

01682 1
2g'



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA
DE MEXICO

IMPLEMENTACION DE UN MODELO PARA
EL ESTUDIO DE ACIDOSIS EN
RUMIANTES

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTADA POR

MARTIN FRANCISCO MONTAÑO GOMEZ
L

DIRECTOR DE TESIS:

Ph. D. RICHARD A. ZINN



MEXICO, D.F.

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

270567



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



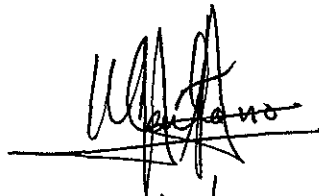
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México para que la tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martín Francisco Montaña Gómez', written over a horizontal line.

Martín Francisco Montaña Gómez

NOMBRE Y FIRMA DEL AUTOR

DEDICATORIAS

Dedico a mi familia ésta Tesis y todos los esfuerzos y alegrías que conlleva.

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de éste Proyecto "IMPLEMENTACION DE UN MODELO PARA EL ESTUDIO DE ACIDOSIS EN RUMIANTES" fué de vital importancia los apoyos obtenidos de las siguientes Instituciones:

Universidad Nacional Autonoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

University of California, Davis- El Centro, CA. United States of America.

Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Secretaría de Educación Pública.

Sistema Nacional de Investigadores.

Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior.

Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Con profundo respeto y admiración para mi Comité Tutorial:

Richard A. Zinn

Juan de Dios Garza Flores.

José Fernando Calderón Cortés.

Francisco Castrejón Pineda.

Rogelio Gómez Alarcón.

Carlos Vásques Peláez.

Fernando Pérez-Gil Romo.

Un especial reconocimiento y agradecimiento al MC. Javier Flores Covarrubias, Secretario Escolar de la Dirección de Estudios de Posgrado de la FMVZ, cuyo disposición sin límite para el apoyo a los trámites requeridos en éste Programa de Doctorado a distancia, siempre tendré presente.

FALTAN PAGINAS

De la: **1**

A la: **3**

RESUMEN

Se realizó un experimento de metabolismo con la finalidad de evaluar el efecto de dos desafíos de glucosa (500g c/u) sobre la función ruminal en novillos alimentados con dietas de engorda altas en grano. Fueron utilizados cuatro novillos Holstein (con un promedio de 320 kg de peso vivo vacío) con canula en el rumen, en un diseño experimental de Cuadrado Latino 4 x 4. Se contemplaron 4 tratamientos, consistiendo estos en el intervalo de tiempo que existió entre ambos desafíos de glucosa (2, 4, 6 u 8 días). La dieta utilizada contenía como base un 72% de grano de trigo rolado a vapor, un 3% de grasa amarilla, y un 8% de forraje. Al mismo tiempo que se ofreció la toma matutina de alimento, ambos desafíos de glucosa fueron ofrecidos directamente en rumen por medio de la canula ruminal. Fueron tomadas muestras del contenido ruminal a las 0700 horas (antes de que los novillos recibieran el primer desafío de glucosa), así como a las 2, 4, 6, 8, 28, 52, 124, 196 y 268 horas (h) después del segundo desafío. A la vez de que el tiempo entre las fluctuaciones de consumo de energía incrementó, el pH ($P < .05$) y el ácido láctico ($P < .10$) del contenido ruminal incrementaron linealmente después del primer desafío. De cualquier manera, no se observó una relación estadísticamente significativa ($P > .10$) entre el pH y el ácido láctico del contenido del rumen. Los valores más bajos de pH ruminal fueron observados durante las primeras 6 horas después del segundo desafío. Además, no se observaron efectos de los tratamientos sobre el pH ruminal a partir del tercer día después del segundo desafío. Después de la segunda administración de glucosa, los ácidos grasos volátiles totales (AGVT) incrementaron, con excepción del tratamiento 1. El pH y los AGVT ruminales fueron relacionados positivamente ($R^2 = .69$). Por su parte, la presión osmótica del contenido ruminal incrementó cuando el tiempo entre los dos desafíos de glucosa fué de 2 o 4 días. Al tiempo que el tiempo entre desafíos incrementó, se observó un incremento en la concentración de protozoarios en rumen. La concentración de glucosa ruminal disminuyó linealmente ($P < .10$) 2 h después de la segunda fluctuación de consumo de energía. Nosotros concluimos que fluctuaciones en el consumo de energía pueden afectar la función ruminal, observandose mayores alteraciones a medida que el

tiempo entre fluctuaciones disminuye.

Palabras clave: Bovino, Acidosis, Glucosa, Lactato.

SUMMARY

A metabolism trial was conducted to evaluate the effects of two consecutive glucose challenges (500 g) on rumen function in steers fed a high-energy finishing diet. Four Holstein steers (320 kg) with cannula in the rumen were used in a 4 x 4 Latin square design. Four treatments were used and consisted of the time elapsed between both challenges of glucose (2, 4, 6 or 8 d). The basal diet contained 72% steam-flaked wheat, 3% yellow grease and 8% forage. Both glucose challenges were dosed into the rumen via the ruminal cannula at morning feeding. Ruminal samples were taken at 0700 (just prior the first glucose challenge), and at 2, 4, 6, 8, 28, 52, 124, 196 and 268h after second challenge. As the time between fluctuation of energy intake increased, ruminal fluid pH ($P < .05$) and ruminal L-lactic acid increased linearly ($P < .10$) after the first challenge. However, ruminal pH and lactic acid were not related ($P > .10$). During the first 6h following the second glucose challenge ruminal fluid pH decreased. No effects of treatments on ruminal pH were observed ($P > .10$) among treatments from 3 days after the second glucose challenge. After dosed glucose, Total volatile fatty acids increased, except by TMT 1 after second challenge. Total volatile fatty acid and pH were related positively ($R^2 = .69$). Ruminal fluid osmotic pressure increased ($P < .10$) after dosed glucose with all treatments. Ruminal osmolality increased ($P < .10$) as the time between challenges were 2 or 4 days. As the time increased, a tendency on increment of concentrations of protozoa was observed. Ruminal glucose concentration decreased linearly ($P < .10$) 2 h after the second fluctuation of energy intake. We concluded that fluctuations in feed intake may affect ruminal function, observing higher alterations as the time between challenges decrease.

Key words: Cattle, Acidosis, Glucose, Lactate.

TABLA DE CONTENIDO

Declaración.....	ii
Dedicatorias.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen.....	4
Summary.....	5
Lista de Tablas.....	7
Introducción.....	8
Material y Métodos.....	9
Resultados y Discusión.....	11
Implicaciones.....	16
Referencias.....	17

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Composición de la dieta experimental

Tabla 2.- Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre la glucosa del fluido ruminal.

Tabla 3.- Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre el ácido láctico-L del fluido ruminal.

Tabla 4.- Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre el pH del fluido ruminal.

Tabla 5.- Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre ácidos grasos totales en rumen.

Tabla 6.- Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre la osmolalidad del fluido ruminal.

Tabla 7.- Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre protozoarios totales en rumen.

INTRODUCCION

Cuando la cantidad de carbohidratos altamente disponibles aumenta en el rumen a una cantidad tal que excede la capacidad fermentativa del rumen, tiende a presentarse una acumulación de glucosa libre, lo cual inhibe la utilización del ácido láctico a este nivel (Slyter, 1976; Shen et al., 1999). Dependiendo de la cantidad de energía consumida en una sola toma, los cambios que ello provoque en el metabolismo ruminal podrán dar como resultado lo que ha sido reconocido como el mayor problema metabólico presente en los corrales de engorda: la acidosis láctica (Irwin et al., 1979). Se considera que existe la presencia de acidosis aguda cuando el pH ruminal es menor que 5 y el nivel de ácido láctico en rumen es mayor que 90 mM, mientras que un pH ruminal de 5.0 a 5.5 sin acumulación de ácido láctico nos indica la presentación subaguda de este padecimiento (Beth et al., 1995). A la fecha, ha sido escasa la investigación dirigida a conocer el curso de la acidosis subclínica. De cualquier manera, es aceptado de manera general (Britton and Stock, 1987) que la acidosis subclínica es la principal causa de la disminución del consumo de alimento, así como de los bajos rendimientos observados por esta causa en los corrales de engorda (Fulton et al., 1976; Galyean et al., 1992). Slyter (1976) observó que el tiempo requerido para la estabilización del rumen después de haber sufrido una alteración digestiva puede ser de una semana o más. Los mecanismos fisiológicos requeridos para la adaptación ruminal a un aumento repentino del incremento del consumo de energía no son claros. Los métodos profilácticos hasta hoy utilizados con la finalidad de prevenir la presencia de acidosis láctica en la industria de la engorda de bovinos en corral, tales como la restricción del consumo de alimento y/o una lenta adaptación a las dietas altas en energía, han dado como resultado una disminución tanto de las ganancias de peso diarias, así como de la eficiencia esperada con este tipo de dietas (Tremere et al., 1968; Muir et al., 1980b). Por lo antes expuesto, es objetivo de este estudio fué el evaluar la influencia de dos desafíos de glucosa ofrecidos a diferentes tiempos, sobre el metabolismo ruminal en novillos alimentados con una dieta de finalización alta en concentrado.

MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se realizó en las instalaciones de University of California, Davis. Desert research and Extention Center- El Centro, CA. Con la finalidad de evaluar la influencia de la frecuencia de dos desafíos de glucosa sobre el metabolismo ruminal, se utilizaron cuatro novillos raza Holstein de un peso promedio de 320 kg de peso vivo vacío. Todos los animales contaban con canulas ruminales. Los novillos fueron alojados en el área de metabolismo en corraletas individuales con piso de rejillas (1.42 x 2.74 m) equipados con comederos individuales y bebederos automáticos compartidos por cada dos corraletas. La temperatura medioambiental del área de las corraletas fué mantenida dentro de un rango de 21 a 26°C. Los novillos fueron alimentados en base a una dieta de finalización alta en trigo rolado a vapor (Tabla 1), la cual les fué ofrecida en iguales proporciones a las 0800 y 2000 h diariamente. El consumo de materia seca fué restringido a un 2.2% de su peso vivo. El experimento consistió en 4 períodos de 21 días cada uno. A las 0800 h del día 1 de cada período, a todos los novillos les fué administrada por medio de la canula ruminal una dosis simple de 500 g de glucosa disuelta en 2 litros de agua (40°C). Una segunda dosis de glucosa (500 g) fué administrada mediante la misma vía a las 0800 h los días 3, 5, 7, y 9, lo cual contempla los tratamientos del 1 al 4, respectivamente. Muestras de fluido ruminal (250 mL) fueron colectadas de todos los novillos mediante la canula ruminal a las 0700 h del día 1 (justo antes del primer desafío de glucosa). Durante el día respectivo al segundo desafío de glucosa (día 3, 5, 7, o 9) muestras de fluido ruminal fueron obtenidas a las 0700, 1000, 1200, 1400, y 1600 h. Subsecuentemente, durante los días 1, 2, 5, 8 y 11 después del segundo desafío de glucosa, una muestra ruminal fué obtenida a las 1200 h. El valor del pH ruminal fué obtenido de manera inmediata a la obtención de la muestra del fluido ruminal (Microcomputer pH meter HI931000, Hanna Instruments, Ronchi di Villafranca, Italy). Después de ello, las muestras fueron filtradas mediante 4 gasas de algodón. 2 ml de ácido *m*-fosfórico recién preparado al 25% (peso/vol) fué agregado a 8 mL del fluido ruminal previamente filtrado. Después de haber sido preparadas las muestras, estas fueron centrifugadas (17,000 x g por 10 min) y el fluido sobrenadante almacenado a -20°C para su posterior análisis de ácido láctico- L (+) (Sigma Technical Bulletin 826-UV, 1990), Glucosa (Zinn, 1990), así como concentración de ácidos

grasos volátiles (cromatografía de gas; Zinn, 1991). Una muestra aparte de líquido ruminal previamente filtrado (100 mL) fue utilizada para la medición de la presión osmótica (Micro Osmete 5004 Precision System. Tech Circle. Natick, Mass.), y protozoarios totales (1 mL de fluido ruminal filtrado fue mezclado en 8 mL de solución salina al .16 N, agregandosele 1 mL de formol al 10%, la cuenta total de protozoarios fue determinada utilizando un contador Neubauer). El presente experimento fue analizado como un Cuadrado Latino 4 x 4. Los efectos de los tratamientos fueron probados mediante Polinomios Ortogonales (Hicks, 1973).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los efectos de los tratamientos sobre el nivel de glucosa ruminal son mostrados en la Tabla 2. El intervalo de tiempo entre ambos desafíos de glucosa no afectó ($P > .10$) la concentración de la glucosa ruminal. Los niveles de glucosa incrementaron a las 2 h después del desafío, retornando a los valores observados antes de la toma del alimento a las 4 h después del desafío. Después de ello, los niveles de glucosa ruminal se mantuvieron bajos (1.83 a 12.59 mg/dL). Counnotte et al. (1983) observaron que en vacas adaptadas a dietas de paja (*ad libitum*) más 12 kg de concentrado, las concentraciones de azúcares solubles en el fluido ruminal fueron máximas a los 30 minutos después del consumo de alimento, regresando a niveles cercanos a 0 a los 90 minutos después de la toma del alimento. Por su parte, Hart (1985) observó que las concentraciones de glucosa ruminal variaron de 28 a 63 mg/dL en novillos alimentados con ensilaje de sorgo más un 0 al 60% de sorgo en grano. A la vez, Slyter (1976) observó que la tasa de desaparición de la glucosa *in vitro* fué tres veces más lenta a pH 5.0 en comparación con lo observado a pH 6.3. De cualquier manera, no se observó un efecto del pH ruminal sobre los niveles de glucosa ($P > .10$).

La alta concentración de glucosa ruminal (27 a 48 mg/dL) observada 2 h después de los desafíos de glucosa indica que el metabolismo de la glucosa libre por parte de los microorganismos ruminales puede ser mucho menor que lo que hasta hoy ha sido sugerido (91 to 100%/h, Ghedalia and Salomon, 1987; Ghedalia et al., 1989, o 500%/h, NRC, 1996). Asumiendo que el volumen ruminal es de 40 L, que la tasa de pasaje de la glucosa ruminal es 5%/h, y que el cambio en la concentración de la glucosa en rumen durante la segunda hora después del desafío de glucosa (37 mg/dL) representa el residuo de la glucosa que fué ofrecida al animal, entonces la tasa de degradación de la glucosa podría ser de un 44%/h.

Los efectos de los tratamientos sobre las concentraciones de ácido láctico-L son mostradas en la Tabla 3. Consistente con resultados de previos estudios (Mackie y Gilchrist, 1981), el ácido láctico ruminal alcanzó su máximo nivel a las 2 h después del desafío de glucosa, promediando 77 mg/dL. Otros autores (Telle y Preston, 1971; Kezar y Church, 1979; Nagaraja et al. 1981) al utilizar modelos con la finalidad de inducir acidosis clínica, observaron mayores niveles de ácido láctico que los reportados en nuestro estudio, aunque observaron al mismo tiempo disminuciones

críticas del pH ruminal. Las concentraciones mayores de lactato no fueron afectadas ($P > .10$) debido al intervalo de tiempo entre ambos desafíos de glucosa. Los niveles ruminales de ácido láctico-L observados a las 6 y 8 h después del segundo desafío de glucosa fueron asociados ($R^2 = .78$) con las concentraciones observadas antes de la toma de alimento del día 1 (1 h antes del primer desafío). Las concentraciones del lactato ruminal regresaron a valores acordes a antes de la alimentación a las 6 h después de la dosificación de glucosa. Al parecer, existió poco o nulo efecto del desafío de glucosa, por sí mismo, sobre el nivel de lactato en rumen, en virtud de que las concentraciones de lactato ruminal fueron similares ($P > .10$) a través de los tratamientos y/o a través de los días subsecuentes al desafío de glucosa.

Aunque las mas altas concentraciones de lactato ruminal coincidieron con valores bajos de pH ruminal, (Tablas 3 y 4), la relación entre pH y lactato fué debil ($R^2 = .20$). Esta pobre relación entre lactato ruminal y pH es debido a brevedad del intervalo donde se acumula primeramente glucosa, y como consecuencia se acumula el lactato (Bond et al., 1975). Debido a que a un valor de pH ruminal menor de 5 se incrementa el crecimiento de bacterias productoras de ácido en el rumen (Suda et al., 1995), el mantenimiento del pH ruminal por encima o cercano a 5, en condiciones en las cuales esten presentes fluctuaciones en el consumo de energía, deberá ser considerado como un "punto crítico" si uno desea mantener las condiciones fisiológicas en rumen dentro de un rango de normalidad.

Los efectos de los tratamientos sobre el pH ruminal son mostrados en la Tabla 4. Antes del segundo desafío de glucosa, el pH ruminal incrementó linealmente ($P < .05$). El pH ruminal a las 2 h después de el segundo desafío disminuyó 8% y 20% con los tratamientos 1 y 4, respectivamente, mientras que con los tratamientos 2 y 3 se obtuvo una respuesta similar (13%). Valores menores de pH han sido reportados por otros autores (Muir et al. 1981; Nagaraja et al. 1981), utilizando modelos enfocados al estudio de la acidosis clínica. Acorde con lo reportado por Muir et al. (1981), el pH ruminal bajó durante las primeras 6 h después del segundo desafío. Los valores de pH mas bajos fueron observados a las 1000 h con todos los tratamientos, lo cual normalmente es observado después del consumo de alimento y/o después de la dosificación de glucosa en rumen. El pH ruminal tendió a estabilizarse a aproximadamente 8 h después de la alimentación, manteniendose durante el resto del período de muestreo por debajo de los valores

observados antes de alimentación. Otros autores (Huntington y Britton, 1979) han registrado valores críticos de pH ruminal (4.48), y/o observado menores valores del pH durante varios días (Kezar y Church, 1979). Estos efectos de la fluctuación del consumo de alimento alto en energía son similares a los observados en vacas lecheras (Malestein et al., 1984), o en ovejas y cabras (Mirgani and Bakhit, 1990). En concordancia con nuestros resultados, Irwin et al. (1979) observaron que en ovejas alimentadas en base a forraje, al suplementarlas con glucosa a un nivel de 11 g/kg PV, el rumen fué incapáz de recuperar su pH inicial durante las siguientes 58 h. El pH del fluido ruminal fué mantenido sin alterción alguna ($P > .10$) entre tratamientos después del segundo desafío de glucosa. Respuestas similares al consumo variable de energía han sido reportados por Zinn (1994), quien observó que un 20% de variación en el consumo diario no afectó el pH ruminal en novillos alimentados con dietas altas en concentrados. Asi mismo, no se observó relación ($P > .10$) entre el pH y ácido láctico-L ruminal, osmolalidad, o concentración de glucosa.

Estos resultados demuestran que a medida que el tiempo entre fluctuaciones en el consumo incrementa, pueden ser observados en rumen procesos de adaptación mas eficientes. Los valores de pH observados en este experimento indican que bajo las condiciones de éste experimento, seis días después de una primer afluctuación en el consumo de energía, el rumen puede ser capáz de enfrentar una segunda fluctuación.

Los efectos de los tratamientos sobre los ácidos grasos volátiles totales (AGVT) son mostrados en la Tabla 5. Consistente con los valores del pH ruminal, los AGVT tendieron (efecto lineal, $P < .10$) a disminuir a 1 h antes del segundo desafío de glucosa a medida que el tiempo entre ambos desafíos de glucosa incrementó. Aunque después del segundo desafío incrementaron los niveles de AGVT, no se observaron efectos de los tratamientos ($P > .10$). Similar información ha sido reportada por Uhart y Carroll (1967) después de estar trabajando con novillos alimentados con una dieta alta en concentrado. A la vez, la baja relación ($R^2 = .36$) observada entre AGVT y osmolalidad podría ser debido al efecto de la osmolalidad sobre la tasa de dilución liquida en rumen (Zhao et al., 1995), o por la tasa de absorción ruminal (Lopez et al., 1994).

Los AGVT en rumen fueron inversamente relacionados con el pH ruminal ($R^2 = .69$). Consistente con Wilson et al. (1975) y Gaebel et al. (1987), no se encontró relación ($R^2 = .06$)

entre AGVT y las concentraciones de lactato en rumen. Como fué mencionado anteriormente, la pobre relación observada entre AGVT y lactato es mas que nada debido a la brevedad de el intervalo donde el lactato es acumulable. En situaciones donde en inducida la acidosis clínica y el pH ruminal se torna menor a 5.0, los AGVT y el lactato fueron mas fuertemente asociados (Kezar and Church, 1979;Muir et al., 1980a;Muir et al., 1980b;Muir et al., 1981; Nagaraja et al. ,1982).

Los efectos de los tratamientos sobre la osmolalidad del fluido ruminal son mostrados en la Tabla 6. El mayor incremento de la osmolalidad fué observado con el tratamiento 1 después del primer desafío de glucosa. Aunque esta respuesta no fué constante después del segundo desafío. Valores bajos de osmolalidad fueron detectados con el tratamiento 4 ($P < .10$) durante el día del segundo desafío. Así mismo, un incremento en los valores de osmolalidad fué observado después de la alimentación y/o después de la administración de glucosa en todos los tratamientos. Esta condición se mantuvo alta durante el mayor tiempo del período de muestreo, excepto a las 8 h después del segundo desafío. No fueron observadas diferencias ($P > .10$) entre tratmientos después de las 8 h del segundo desafío. Una elevación en los valores de osmolalidad después de la alimentación ha sido reportada por otros autores (Garza et al., 1989). Los elevados valores de osmolalidad observados en este estudio pueden ser debidos a altos niveles de glucosa en el liquido ruminal, o a un incremento en el consumo de sal y/o producción de saliva. Kapoor y Puri, (1994) reportaron que los niveles de osmolalidad incrementaron cuando incrementó el nivel de AGVT en rumen. El motivo por el cual no se observó una relación significativa entre osmolalidad y AGVT no es clara. Aunque Telle y Preston (1971) indicaron que un incremento en los niveles de lactato ruminal afecta a la presión osmótica, nosotros no observamos una relación fuerte ($R^2 = .20$) entre ambas variables. Los síntomas tipicos de la presencia de acidosis láctica en rumen, reportados por Kezar y Church, (1979), dentro de los cuales se contemplan un contenido ruminal hipertónico (el contenido se torna de color amarillo-verdozo, además de sumamente fluido), se presentaron solo de una manera muy tenue debido mas que nada a que el pH ruminal se mantuvo por arriba de 5.0 (Tabla 4).

Los efectos de los tratamientos sobre protozoarios ruminales totales son mostrados en la tabla 7. Durante la mayoría del período de muestreo no se observaron efectos ($P > .10$) de los tratamientos sobre la cuenta total de protozoarios. Los leves efectos registrados durante los días

7 y 13 del período de muestreo pudieron haberse debido a variaciones que de manera normal son observados en los animales, aún en aquellos que se encuentran consumiendo la misma dieta (Allison, 1976). Después del primer desafío de glucosa, la cuenta total de protozoarios disminuyó 107 y 68% con los tratamientos 1 y 2, respectivamente, observándose incrementos del 33 y 52% con los tratamientos 3 y 4. De cualquier manera, después del segundo desafío de glucosa, la población ruminal de protozoarios fué incapáz de recuperarse totalmente, independiente del tratamiento recibido. Estos datos claramente demuestran que la población ruminal de protozoarios es capáz de recuperarse a una primera variación en la cantidad de energía consumida en la dieta, siendo a la vez incapáz de tolerar variaciones continuas. Acorde con información reportada anteriormente por otros autores (Dehority y Males, 1974; Allison, 1976), la cuenta máxima de protozoarios ocurrió justo antes de la alimentación de los novillos, disminuyendo posteriormente de una manera rápida, para mantenerse baja durante loas siguientes horas. Tal y como fué reportado por Nikolov (1966), la cuenta total de protozoarios fué relacionada positivamente ($R^2 = .55$) con el pH ruminal. Aunque Slyter et al. (1970) reportaron que la cuenta total de protozoarios es prácticamente eliminada debido a la presencia de acidosis láctica, nuestra información sobre la permanencia de los protozoarios en rumen bajo condiciones de acides concuerda con lo reportado en otros trabajos (Slyter, 1976; Gabel, 1990; Suda et al., 1994). La sub-especie dominante de protozoario observada fué Entodinium, lo cual es un acontecimiento normal en animales alimentados con dietas altas en granos. (Slyter, 1976). La alta cantidad de protozoarios observada a los 6 y/o 8 días después del segundo desafío de glucosa, sugiere la presencia de un posible proceso de adaptación al consumo de dietas altas en energía (Counnote et al., 1983). La cuenta total de los protozoarios no fué directamente asociada ($P > .10$) con la presión osmótica del contenido ruminal, tal y como ha sido reportado por Dehority y Males (1974).

IMPLICACIONES

Las alteraciones en la fisiología ruminal fueron mayores a medida en que el tiempo entre los desafíos de glucosa disminuyeron. Así mismo, el incremento de los niveles de ácido láctico-L, el pH ruminal, y el gradual incremento de la cuenta total de protozoarios en rumen, indican que en promedio se requiere de un período de 7 días para que las condiciones ruminales regresen a un estadio normal, después de un primer desnivel en el consumo de energía. Siendo a la vez capaz de soportar un segundo desnivel en el consumo de energía.

REFERENCIAS

- Allison, M. J. 1976. Population control in the rumen and microbial adaptation to dietary change in *Buffers Ruminant Physiology and Metabolism*, p 10-18. Church & Dwight Company, Inc. New York, New York.
- Beth, H., J. P. Peters, S. Theodore, J. A. Robinson, S. F. Kotarsk, W. J. Croom Jr., and W. M. Hagler Jr. 1995. The effect of slaframine on salivary output and subacute and acute acidosis in growing beef steers. *J. Anim. Sci.* 73:516-525.
- Bond, J., L. L. Slyter and T. S. Rumsey. 1975. Fasting and refeeding of forage and concentrate diets to cattle. *J. Anim. Sci.* 41:392. (Abstr.)
- Britton, R. A., and R. A. Stock. 1987. Acidosis, rate of starch digestion and intake. In: F. N. Owens (Ed.) *Symposium Proceedings: Feed Intake by Feedlot Cattle*, Oklahoma Agric. Exp. Sta. MP-121:125.
- Counotte, G. H. M., A. Lankhorst and R. A. Prins. 1983. Role of DL-lactic acid as an intermediate in rumen metabolism of dairy cows. *J. Anim. Sci.* 56:1222-1235.
- Dehority, B. A. and J. R. Males. 1974. Rumen fluid osmolality: Evaluation of its influence upon the occurrence and numbers of holotrich protozoa in sheep. *J. Anim. Sci.* 38:865-870.
- Fulton, W. R., T. J. Klopfenstein, and R. A. Britton. 1976. Adaptation to high concentrate diets by beef cattle. 1 Adaptation to corn and wheat diets. *J. Anim. Sci.* 79:775-784.
- Gaebel, G., M. Suendermann, and H. Martens. 1987. The influence of osmotic pressure, lactic acid and pH on ion fluid absorption from the washed and temporary isolated reticulo-rumen of sheep. *J. of Vet. Med.* 34:220-226.
- Gabel, G. 1990. Rumen acidosis: interactions between changes in the lumen and the rumen wall. *Ubersichten-zur-Tierernahrung.* 18:11-38.
- Galyean, M. L., K. J. Malcolm-Callis, D. R. Gracia, and G. D. Pulsipher. 1992. Effect of varying the pattern of feed consumption on performance by programmed-fed beef steers. *Clayton Livestock Res. Center . Prog. Rep.* 75:1.
- Garza, J. D., F. N. Owens, and J. E. Breazile. 1989. Effects of diet on ruminal liquid and on blood serum osmolality and hematocrit in feedlot heifers. *Ani. Sci. Res. Rep. Oklahoma State*

- univ. MP-127, 68-76.
- Ghedalia, B. D., and R. Salomon. 1987. The effect of dietary barley on carbohydrate digestibility of sulphur dioxide-treated wheat straw by sheep. *Anim. Feed Sci. And Technology*. 18:55-66.
- Ghedalia, B. D., E. Yosef, J. Miron and Y. Est. 1989. The effects of starch -and pectin- rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. *Anim. Feed Sci. And Technology*. 24:289-298.
- Hart, S. P. 1985. Associative effects on sorghum silage and sorghum grain. *J. Anim. Sci.* 61:Suppl. 1, 343-344.
- Hicks, C. R. 1973. *Fundamental concepts in the design of experiments*. Holt, Rinegart and Winston, Ney york.
- Huntington, G. B. and R. A. Britton. 1979. Effect of dietary lactic acid on rumen lactate metabolism and blood acid-base status of lambs switched from low to high concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 49:1569-1576.
- Irwin, L. N., G. E. Mitchell, Jr., R. E. Tucker and G. T. Schelling. 1979. Histamine, tyramine, tryptamine and electrolytes during glucose induced lactic acidosis. *J. Anim. Sci.* 48:367-374.
- Kapoor, P. D., and J. P. Puri. 1994. Rumen fluid osmolality with different feeding regimes in buffalo. *Livestock-Adviser. India*. 19:30-33.
- Kezar, W.W., and D. C. Church, 1979. Effect of thiopeptin and sodium bicarbonate on the prevention of lactic acidosis induced in sheep. *J. Anim. Sci.* 49:1396-1402.
- Lopez, S., F. D. Hovell, and N. A. MacLeod. 1994. Osmotic pressure, water kinetics and volatile fatty acid absorption in the rumen of sheep sustained by intra gastric infusions. *British J. of Nutr.* 71:153-168.
- Mackie, R. I., and F. M. C. Gilchrist. 1981. Stepwise adaptation of sheep fed ad libitum a high concentrate and its effect on ruminal pH and lactic acid concentration. *South Afric. J. Anim. Sci.* 11:229-236.
- Malestein, A., A. T van. klosster, R. A. Prins, and G. H. M. Connote. 1984. Concentrate feeding and ruminal fermentation. 3. Influence of concentrate on pH, on DL-lactic acid

- concentration in rumen fluid of dairy cows and on dry matter intake. *Netherlands J. of Agric. Sci.* 32:9-21.
- Mirgani, T., and S. M. A. Bakhit. 1990. Effect of intraruminal administration of molasses on blood glucose concentration and rumen VFA concentrations in camels, sheep and goats. *World Rev. of Anim. Prod.* 25:81-84.
- Muir, L. A., E. L. Rickes, P. F. Duquette and G. E. Smith. 1980a. Control of wheat-induced lactic acidosis in sheep by thiopeptin and related antibiotics. *J. Anim. Sci.* 50:547-553.
- Muir, L. A. P. F. Duquette, E. L. Rickes and G. E. Smith. 1980b. Thiopeptin for the prevention of ovine lactic acidosis induced by diet change. *J. Anim. Sci.* 51:1182-1188.
- Muir, L. A., E. L. Rickes, P. F. Duquette and G. E. Smith. 1981. Prevention of induced lactic acidosis in cattle by thiopeptin. *J. Anim. Sci.* 52:635-643.
- Nagaraja, T. G., Avery, E. E. Bartley, S. J. Galitzer and A. D. Dayton. 1981. Prevention of lactic acidosis in cattle by lasalocid or monensin. *J. Anim. Sci.* 53:206-216.
- Nagaraja , T. G., T. B. Avery, E. E. Bartley, S. K. Roof and A. D. Dayton. 1982. Effect of lasalocid, monensin or thiopeptin on lactic acidosis in cattle. *J. Anim. Sci.* 54:649-658.
- Nikolov, Y. 1966. Clinical experimental studies on acute rumen acidosis in buffaloes (*Bubalus bubalis* L.) 1. Influence of acute rumen acidosis on ruminal function. Trachia University, Stara Zagora, Bulgaria. *Veterinarski-Archiv.* 66:147-154.
- Sigma Diagnostics. Procedure No. 826-UV. Previous Revision: Mar. 1989; Revised: Oct. 1990.
- Slyter, L. L., R. R. Oltjen, D. L. Kern, and F. C. Blank. 1970. Influence of type and level of grain and diethylstilbestrol on the rumen microbial populations of steers fed all-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 31:996-1002.
- Slyter, L. L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. *J. Anim. Sci.* 43:910-929.
- Suda, K., M. Hiramatsu, and Y. Motoi. 1994. Changes on ruminal flora and endotoxin concentration in acidosis steers induced by sucrose injection. *Ani. Sci. and Technology.* 65:1143-1149.
- Suda, K., H. Hiramatsu, Y. Kobayashi, Y. Motoi, M. Wakita, and S. Hoshino. 1995. Effects of ionophores on lactate and endotoxin production in the in vitro incubation of ruminal fluid. *Ani. Sci. and Technology.* 66:869-874.

- Telle, P. P. and R. L. Preston. 1971. Ovine lactic acidosis: intraruminal and systemic. *J. Anim. Sci.* 33:698-705.
- Tremere, A. W., W. G. Merrill, and J. K. Loosli. 1968. Adaptation to high concentrate feeding as related to acidosis and digestive disturbances in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 51:1065-1072.
- Uhart, B. A. and F. D. Carroll. 1967. Acidosis in beef steers. *J. Anim. Sci.* 26:1195-1198.
- Wilson, J. R., E. E. Bartley, H. D. Anthony, B. E. Brent, D. A. Sapienza, T. E. Chapman, A. D. Dayton, R. J. Milleret, R. A. Frey and R. M. Meyer. 1975. Analysis of rumen fluid from "suddendead", lactic acidotic and healthy cattle fed high concentrate ration. *J. Anim. Sci.* 41:1249-1255.
- Zhao, G. Y., M. Duric, N. A. Macleod, E. R. Orskov, F. D. Hovell, and Y. L. Feng. 1995. The use of intra gastric nutrition to study saliva secretion and the relationship between osmotic pressure and water transport. *J. of British Nutr.* 73:155-161.
- Zinn, R. A. 1990. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68:767-775.
- Zinn, R. A. 1991. Comparative feeding value of steam-flaked corn and sorghum in finishing diets supplemented with or without sodium bicarbonate. *J. Anim. Sci.* 69:905-916.
- Zinn, R. A. 1994. Influence of fluctuating feed intake on feedlot cattle growth-performance and digestive function. In: *Proc. Southwest Nutrition and Management Conference, University of Arizona, Tucson.* pp. 77-83.

Tabla 1. Composición de la dieta experimental.

Ingredientes, % (base MS)	
Alfalfa heno	4.00
Sudan heno	4.15
Trigo rolado a vapor	72.50
Grasa amarilla	3.00
Melaza de caña	8.95
Harinolina de algodón	5.05
Urea	0.50
Piedra caliza	1.40
Minerales traza ^a	0.45
Composición nutricional (base MS)	
EN, Mcal/kg	
Mantenimiento	2.24
Ganancia	1.56
Proteína cruda, %	12.50
Lípidos, %	6.40
Calcio, %	0.68
Fósforo, %	0.34

^a Los minerales traza contienen: CoSO₄, .068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, .052%; y NaCl, 92.96%.

Tabla 2. Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre la glucosa del fluido ruminal.

	Días entre desafíos de glucosa				CME
	2	4	6	8	
Glucosa (mg/dL) 1h antes del 1 ^{er} desafío ^a	4.23	3.70	7.81	3.96	1.10
1h antes del 2 ^{do} desafío	5.78	7.91	5.26	7.26	2.39
Después del 2 ^{do} desafío					
2 h	47.95	36.69	35.65	27.16	9.92
4 h ^a	5.93	1.84	6.58	5.32	.93
6 h ^b	5.12	1.92	5.09	3.22	1.3
8 h ^a	6.24	1.83	6.50	4.87	.90
28 h	6.77	6.64	9.79	6.05	1.95
52 h ^{ac}	3.34	12.59	6.02	10.00	1.62
124 h	4.83	7.81	6.09	6.59	1.41
196 h	8.12	6.21	8.65	7.11	2.71
268 h ^d	4.04	6.85	7.39	9.59	1.01

^a Efecto cúbico, (P <.05).

^b Efecto cúbico(P <.10).

^c Efecto lineal, (P <.10).

^d Efecto lineal, (P <.05).

Tabla 3. Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre el ácido láctico-L del fluido ruminal.

	Días entre desafíos de glucosa				CME
	2	4	6	8	
Acido láctico (mg/dL)1h antes del 1 ^{er} desafío ^a	9.38	10.64	15.13	16.56	4.95
1h antes del 2 ^{do} desafío	14.15	13.75	15.99	19.13	1.91
Después del 2 ^{do} desafío					
2 h	81.20	88.13	65.66	71.76	8.72
4 h	47.76	15.42	25.57	21.50	12.1
6 h ^a	13.49	13.38	15.58	20.80	2.48
8 h ^a	12.68	14.07	14.88	18.60	2.10
38 h	15.09	13.91	16.76	19.25	1.92
52 h	17.04	18.67	16.06	23.81	3.55
124 h	17.41	18.14	16.96	19.86	2.64
196 h	16.10	20.63	16.68	20.39	2.71
268 h	14.68	16.17	16.15	19.39	2.11

^a Efecto Lineal, (P <.10).

Tabla 4. Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre el pH del fluido ruminal.

	Dias entre desafíos de glucosa				CME
	2	4	6	8	
pH ruminal 1h antes del 1 ^{er} desafío	6.53	6.46	6.52	6.54	0.07
1h antes del 2 ^{do} desafío ^a	5.76	6.12	6.06	6.26	0.11
Después del 2 ^{do} desafío					
2 h	5.33	5.44	5.38	5.21	0.10
4 h	5.45	5.36	5.58	5.57	0.15
6 h	5.39	5.55	5.68	5.86	0.16
8 h ^a	5.64	5.59	5.85	6.05	0.14
28 h ^b	5.56	5.81	5.46	5.71	0.09
52 h	5.66	5.53	5.60	5.49	0.06
124 h	5.49	5.28	5.55	5.63	0.15
196 h	5.57	5.47	5.61	5.63	0.13
268 h	5.63	5.52	5.50	5.84	0.10

^a Efecto Lineal, ($P < .05$).

^b Efecto cúbico, ($P < .10$).

Tabla 5. Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre ácidos grasos volátiles totales en rumen.

	Días entre desafíos de glucosa				CME
	2	4	6	8	
AGVT (mmol/mol) 1h					
antes del 1 ^{er} desafío	76.39	81.84	81.14	82.12	4.2
1h antes del 2 ^{do} desafío ^a	109.06	99.40	102.93	90.59	4.8
Después del 2 ^{do} desafío					
2 h	107.69	123.49	122.71	113.74	1.1
4 h	110.74	116.80	125.16	116.55	.01
6 h	110.18	107.32	121.21	105.73	1.2
8 h	114.31	110.79	108.39	95.08	.08
28 h	113.65	125.59	124.36	116.83	1.4
52 h	116.63	134.90	119.52	123.59	.08
124 h	114.63	135.05	100.70	117.84	1.6
196 h	120.90	130.57	114.31	130.12	1.2
268 h	113.97	112.46	129.79	117.92	1.3

^a Efecto lineal, (P <.10).

Tabla 6. Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre la osmolalidad del fluido ruminal.

	Días entre desafíos de glucosa				CME
	2	4	6	8	
Osmolalidad ruminal (mOsmol/kg) 1h antes del 1 ^{er} desafío	351	349	358	340	26.35
1h antes del 2 ^{do} desafío	403	378	371	373	14.62
Después del 2 ^{do} desafío					
2 h ^a	412	458	411	380	19.54
4 h	390	418	374	394	30.85
6 h	380	373	391	343	31.41
8 h ^{ab}	372	393	372	332	13.13
38 h	382	385	435	387	13.69
52 h	381	424	377	398	39.12
124 h	412	394	340	398	43.63
196 h	386	409	385	442	25.13
268 h	415	362	420	416	19.09

^a Efecto cuadrático, ($P < .10$).

^b Efecto lineal, ($P < .10$).

Tabla 7. Influencia de fluctuación en el consumo de energía sobre protozoarios totales en rumen.

	Dias entre desafíos de glucosa				CME
	2	4	6	8	
Protozoarios totales (nX10 ⁵) 1h antes del 1 ^{er} desafío	16.81	9.56	12.00	8.37	3.08
1h antes del 2 ^{do} desafío	8.12	5.68	16.00	12.75	4.86
Después del 2 ^{do} desafío					
2 h	4.68	2.62	8.31	9.37	2.83
4 h	3.56	1.75	7.62	9.18	2.66
6 h	2.87	1.94	7.63	6.25	2.08
8 h	4.31	2.00	8.06	6.00	2.01
28 h	6.43	2.25	6.18	8.75	1.97
52 h	6.50	3.13	7.44	5.25	2.28
124 h ^a	5.81	1.63	6.94	2.31	1.93
196 h	7.56	4.19	5.56	8.69	2.02
268 h ^b	5.25	1.75	1.68	11.31	2.64

^a Efecto cúbico, (P <.10).

^b Efecto cuadrático, (P <.05).