

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



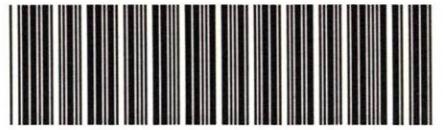
EFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON  
BICARBONATO DE SODIO ( $\text{NaHCO}_3$ ) SOBRE  
LA PRODUCCION Y COMPOSICION DE  
LECHE EN VACAS HOLSTEIN.

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA

**Ignacio Javier Cantú Guerra**

T  
SF 239  
C3  
c. 1



1080061127

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON  
BICARBONATO DE SODIO ( $\text{NaHCO}_3$ ) SOBRE  
LA PRODUCCION Y COMPOSICION DE  
LECHE EN VACAS HOLSTEIN.

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA

**Ignacio Javier Cantú Guerra**



Biblioteca Central  
Maza Solidaridad  
F. Tesis



FONDO  
TESIS LICENCIATURA

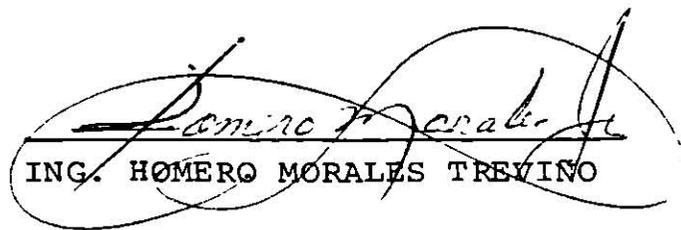
040.636  
FA20  
1990  
C.5

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON BICARBONATO  
DE SODIO ( $\text{NaHCO}_3$ ) SOBRE LA PRODUCCION Y COMPO  
SICION DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN.

TESIS QUE PRESENTA, IGNACIO JAVIER CANTU GUERRA,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO  
DE INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA.

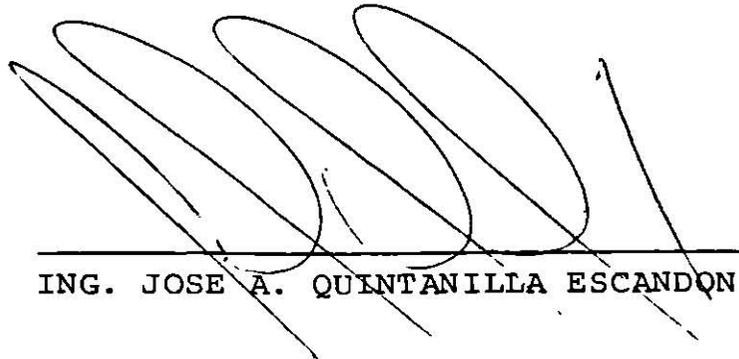
COMISION REVISORA

ASESOR PRINCIPAL:



ING. HOMERO MORALES TREVIÑO

ASESOR AUXILIAR:



ING. JOSE A. QUINTANILLA ESCANDON

## DEDICATORIAS

A DIOS:

Que me dió sabiduría y aliento  
para la culminación de mis estudios,  
para ser orgullo de mis padres y  
hermanos, así como de la sociedad.

A LA MEMORIA DE MI MADRE:

Sra. Rebeca Guerra de Cantú (Q.E.P.D.)

Por haberme brindado su amor y apoyo  
durante el tiempo que estuvo con nosotros.

A MI PADRE:

Sr. Bartolo Cantú Velázquez

Por su cariño, comprensión y paciencia, por el apoyo tanto moral como económico que siempre me brindó para realizar esta meta tan grande en mi vida.

A MIS HERMANOS:

Claudia  
Fernando  
Roberto

Con gran cariño y aprecio.

A TODOS MIS FAMILIARES Y AMIGOS.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

Al Ing. M.C. Homero Morales Treviño, por su esfuerzo y empeño en la revisión del presente escrito así como por sus consejos y ayuda técnica para la realización del presente trabajo.

Al Ing. José A. Quintanilla Escandón, por las facilidades prestadas para uso tanto de las instalaciones y como de los animales; así como sus consejos para la realización de esta tesis.

Al Ph. D. Emilio Olivares Sáenz, por su gran ayuda en el análisis estadístico, así como sus consejos para la realización del presente trabajo.

Al Ing. Antonio Durón Alonso, por su ayuda en el uso de las computadoras para la realización de los análisis estadísticos del presente trabajo.

A la Empresa Industrias del Alkali, S.A. de C.V. por la donación del bicarbonato de sodio y el pago de los análisis de la leche necesarios para la elaboración del presente trabajo, así como al Ing. Alejandro Huesca Mariño por su interés y empeño en la realización de esta tesis.

A todas las personas, que de una forma directa o indirecta hicieron posible la realización del presente trabajo.

# I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Lactación .....	3
2.2. Medio ambiente .....	4
2.3. Nutrición .....	4
2.4. Acumulación de Na en el organismo .....	5
2.5. Necesidades de sodio en el organismo .....	6
2.6. Causas de la depresión de la grasa en la leche. ....	7
2.7. Acidos grasos volátiles en el rumen .....	8
2.8. Saliva: Fuente natural de bicarbonatos .....	10
2.9. Aditivos buffer o amortiguadores del pH rumi nal.....	12
3. MATERIALES Y METODOS .....	17
3.1. Manejo de los animales . ....	17
3.2. Análisis estadístico .....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	23
4.1. Producción de leche (Kg/día) .....	24
4.2. Porcentaje de grasa en la leche .....	27
4.3. Peso vivo (Kg) .....	30
4.4. Porcentaje de proteína en la leche .....	33
4.5. Porcentaje de sólidos totales en la leche ..	36
4.6. Porcentaje de sólidos no grasos en la leche.	39
4.7. Consumo de forraje (Kg/MS/día) .....	42
4.8. Análisis económico .....	46
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	49
6. RESUMEN .....	51
7. BIBLIOGRAFIA .....	53

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición de la ración que se usó durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	19
2	Comparación de medias por el método DMS para cada muestreo de producción de leche en Kg/día. ....	24
3	Análisis de varianza para producción de leche (Kg/día) por el efecto del bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	26
4	Porcentaje de grasa obtenidos en el experimento con bicarbonato de sodio. ....	27
5	Análisis de varianza para porcentaje de grasa en leche por el efecto del bicarbonato de sodio en ganado lechero.....	29
6	Datos de peso vivo en kilogramos durante la prueba de bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	30
7	Análisis de varianza para peso vivo en la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	31
8	Valores de porcentaje de proteína en leche durante el experimento con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	33

9	Análisis de varianza para porcentaje de proteína en leche durante el experimento con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	34
10	Valores de porcentaje de sólidos totales en la leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	36
11	Análisis de varianza para porcentaje de sólidos totales en leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	37
12	Resultados obtenidos para sólidos no grasos en leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	39
13	Análisis de varianza para producción de sólidos no grasos durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.	40
14	Consumo de forraje durante el experimento con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	43
15	Análisis de varianza para consumo de forraje durante la prueba de bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	46
16	Análisis económico de la producción de leche en vacas Holstein suplementadas con bicarbonato de sodio durante un período de 4 meses. ....	48

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Curvas de producción de leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	25
2	Curvas de porcentaje de grasa en la leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	28
3	Curvas de peso vivo durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	32
4	Curvas de porcentaje de proteína en la leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	35
5	Curvas de porcentaje de sólidos totales en leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	38
6	Curvas de porcentaje de sólidos no grasos en la leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ..	41
7	Curva de consumo de forraje durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero. ....	45

## 1. INTRODUCCION

La leche es un alimento universal y el mas cercano a la perfección. La vaca lechera ha sido denominada la nodriza de la raza humana.

Presiones económicas durante años recientes tienden a fortalecer el incremento en la productividad de la lactación en el ganado lechero, por lo que es necesario aumentar la cantidad de concentrado en la ración para obtener el máximo de producción lechera.

Las vacas con alta secreción de leche requieren de grandes cantidades de concentrados para satisfacer sus requerimientos nutricionales, pero esto les provoca una reducción en el pH ruminal, además de una reducción en el número de bacterias aminolíticas y un aumento en las bacterias ácido tolerantes. Además habrá una reducción en el porcentaje de grasa debido a que habrá una mayor producción de ácido propiónico y una menor producción de ácido acético que es el principal precursor de la grasa en la leche.

Entre las opciones con mayores perspectivas para solucionar los problemas antes mencionados se encuentra la suplementación con bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) en la alimentación de vacas lecheras ya que funciona como un amortiguador o neutralizador de pH del rumen, logrando así un aumento en la producción de grasa en la leche y evitando serios problemas causados por la acidosis.

El objetivo de este trabajo fue el de determinar el efecto del bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) sobre la producción de leche y composición de la misma, así como el consumo de forraje y peso vivo de los animales al adicionarse una dosis del 1.5% en el concentrado en base seca para vacas Holstein de alta producción.

## 2. REVISION DE LITERATURA

La vaca lechera es sin duda uno de los animales mas prodigiosos por su capacidad extraordinaria de utilizar los alimentos y transformarlos en leche en la glándula mamaria durante el curso de un número más ó menos elevado de lactancias. Es notable destacar que una vaca produce en el curso de su lactancia una cantidad de leche ocho veces su propio peso (4000 litros de leche en una vaca de 500 Kg de peso), aparte en un año produce un complejo de sustancias minerales dos veces y media las cantidades contenidas en el propio organismo. Naturalmente la vaca tiene unas necesidades nutritivas muy elevadas. (Concellon 1967).

2.1. Lactación. La producción láctea de una vaca comienza a un elevado nivel que continua aumentando hasta lograr un pico o producción máxima hacia las 3-6 semanas después del parto. Esta producción máxima se mantiene durante pocas semanas, al cabo de las cuales la producción va declinando hasta el final de la lactación.

La cantidad de grasa, sólidos totales y de proteína abundan en las primeras fases de la lactancia, luego decaen rápidamente, alcanzando un porcentaje mínimo durante el segundo y tercer mes, aumentando hacia el final de la lactación, lo que determina una relación inversa entre el rendimiento de leche y la composición porcentual en las citadas sustancias.

2.2. Medio ambiente. Los agentes que tienden a alterar las temperaturas corporales del ganado pueden ser físicas y biológicas. Como físicas tenemos la radiación solar y como biológicas tenemos que, en primer lugar la energía que acompaña a los movimientos musculares de todas clases se deriva de la oxidación de la glucosa, este cambio va acompañado de producción de calor, en segundo lugar, el metabolismo de los nutrientes absorbidos tiene lugar con desprendimiento de calor, esto ocurre especialmente en caso de la proteína (aminoácidos) que no es necesario o conveniente para la formación de tejido o proteínas de la leche. Por otra parte la degradación microbiana de los alimentos, tan intensa en el estómago de los ruminantes, también da lugar a producción de calor. (Abrams 1965).

Stanley et. al; (1965) menciona que el ganado lechero en áreas con gran carga de calor exógeno generalmente reduce el total de consumo de alimento. Un ejemplo claro de esto, nos lo da la vaca lechera de tipo europeo en un medio tropical ó semitropical, en cuyo calor extremo baja el apetito y en consecuencia la producción de leche. (Abrams 1965).

2.3. Nutrición. Church y Pond (1987) mencionan que los animales comen generalmente más cuando tienen frío y se reduce en forma considerable el consumo cuando se encuentran agobiadas por el calor. Así mismo, Coble y Herman (1959 citador por Schmidt, 1974) observaron un marcado descenso de la producción de leche en las vacas Holstein, cuando la temperatura subía

por encima de 26 - 27°C.

Por otra parte Hoogendoor y Grieve (1970), mencionan que las raciones con proporciones muy altas en concentrados y bajas en forrajes tienen efectos muy considerables en los procesos de fermentación en el rumen. Cambios al final de los productos de la digestión del rumen alteran la viabilidad de ciertos metabolitos para mantenimiento, disminución de leche y consecuentemente afecta la composición de la misma.

La composición de la ración también altera los sólidos no grasos y el contenido de proteína de la leche. Al incrementar la fracción proteínica en la ración se incrementa el total de sólidos no grasos en la leche y también el consumo voluntario de alimento. (Edwards et. al; 1980).

2.4. Acumulación de Na en el organismo. El ARC (1968), mostró que la distribución de sodio en los tejidos difiere marcadamente de la del ión potasio. En primer lugar, el ión sodio entra a formar parte del mineral del hueso, donde se encuentra presente generalmente en concentraciones de 4.0 gr de sodio por Kg. de hueso. En segundo lugar el sodio es principalmente un ión extracelular y las concentraciones en los tejidos blandos son bajas. El músculo contiene unos 750 mg. de sodio/Kg y el tejido nervioso aproximadamente la misma cantidad. El contenido de sodio de los fluidos corporales, sin embargo, es de unos 3.5 gr/Kg. El tejido graso contiene cantidades de-

preciables de sodio.

Bergner (1970), menciona que la necesidad de agregar sodio a la ración es debido a que la proporción de potasio-sodio deseable en la ración sería de 2:2 ó bien 1:1 sin embargo, las hierbas jóvenes se encuentran en relaciones del orden de 20:1. Por eso es necesario la suplementación de sodio.

2.5. Necesidades de sodio en el organismo. No parece existir evidencia de que los animales puedan almacenar el sodio, potasio y cloro, por lo tanto es fácil que termine rápidamente la lactación, si faltan estos elementos en el aporte diario. (Abrams 1965).

El ARC (1968), encontró que a partir de las pruebas de metabolismo realizadas con vacas lecheras, se puede llevar a cabo las estimaciones de necesidades dietéticas de sodio para el mantenimiento de un balance cero de sodio. Esto señala que para mantenimiento fueron necesarios 1.98 gr, de sodio por cada 100 Kg de peso por día. Por otra parte el NRC recomienda para el mantenimiento de las vacas lecheras (21 gr de NaCl u 8.3 gr de sodio con la adición de 9 gr. de NaCl por cada 4.5 Kg de leche producidas). O sea que 41 gr. de NaCl ó 16.1 gr de sodio son necesarios para que una vaca produzca 10 Kg. de leche.

Smith y Aines (1959 citados por el ARC, 1968), encontraron que la cantidad de sodio necesaria para una vaca lechera

tanto para mantenimiento como para una producción de 18 lts/día era de 23.6 gr de sodio ó 60 gr de sal común.

2.6. Causas de la depresión de la grasa en la leche. Arambel et. al; (1988), dicen que presiones económicas durante años recientes tienden a fortalecer el incremento en la productividad de la lactación en el ganado lechero aumentando la cantidad de concentrado en la ración.

Los criadores de ganado lechero que tienen este problema pueden escoger 2 tipos de alimentación; raciones de alta cantidad de forraje y producir menos leche con un contenido aceptable de grasa ó alimentar con raciones altas en concentrados para tener una gran producción de leche pero con porcentajes de grasa reducidos. Este problema es mas crítico en los trópicos y subtrópicos porque durante casi todo el año el clima es cálido y el consumo voluntario de alimento es menor. (Stanley, 1972).

Klob (1972), dice que el consumo de fracciones altas de ración de concentrado y el descenso del porcentaje de forraje reducen el contenido de grasa en la leche.

Abrams (1965), menciona que la caída de la grasa en la leche se da cuando las raciones contienen fibra bruta y son ricas en nutrientes hidrocarbonados solubles.

Por su parte Church y Pond (1987), mencionan que el menor consumo de forraje, especialmente cuando se acompaña del sumi-

nistro de granos tratados con calor produce por lo común una reducción en el 4% de grasa en la leche. (Stanley 1972).

Un cambio en la proporción de forraje - concentrado de la ración afecta también la composición de ácidos grasos en la grasa de la leche.

El porcentaje de la grasa en la leche fue significativamente mas alto cuando las vacas fueron alimentadas con raciones altas en forrajes. (Hoogendoorn y Grieve 1970).

La depresión del % graso de la leche va acompañada de otros cambios; descenso de la lipemia y los cuerpos catónicos, aumento de la glucemia, descenso del pH del rumen, ganancias de peso mas altas, menor producción de leche, menor abundancia de los ácidos palmítico, estearico y de cadena corta y aumento de los ácidos grasos no saturados. (Schmidt 1974)

2.7. Ácidos grasos volátiles en el rumen. González et. al; (1985), mencionan que los ácidos grasos volátiles que se encuentran en mayor proporción en el rumen son: el acético, el propiónico y el butírico, la importancia de esto es que aportan entre el 70 y el 80% de la energía utilizada por el animal. Normalmente la relación porcentual acético, propiónico butírico es de 70, 10, 10 siendo el acético el mayor generador de grasa láctea.

Amich-Gali, (1970), dice que la proporción molecular de

ácido acético en relación con los ácidos grasos volátiles existentes en el líquido ruminal debe de ser alrededor del 60% siendo esta la óptima para lograr la máxima cantidad de leche.

Por debajo de esta proporción de ácido acético existe una reducción en la producción de leche y su grado butirométrico. Así mismo cuando la proporción de ácido acético sobrepasa el 70% (generalmente por un exceso de fibra bruta, o una falta de compensación con otros alimentos favorecedores de la formación de ácido propiónico que debe de entrar en la ración complementaria que se intenta formular); la eficiencia calórica de la ración baja rápidamente.

Por ejemplo:

- 1.- Suministrando a una vaca lechera 1 Kg. de heno y 10 Kg. de concentrado, la proporción molecular de ácido acético entre el total de ácidos grasos volátiles del rumen, no supera el 40%.
- 2.- Inversamente si se suministran unos 7.8 Kg. de heno mas unos 8-9 Kg de concentrado, la proporción molar del ácido acético sube a un 57-58%.
- 3.- En el caso de que se suministre heno ó paja como único alimento la proporción del ácido acético alcanza mas del 80%.

Kolb (1972), menciona que en las vacas lecheras el 70% de la grasa en la leche es formada por los ácidos grasos princi-

palmente el acetato y butirato, mientras que un 30% procede directamente de la grasa de la ración. El ácido acético resulta principalmente del desdoblamiento de la fibra bruta.

Las raciones que deprimen el % graso en la leche menciona Schmidt (1974), producen también ciertos cambios característicos en la fermentación del rumen, disminuye el % molar del ácido acético y aumentan el del propiónico en el fluido ruminal, con lo que se reduce el cociente acético-propiónico.

Hoogendoorn y Grieve (1970), encontraron que un incremento en la proporción de forraje en la ración fue asociado con un incremento significativo en la proporción molar de acetato y un decremento en la proporción de propionato.

Por otra parte Jones (1971), menciona que la proporción relativa de los ácidos grasos del rumen varía con el tipo de alimentación:

- 1.- Acido Acético.- 65-70% en raciones con forraje, y 40-55% con granos de maíz.
- 2.- Acido propiónico.- con 16% en forraje y 28-32% con maíz.
- 3.- Acido butírico.- con 7-12% en forraje y 17% con maíz.

2.8. Saliva: Fuente natural de bicarbonatos. Se estima que las vacas producen unos 56,000 gramos de saliva en 24 horas y que presenta una reacción netamente alcalina teniendo un pH entre 8.1 y 8.23. Las concentraciones de bicarbonato y fosos

fato en la saliva son 4 y 15 veces los del suero sanguíneo. El alto contenido de bicarbonato y fosfato hace que la saliva sea un buen amortiguador en el rumen. (Dukes 1973).

Hammond (1959), menciona que una acidez máxima en el rumen se obtiene con la fermentación de azúcares ó alimentos ricos en tales sustancias; por lo que un sistema muy importante para neutralizar esa acidez lo constituye el sistema bicarbonato que resulta del bicarbonato salivar y el dióxido de carbono producto de la acción bacteriana.

Entre las funciones de la saliva estan las de humedecer el alimento para facilitar su masticación así como proveer un medio apropiado para el crecimiento y actividad microbianas y la prevención de la formación de espuma por el contenido ruminal. Es obvio que el bicarbonato y fosfato salivar juegan un papel muy importante en el mantenimiento de los líquidos del rumen, como un medio idealmente tamponado para el crecimiento de microorganismos. (Hammond 1959; Dukes 1973).

Etgen y Reavez (1985), encontraron que las vacas que comen heno secretan 22 Kg de saliva por cada 4.5 Kg de heno que coman, pero solo 5.9 Kg por la misma cantidad de concentrados.

Burgstaller (1981), menciona que las raciones de concentrado o de fibra bruta molida motivan una menor producción de saliva lo que provoca que aumente la tasa de extracto seco del

contenido del rumen originando obstrucciones al librillo. Además, de que se provoca una reducción del pH ruminal.

La acidificación (acidosis) del contenido del rumen se acentúa a medida que aumenta la velocidad de desdoblamiento del alimento por las bacterias (índice de fermentación) en los pre-estómagos, ya que dicha velocidad determina la cantidad de ácidos (acético, propiónico y butírico) generados en la unidad de tiempo.

Borgioli (1962), menciona que un aditivo es aquel producto que no es propiamente alimento, sino que procede de varios sectores de la industria química y que posee concentraciones muy elevadas de uno ó mas componentes minerales ó vitaminas, empleándose en las raciones ó mezclas alimenticias en porcentajes bastante modestos (0.5-5%) ó bien en dosis de pocos gramos por tonelada de alimento.

2.9. Aditivos buffer ó amortiguadores del pH ruminal. Se les conoce con el nombre de galactógenos por haber mostrado cierta acción estimulante sobre la lactación. Algunos de ellos modifican las condiciones de trabajo del rumen y posiblemente de otras partes del tracto digestivo. Por ejemplo el bicarbonato de sodio y bicarbonato potásico. (Amich-Gali 1970).

Church y Pond (1987), mencionan que los aditivos se utilizan para estimular el crecimiento y otras clases de funciones

como la producción de huevo, mejorar la eficiencia de la utili-  
zación del alimento, el estado de la salud del animal etc.

La mayoría de los aditivos que se encuentran en uso produ-  
cen respuesta solo en animales jóvenes. Los animales adultos no mejoran en su rendimiento, a excepción de los amortiguadores y la tiroproteína.

Church (1974), menciona que en las raciones de los rumian-  
tes se ha utilizado muchos buffers ó amortiguadores en unas circunstancias u otras. Entre estos compuestos se incluyen carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos, óxidos, etc. Se ha demostrado perfectamente que el consumo de amortiguadores puede modificar el pH de los fluidos del rumen así como de la sangre y la orina. Así mismo la administración de sustancias buffer cambiará la población de microorganismos del rumen que a su vez provoca cierta alteración en la cantidad y proporciones de ácidos grasos volátiles producidos, así como cambios en otros metabolitos.

Gracias al incremento de la tasa de dilución de los líqui-  
dos del rumen las sustancias buffer pueden mejorar la eficiencia de la síntesis de proteína microbial. (Okeke 1983).

Varios amortiguadores como el bicarbonato de sodio, ayudan en la prevención de la indigestión después de cambios súbi-  
tos de la ración en rumiantes y pueden ayudar a aliviar el problema de la leche baja en grasa que se observa en vacas le-

cheras. (Ensminger y Olentine 1983).

El suministro por vía oral de bicarbonato de sodio ó bicarbonato de potasio, carbonato de magnesio, óxido de magnesio e hidróxido cálcico impiden parte de la depresión que sobre la riqueza grasa de la leche ejerce la disminución del forraje en la ración. Los minerales aumentan el pH del rumen, decrece la producción de propionato y aumentan las de acetato. (Schmidt 1974; Stanley 1982).

Church (1974), menciona que cuando se consumen raciones ricas en concentrados es probable que aparezca la necesidad de suplementar sustancias buffer debido a que es menor la masticación y la regurgitación que a su vez determina una menor secreción de saliva y disminuye así la cantidad de bicarbonato que llega al rumen. Además dichas raciones originan una producción rápida y elevada de ácidos en el rumen.

Los amortiguadores pueden ser utilizados cuando en el ganado lechero constituye un problema el escaso contenido de la grasa en la leche, que suele aparecer cuando las vacas reciben cantidades limitadas de forraje, cuando el forraje es molido finamente y/o granulado, ó cuando se consumen grandes cantidades de cereales tratados por el calor, estos factores determinan una reducción en la cantidad relativa de acetato producido en el rumen que a su vez, disminuyen la cantidad posible para la síntesis de grasa en la leche. (Amich-Gali 1970; Erdman et.

al; 1982); Ensminger y Olentine 1983); Teh et. al; 1985).

Por otra parte Stanley et. al; (1972), encontró un aumento en el contenido de grasa corregida en la leche al 4% además del % de sólidos totales, así como la proporción molar del ácido acético en el rumen y decremento de la proporción molar del ácido propiónico cuando adicionó 3.48% de bicarbonato de sodio en la ración. Snyder et. al; (1983), obtuvo los mismos resultados pero suplementando 1.2% de  $\text{NaHCO}_3$ .

Esdale y Satter (1972), obtuvieron que la infusión continua de 9-12 moles de bicarbonato de sodio en el rumen, incrementaba el pH ruminal cuando las vacas habían sido alimentadas con grandes cantidades de concentrados y poco de forraje.

Kilmer y Muller (1981), encontraron un incremento en la producción de leche y el consumo de materia seca en vacas Holstein cuando se suplementó con .8% de bicarbonato de sodio.

Donker y Marx (1980), evaluaron la ingestión de bicarbonato de sodio y encontraron que aumentó el consumo de forraje así como la producción de leche pero sin cambio en el contenido de grasa, además observaron un aumento de peso vivo en los animales.

Stokes et. al; (1986), por su parte evaluaron la ingestión de .7% de bicarbonato de sodio y no encontró aumento en el consumo de forraje ni en la composición de leche, pero sí

encontró un decremento en la producción de leche.

Johnson et. al; (1988) y Ghorbani et. al; (1989), concluyeron que al suplementar con 1.0% de bicarbonato de sodio no tenían diferencias entre tratamientos en cuanto a producción de leche, proteína en leche ó grasa corregida en la leche al 3.5%, pero sí aumentaban el pH del rumen y el pH de la orina.

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente experimento se realizó en las instalaciones del campo experimental "El Canadá" de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizado en el Municipio de General Escobedo, Nuevo León, ubicado en el kilómetro 3 de la Carretera Monterrey-Colombia.

La duración de este trabajo fue de 108 días, iniciándose el 26 de Marzo y concluyendo el 12 de Julio de 1990.

3.1. Manejo de los animales. Para la elaboración de este trabajo se utilizaron 40 vacas de la raza Holstein, con una edad que variaba entre los 2 y 8 años, y pesos entre 500-600 Kg., dependiendo de su edad, número de parto ó lactación.

Las vacas tuvieron un período de adaptación de 14 días y las que consumieron bicarbonato de sodio se les proporcionó en pocas cantidades hasta llegar al nivel deseado de 1.5% del concentrado.

El concentrado se les proporcionó de acuerdo a su producción dándoles 1 Kg de concentrado por cada 2 litros de leche adicionándosele un 20% mas de alimento a cada vaaca por ser altas productoras.

La composición del concentrado así como su valor nutricional se encuentra en el Cuadro 1.

El forraje que se les proporcionó a las vacas fue muy variado siendo en ocasiones forraje verde de maíz ó sorgo y en otras ocasiones se les proporcionó alfalfa achicalada.

El concentrado se les proporcionaba después del ordeño de la mañana (5-6 A.M.) y como a las 9:00 A.M. se les suministraba el forraje siendo este a libre acceso durante el resto del día.

Los ordeños se realizaban 2 veces al día, uno a las 3:30 A.M. y otro a las 3:30 P.M. Es decir con un intervalo de ordeños de doce horas.

Los animales se identificaron por medio de aretes donde cada animal tenía asignado su número.

Los animales contaban con las mismas condiciones ambientales, alimenticias y de manejo.

Los corrales contaban con comederos, bebederos automáticos, saladeros y sombreaderos.

La medición de la producción de leche se hacía cada 14 días obteniéndose del ordeño de la mañana y del ordeño de la tarde para tener el valor de la producción de un día.

Cuadro 1. Composición de la ración que se usó durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

Ingredientes	Cantidad	MS %	ENL Mcal/Kg	TND %	Proteína %	Fibra %	Calcio %	Fósforo %
Sorgo (grano)	65.8	88	136.20	53.29	5.19	1.44	- -	- -
Soya (harina)	15.1	90	33.37	12.08	7.35	1.01	0.045	0.105
Melaza	10	75	24.2	9.1	0.43	- -	0.119	0.011
Cebo	2.5	99.5	5.45	4.42	- -	- -	- -	- -
Roca	2.3	100	- -	- -	- -	- -	0.778	0.0004
Urea	1.5	99	- -	- -	4.21	- -	- -	- -
Sal	1	100	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Ortofosfato	0.9	99	- -	- -	- -	- -	0.208	0.167
Optivit	0.5	99	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Calcio	0.4	96	- -	- -	- -	- -	0.2	- -
Total	100		199.22	78.89	17.18	2.45	1.35	0.284

Esta medición de la leche se hacía por medio del sistema del pesador proporcional (tru-test) que consiste en que la producción individual de cada vaca que pasa a través del pesador solamente una parte proporcional es depositada en el recipiente.

De esta leche contenida en los pesadores se sacaba una muestra de unos 50 ml. y se colocaba en unos recipientes previamente identificados para posteriormente en el laboratorio de bromatología de la FAUANL., hacer los análisis de grasa, proteína, sólidos totales y sólidos no grasos.

El peso vivo de los animales se midió solo en 4 ocasiones con un intervalo de un mes entre pesadas, esto para no estresar mucho a los animales.

El consumo de forraje se midió cada 15 días y se hacía de la siguiente manera: se pesaba una cantidad lo suficientemente grande de forraje, luego se les proporcionaba a los animales y al otro día se recogía lo que quedaba, este se pesaba y se obtenía por diferencia los kilogramos de forraje consumidos por día.

La determinación de grasa en la leche se hizo por el método Babcock, la proteína por el método Kjeldahl, y la de sólidos totales por desecación a temperatura de 100-105°C.

En cada pesada de leche se le medía el grado de mastitis

a cada vaca por el método de la prueba de California, con el fin de determinar un efecto en el nivel de producción.

3.2. Análisis estadístico. Para evaluar el efecto del bicarbonato de sodio en todos los parámetros medidos se utilizó el diseño de bloques divididos tomando como factores a los tratamientos y a los muestreos.

Se utilizaron un total de 40 vacas de la raza Holstein y se bloquearon en base a su producción lechera, número de lectancia y período de lactancia y luego se distribuyeron aleatoriamente en los 2 tratamientos.

T1 = Sin bicarbonato de sodio (testigo)

T2 = Con 1.5% de bicarbonato de sodio

La unidad experimental fue una vaca por lo que cada tratamiento constó con 20 bloques dando un total de 40 vacas.

Los parámetros que se midieron fueron: Producción de leche, % de grasa, % de proteína, % de sólidos totales, % de sólidos no grasos, consumo de forraje y aumentos de peso.

El modelo estadístico para bloques divididos es:

$$Y_{ijk} = M + B_i + T_j + E_{ij}(a) + M_k + E_{ij}(b) + T \times M + E_{ijk}(c)$$

Donde:

- $Y_{ijk}$  = Parámetro medido.  
 $M$  = Efecto de la media general.  
 $B_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque.  
 $T_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tratamiento.  
 $E_{ij}(a)$  = Error experimental en los tratamientos.  
 $M_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo muestreo.  
 $E_{ij}(b)$  = Error experimental en los muestreos.  
 $T_xM$  = Interacción entre tratamientos y muestreos  
 $E_{ijk}(c)$  = Error experimental total.

Para evaluar el consumo de forraje se utilizó el diseño de bloques al azar debido a que los resultados del consumo estaban expresados en kilogramos por corral y no por consumos individuales siendo el modelo estadístico el siguiente:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

donde:

- $Y_{ij}$  = Consumo de forraje  
 $M$  = Media general  
 $T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento  
 $B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque  
 $E_{ij}$  = Error experimental

Cuando se encontraba diferencia significativa entre tratamiento ó en la interacción de tratamiento por muestreo se realizaba una comparación de medias por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Durante el desarrollo de esta prueba se observó que el grupo de vacas que consumieron la ración con bicarbonato de sodio no presentó ningún problema para su consumo, habiendo una total aceptación. En el transcurso de esta prueba se murieron 2 animales siendo estos del tratamiento con bicarbonato de sodio, además se eliminaron otros dos ya que durante la prueba estos se enfermaron de mastitis dejando casi de producir. Cabe aclarar que estas bajas se debieron a causas totalmente ajenas al consumo de bicarbonato de sodio.

4.1. Producción de leche (Kg/día). En el Cuadro 2, se muestran las producciones de leche durante las 8 mediciones así como la comparación de medias por el método DMS para cada muestreo.

En el Cuadro 2, se observa que en el primer muestreo hay significativamente una mayor producción de leche en favor del testigo, en el segundo muestreo se observa que el testigo sigue mas alto que el tratamiento con bicarbonato de sodio pero ya no es significativo así como en los muestreos 3, 4, 5 y 7; sin embargo se encontró una diferencia significativa en los muestreos 6 y 8 en favor del tratamiento con bicarbonato de sodio con diferencias en producción de 1.91 y 2.63 kilos respectivamente. Estas diferencias entre los tratamientos en los diferentes muestreos se observan en la Figura 1.

Cuadro 2. Comparación de medias por el método DMS para cada muestreo de producción de leche en Kg/día. durante la prueba con bi carbonato de sodio en ganado lechero.

M U E S T R E O S

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$
Sin NaHCO <sub>3</sub>	30.52a	27.31a	23.10a	22.55a	21.12a	20.50 <sup>b</sup>	21.15a	19.62 <sup>b</sup>	23.23a
Con NaHCO <sub>3</sub>	28.38 <sup>b</sup>	25.70a	24.65a	22.55a	22.26a	22.41a	22.03a	22.25a	23.78a

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente (P>.05)

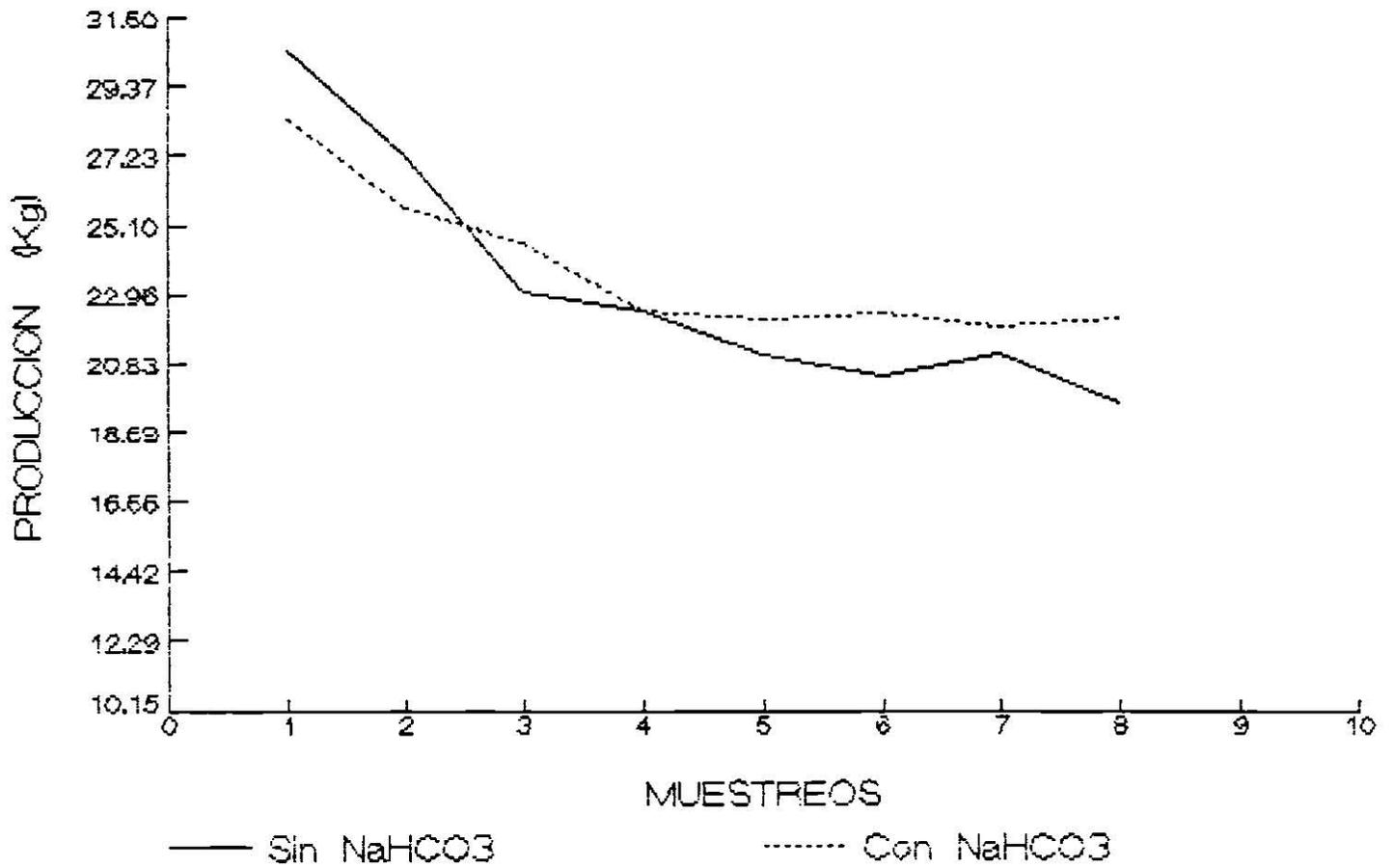


Figura 1. Curvas de producción de leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

El análisis de varianza (ver Cuadro 3) no mostró diferencia significativa en el efecto general de los tratamientos, pero la interacción del tratamiento con el muestreo si fue significativo lo que indica que los tratamientos son diferentes en algunos de los muestreos.

Al final del experimento el tratamiento con bicarbonato de sodio terminó con una diferencia a su favor de 0.545 kilos de leche comparado con el testigo siendo estos de 23.78 Kg/día para el tratamiento con bicarbonato de sodio y de 23.23 Kg/día para el testigo.

Cuadro 3. Análisis de varianza para producción de leche (Kg/día) por el efecto del bicarbonato de sodio en ganado lechero.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	15	2884.62	192.30	3.94	0.006
Tratamientos	1	19.06	19.06	0.3959	N.S.
Error (T)	15	722.31	48.15		
Muestreos	7	202.29	288.89	41.70	0.000
Error (M)	105	727.37	6.92		
Interacción	7	158.54	22.64	3.80*	0.001
Error	105	624.89	5.95		
Total	255	7159.10			

N.S. = Diferencia no significativa

\* = Diferencia significativa ( $P < .05$ )

C.V. = 10.37%.

Los resultados de este trabajo fueron superiores a los reportados por Arambel et. al; (1988); Johnson et. al; (1988) y Ghorbani et. al; (1989) los cuales fueron obtenidos al suplementar el ganado lechero con dosis entre 0.8% y 1% de bicarbonato de sodio en la ración. Dichas diferencias se pueden atribuir al nivel usado de bicarbonato de sodio en la ración el cual fue mas bajo en los trabajos citados. Aún así, diversos autores ya sea con resultados estadísticamente significativos ó no significativos concuerdan en que la suplementación con bicarbonato de sodio mejora la producción lechera.

4.2. Porcentaje de grasa en la leche. El Cuadro 4, muestra los porcentajes de grasa obtenidos en los dos tratamientos durante los ocho muestreos.

Cuadro 4. Porcentaje de grasa obtenidos en el experimento con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

M U E S T R E O S									
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$
Sin $\text{NaHCO}_3$	2.40	2.80	2.31	2.63	2.60	2.74	2.79	2.75	2.63
Con $\text{NaHCO}_3$	2.82	2.98	2.93	2.83	2.78	2.84	2.97	3.02	2.90

Como se puede observar en el Cuadro 5, el tratamiento con bicarbonato de sodio siempre fue mayor en porcentaje de grasa comparado con el testigo obteniendo los valores mas altos en

los muestreos 1 y 3 con diferencias de .42 y .63 respectivamente. Esto se aprecia mejor en la Figura 2.

El análisis de varianza (Cuadro 5) mostró diferencia significativa en el efecto general de los tratamientos estando en favor del que contenía bicarbonato de sodio el cual tuvo una media de 2.90 contra 2.63 del testigo.

No hubo diferencia significativa en la interacción tratamiento por muestreo por eso mismo no fue necesario hacer la comparación de medias para cada muestreo.

Cuadro 5. Análisis de varianza para porcentaje de grasa en leche por el efecto del bicarbonato de sodio en ganado lechero.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Repeticiones	15	12.66	0.844	1.22	0.349
Tratamientos	1	4.62	4.62	6.70*	0.020
Error (T)	15	10.32	0.688		
Muestreos	7	3.05	0.436	2.47	0.022
Error (M)	105	18.55	0.176		
Interacción	7	1.56	0.244	1.08 N.S.	0.379
Error	105	21.72	0.206		
Total	255	72.51			

\* Diferencia Significativa (P<.05)

N.S. Diferencia no significativa (P>.05)

C.V. 16.44%

En este trabajo se encontró diferencia significativa entre las vacas suplementadas con bicarbonato de sodio y las vacas testigo al igual que Stanley et. al; (1972) y Snyder et. al; (1983), al suplementar dosis con el 3.84% y 1.2% de bicarbonato de sodio respectivamente en vacas Holstein.

Erdman et. al; (1982) al igual que en este trabajo suplementó al ganado lechero con 1.5% de bicarbonato de sodio y también encontró diferencia significativa en el porcentaje de grasa en la leche comparada con el testigo.

Este incremento en la producción de grasa en la leche se puede atribuir a que el bicarbonato de sodio actuó como un amortiguador del pH del rumen ocasionando que haya una mayor producción de ácido acético y disminución en la producción de ácido propiónico.

4.3. Peso vivo (kg). El Cuadro 6 muestra los resultados obtenidos de las cuatro pesadas de los animales durante todo el experimento.

Cuadro 6. Datos de peso vivo en kilogramo durante la prueba de bicarbonato de sodio en ganado lechero.

M U E S T R E O S					
Tratamientos	1	2	3	4	$\bar{X}$
Sin $\text{NaHCO}_3$	553.50	549.43	559.31	556.43	554.67
Con $\text{NaHCO}_3$	549.31	551.25	549.87	553.93	551.09

En el Cuadro 6 se puede apreciar que las vacas que consumieron bicarbonato de sodio tuvieron una menor variación en los kilogramos ganados ó perdidos durante toda la prueba en cambio las vacas que consumieron la ración testigo tuvieron variaciones en cantidades hasta de casi 10 kilogramos entre una pesada y otra. Esto nos indica que las vacas que consumieron bicarbonato de sodio tuvieron una mejor condición física ya que no presentaron stress por aumentos ó disminuciones de peso (ver Figura 3).

El análisis de varianza (Cuadro 7), no mostró diferencias significativas entre los tratamientos y la interacción del tratamiento con el muestreo siendo el peso promedio para el testigo de 554.67 Kg y para el tratamiento con bicarbonato de sodio de 551.09 Kg.

Cuadro 7. Análisis de varianza para peso vivo en la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

FV	GL	SC	CM	F	P> F
Repeticiones	15	198536	13235.73	1.87	0.118
Tratamientos	1	408	408	0.057 N.S.	0.808
Error (T)	15	105936	7062.39		
Muestreos	3	540	180	0.680	0.572
Error (M)	45	11900	264.44		
Interacción	3	520	173.33	0.7720 N.S.	0.519
Error	45	10104	224.53		
Total	127	327944			

N.S. Diferencia no significativa (P>.05)

C.V. 2.71 %.

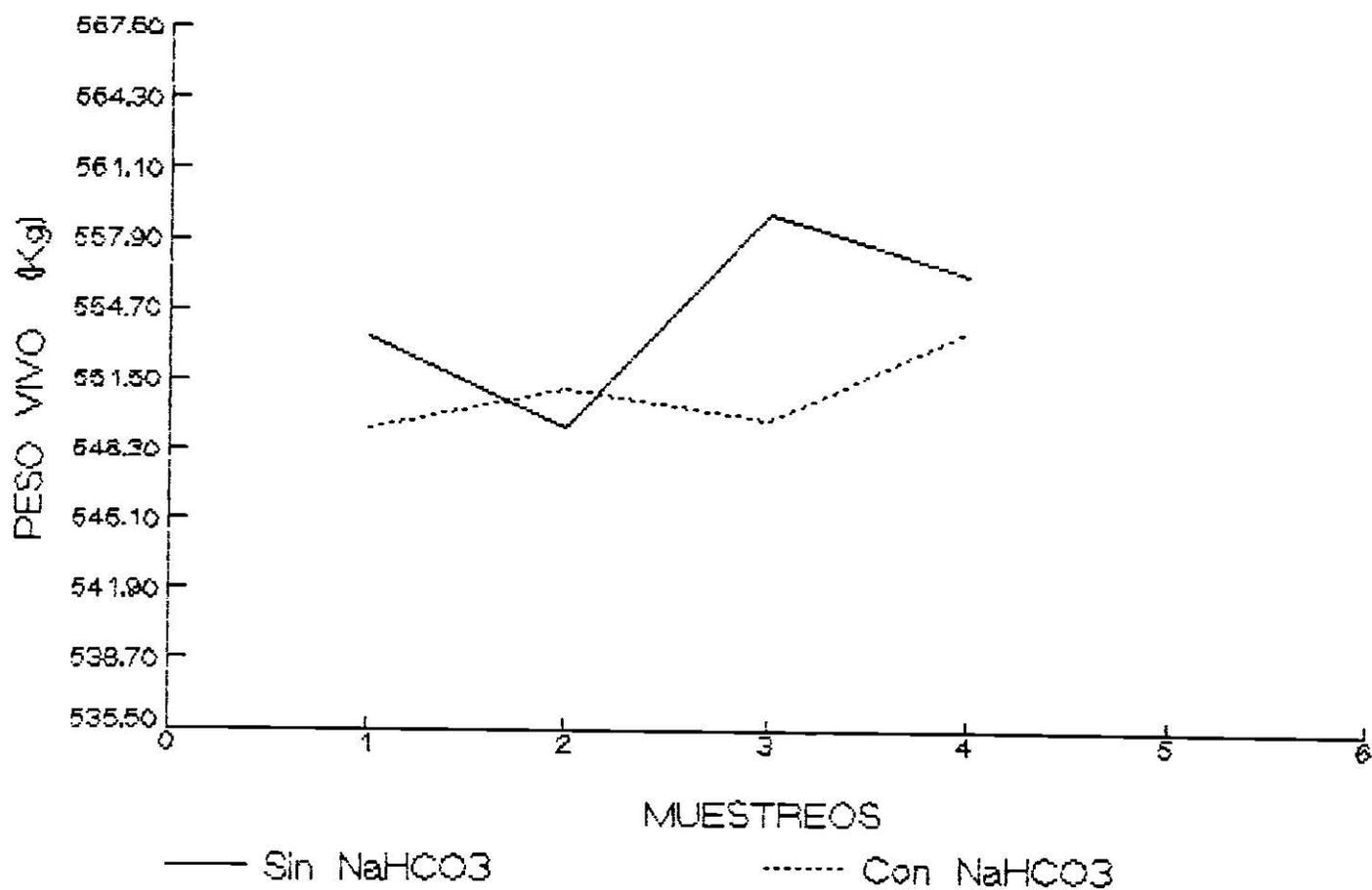


Figura 3. Curvas de peso vivo durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

Estos mismos resultados obtuvo Arambel et. al; (1988) al suplementar .8% de bicarbonato de sodio. Mientras que Donker y Marx (1980) si obtuvieron aumento de peso significativo al suministrar una dosis de 1.5% de bicarbonato de sodio en ganado lechero.

Las vacas que son altas productoras, producen tal cantidad de leche que normalmente es imposible que consuman suficiente alimento para evitar que pierdan peso durante los periodos máximos de lactancia. Sin embargo, Matteini (1976 citado por Kilmer y Muller, 1981), menciona que el bicarbonato de sodio a nivel sanguíneo genera la producción de hormona somatotropina, estimulante de las células acidofilas que son las formadoras de músculos y tejidos, por lo tanto el animal no presentará fuertes disminuciones ó aumentos de peso.

4.4. Porcentaje de proteína en leche. El Cuadro 8 nos muestra los resultados obtenidos de porcentaje de proteína durante toda la prueba.

Cuadro 8. Valores de porcentaje de proteína en leche durante el experimento con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

M U E S T R E O S					
Tratamiento	1	2	3	4	$\bar{X}$
Sin $\text{NaHCO}_3$	2.72	2.53	2.79	2.67	2.68
Con $\text{NaHCO}_3$	2.94	2.59	2.59	2.54	2.67

En el Cuadro 8 se aprecia como en el primer muestreo el tratamiento con bicarbonato de sodio resultó con un porcentaje mayor de proteína con relación al testigo, sin embargo no se encontraron diferencias significativas posteriores a este muestreo habiendo una tendencia a disminuir e igualarse con el testigo. En el tercero y cuarto muestreo el testigo superó al tratamiento con bicarbonato de sodio, sin embargo este aumento no fue significativo (ver Figura 4).

Se realizó un análisis de varianza (ver Cuadro 9) y no se encontró diferencia significativa en el efecto general de los tratamientos ni tampoco en la interacción del tratamiento con el muestreo lo que indica que no hay diferencias significativas en ninguno de los muestreos.

Cuadro 9. Análisis de varianza para porcentaje de proteína en leche durante el experimento con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	15	6.03	0.402	1.29	0.313
Tratamientos	1	0.004	0.004	0.015 N.S.	0.898
Error (T)	15	4.67	0.311		
Muestreos	3	1.31	0.437	3.13	0.034
Error (M)	45	6.28	0.139		
Interacción	3	0.859	0.286	2.29 N.S.	0.089
Error	45	5.62	0.124		
Total	127	24.79			

N.S. Diferencia no significativa ( $P > .05$ )

C.V. 13.20%

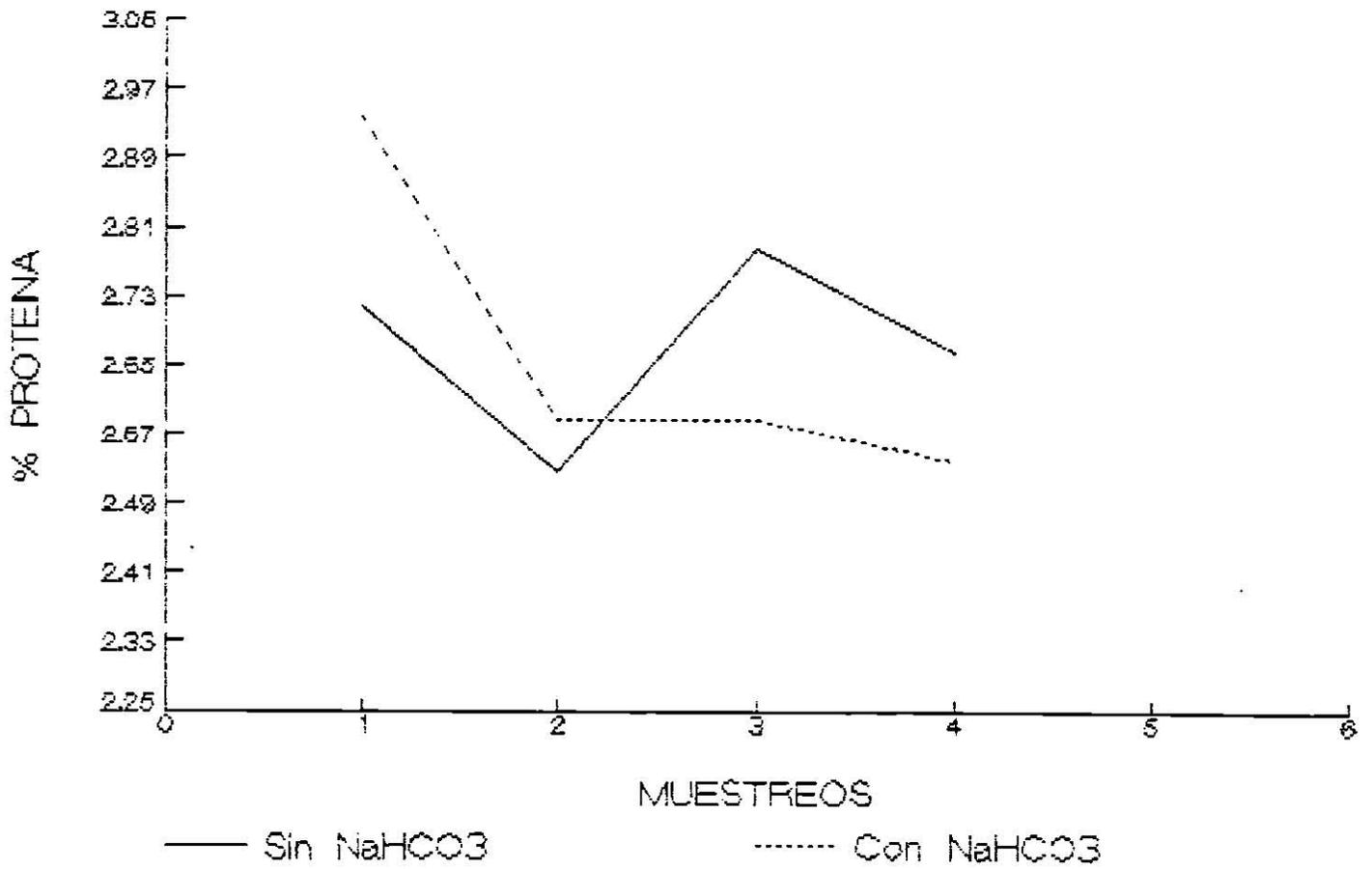


Figura 4. Curvas de porcentaje de proteína en la leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

La media general para el testigo fue de 2.68 y para el tratamiento con bicarbonato de sodio de 2.67.

Según los resultados obtenidos en este trabajo se puede decir que el bicarbonato de sodio no tuvo ningún efecto sobre el porcentaje de proteína en la leche. Resultados de la misma naturaleza encontraron Stanley et. al; (1972), Stokes et. al; (1986), Arambel et. al; (1988), Johnson et. al; (1988) y Ghorbani et. al; (1989) al utilizar diferentes cantidades de bicarbonato de sodio en la ración. No se encontró ningún autor que concluya que el porcentaje de proteína aumentara significativamente al suplementar bicarbonato de sodio, pero si se encontró que el porcentaje de proteína en la leche se incrementa significativamente cuando las vacas son alimentadas con raciones altas en energía. (Hoogendoor y Grieve 1970).

4.5. Porcentaje de sólidos totales en leche. Los resultados obtenidos para porcentaje de sólidos totales durante toda la prueba se encuentran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Valores de porcentaje de sólidos totales en la leche durante la prueba de bicarbonato de sodio en ganado lechero.

M U E S T R E O S						
Tratamientos	1	2	3	4	5	$\bar{X}$
Con NaHCO <sub>3</sub>	12.02	10.94	11.09	10.42	11.58	11.21
Sin NaHCO <sub>3</sub>	12.26	10.38	11.27	10.63	11.48	11.20

En el Cuadro 10 se observa que el tratamiento con bicarbonato de sodio es superior en los muestreos 1, 3 y 4 comparado con el testigo sin embargo en los muestreos 2 y 5 el testigo es superior que el tratamiento con bicarbonato de sodio.

El análisis de varianza (Cuadro 11) no mostró diferencia significativa entre tratamientos ni tampoco en la interacción tratamiento por muestreo lo que indica que no hubo diferencia significativa en ninguno de los muestreos (Figura 5).

La media general para el testigo durante toda la prueba fue de 11.21 y para el tratamiento con bicarbonato de sodio fue de 11.20 considerándose estadísticamente iguales.

Cuadro 11. Análisis de varianza para porcentaje de sólidos totales en leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	15	68.84	4.58	0.954	0.535
Tratamientos	1	0.00	0.00	0.00 N.S.	0.933
Error (T)	15	72.10	4.80		
Muestreos	4	55.20	13.80	7.08	0.000
Error (M)	60	118.14	1.96		
Interacción	4	3.62	0.90	0.590 N.S.	0.674
Error	60	92.08	1.53		
Total	159	410.00			

N.S. No significativo ( $P > .05$ )

C.V. 11.05%

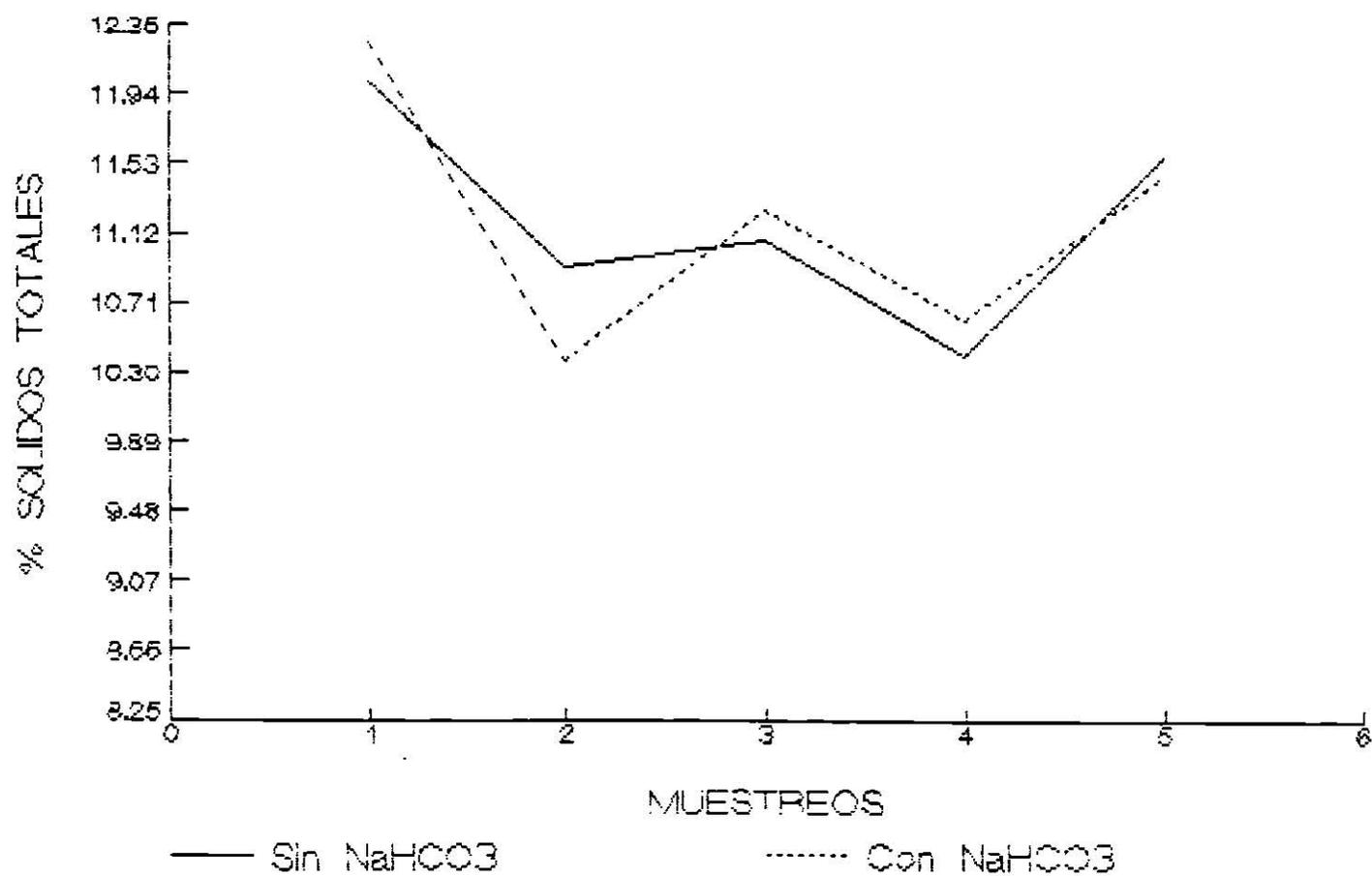


Figura 5. Curvas de porcentaje de sólidos totales en leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

Estos resultados no concuerdan con los de Stanley et. al; (1972) debido a que ellos si encontraron diferencia significativa entre tratamientos en favor al que contenía bicarbonato de sodio. Esto pudo deberse a la dosis de bicarbonato de sodio que suplementaron el cual fue de 3.84% siendo mas del doble a la utilizada en esta prueba.

Por otra parte Arambel et. al; (1988), y Johnson et. al; (1988), no tuvieron diferencia significativa al suplementar dosis entre 0.7 y 1% de bicarbonato de sodio en ganado lechero, debiéndose principalmente a la dosis que fue baja, en comparación con la utilizada por Stanley et. al; (1972).

4.6. Porcentaje de sólidos no grasos en leche. El Cuadro 12, nos muestra los resultados obtenidos durante toda la prueba.

Cuadro 12. Resultados obtenidos para sólidos no grasos en leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

M U E S T R E O S						
Tratamientos	1	2	3	4	5	$\bar{x}$
Sin $\text{NaHCO}_3$	9.38	8.27	8.41	7.42	8.77	8.45
Con $\text{NaHCO}_3$	9.43	7.54	8.58	7.64	8.46	8.33

En el Cuadro 12 se observa que los muestreos 1, 3 y 4 el tratamiento con bicarbonato de sodio se encuentra ligeramente

arriba que el testigo sin embargo en los muestreos 2 y 5 el testigo se encuentra ligeramente superior al tratamiento con bicarbonato de sodio.

Estas diferencias entre el testigo y el tratamiento con bicarbonato en los diferentes muestreos no son significativos tal y como lo demuestra el análisis de varianza (ver Cuadro 13) con el cual no se encontró diferencias significativas entre tratamientos ni en la interacción tratamiento por muestreo por lo que las medias para cada muestreo se consideran estadísticamente iguales (ver Figura 6).

Las medias generales para cada tratamiento son: de 8.45 para el testigo y 8.33 para el tratamiento con bicarbonato de sodio.

Cuadro 13. Análisis de varianza para producción de sólidos no grasos durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	15	47.13	3.14	1.04	0.467
Tratamiento	1	0.610	0.610	0.20 N.S.	0.662
Error (T)	15	45.11	3.00		
Muestreos	4	66.24	16.56	7.29	0.000
Error (M)	60	136.27	2.27		
Interacción	4	5.19	1.29	0.85 N.S.	0.504
Error	60	90.68	1.51		
Total	159	391.25			

N.S. No significativo (P>.05)

C.V. 14.64%

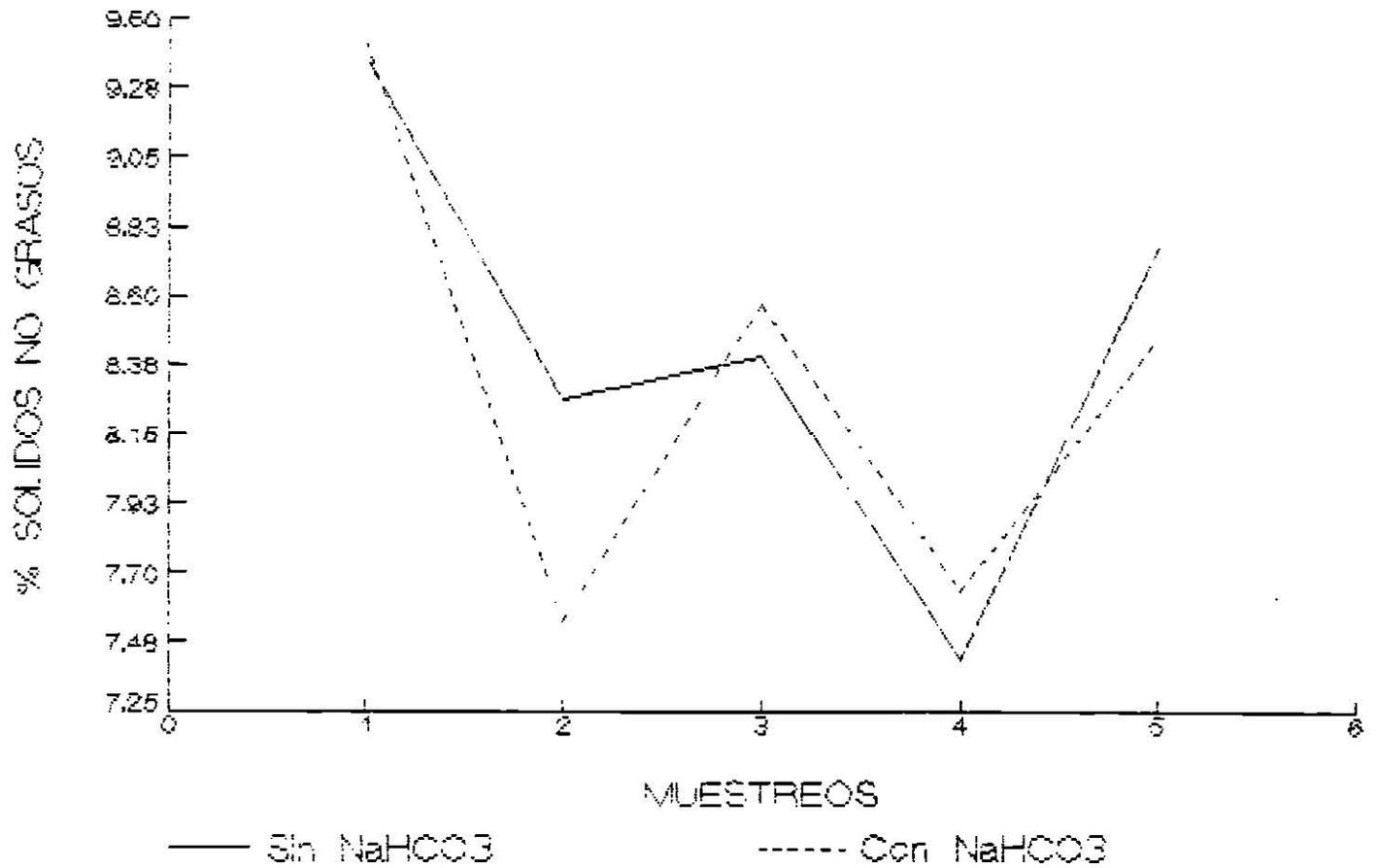


Figura 6. Curva de porcentaje de sólidos no grasos en la leche durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

Resultados como los obtenidos en este trabajo encontraron Stanley et. al; (1972), Stokes et. al; (1986); Arambel et. al; (1988), Johnson et. al; (1988) y Ghorbani et. al; (1989) al suplementar diferentes dosis de bicarbonato de sodio en ganado lechero.

Tomas y Emery (1963, citados por Church, 1974) demostraron en un experimento que el bicarbonato aumentaba el porcentaje de grasa en la leche pero disminuía notablemente el porcentaje de sólidos no grasos. Por otra parte Hoogendoor y Grieve (1970) mencionan que la composición de la ración altera la cantidad de sólidos no grasos y el consumo voluntario por lo que al incrementar la fracción proteínica en la ración o proporcionar raciones altas en energía se incrementará el total de sólidos no grasos en la leche.

4.7. Consumo de forraje (Kg/18 vacas/MS/día). El consumo de forraje se analizó bajo un diseño de bloques al azar ya que los resultados de los consumos de forraje estaban expresados en kilogramos por corral con 18 vacas cada uno y no por consumos individuales.

El Cuadro 14, muestra los resultados de consumo de forraje durante toda la prueba.

Como se puede apreciar en el Cuadro 14, el tratamiento con bicarbonato de sodio se mostró ligeramente superior al testigo en los muestreos 3, 5 y 7 sin embargo el testigo superó

Cuadro 14. Consumo de forraje durante el experimento con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

Tratamientos	M U E S T R E O S							$\bar{X}$
	1	2	3	4	5	6	7	
Sin NaHCO <sub>3</sub>	132.84	219.90	118.80	215.46	222.65	145.80	138.37	170.56
Con NaHCO <sub>3</sub>	120.60	191.16	125.05	199.10	235.12	132.00	146.25	164.18

al tratamiento con bicarbonato de sodio en los muestreos 1, 2, 4 y 6. Estos resultados se pueden apreciar mejor en la Figura 7, donde se puede ver que ambos tratamientos se comportaron de la misma forma dando una curva muy parecida para cada tratamiento.

El análisis de varianza (ver Cuadro 15) muestra que si hubo diferencia significativa entre bloques y esto puede ser debido a que en el primer muestreo los animales consumieron pacas de avena, en el segundo muestreo consumieron pacas de alfalfa por eso el consumo de forraje fue mayor, después en los siguientes 3 muestreos se les proporcionó sorgo en verde por eso el consumo de forraje disminuyó, hasta que se adaptaron pero en los últimos 2 muestreos se les proporcionó maíz en verde por lo que el consumo volvió a decaer viéndose que para el último muestreo la curva volvía a ser ascendente. Este se aprecia mejor en la Figura 7.

Por otra parte el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre tratamientos siendo la media para el testigo de 170.56 Kg y 164.18 Kg para el tratamiento con bicarbonato de sodio.

Resultados similares a los de este trabajo obtuvieron Erdman et. al; (1982), Snyder et. al; (1883), Stokes et. al; (1986), Arambel et. al; (1988), Johnson et. al; (1988), al no encontrar diferencia significativa entre tratamientos al suplemen-

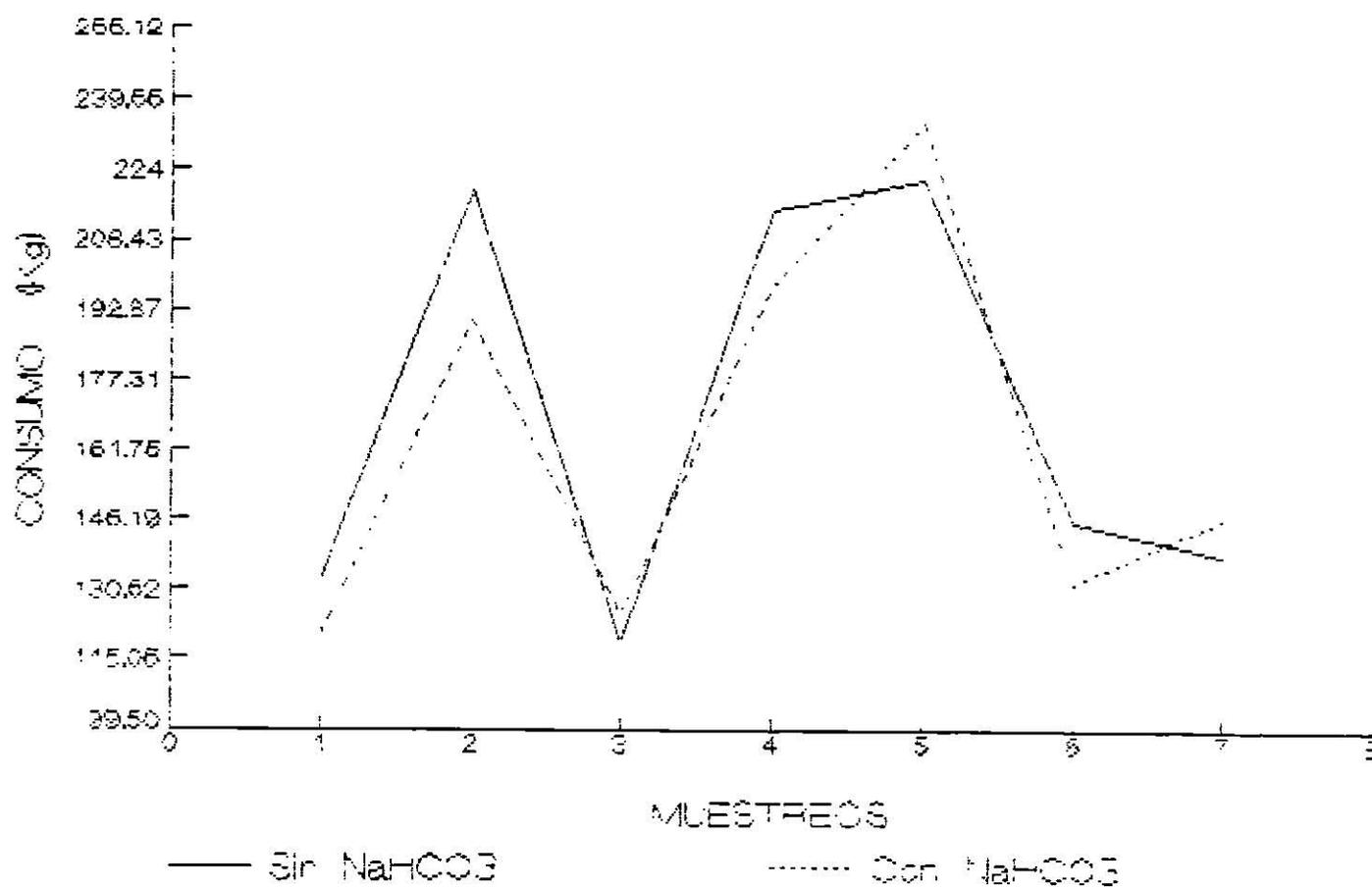


Figura 7. Curva de consumo de forraje durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

tar diferentes dosis de bicarbonato de sodio.

Cuadro 15. Análisis de varianza para consumo de forraje durante la prueba con bicarbonato de sodio en ganado lechero.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	1	142.31	142.31	1.21	N.S. 0.313
Bloques	6	23991.50	3998.58	34.18	** 0.001
Error	6	701.75	116.95		
Total	13	24835.56			

N.S. = Diferencia no significativa ( $P > .05$ )

\*\* = Diferencia altamente significativa ( $P < .05$ )

C.V. = 6.46%.

Hoogendoor y Grieve (1970), mencionan que al aumentar la fracción proteínica en la ración se incrementa el consumo de forraje tal y como se observó en este trabajo, que cuando se ofreció pacas de alfalfa con un nivel superior de proteína a las de avena, se incrementó el consumo de forraje.

4.8. Análisis Económico. El Cuadro 16 muestra un análisis económico de la producción de leche sin tomar en cuenta el efecto inflacionario.

En condiciones prácticas, el costo de aplicación del bicarbonato de sodio es insignificante. Ya que solo se agrega con el resto de los ingredientes. Esto significa que con solo

invertir \$181.05 pesos por vaca por día, se obtuvo una ganancia adicional de \$258.95 pesos por vaca por día.

En síntesis la suplementación con 1.5% de bicarbonato de sodio en la ración de concentrado para vacas Holstein de alta producción, logró un aumento de 0.545 kilos de leche por vaca por día durante un período de 4 meses. Además de que mejoró la calidad de la leche ya que aumentó el porcentaje de grasa de 2.63 a 2.90, sin embargo no tuvo ningún efecto en el porcentaje de proteína, sólidos totales y sólidos no grasos, así como en el aumento de peso vivo y consumo de forraje.

Cuadro 16. Análisis económico de la producción de leche en vacas Holstein suplementadas con bicarbonato de sodio durante un período de 4 meses.

Costo del bicarbonato de sodio (pesos M.N.)	850.00/Kg.
Precio de venta de leche (pesos M.N.)	800.00/Kg.

Precio	Testigo	NaHCO <sub>3</sub>
Producción de leche (Kg/vaca/día)	23.23	23.78
Precio de venta de leche (\$)	800.00	800.00
Ingresos por venta de leche/vaca/día (\$)	18,584.00	19,024.00
Consumo de bicarbonato/vaca/día (Kg)	0.00	0.213
Costo de bicarbonato/vaca/día (\$)	0.00	181.05
Ingresos por venta de leche menos costo de bicarbonato de sodio (\$)	18,584.00	18,842.95
Diferencia en ingresos brutos Testigo vs tratamiento con bicarbonato de sodio \$/vaca/día	0.00	258.95

Proyección a 200 vacas

200 vacas/día	=	\$	51,790.00
200 vacas/mes	=	\$	1'553,700.00
200 vacas/lactancia (305 días)	=	\$	15'795,950.00

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo este trabajo y según los resultados obtenidos podemos concluir y recomendar lo siguientes:

El bicarbonato de sodio incrementó la producción de leche aunque no sea significativa con diferencia entre tratamientos de 0.545 kilos/vaca/día.

El bicarbonato de sodio mejoró significativamente la calidad de la leche en lo que se refiere a porcentaje de grasa pero no tuvo ningún efecto en porcentaje de proteína, sólidos totales y sólidos no grasos.

El bicarbonato de sodio no tuvo ningún efecto en consumo de forraje y aumento de peso.

Fue redituable económicamente añadir bicarbonato de sodio en raciones para vacas Holstein de alta producción.

Se recomienda realizar mas experimentos utilizando otras dosis de bicarbonato de sodio así como en otro período del año. Además de que se utilice el diseño de Cross Over para poder observar mejor el efecto que pueda tener el bicarbonato de sodio en las variables a medir.

Se recomienda el uso del bicarbonato de sodio en establos donde se den altas cantidades de concentrados y bajas cantida-

des de forraje para evitar problemas de acidosis y de leche ba  
ja en grasa.

Se recomienda también el uso de bicarbonato de sodio en establos donde la calidad de la leche sea pagada debido a que aumenta el porcentaje de grasa en la leche que es necesaria para la elaboración de cremas, mantequillas, etc.

## 6. RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la estación experimental "El Canadá" localizado en el kilómetro 3 de la carretera Monterrey-Colombia en el municipio de General Escobedo, N.L. teniendo una duración de 108 días iniciándose el 25 de Marzo y terminando el 12 de Julio de 1990.

El objetivo de este trabajo fue el de evaluar el efecto de la suplementación con bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) en la producción de leche, % de grasa, % de proteína, % de sólidos totales y % de sólidos no grasos así como el consumo de forraje y los aumentos de peso en vacas Holstein de alta producción.

Se utilizaron 40 vacas de la raza Holstein con edades entre 3 y 8 años y con pesos entre 500-600 kilos y se distribuyeron aleatoriamente en los dos tratamientos según su número de parto, período de lactancia y producción lechera.

Los tratamientos fueron:

T<sub>1</sub> Ración sin bicarbonato de sodio (testigo)

T<sub>2</sub> Ración con 1.5% de bicarbonato de sodio.

Cada 14 días se realizaban mediciones de producción lechera tanto de la mañana como de la tarde, además se obtenían las muestras de leche de cada vaca para ser analizadas en el laboratorio de bromatología de la FAUANL.

La pesada de los animales se realizó una vez al mes y el consumo de forraje se midió cada 15 días.

El diseño estadístico utilizado para evaluar a los tratamientos fue el de bloques divididos tomando como factores a los tratamientos y los muestreos.

La unidad experimental fue una vaca por lo que se tenían 20 bloques por tratamiento dando un total de 40 vacas.

No hubo diferencia significativa entre tratamientos para producción de leche sin embargo el tratamiento con bicarbonato de sodio terminó con una diferencia a su favor de .545 kilos/vaca/día. lo que lo hace económicamente redituable, ya que con solo \$181.05 pesos/vaca/día se obtuvo una ganancia adicional de \$258.95 pesos/vaca/día.

En el porcentaje de grasa en la leche si se encontró diferencia significativa entre tratamientos siendo de 2.63 para el testigo y de 2.90 para el tratamiento con bicarbonato de sodio.

No se encontró diferencia significativa para porcentaje de proteína, sólidos totales y sólidos no grasos así como el aumento de peso y consumo de forraje.

## BIBLIOGRAFIA

- Abrams, J.T. 1965. Nutrición Animal y dietética veterinaria. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 601-603.
- Agricultural Research Council, 1968. Necesidades nutritivas de los animales domésticos. (Número 2 Rumiantes) revisiones técnicas y resúmenes. Editorial Academia. León, España. pp. 114-123.
- Amich-Gali, J. 1970. Formulación de piensos compuestos para rumiantes. Ediciones Eopro. Barcelona, España. pp. 218.
- Arambel, M.J., R.D. Wiedmeier, D.H. Clarck, R.C. Lamb, R.L. Boman, 1988. Effect of sodium bicarbonate and magnesium oxide in alfalfa-based total mixed ration fed to early lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 71(1-3):159.
- Bregner, H. 1970. Elementos de nutrición animal. Primera Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 67.
- Borgioli, E. 1962. Alimentación del ganado. Editorial Gea. Barcelona, España. pp. 385-390.
- Burgstaller, G. 1981. Alimentación proteica del ganado vacuno. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 15.
- Church, D.C. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Nutrición práctica. Volumen 3, Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 131,132.
- Church, D.C. y W.G. Pond. 1987. Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales. Primera Edición. Editorial Limusa. México, D.F. pp. 259.

- Clark, J.H., C.L. Davis, J.A. Rogers 1980. Manipulation of rumen fermentation and it's effect on performance of ruminants. Page 18 in Proc. 40 th Semianno Mtg Am Feed manuf. Assoc. Nutr. Council Arlington, V.A.
- Concellon, A. 1967. Nutrición animal práctica, fundamentos y racionamientos. Editorial Aedos, Barcelona, España. pp. 203.
- Donker, J.D. y G.D. Marx. 1980. Sodium bicarbonate in diets of milking Holstein Cows, J. Dairy Sci. 63(6):931.
- Dukes, H.H. 1973. Fisiología de los animales domésticos. Editorial Aguilar, S.A. Madrid, España. pp. 292-293.
- Dukes, H.H. y M. Swanson 1977. Fisiología de los animales domésticos. Segunda Edición. Editorial Aguilar, S.A. Madrid, España.
- Ensminger, M.E. y C.G. Olentine. 1983. Alimentos y nutrición de los animales. Editorial El Ateneo. Argentina. pp. 197.
- Erdman, R.A., R.L. Botts, R.W. Hemken, L.S. Bull. 1980. Effect of dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide on production and physiology in early lactation J. Dairy Sci. 63(1-6):923.
- Erdman, R.A., L.W. Dyglas, R.W. Hemken, T.H. Teh, L.M. Mann. 1982. Effect of sodium bicarbonate on palatability and voluntary intake of concentrates feed lactanting dairy cows. J. Dairy Sci. 65(7-9):1647.
- Esdale, W.J. y L.D. Satter. 1972. Manupulation or ruminal fermentation effect of altering ruminal pH on volatile fatty acid production. J. Dairy Sci. 55(5-8):964.

- Etgen, W.M. y P.M. Reaves, 1985. Ganado lechero, Alimentación y Administración. Editorial Limusa, S.A. de C.V., México. pp. 77.
- Ghorbani, G.R., J.A. Jackson, B.W. Hemken. 1989. Effect of sodium bicarbonate and sodium sesquicarbonate on animal performance, ruminal metabolism, and systemic Acid-base status. J. Dairy Sci. 72(8):2039.
- González, O.A., E. Rangel, R.E. Alcaraz, M. Gaxiola, R. Jasso, 1985. Efecto de la suplementación con bicarbonato de sodio sobre la producción de leche y nivel de grasa en vacas Holstein estabuladas. Establo San José Guadalajara, Jalisco. Boletín N<sup>o</sup> 3. Industrias del Alkali, S.A. pp. 2-5.
- Hamond, J. 1959. Avances en fisiología zootécnica. Volumen I. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 29.
- Hoogendoorn, A.L. y C.M. Grieve. 1970. Effects of varying energy and roughage in rations for lactating cows on rumen volatile fatty acids and milk composition. J. Dairy Sci. 53(7-12):1034.
- Johnson, M.A., T.F. Sweeney, L.D. Muller. 1988. Effect of feeding synthetic zeolite and sodium bicarbonate on milk production, nutrient digestion and rates of digesta passage in dairy cows. J. Dairy Sci. 71(406):946.
- Jones, G.M. 1971. Volatile fatty acids in concentrate rations for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 54(7-9):1025.
- Kilmer, H.L. and L.D. Muller 1980. Addition of sodium bicarbonate to ration of pre and post partum in dairy cows. J. Dai-

ri Sci. 63(12):2026.

- Kilmer, L.H., Muller L.D., and T.J. Snyder 1981. Addition of sodium bicarbonate to rations of post partum dairy cows: Physiological and metabolic effect: J. Dairy Sci. 64(10=12): 2357.
- Klob, E. 1972. Microfactores en nutrición animal. Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp. 58.
- Matteini, M.G. Cotrozzi and G. Capelli, 1976. Human Growth hormone secretion induced by sodium bicarbonate infusion. Acta Med. Auxol 8:49.
- Morrison, F.B. 1965. Alimentos y alimentación del ganado. Tomo II. Vigésima Primera Edición. Editorial U.T.E.H.A., México . pp. 113.
- Okeke, G.C, J.G. Buchanan and D.C. Grieve. 1983. Effect of sodium bicarbonate on rate of passage and degradation of soybeans meal in post partum dairy cows. J. Dairy Sci. 66(4-6):1023.
- Reaves, P.M., H.O. Henderson. 1969. La vaca lechera, alimentación y crianza. V Edición. Editorial U.T.E.H.A. México. pp. 1.
- Schmidt, G.H. 1974. Biología de la lactación. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 181.
- Snyder, T.J., J.A. Roger, and L.D. Muller. 1983. Effect of 1.2% sodium bicarbonate with two rations of corn silage: grain and milk production, rumen fermentation and nutrient digestion by lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 66(6):1290.

- Stanley, R.W., N. Kanjanipibul, K. Morita and S.M. Ishizaki. 1972. Effects of feeding buffered concentrate rations on the performance and metabolism of lactating dairy cows in a subtropical environment J. Dairy Science 55(5-8): 959.
- Staples, C.R., S.M. Emanuelle, M. Ventura and D.K. Beede 1988. Effects of a raw multielement buffer on production ruminal environment and blood mineral of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 71(4-6):1563.
- Stewart, C.S. 1977. Factors affecting cellulolytic activity of rumen contents appl. Environment microbial. 33:497.
- Stokes, M.R., L.L. Vandermark, L.S. Bull. 1986. Effect of sodium bicarbonate, magnesium oxide and a commercial buffer mixture in early lactation cow feed hay crop silage. Journal of Dairy Science 69(4-6):1595.
- Teh, T.H., R.W. Hemken and R.J. Harmon. 1985. Dietary magnesium oxide interactions with sodium bicarbonate in cows in early lactation. J. Dairy Sci 68(4-6):881.
- Tuker, W.B., G.A. Harrison, R.W. Hemken and R.J. Harman. 1988. Efficacy of simulated, slow release sodium bicarbonate in stabilizing ruminal milieu and acid - base status in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 71(7):1823.
- Tuker, W.B., Z. Yin. R.W. Hemken. 1988. Influence of dietary calcium chloride on adaptive changes in acid - base status and mineral metabolism in lactating dairy cows feed a diet high sodium bicarbonate. J. Dairy Sci. 71(4-6): 1587.

Vinci, J.L., W.S. Cohick and J.H. Clark. 1988. Effects on feed intake and sodium bicarbonate on milk production of hormones and metabolites in plasma of cows. J. Dairy Sci. 71(4-6):1232.

Wheeler, W.E., C.H. Noller. 1976. Limestone buffer in complete mixed rations for dairy cattle. J. Dairy Sci. 59(9-12): 1788.

