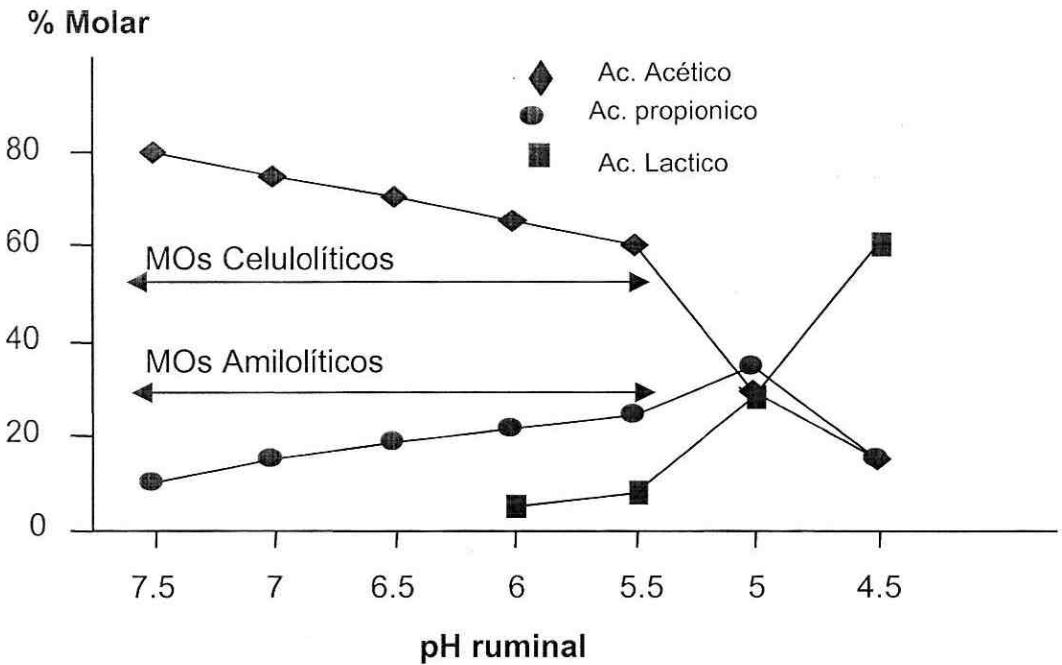


Figura 1. Porcentaje molar de los AGVs según el pH ruminal (de Rearte y Pasinato 1995).

A medida que se aumenta la cantidad de concentrados energéticos en la dieta, y además se realice un mal manejo nutricional, el pH ruminal desciende; de esta manera, se pasa de un ambiente ruminal adecuado para una flora celulolítica (pH de 6.5, 7) a uno adecuado para una flora amilolítica (pH de 5.5-6). Sin embargo, cuando el pH ruminal se acerca a 6, junto con los microorganismos amilolíticos, aumenta el número de microorganismos productores de ácido láctico (*Streptococcus bovis*) y con ello el nivel de éste ácido en rumen.

El ácido láctico tiene un mayor grado de acidez que los AGVs, y tiende a causar un descenso importante en el pH ruminal. En estas condiciones, la microflora ruminal normal desaparece y aparecen los microorganismos productores de ácido láctico y tolerantes a valores de pH menores de 5.5 (*Lactobacillus vitulinus* y *Lactobacillus ruminus*), por lo que aumenta aún más el nivel de éste ácido en rumen y desciende bruscamente el pH ruminal (Dukes y Swenso 1981).

El tamaño y longitud de las papilas del rumen se modifican dependiendo de las concentraciones de los AGVs en el rumen, especialmente del ácido butírico y del ácido propiónico. Un bovino con una alimentación basada en forrajes y, por lo tanto, con una producción baja de AGVs, tiene papilas pequeñas (0.5 cm de largo o menos); en contraste, un bovino con una alimentación basada en concentrados energéticos y con una alta producción de AGVs, presenta papilas largas (1,2 cm de largo o más) y robustas para promover la absorción de los AGVs (Nava y Díaz, 2003).

El agrandamiento de las papilas ruminales y de la superficie de absorción, puede verse también como una adaptación a los descensos de pH ruminal por la alimentación con dietas ricas en carbohidratos fácilmente fermentables. Sin embargo, este alargamiento de las papilas podrá considerarse una adaptación siempre y cuando no derive en una paraqueratosis.

También en este caso, parecería que un pH de 5.5 sería el límite para dicha adaptación (Rearte y Pasinato 1995).

A continuación se muestra la relación general entre la cantidad de granos (o concentrados) en la ración, producción de leche y contenido de grasa butírica de la leche.

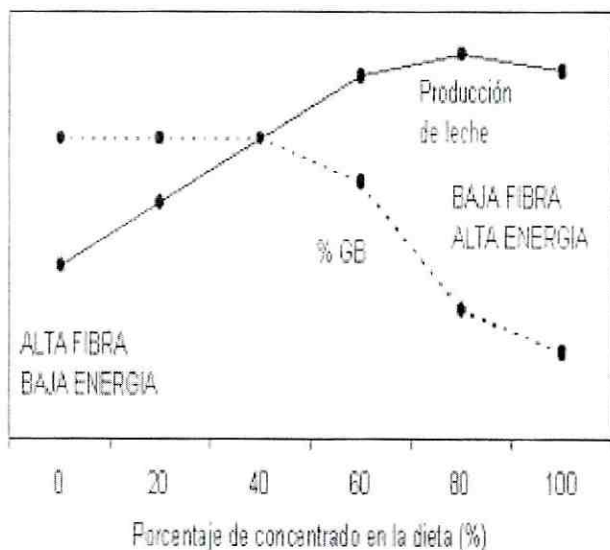


Figura2. Efecto sobre la producción de leche en relación al % de concentrado en la dieta. (Rearte y Pasinato 1995).

FACTORES FISICOS QUE MODIFICAN EL pH RUMINAL.

La reducción del tamaño de la partícula de los alimentos aumenta la superficie de contacto del ingrediente ayudando a la fijación y el ataque de la masa microbiana. Por otro lado, existe una mayor ruptura de las células vegetales y por lo tanto mayor acceso a los contenidos celulares. El resultado de todo esto es la aceleración de los procesos de fermentación (Sauvant, 1999).

NEUTRALIZACION DE LA ACIDOSIS.

Uno de los procesos naturales básicos y más interesantes en la regulación del flujo de protones, es la incorporación de las partículas de alimento al interior de las células microbianas especialmente en los protozoos. Este fenómeno es muy importante para el almidón (Jouany y Thivend, 1972) y

retarda de 7 a 10 horas la fermentación del almidón almacenado de esta manera.

Los procesos de absorción constituyen la principal fuente de salida de AGVs y con ello de protones, por hora del rumen (70-80% del flujo de salida). Este flujo de absorción es pH dependiente en cuanto hay una mayor presencia de AGV el pH disminuye y la velocidad de salida aumenta, puesto que la velocidad de absorción es mayor cuando estos compuestos están en forma de ácidos. Este fenómeno que es muy conocido fue cuantificado por Dijkstra et al. (1993). El acético pasa rápidamente al organismo sin sufrir ningún cambio y es utilizado directamente como aporte energético. El propiónico es convertido en láctico y succínico. Este último puede entrar directamente en el ciclo de Krebs para la obtención de energía o puede utilizarse como precursor de la glucosa. El butírico es metabolizado en la pared ruminal hasta β -hidroxibutírico, siendo esta vía cetogénica (Booth y McDonald, 1988). Durante la acidosis el flujo sanguíneo hacia el tracto gastrointestinal disminuye, con lo cual la absorción de los AGV se reduce también.

Esto aumenta la posibilidad de daño epitelial lo que a su vez reduce aún más la capacidad de absorción. A los animales con estos procesos en los cebaderos se les conoce como crónicos y en ocasiones es necesario practicarles una rumenotomía y dejarla abierta con el fin de salvar al animal. (Archime, 1997).

CAPACIDAD TAMPÓN DE LA DIETA.

Los alimentos poseen su propia capacidad tampón que depende fundamentalmente del contenido en carbonatos y fosfatos, de su capacidad de intercambio iónico y del contenido y degradabilidad de su proteína. Existen varias formas de medir la capacidad tampón de las materias primas. En el cuadro 5 se expresan los resultados obtenidos mediante una titulación con ácido clorhídrico hasta reducir el pH del medio a 3. El reciclado fisiológico también representa una fuente importante de sustancias tãmpones. El flujo permanente de saliva en un bovino adulto (de 50 a 120 ml/min) (Erdman,

1988), aporta del orden de 15 a 25 meq/l de fosfatos y de 50 a 60 meq/l de carbonatos (Remond et al., 1995). A partir de la relación entre el flujo de saliva y el contenido ruminal y de la concentración de bicarbonato en la saliva es posible hacer una estimación aproximada del reciclaje de carbonatos salivales: $20.1 \pm 7,1$ g/litro de contenido ruminal, 1.36 ± 0.58 kg/hora ó 106.3 ± 34.6 g/kg de materia seca ingerida. Es conveniente remarcar que estas cantidades son importantes para el cálculo de las raciones.

CUADRO 2. MATERIAS PRIMAS CAPACIDAD TAMPÓN (MEQ HCL/KG).

MATERIAS PRIMAS	CAPACIDAD TAMPON (meq HCL/Kg)
CEBADA	210
TRIGO	200
MAIZ	170
SALVADO DE TRIGO	448
HARINA DE SOJA 44%	896
PULPA DE REMOLACHA	456
MELAZA DE CAÑA	545
FOSFATO BICALCICO	6895
CARBONATO CALCICO	20020
BICARBONATO SODICO	12885
OXIDO DE MAGNESIO	47190
ACIDO ACETICO	-620

(Basf Española, 2000)

El poder tampón del líquido ruminal se ve afectado también por la salida de carbonatos y fosfatos. La desaparición de éstos se debe al tránsito de la fase líquida y a su absorción. Para los carbonatos existe una manera extra y es que el carbonato se transforma en CO_2 , una parte es eructado en forma de CO_2 y otra es convertido en CH_4 por las bacterias metanogénicas. La primera vía es cuantitativamente más importante en los periodos post-pandriales (Vermorel, 1995).

ADICION DE SUSTANCIAS TAMPONES.

Para reducir el pH del rumen también se pueden utilizar sustancias tampones o alcalinizantes específicas. Una sustancia tampón se puede definir

como una combinación ácido-base débil o sus sales que en solución son capaces de neutralizar los ácidos producidos durante la digestión y metabolismo de los alimentos (Acedo-Rico y Rebollar, 2001) por lo tanto manteniendo un pH normal dependiendo del entorno. Por otro lado hay sustancias alcalinizantes que también neutralizan los ácidos pero además aumentan el pH de la solución. El tampón más usado en las dietas de rumiantes en cebsa intensiva es el bicarbonato de sodio a una dosis de 0.5 a 2% del concentrado.

El porcentaje de inclusión del bicarbonato dependerá del porcentaje de almidón del concentrado y del tipo de cereal que se utilice mayoritariamente. Como sustancia alcalinizante la más utilizada es el óxido de magnesio con dosis parecidas al bicarbonato. Además de las propiedades químicas y el costo, las características físicas de estos compuestos son muy importantes para seleccionar el producto ideal.

Por ejemplo el bicarbonato sódico es muy higroscópico y se apelmaza rápidamente. El óxido de magnesio depende mucho del tamaño de partícula ya que tiene una baja solubilidad.

OTROS ADITIVOS.

Existen otras sustancias que están clasificadas como aditivos según la legislación. La monensina es un aditivo de la familia de los ionóforos clasificada en los terneros como promotor de crecimiento, que disminuyen indirectamente el pH ruminal (Jane, 1994).

EL BUFFER: EL SISTEMA DE CONTENCIÓN PARA EVITAR CAMBIOS BRUSCOS DE pH.

Los buffer, también llamados soluciones amortiguadoras, amortiguadores, soluciones tampones o tampón, son sustancias o mezclas de sustancias que tienen la particularidad de que al ser agregadas al agua generan un sistema que ante la adición de ácidos o de álcalis, el pH se modifica

muy poco (o, por lo menos, mucho menos de lo que lo haría si estas mezclas no estuviesen en el medio).

En general, las disoluciones amortiguadoras (buffers) son mezclas en agua de ácidos y sus sales o álcalis y sus sales. La eficacia de la acción amortiguadora contra la adición de ácido o álcali depende de la concentración de los ingredientes del buffer y es máxima cuando se encuentran en proporciones aproximadamente iguales.

Los búferes se construyen para tener un rango de acción definido a un pH definido. Es posible "armar" bufferes para que amortigüen dentro de cualquier zona o rango de pH (ácido, neutro o alcalino).

Los bufferes son muy útiles en cosmétología ya que permiten que las formulaciones no cambien de pH con el tiempo por descomposición de sus activos o por contacto con el aire. Además, la aplicación de bufferes permiten volver al cabello y la piel a los valores de pH adecuados.

Al aplicar un buffer, el cual tiene un rango de acción de pH definido, nos aseguramos que el efecto esperado será obtenido sin que se nos "vaya la mano" tratando de neutralizar, acidificar o alcalinizar directamente con álcalis o ácidos lo que podrían ocasionar daños irreparables.

MAGNESIO. Mg.

El magnesio es el elemento químico de símbolo **Mg** y número atómico 12. Es el séptimo elemento en abundancia constituyendo del orden del 2% de la corteza terrestre y el tercero más abundante disuelto en el agua de mar. Se emplea primordialmente como elemento de aleación del aluminio (Sienko y Reverté, 1972).

HISTORIA.

El nombre procede de *magnesia*, que en griego designaba una región de Tesalia. El inglés Joseph Black, reconoció el magnesio como un elemento químico en 1755, en 1808 Sir Humphrey Davey obtuvo metal puro mediante electrólisis de una mezcla de magnesia y **HgO** (Sienko y Reverté, 1972).

FUENTES DE MAGNESIO

Magnesio (Mg)

Las materias primas utilizadas en formulación de piensos son buenas fuentes de Mg y con una disponibilidad aceptable por lo que en general no es preciso añadir fuentes exógenas. Existen sin embargo ciertas situaciones en las cuales un aporte mineral extra puede ser beneficioso. Específicamente, niveles altos de Mg pueden ser aconsejables en situaciones de estrés (cerdos al sacrificio), nerviosismo, estreñimiento (utilización del sulfato), mal funcionamiento del rumen (capacidad tampón) y alta incidencia de hipomagnesemia o tetania de la hierba en vacas lecheras y ovejas. El exceso es perjudicial, especialmente en ponedoras, con reducción del consumo de pienso, producción de heces húmedas y problemas de cáscara. En rumiantes, aparte de la presencia de heces blandas, el principal problema de la suplementación con Mg es la baja palatabilidad de las fuentes minerales, con un alto porcentaje de vacas que rechaza el alimento que lo contiene.

La principal fuente mineral de Mg es el óxido de magnesio (MgO) se obtiene por calcinación de la magnesita, que es una roca formada por carbonato de magnesio con proporciones variables de dolomita (sulfato de Ca y Mg), sílice (SiO) y cal (CaO) como contaminantes. El procesado incluye un enriquecimiento de la materia prima original mediante técnicas basadas en separación de los distintos componentes por densidad.

Posteriormente se somete el producto enriquecido al proceso de calcinado con aplicación de temperaturas de 900 a 1,100 °C durante unas 8 horas. La riqueza del producto final depende de la pureza en Mg del material inicial mientras que la disponibilidad del Mg va a depender en gran parte de las condiciones del proceso de calcinación. Magnesitas mal calcinadas pueden mostrar disponibilidades inferiores al 40% en relación al sulfato de Mg, pero los valores medios están en torno al 75%.

Un menor tamaño de partícula (las partículas groseras se tienden a depositar en el fondo del rumen) y una mayor temperatura (hasta 1,100 °C) del

tratamiento mejoran la disponibilidad. La riqueza en MgO del producto comercial está en torno al 85% y dado que el MgO contiene un 60% de Mg, el contenido en este mineral está en torno al 50-52%. Los contaminantes habituales son el óxido de calcio (7-8%), el óxido de silicio (2-4%) y el óxido férrico (<1%).

En el mercado mundial existen fuentes de MgO obtenidas mediante reciclado de subproductos ricos en Mg, que se caracterizan por un color más oscuro en contraste con el blanco-cremoso del MgO obtenido directamente de mina y por un mayor contenido en metales pesados (F, Pb, Cr, Va, Mo). El sulfato de magnesio (MgSO₄) en forma heptahidratada se utiliza por sus efectos laxativos. Se obtiene a partir del MgO original y contiene aproximadamente un 10% de Mg y un 13% de S.

Los carbonatos dolomíticos son también una fuente importante de Mg (hasta el 12% de Mg) pero su incidencia en el mercado es mínima. Su uso como fuente de Ca implica un exceso de Mg en la dieta que resulta perjudicial, especialmente en animales sobre suelo (camas húmedas), aves jóvenes (problemas óseos) y ponedoras comerciales (problemas de calidad de cáscara). La disponibilidad del Ca y del Mg en estos carbonatos es menor que en otras fuentes de uso común (el 50% para el Ca y el 33% para el Mg en comparación con el CaCO₃ y el MgO, tomados como patrón) (Mateos S/F).

METABOLISMO DEL MAGNESIO

El magnesio se encuentra en el líquido extracelular (LEC), y el intracelular (LIC), siendo más abundante en este último. En términos de cantidades de cada catión presente en el cuerpo, el Mg es el cuarto, precedido por el Ca, Na, y K. En la vaca, el contenido de Mg está con relación al peso corporal, y se da por la siguiente ecuación: **Mg (gr) = 0,655 x PV (Kg) - 3,5**. Por ejemplo, una vaca de 500 kilos tendría un contenido de magnesio de 324 gramos. **Mg (gr) vaca 500 Kg = (500x0,655)- 3,5 = 324 gr** El Mg está presente en todos los tejidos, de estos 324 gramos el 75% se encuentra en el esqueleto,

o sea 226.8 gramos. De esta cantidad el 35% está disponible para la movilización hacia los tejidos blandos, cuando la dieta consumida es inadecuada (De Luca,1981).

ABSORCIÓN DEL MAGNESIO

El sitio principal de absorción de Mg es el rumen y el omaso (Thomas y Porter, 1976) siendo la capacidad de absorción desde el rumen 25-30 veces superior a la del omaso (Martens y col., 1978), también existe absorción, por difusión pasiva, de magnesio en el intestino, sin embargo no es capaz de compensar la reducción de la absorción desde el rumen (Dalley, 1992).

Según Sykes (1993) estos resultados señalan la importancia que reviste la absorción intestinal en moderar el desarrollo de la hipomagnesemia y sugieren que la absorción de Mg desde los suplementos minerales, entregados en casos de elevados aportes de potasio, pueden ser bien absorbidos desde el intestino.

El porcentaje de absorción de Mg desde el digestivo es difícil de predecir pero es importante para estimar el balance de Mg en los animales a pastoreo. De acuerdo a ARC (1980), es posible definirlo en 29% sin embargo los mismos autores sostienen que se debe considerar, para cálculos en la ración de un bovino adulto un 17%. Se señala que la absorción disminuye a medida que se alcanza la concentración fisiológica (Capen y Rosol, 1989), que se encuentra alrededor de 0.92 mmol/l, con un rango de 0.7 - 1.1 mmol/l (Martens y Rayssiguier, 1980).

LA EDAD:

También se ha podido comprobar que la edad influye en la absorción de Mg de la dieta, es así que los terneros al mes de edad tienen un porcentaje de absorción de un 90% y decrece a un 40% a los 5-8 meses (Smith 1957) para llegar en el adulto al 17% (A.R.C. 1980).

REQUERIMIENTOS DE MAGNESIO

Cuando la cantidad de Mg excretada por la leche, la orina y heces es igual a la cantidad de Mg absorbido, el Mg se encuentra en balance cero. Kepm y col. (1971) fueron los que establecieron los requerimientos de Mg en vacas lecheras y señala que las vacas en balance cero excretan 2.5 g de Mg diariamente por la orina y 0.12 -0.13 g por cada litro de leche producida. Además, la estimación de los requerimientos netos de manutención se deducen de las pérdidas endógenas fecales, que para el Mg se estiman en 3 mg/kg/d (A.R.C., 1980).

Establecidos los requerimientos netos, que es lo que el animal debe absorber desde el alimento, para satisfacerlos, es necesario considerar: la concentración del Mg en el forraje, el porcentaje de absorción del mineral, la disponibilidad y capacidad de ingestión de materia seca. Así, podremos definir si el Mg se encuentra en balance cero, negativo o positivo. En vacas con balance de Mg positivo aumenta la excreción del mineral por la orina y cuando el balance es negativo se reduce la eliminación urinaria, existiendo una correlación positiva entre la concentración de Mg en la orina y la cantidad de Mg absorbido (Kemp, 1971) por ello la concentración de Mg urinaria es mejor indicador de la absorción de Mg que las concentraciones plasmáticas (Rogers, 1979).

MATERIALES Y METODOS

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 Nacional.

Hidróxido de Magnesio de Nacional.

Oxido de Magnesio de importación.

Concentrado para ganado lechero del 16% p.c.

Alfalfa henificada.

Los métodos usados en 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).

RESULTADOS

1) NIVELES DE PH RUMINAL

Para la prueba del pH ruminal, se ofreció al animal experimental, una dieta de 16% de proteína cruda (PC) y además alfalfa de primera calidad como forraje y fuente de fibra, esta dieta equivale a la ofrecida a animales lecheros de máxima producción. Se le ofrecían los alimentos *ad libitum* y se servía dos veces por día, procurando que se mantuviera limpio el comedero; además se colocaba de manera permanente y abundante agua limpia en una pila.

En el cuadro 3 se muestran los valores numéricos obtenidos de las muestras de pH ruminal a distintos tiempos durante un período de 24 horas, siendo los valores del tratamiento testigo los que tuvieron los valores más bajos, es decir, que al no haber ningún producto tampón en el rumen, la dieta "caliente" hizo el efecto acidificante en el rumen.

CUADRO 3. VALORES DEL pH RUMINAL DE LOS PRODUCTOS SOMETIDOS A EXPERIMENTACION.

Hora del Muestreo post alimentación	Testigo	MgOH Peñoles	MgO Peñoles	MgO Chino
0	4.72	5.42	5.73	6.05
2	4.73	6.55	5.53	5.83
4	4.38	5.43	5.50	5.35
6	5.12	5.42	5.65	5.40
8	5.16	5.68	5.81	5.67
10	5.20	5.87	5.42	5.19
12	5.22	6.03	5.40	5.18
14	5.74	5.71	5.59	5.32
16	5.79	5.73	6.02	5.32
18	5.85	5.79	6.15	5.85
20	4.98	6.18	6.43	5.86
22	4.86	6.19	6.55	6.04
24	5.52	6.43	6.78	6.22

En el desarrollo del trabajo experimental, se estuvo a punto de suspender el tratamiento testigo a la hora 4, pues el pH estaba en un valor de 4.38, lo que puso en riesgo la vida del animal, al haber podido desencadenar un acidosis sanguínea y provocarle la muerte.

pH (nivel)

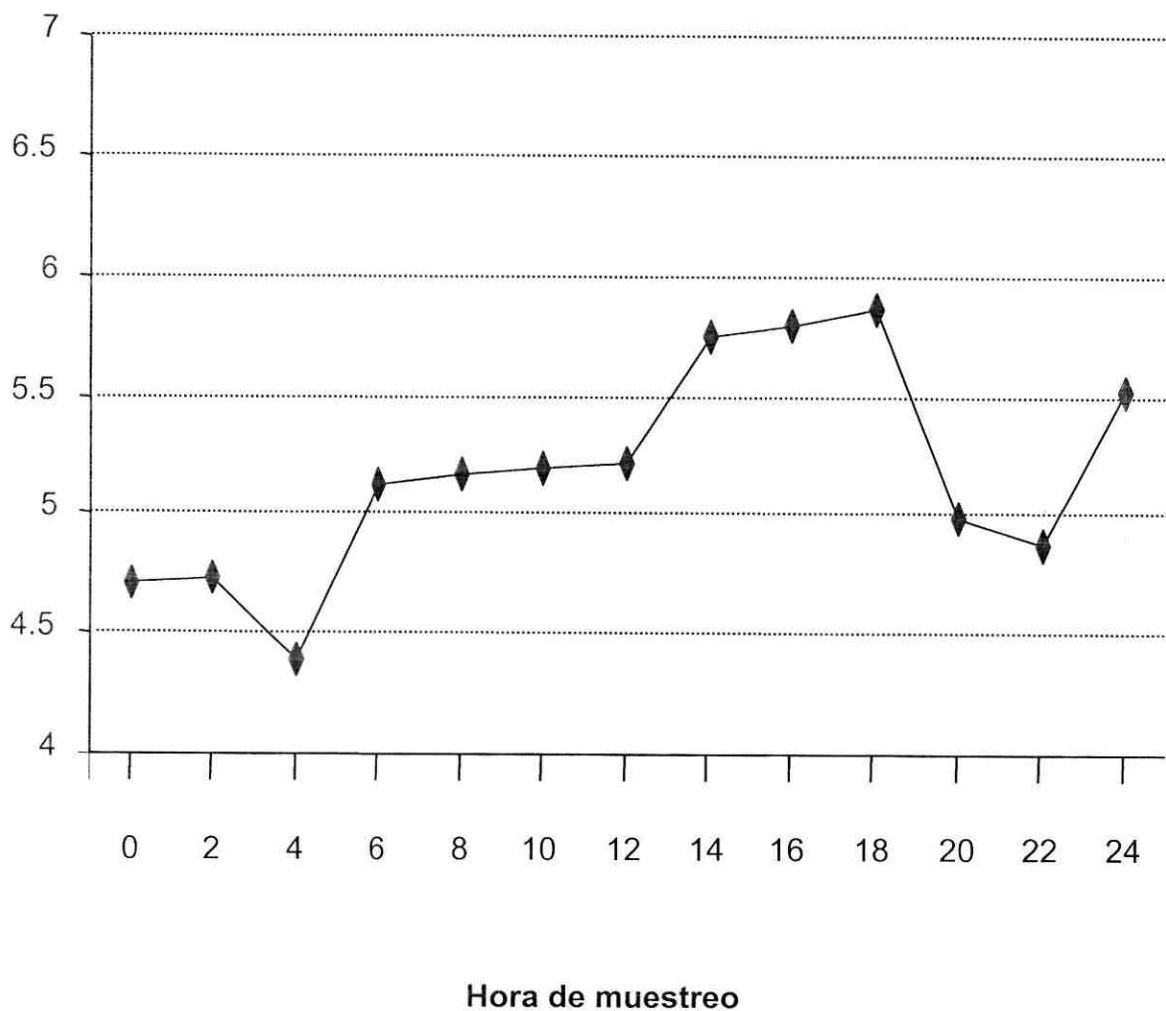


Figura 3. Niveles de pH del tratamiento testigo

En cuanto al desempeño del Hidróxido de Magnesio Nacional, este tiene un biodisponibilidad o solubilidad casi inmediata después de su introducción al rumen (Figura 4), siendo este aspecto positivo para el aprovechamiento de nutrientes, pues el aumento y neutralización del pH, permite que los alimentos ricos en proteína y energía no sean atacados por las bacterias, lográndose así una alta tasa de pasaje; permitiendo que los nutrientes lleguen intactos hasta el abomaso y posteriormente al duodeno.

pH (nivel)

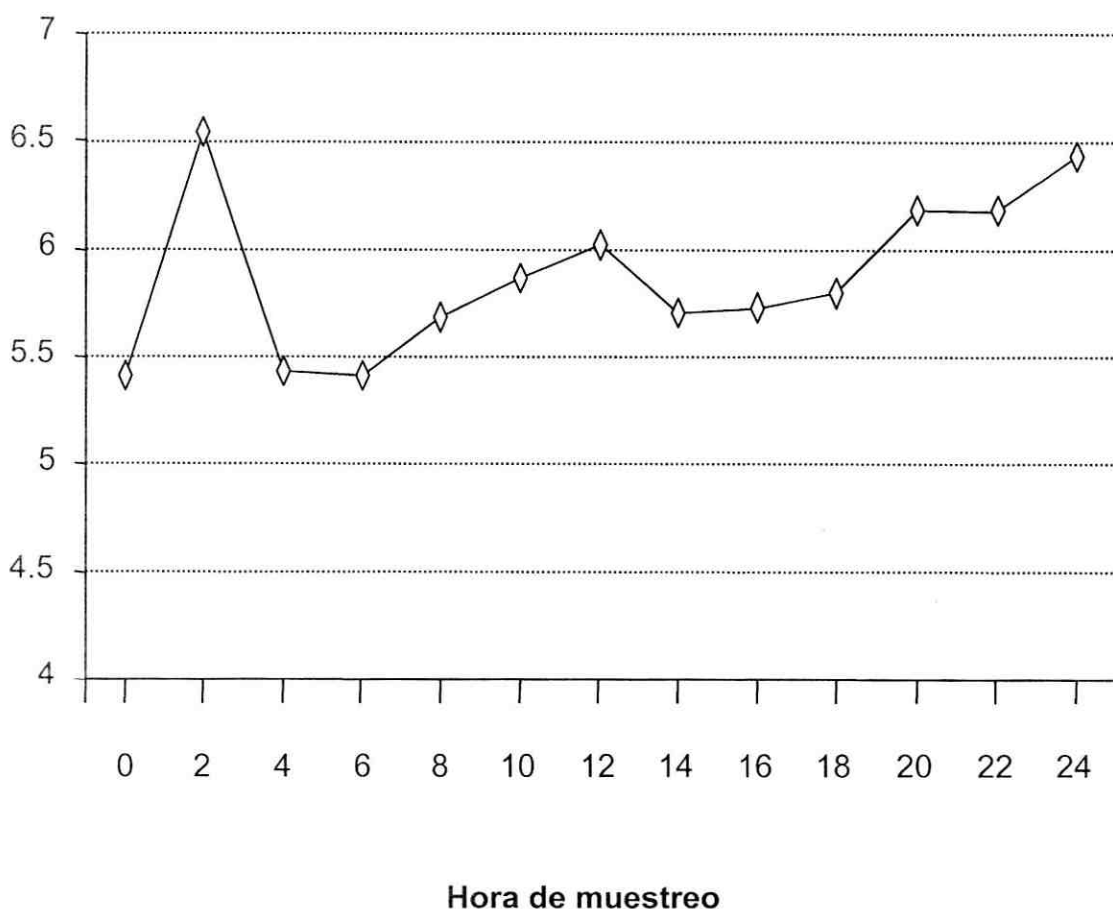


Figura 4. Niveles de pH del tratamiento MgOH Nacional.

El efecto tampón que tuvo el Oxido de Magnesio Nacional, se puede considerar positivo; pues a pesar que con el consumo de alimento el pH del rumen tiende a acidificarse, no se notó una caída aguda del pH, y sí se mantuvo siempre con una tendencia hacia la neutralidad, que es lo que se busca en un producto buffer. Por otro lado se nota que prepara el ambiente ruminal para que el siguiente consumo de alimento del día posterior sea con un pH casi neutro. Además después del consumo de alimento, no tardaba mas de 4 horas en aumentar la concentración de pH y tratar de conservar un adecuado nivel de alcalinidad.

pH (nivel)

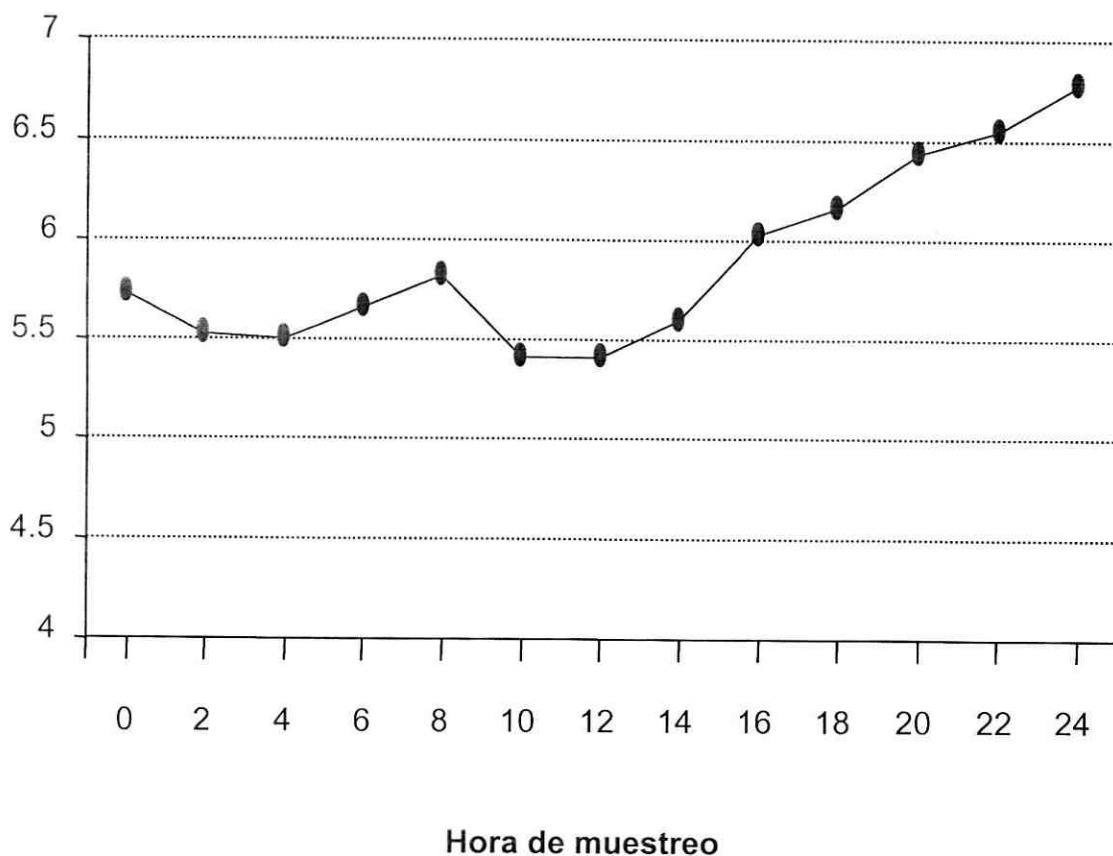


Figura 5. Niveles de pH del tratamiento MgO Nacional.

pH (nivel)

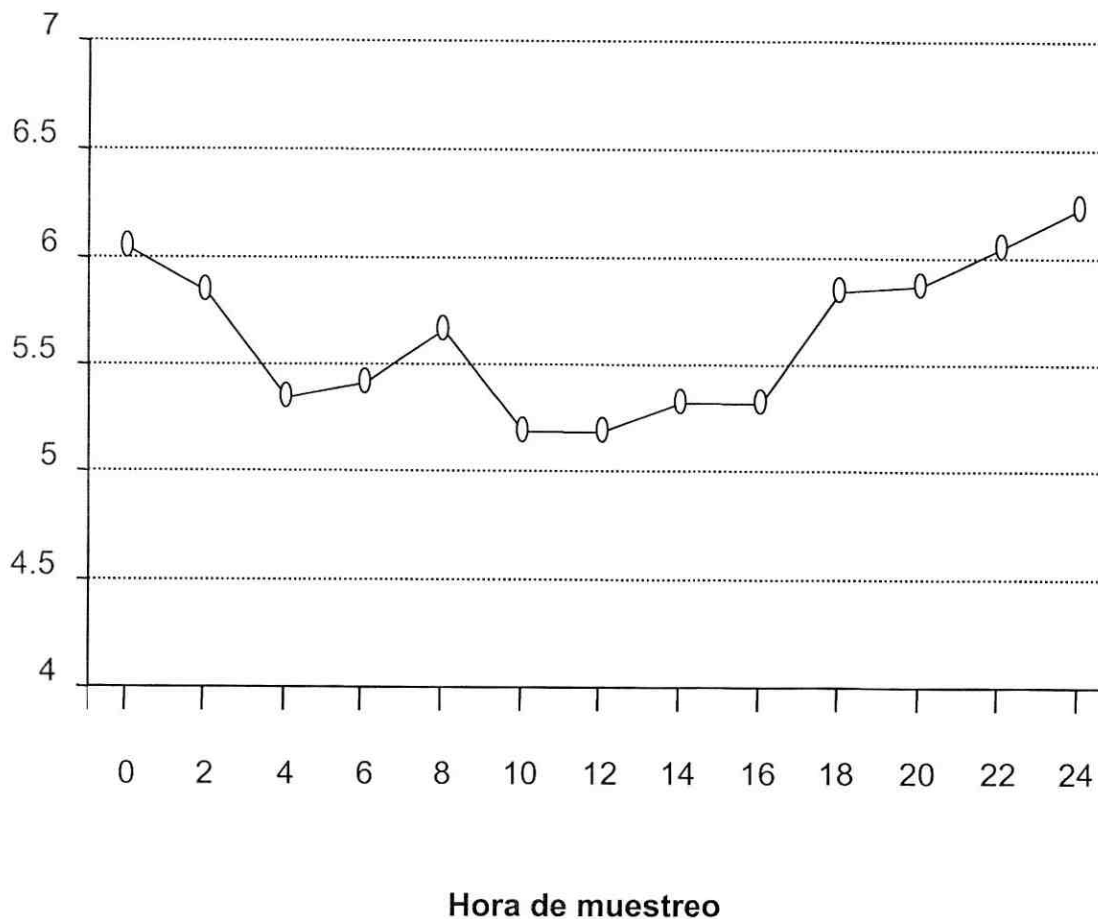


Figura 6. Niveles de pH del tratamiento MgO de importación

Por ultimo, en lo que respecta al Oxido de Magnesio de importación, podemos considerar un comportamiento similar al Nacional en cuanto a su tendencia, aunque con los valores por debajo de los obtenidos por el Nacional; el consumo de alimento de la mañana, hizo que bajara el pH del rumen del novillo y tardo mas de 4 horas en poder hacer el efecto buffer o tampón, situación que viene a perjudicar la calidad de los nutrientes que llegaran al abomaso, pues las bacterias al acidificar el rumen tienen tiempo suficiente para atacar a los componentes nutricionales que contiene el alimento ofrecido.

En la siguiente grafica podemos observar la comparación de los cuatro tratamientos y su respectivo pH.

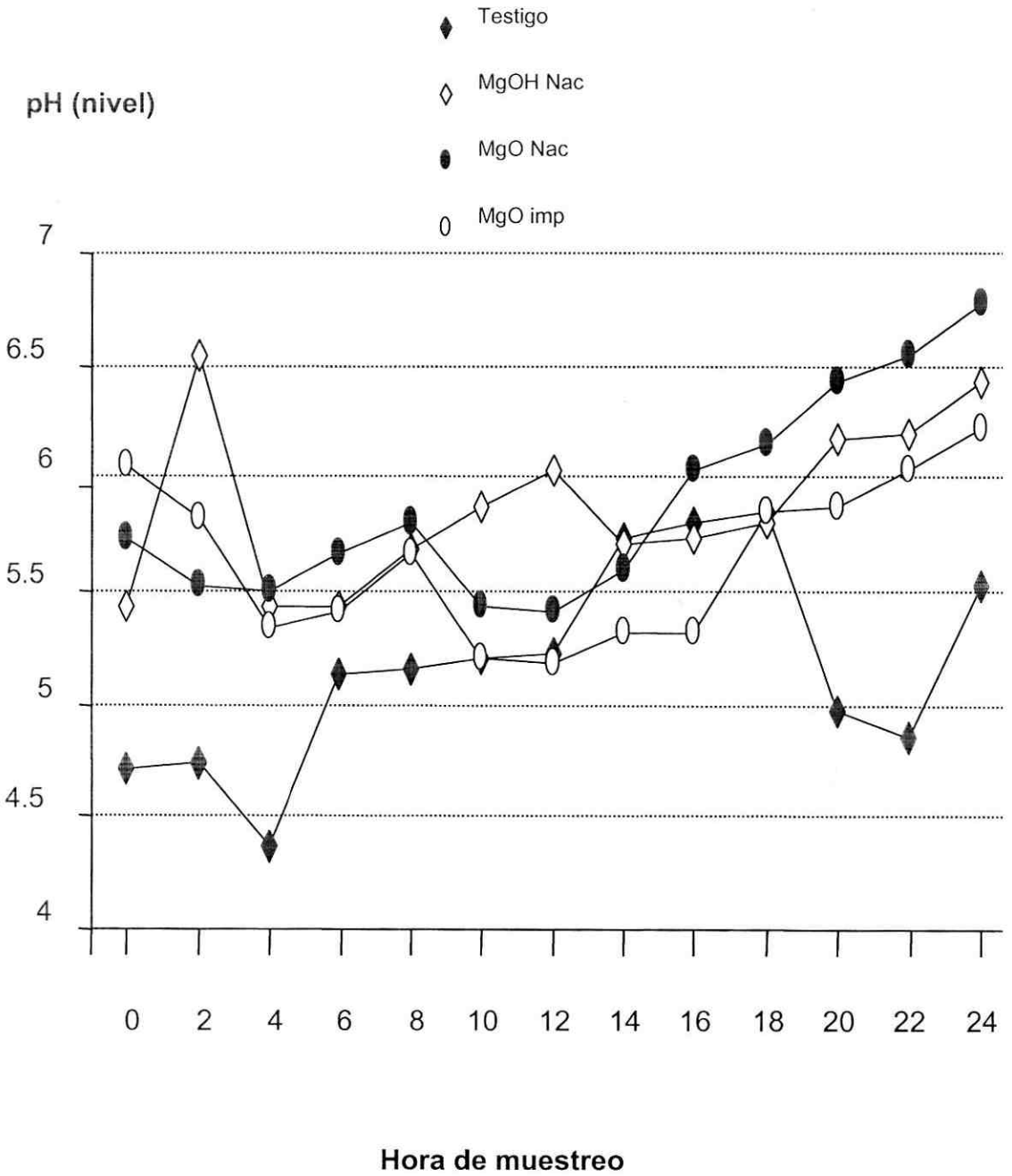


Figura 7. Concentración gráfica de los resultados de los 4 tratamientos

CONCLUSIÓN.

Tanto el Oxido como el Hidróxido de Magnesio es una opción mas en el mercado para abatir algunos problemas metabólicos principalmente la acidosis ruminal en el ganado lechero producida por las altas cantidades de grano en las dietas, y en este caso particular, el magnesio e hidróxido de magnesio nacionales, superan el magnesio importado. Por lo cual se recomienda el uso del producto nacional, para paliar la acidosis ruminal en el ganado lechero.

LITERATURA CITADA

- A.R.C. 1980. Commonwealth Agricultural Bureaux, England.
- Acedo, J. y Gonzalez, R. "Seguridad alimentaria y fabricación de piensos compuestos". <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPX.pdf> (consulta: junio 2003)
- Acedo-Rico, J. y García Rebollar, P. 2001 *Bovis* 98.
- American Society for testing and Materials. Annual book of Standards 1994 Determinación de pH en el agua. Método ASTM D 1293-84 reprobado en 1990
- Archimede, H., Sauvant, D. Y Schmidely, P. 1997 *Reprod. Nutr. Dev.* 37: 173-189.
- Booth, H.N. Y McDonald L.E. 1988 *Veterinary Pharmacology and Therapeutics 6ª Edition*.
- Capen, C.C.; T. Rosol. 1989. En: *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. Kaneko. J. 4ª ed. Academic Press. San Diego U.S.A.
- Dalley, D.E. 1992. Ph.D Thesis, Lincoln University, New Zealand.
- De Luca L.J. 1981 Metabolismo normal y patológico del magnesio en las vacas lecheras. Conferencia Congreso de Buiatria Paysandú. Uruguay *Domestiques*. INRA Paris. pp: 253-298.
- Dukes, H. H. Y Swenson, M. J. 1981 "Fisiología de los animales domésticos". Ed. Aguilar. 4º edición. 2 Vol. Ed. Elanco.
- G.G. Mateos, P.G.Rebollar.Guía de estudio "Principios de Nutrición y Alimentación" 1999. Facultad de Ciencias Veterinarias UBA
- Inst. de Ciencias Clínicas Veterinarias, Fac. de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567 Valdivia-Chile. Tfno: 56 63 221576, Fax: 56 63 221354. E-mail: pcontre1@uach.cl*
- Jane, A.Z. 1994 *Scientific update "on Rumensin/Tylan for the professional feedlot consultant"*
- Jouany, J.P. Y Thivend, P. 1972 *Ann. Biol. Anim. Biochim.* 12: 673-677.
- Kemp, A. 1971 Proceedings of Magnesium Metabolism and Grass Tetany in Cattle. Dunsinea Reserch Centre. Agricultural Institute, Dublin.

- Martens, H. J.; J. Harmeyer; H. Michael. 1978. Res. Vet. Sci. 24:261-268.
- Martens, R.; H Rayssiguier 1980. EN: Digestive physiology and metabolism in ruminants. Ed. Ruckebush y Thievend. MTP Press Limited England.
- Nava Cuellar, C. Y Diaz Cruz, A. "Introducción a la digestión ruminal". http://www.veterin.unam.mx/enlinea/ruminal/digest_ruminal.htm (consulta: marzo 2003).
- Pedro A. Contreras Problemas de química. M.J. Sienko. Ed. Reverté SA, 1ª edición, 1972.
- Rearte, D. H. Y Pasinato, A. M. 1995 "El feedlot en la Argentina". Producción Animal & Agromarketing N°2. Vol. 18-19. Pág. 12-19.
- Remond, B., Brugere, H., Poncet, C. Y Baumont, R. 1995 *Nutrition des Ruminants*
- Rogers, A.M. 1979. Ir. vet. J. 33:115-124.
- Sauvant, D., Meschy, F. Y Mertens, D. 1999 *INRA Prod. Anim.* 12: 49-60.
- Smith, R.H. 1957. Biochem. J. 67:72-78.
- Sykes, A.R. 1993. En: Y Jornadas de Buitría Osorno-Chile, pp :117-127.
- Thomas, E.M.; B.J.Potter. 1976. Br. J. Nutr. 36:37-45.
- Vermorel, M. (1995) En: *Nutrition des Ruminants Domestiques*. INRA, Paris. pp: