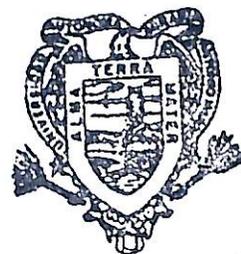


COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y
REPRODUCTIVO DE TORETES BEEF MASTER
SUPLEMENTADOS CON VITAMINAS DEL
COMPLEJO B O MONENSINA SODICA

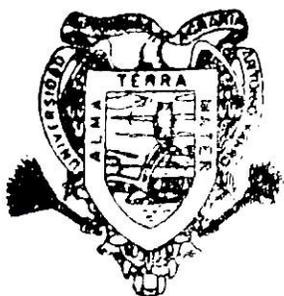
MARTHA G. MARTINEZ REYNA

T E S I S

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
EN NUTRICION ANIMAL



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.



Universidad Autónoma Agraria

"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

SEPTIEMBRE DEL 2001

12959

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO DE TORETES
BEEFMASTER SUPLEMENTADOS CON VITAMINAS B O MONENSINA
SÓDICA**

TESIS

POR

MARTHA GUADALUPE MARTINEZ REYNA

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN NUTRICIÓN ANIMAL

COMITÉ PARTICULAR

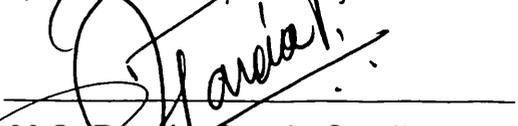
ASESOR PRINCIPAL

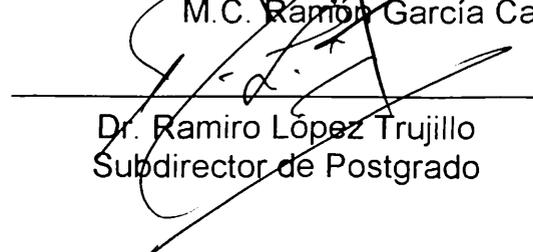

M.C. J. Eduardo Gracia Martínez

ASESOR


Dr. Ramiro López Trujillo

ASESOR


M.C. Ramón García Castillo


Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Septiembre de 2001

12-69

COMPENDIO

Comportamiento Productivo y Reproductivo de Toretos Beefmaster suplementados con vitaminas del complejo B o monensina Sódica.

POR

MARTHA GUADALUPE MARTÍNEZ REYNA

MAESTRIA

NUTRICIÓN ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, Septiembre 2001

MC. José Eduardo García Martínez –Asesor--

Palabras clave: Vitaminas del Complejo B, Monensina sódica, Rumiantes.

El presente estudio se realizó durante un periodo de 60 días, el cual fue dividido en dos etapas (45 y 15 días), se midió el consumo de materia seca por lote, incremento diario de peso y la conversión alimenticia, además de las características seminales y circunferencia escrotal de 30 toretes de la raza Beefmaster alimentados *ad libitum*. Con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo y reproductivo de toretes en prueba de comportamiento, al adicionar la dieta con vitaminas del complejo B o monensina sódica; y demostrar que la adición de vitaminas del complejo B en la dieta de

rumiantes es necesaria así como también determinar si es posible el sustituir estas vitaminas por monensina o la monensina por vitaminas B. El uso de vitaminas B o monensina sódica influyen sobre el consumo de alimento (diferencias numéricas), tanto para la primera etapa y segunda como para la etapa completa de alimentación. Para los incrementos de peso no se observan diferencias significativas ($P \geq .05$) para los primeros 45 días y etapa completa de alimentación, siendo mayores los de la segunda etapa ($P \leq .05$), adicionados con vitaminas B o monensina sódica. Se mejoro la conversión alimenticia en un 8.8 y 17.6 por ciento con el uso de vitaminas B y monensina sódica respectivamente. Para las características seminales y circunferencia escrotal no hay diferencia entre tratamientos ($P \geq .05$), sin embargo, al realizar el análisis de correlación se observan correlaciones positivas y negativas entre ellas, así como el efecto del peso inicial y peso final.

ABSTARC

Productive and Reproductive Performance of steers Beefmaster feed with B
vitamins or monensin

BY

MARTHA GUADALUPE MARTINEZ REYNA

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL NUTRITION

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, SEPTEMBER 2001

MC. J. Eduardo García Martínez –Advisor-

Words key: B Vitamins, Ruminant, Monensin.

The present study was carried out during a period of 60 days, which was divided in two stages (45 and 15 days), the consumption of dry matter was measured by lot, daily increment of weight and the feed efficiency, and seminal characteristics and circumference scrotal of 30 steers of the race Beefmaster fed *ad libitum*. With the objective of evaluating the productive and reproductive

performance of steers in performance test, when adding the diet with B vitamins or monensin; and to demonstrate that the addition of B vitamins in the diet of ruminant is necessary as well as to determine if it is possible substituting these vitamins for monensin or the monensin for B vitamins. The use of B vitamins or monensin influence on the food consumption (you differ numeric), as much for the first stage and second as for the complete stage of feeding. For the increments of weight significant differences are not observed ($P \geq .05$) for the first 45 days and complete stage of feeding, being bigger those of the second stage ($P \leq .05$), added with B vitamins or monensin. You improves the feed efficiency by a 8.8 and 17.6 percent with the use of B vitamins and monensin respectively. For the seminal characteristics and circumference scrotal is not difference among treatments ($P \geq .05$), however, when carrying out the correlation analysis positive and negative correlation they are observed among them, as well as the effect of the initial weight and final weight.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Vitaminas del Complejo B en la Alimentación de Rumiantes	4
Vitamina B ₁₂	6
Tiamina (B ₁)	7
Niacina	8
Efecto de la Niacina sobre la Microflora Ruminal	8
Efectos Metabólicos al Suplementar Niacina	9
Niacina en Ganado Lechero	10
Niacina en Ganado de Carne	12
Ionóforos	13
Modo de Acción de Ionóforos	13

Efecto de los Ionóforos en el Ambiente Ruminal	14
Efecto de los Ionóforos sobre los Microorganismos Ruminales	15
Efecto de los Ionóforos sobre la Metanogénesis y la Eficiencia en la Fermentación	16
Efecto de los Ionóforos en la Producción de Rumiantes	17
Monensina	18
Monensina en Ganado de Carne	20
Monensina en Ganado Lechero	22
Papel de los Nutrientes en la Reproducción	25
Carbohidratos y Lípidos	26
Proteínas	27
Vitaminas	28
Vitamina A	28
Vitamina E	29
Vitamina C	29
Vitaminas del Complejo B	30
Minerales	30
Zinc	31
Yodo	32
Manganeso	33

MATERIALES Y MÉTODOS	34
Descripción del Área de Estudio	34
Animales Utilizados	34
Alimentación	35
Variables Estudiadas	36
Análisis Estadístico	37
RESULTADOS	38
Consumo de Alimento	38
Incremento de Peso	39
Conversión Alimenticia	41
Características Seminales y Circunferencia	
Escrotal	41
DISCUSIÓN	46
CONCLUSIONES	53
RESUMEN	54
LITERATURA CITADA	56
APÉNDICE	63

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
2.1. Aditivos ionóforos empleados como moduladores de la fermentación ruminal y su sitio de acción	14
3.1. Composición de las dietas utilizadas en las dos etapas de alimentación, adicionadas con vitaminas B o monensina sódica	35
3.2. Mezcla de vitaminas utilizadas en la dieta de toretes Beefmaster a razón de 200 g por tonelada	36
4.1. Consumo diario promedio por animal, para la primera y segunda etapa y periodo completo de alimentación, de la prueba de comportamiento	38
4.2. Resultados de incremento en peso (kg), obtenidos en toretes Beefmaster suplementados con vitaminas B o monensina sódica, durante 60 días de prueba de comportamiento	39
4.3. Incremento diario de peso promedio (kg/d) para cada una de las etapas y el periodo total de alimentación registrado por toretes Beefmaster suplementados con vitaminas B o monensina sódica	40
4.4. Conversión alimenticia (kg MS/kg de peso incrementado) para cada una de las etapas y etapa completa de alimentación, de toretes Beefmaster en prueba de comportamiento suplementados con vitaminas B o monensina sódica	41

4.5.	Características seminales y circunferencia escrotal de toretes en prueba de comportamiento suplementados con vitaminas B o monensina sódica	43
4.6.	Coeficientes de correlación para las variables circunferencia escrotal y características del semen de toretes Beefmaster, al final de la prueba de comportamiento	44
4.7.	Coeficientes de correlación para las variables circunferencia escrotal y características del semen de toretes Beefmaster, incluyendo el efecto del peso inicial y peso final	45

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
4.1. Incremento diario de peso registrado por toretes Beefmaster en prueba de comportamiento durante 60 días, suplementados con vitaminas B o monensina sódica	40

INTRODUCCION

En la alimentación del ganado se han utilizado tanto granos como forrajes, que proveen de nutrientes esenciales para el mantenimiento de sus funciones, tanto productivas como reproductivas. Los granos y forrajes nos proveen de una gran cantidad de energía que aprovechan los microorganismos, fermentándolos en el rumen y así obtener como producto final ácidos grasos volátiles (AGVs), aunque también se producen cantidades excesivas de otros gases como metano y dióxido de carbono, lo que nos representa pérdida de energía (Church y Pond, 1987).

Por lo anterior se han hecho investigaciones sobre como manipular la fermentación ruminal, esto con el fin de hacer más eficiente la producción. Esta manipulación se hace directamente sobre los microorganismos ruminales, adicionando a la ración compuestos químicos llamados aditivos alimenticios.

En el caso del presente trabajo se utilizaron las vitaminas del complejo B, las cuales al ser suplementadas en la dieta promueven resultados positivos en el aumento de peso al mejorar la eficiencia de los componentes de la dieta; ya que las vitaminas tienen efecto en el metabolismo energético (interviniendo en el metabolismo del propionato, metabolismo de los glúcidos, como acarreadores de hidrógeno en reacciones de oxido reducción y metabolismo intermediario en

las reacciones de carboxilación) (Kung *et al.*, 1980) y la estimulación de los protozoarios ruminales, actuando como catalizadores metabólicos, generalmente como coenzimas (Hutjens, 1999).

Por otra parte la monensina sódica es un aditivo que actúa a nivel ruminal, modificando la fermentación microbiana de los alimentos consumidos, que da como resultado una disminución en la pérdida de energía asociada con la formación de AGVs (Bergen y Bates, 1984; Kirk *et al.*, 1983), esta, en base a su acción específica favorece la producción de ácido propionico a expensas del ácido acético y butírico. Lo que por ende ocasiona un ahorro en energía, ya que las pérdidas por la producción de gases (dióxido de carbono y metano) son menores (Hutjens, 1999).

Por lo anterior, el objetivo de presente estudio es evaluar el comportamiento productivo (consumo de alimento, incremento en peso y conversión alimenticia) y reproductivo (características seminales y circunferencia escrotal) de toretes Beefmaster al suplementar la dieta con vitaminas del complejo B o monensina sódica. Teniendo como objetivos particulares el demostrar que la adición de vitaminas del complejo B en la dieta de rumiantes es necesaria; así como también demostrar que los nutrientes de la dieta y los productos adicionados influyen en las características del semen y la circunferencia escrotal.

La hipótesis planteada para el presente estudio es la siguiente, la adición de vitaminas del complejo B como de monensina sódica intervienen en el metabolismo energético del animal, por lo que la adición a la dieta de rumiantes incrementara la eficiencia en el uso de los alimentos por el animal, mejorando

así su comportamiento productivo (incremento en peso, consumo de alimento y conversión alimenticia); una segunda hipótesis planteada es que la cantidad de nutrientes en la dieta, así como las vitaminas del complejo B y monensina sódica influyen en las características del semen y la circunferencia escrotal.

REVISION DE LITERATURA

Vitaminas del Complejo B en la Alimentación de Rumiantes

El organismo animal requiere para su funcionamiento normal, consumir en la dieta más de cuarenta diferentes componentes. Si uno de éstos componentes falta o se encuentra en la dieta en cantidades menores a las requeridas por el organismo, se presentan síntomas de deficiencia que en periodos prolongados pueden llegar a ser fatales. Por lo tanto, todos estos componentes son indispensables para la vida y dentro de estos se encuentran los macronutrientes (proteínas, grasa, glúcidos, aminoácidos, macrominerales) y los micronutrientes (vitaminas y minerales traza).

Ya que debido a la tendencia de intensificar la producción y simplificar la dieta, las vitaminas han cobrado más importancia, ya que juegan un papel importante en el mantenimiento de la salud del animal, así como para lograr un buen nivel en la producción animal.

Walker y Elliot (1972) y Kung *et al.*, (1980), mencionan que en rumiantes, la gran población de bacterias y protozoarios que se encuentran en el rumen, asegura la síntesis de las vitaminas del complejo B; a partir de los componentes normales de la dieta, en animales con funciones digestivas normales y una

dieta bien balanceada. La síntesis regular de estas vitaminas se cree que llena el requerimiento del organismo.

Por lo dicho anteriormente, se han hecho investigaciones en los últimos años para ver si las cantidades sintetizadas de vitaminas del complejo por los microorganismos son suficientes para cubrir sus necesidades metabólicas, sobre todo en animales de alta producción. Estas investigaciones se han dirigido a suplementar vitaminas del complejo B tanto en forma individual como en mezcla, observándose diferentes resultados. En forma individual la vitamina que más se ha estudiado es la Niacina, aunque también otras vitaminas han sido estudiadas en forma individual como lo es la vitamina B₁₂ y la Tiamina.

Al utilizar las vitaminas en mezcla se han obtenido buenos resultados, como los trabajos que realizaron (Cole *et al.*, 1979), con 275 novillos, predestetados. A los cuales se les suplementó la dieta con una mezcla de vitaminas del complejo B y los novillos suplementados tuvieron un mejor consumo de materia seca y ganancia de peso que los del grupo testigo, y se redujo la morbilidad en ambos grupos. Otro estudio realizado por estos mismos investigadores en el año 1982, muestra las mismas tendencias al utilizar una mezcla de vitaminas del complejo B.

Zinn *et al.*, (1987), utilizaron una mezcla de vitaminas del complejo B recomendada para cerdos en crecimiento y adecuada para becerros. En los primeros 28 días de la prueba, se observó que tienden a bajar el consumo de alimento, y una disminución en la ganancia de peso y al final del periodo experimental de 56 días se observó una diferencia pequeña entre tratamientos para la ganancia de peso, consumo y eficiencia alimenticia. Sin embargo, la

adición de la vitamina B tiende a reducir la morbilidad en los animales suplementados.

Vitamina B₁₂

La vitamina B₁₂ es producida por síntesis bacteriana e interviene en el metabolismo de propionato. La enzima metilmalonil-CoA requiere vitamina B₁₂ para catalizar la conversión de metilmalonil-CoA hasta succinil-CoA. Cuando existe deficiencia de vitamina B₁₂, la tasa de producción de propionato no se afecta, pero disminuye la tasa de desaparición de propionato en la sangre, acumulándose el metilmalonil-CoA, esto ocasiona un incremento en la excreción urinaria de ácido metilmalónico y una disminución en el consumo voluntario, debido a la acumulación de propionato a nivel sanguíneo. La pérdida de peso en los rumiantes es uno de los síntomas de deficiencia de vitamina B₁₂, en un trabajo por Hoekstra *et al.*, (1952) reporta una deficiencia de 100 kg. de peso vivo a favor de novillos tratados con vitamina B₁₂, en 25 semanas de prueba. Por otro lado Walker y Elliot (1972), encontraron un beneficio al combinar cobre y vitamina B₁₂ en becerras en crecimiento.

La vitamina B₁₂ ha sido utilizada en ganado lechero con buenos resultados, Elliot *et al.*, 1979, mencionan que al suplementar la dieta de vacas en primera lactación con vitamina B₁₂ tiende a aumentar la producción de leche. De igual manera en, <http://bull.afns.ualberta.ca/wcds/wcd97/ch08-97.htm>, se menciona que inyecciones intramusculares de B₁₂ incrementaban significativamente la producción de leche en vacas de primera lactación alimentadas con una dieta balanceada en lisina y metionina y suplementadas

con ácido fólico. Por otro lado, las vacas suplementadas con vitamina B₁₂ en el día 25 y 125 de la lactación, produjeron más leche (28.4 vs 30.9 kg/d). Además, al mismo tiempo las inyecciones de vitaminas B₁₂ incrementan la producción de sólidos en la leche en un 12 por ciento (3.4 vs 3.8 kg/d), la grasa en leche aumenta un 16 por ciento (847 vs 983 g/d).

Sin embargo, son necesarias más investigaciones para determinar el nivel óptimo de vitamina B₁₂ para suplir a vacas lecheras, especialmente cuando estas son alimentadas con dietas altas en concentrados.

Tiamina (B₁)

La tiamina participa en el proceso normal del metabolismo de glúcidos, en su forma éster-profosfato (carboxilasa). Forma parte de las enzimas piruvato deshidrogenasa y alfa-cetoglutarato deshidrogenasa, actuando en la descarboxilación oxidativa de estos ácidos carboxílicos. La vitamina B₁ es importante para la degradación completa de los glúcidos, esto quiere decir que es indispensable para la transformación de glúcidos a lípidos.

La vitamina B₁ cataliza la descarboxilación oxidativa del alfacetoglutarato hasta succinil-CoA, esta es una reacción esencial en el ciclo del ácido tricarbóxico, sin el cual no sería posible una óptima utilización de la energía liberada en la oxidación del acetato. Sin embargo, de esta vitamina no hay muchos estudios. Se ha visto a animales con deficiencia de esta vitamina que tienen problemas a nivel de sistema nervioso periférico y al suplementar la dieta de animales con problemas de poliencefalomalacia, este problema ha disminuido (Brent y Bartley, 1984).

Niacina

La niacina tiene dos formas bioquímicas como lo son el ácido nicotínico y la nicotinamida. Las cuales funcionan como coenzimas acarreadoras de hidrógeno, en un gran número de reacciones de oxido-reducción, catalizadas por deshidrogenasas; la mayoría de estas reacciones son pasos fundamentales en el metabolismo de glúcidos, proteínas y lípidos (Hutjens, 1999).

En animales norumiantes se tiene bien demostrados los requerimientos de estas vitaminas, sin embargo, en los rumiantes se ha aceptado como normal que la niacina no requiere agregarse en la dieta.

Los cuadros de requerimientos ARC 1980, establecen que en los animales pre-rumiantes se requiere adicionar vitaminas del complejo B en la dieta. Pero no en los rumiantes adultos, con el rumen funcionando normalmente, porque los microorganismos del rumen las sintetizan. Sin embargo, estudios recientes demuestran que las cantidades sintetizadas en el rumen no son suficientes para llevar a cabo sus funciones metabólicas en animales altos productores.

Efectos de la Niacina sobre la Microflora Ruminal

En numerosos estudios *in vitro* e *in vivo*, la niacina incrementa la producción de proteína Ruminal y de ácido propionico (Horner *et al.*, 1988, Riddell *et al.*, 1980). En otro estudio se observó que el suplementar niacina incrementa la producción total e individual de ácidos grasos volátiles, esto en experimentos *in vitro*, mientras que *in vivo* suplementar niacina incrementa la

concentración ruminal de ácido butírico, pero no cambia las concentraciones totales de ácidos grasos volátiles (Doreau y Ottou, 1996).

Los efectos de la Niacina en la fermentación ruminal es frecuentemente atribuido al número de protozoarios ruminales, ya que éstos necesitan una fuente exógena de Niacina (Dennis *et al.*, 1982).

Sin embargo, otros estudios reportan que la suplementación de niacina no tiene efecto en la microflora y fermentación ruminal.

Efectos Metabólicos al Suplementar Niacina

Dosis altas de niacina disminuyen las concentraciones de ácidos grasos no estratificados (NEFA) y cuerpos cetónicos en plasma, en vacas de primera lactación, así como vacas con cetosis clínica y subclínica. De cualquier modo esta disminución es seguida por un dramático incremento en la concentración de estos metabolitos, 24 horas después de cesar la suplementación de niacina (Waterman y Schultz, 1972). Un efecto similar en el patrón de la concentración de NEFA y cuerpos cetónicos, es observado después de la ingestión de una dosis grande de niacina (120 mg), esto en vacas no cetónicas (Jaster *et al.*, 1983).

Fronk y Schultz (1979), suplieron con 12 g de niacina a vacas con cetosis clínica y subclínica, durante 7 días y observaron que disminuyen rápidamente las concentraciones de NEFA y cuerpos cetónicos, <http://bull.afns.ualberta.ca/wcds/wcd97/ch08-97htm>, lo reporta en vacas secas y al inicio de la lactación; al mismo tiempo que incrementa la concentración plasmática de glucosa y mantiene las concentraciones de estos metabolitos en

rango normal. Esto debido al efecto anticetónico y antilipolítico de la niacina, esta vitamina disminuye la lipólisis en el hígado y reduce la movilización de grasa.

Sin embargo, en otros estudios realizados (<http://bull.afns.ualberta.ca/wcds/wcd97/ch08-97.htm>), no se observan efectos sobre estos metabolitos. Se ha observado que la respuesta metabólica y productiva a la suplementación de niacina cambia entre estudios, dependiendo de la etapa de lactación y estado metabólico de la vaca. El suplementar niacina modifica la respuesta metabólica y productiva, dado que la vaca moviliza sus reservas corporales durante el parto y al inicio de la lactación, y los efectos benéficos de la niacina son observados en vacas altas productoras y vaquillas, así como cuando el consumo de alimento es insuficiente para cubrir sus requerimientos para la producción y cuando no existen suficientes reservas corporales.

Niacina en Ganado Lechero

En los últimos años se han publicado resultados positivos a la suplementación de niacina en vacas productoras de leche, 3 g niacina/vaca durante 15 días después del parto aumenta la producción de proteína y grasa en la leche y en vaquillas aumento la producción de leche, así como la grasa y proteína, esto ocurre principalmente en el primer tercio de la lactación (Kung, 1980).

Por otro lado (Dufva *et al.*, 1983) reportan resultados similares al incluir 6 mg de estas vitaminas por día durante el periodo seco y en la primera lactancia,

lo cual más tarde (Horner *et al.*, 1988) reportan como una mejora en la producción de leche cuando las vacas se suplementaron con niacina en la lactación anterior.

Otra prueba realizada por Campbell *et al.*, (1994), encontraron que al suplementar niacina (12 g/d) a la ración de vacas en producción, esta no afecta la calidad de la leche, sin embargo si se observó un incremento en la producción de leche, esto en vacas de primera lactación.

Los mecanismos exactos de cómo la suplementación de niacina incrementa la producción de leche no están claros, pero se han hecho dos sugerencias: 1) en estudios *in vitro* e *in vivo* se ha demostrado que la niacina incrementa la síntesis de proteína microbiana y la concentración de proteína en el rumen; 2) la niacina ayuda en la cetosis subclínica de vacas lecheras en la primera etapa de la lactancia (Hutjens, 1999).

Durante la cetosis se producen niveles bajos de NAD en la glándula mamaria y la relación NAD/NADH+H no cambia, y si hay deficiencia de NAD hay problemas en la síntesis de grasa y oxidación de la glucosa y por lo tanto se afecta la producción de leche (Riddell *et al.*, 1980).

Por esto la niacina ayuda a la prevención de cetosis ya que actúa como coenzima que influye tanto en la síntesis de proteína bacteriana como en el metabolismo de los carbohidratos y grasas de los microorganismos y del animal (Avila, 1990).

Fronk y Schultz, 1979, realizaron un estudio con vacas lecheras con cetosis clínica y subclínica a las cuales suplementaron 12 g/d de ácido nicotínico y como resultado observaron que las vacas con 3 días de tratamiento

aumentaron su producción de leche al mismo tiempo que se incremento la glucosa en sangre y disminuyeron los ácidos grasos libres y β -hidroxibutirato en plasma. En este mismo estudio, pero a 7 días de prueba con ácido nicotínico se observó que la producción de leche aumenta significativamente al igual que la glucosa en sangre, al mismo tiempo que se redujo significativamente el β -hidroxibutirato.

Niacina en Ganado de Carne

Byers (1981), al hacer 14 estudios en ganado de carne señala que la suplementación de niacina ayudo a este ganado a adaptarse a las dietas de engorda (los primeros 21 a 38 días); se mejoró la ganancia de peso y eficiencia alimenticia en un promedio de 9.7 y 10.9 porciento, respectivamente, en todas las pruebas, adicionando la niacina a la dieta a niveles desde 50 hasta 250 ppm. Produciendo efectos negativos cuando se adiciono a niveles de 500 ppm.

Overfield y Hatfield (1976) encontraron que la inclusión de 50, 250 y 500 ppm de ácido nicotínico en una dieta alta en grano para novillos, incrementó la ganancia diaria de peso promedio y la eficiencia alimenticia. Por esto se puede decir que la adición de ácido nicotínico, arriba de los requerimientos nutricionales usuales, puede influir en los microorganismos del rumen, en el animal o en ambos (Shaetzel y Jhonson, 1981).

Chang *et al.*, (1995), encontraron que al suplementar, novillos con 100 mg kg⁻¹ de niacina y 0.75 mg kg⁻¹ de cromo inorgánico, estos aumentaron su

consumo de materia seca durante el periodo experimental (1.5 a 2.0 de su peso corporal), e incrementaron su ganancia de peso y eficiencia alimenticia.

Ionóforos

Son considerados aditivos alimenticios y agentes coccidiostáticos en la alimentación del ganado y otras especies animales (Bartley *et al.*, 1979).

Se definen como sustancias antibacteriales y compuestos polieter carboxílicos producidos por bacterias del género *Streptomyces*. Tienen la propiedad de unirse a metales catiónicos como son el K, Na, Ca y Ba; y en esta forma solubilizan en medios lípidos, permitiendo así el transporte a través de las membranas celulares. Cuando son administrados oralmente al ganado, modifican el proceso de fermentación microbiana que tiene lugar en el rumen, de tal forma que se incrementa la eficiencia con que los alimentos son utilizados por los rumiantes (Bergen y Bates, 1984).

En el Cuadro 2.1 se muestran los ionoforos más empleados en la alimentación del ganado y su sitio de acción como moduladores de la fermentación ruminal.

Modo de Acción de los Ionóforos

Los mecanismos de acción de los ionóforos son diversos pero indirectos, ya que modifican las condiciones y ambiente ruminal, principalmente por cambios en las poblaciones microbianas. Su principal forma de actuar es la de

transportar cationes o iones hacia el interior de la membrana celular, por medio de mecanismos de aceptación, transportación y liberación, esto por la relación que existe entre el ionóforo y los nutrientes (Bergen y Bates, 1984; Schelling, 1984).

Cuadro 2.1. Aditivos ionóforos empleados como moduladores de la fermentación ruminal y su sitio de acción.

Aditivo	Bacteria productora (Género <i>Streptomyces</i>)	Sitio de Acción*										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Monensina	<i>S. cinnamomensis</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lasalocida	<i>S. lasaliensis</i>	1	2	3	4	5	6	7	9			11
Salynomycin	<i>S. albus</i>				4	5		7	9			11
Tetronacina	<i>S. logisporo-flavus</i>		2		4							
Laidlomycin					4		6					
Narasina												11
Polieter A	<i>S. antibioticus</i>								8			
Abierixina			2						8			
Lysocelina												11
Nigercina												11
Lenoremicina												11
X-206												11
Gramicidina							5					

* (1) Degradación de fibra cruda, (2) Proteolisis, (3) Deaminasa, (4) Producción y proporción de ácidos grasos volátiles, (5) Producción de metano, (6) Producción de lactato, (7) Número protozoal, (8) Crecimiento y eficiencia microbiana, (9) Cinética de la digestión, (10) Nivel de NH₃, (11) Conversión de L-triptófano a 3-metilindol. Fuente: Van Nevel y Demeyer (1988).

Efecto de los Ionóforos en el Ambiente Ruminal

Bergen y Bates (1984), propusieron que los ionóforos causan los siguientes efectos en el medio ambiente ruminal: 1) mejoran la proporción acetato-propionato; 2) incrementan la concentración de lactato usado para propionato vía acrilato; 3) disminuyen la degradación y desaminación de proteína en el rumen, produciéndose menos amonio; 4) inhiben la producción

de fumarato por bacterias Gram positivas; 5) reducen el metano, debido a la baja disponibilidad de H^+ y menor transferencia de H^+ entre bacterias; 6) disminuyen la producción de ácido láctico en condiciones de acidosis; 7) deprimen el crecimiento de bacterias Gram negativas, muchas de las cuales producen succinato y participan en la reducción del ciclo de los ácidos tricarboxílicos; 8) inhiben el recambio del contenido ruminal; 9) provocan una ligera inhibición de protozoarios; 10) aminoran la viscosidad del fluido ruminal en animales timpanizados.

Efecto de los Ionóforos sobre los Microorganismos Ruminales

Las bacterias gram negativas son inicialmente sensibles a ciertas concentraciones de ionóforos, pero si la concentración es baja, pueden sobrevivir, prevalecer, crear resistencia y crecer, modificando sus propiedades metabólicas. Cuando las bacterias gram negativas crean resistencia a los ionóforos, se debe a que producen ATP vía fosforilación oxidativa y por transporte de electrones, su crecimiento es continuo, y tienen un complejo de multicapas de dos membranas distintas en su membrana celular, que están separadas por una capa rígida de peptidoglucano. Las bacterias gram positivas producen succinato por un sistema redox y dependen del nivel de fosforilación de substratos para generar ATP, por lo que no pueden satisfacer esta demanda y, además, carecen de la membrana externa (Bergen y Bates, 1984; Russell y Strobel, 1988), por lo que son más sensibles a los ionóforos que las gram negativas, con la excepción de *Butyrivibrio fibrisolvens* y *Ruminococcus flavefaciens*, que muestran sensibilidad a monensina y lasalocida (Dennis *et al.*,

1981). La monensina disminuye el número de protozoarios de 4 a 63 por ciento, aunque no en todas las condiciones experimentales. Se observó que monensina, pero no tetranosina, redujo la población de protozoarios (Schelling, 1984). Los hongos ruminales también son sensibles a los ionóforos, y se ha encontrado que el crecimiento *in vitro* de una mezcla de hongos ruminales fue suprimido por salinomycin, monensina y portomicina y que el efecto fungistático de los ionóforos es mayor en *Piromona spp.* que en *Neocallimastix spp.*; la adición de salinomycin en ovejas disminuyó el número de hongos ruminales, al parecer por inhibición de la síntesis de quitina de los hongos ruminales (Bergen y Bates, 1984).

Debido a que el ecosistema ruminal es muy variado y sus poblaciones dependen grandemente del tipo de dieta que reciba el animal, es posible explicar la gran variedad de los resultados encontrados por efecto de los ionóforos en las poblaciones microbianas donde las condiciones de alimentación varían de región en región.

Efecto de los Ionóforos sobre la Metanogénesis y Eficiencia en la Fermentación

Chen y Wollin, (1979), observaron que el crecimiento de bacteria productoras de metano, eran inhibidas por 2.5 mg de monensina y como consecuencia hay una reducción en la producción de metano y se economiza energía que puede servir para mantenimiento o producción. (Russell y Strobel, 1989,) mencionan que las pérdidas de metano del eructo pueden representar el 12 por ciento de la energía del alimento. Monensina ha disminuido la producción del metano en

31 por ciento en incubaciones *in vitro* e *in vivo* (Schelling, 1984). Por tal razón, la eficacia de la fermentación de la monensina es superior 6.3 por ciento; por consiguiente, disminuyendo la metanogénesis y aumentando la producción de propionato, se mejora la eficiencia de la fermentación y por ende la utilización del alimento mejora notablemente (Richardson *et al.*, 1976; Armentano y Young, 1983; Russell y Strobel, 1988).

En una revisión Goodrich *et al.*, (1984), observaron que el ganado mejoró la eficiencia en la utilización del alimento en un 7.5 por ciento con respecto a los que no fueron suplementados con monensina.

Efecto de los Ionóforos en la Producción de Rumiantes

Los ionóforos se han incorporado en dietas para rumiantes durante muchos años con respuestas variadas en diversos sistemas de producción de rumiantes. (<http://www.ansi.okstate.edu/research/1998rr/25.html>), propusieron, que la adición de estos aditivos a bovinos en pastoreo tienen poco efecto, pero mejoran en un 6 por ciento la ganancia de peso, estos aditivos producen cambios consistentes, aunque en ocasiones no significativos, en la ganancia de peso, conversión alimenticia y consumo, lo que depende de la proporción forraje:concentrado, nivel y tipo de ionóforo, y etapa de producción, entre otros factores. Así, los ionóforos disminuyen el consumo de MS (3.42 por ciento), aumentan la ganancia de peso (4.43 por ciento) y mejoran la conversión alimenticia (9.03 por ciento).

Monensina

La monensina es un aditivo alimenticio para el ganado que se clasifica como un antibiótico polieter carboxílico producido por *Streptomyces cinnamomensis*, que tiene actividad contra bacterias gram positivas y propiedades anticoccidostáticas (Boling *et al.*, 1977; Haimoud *et al.*, 1995). Esta actúa a nivel ruminal, modificando la fermentación microbiana de los nutrientes consumidos, dando como resultado una disminución en las pérdidas de energía asociadas con la formación de ácidos grasos volátiles (AGVs). En los procesos de transformación de los carbohidratos dietarios en AGVs, la monensina favorece la producción de ácido propiónico a expensas de acético y de butírico, esto ocasiona un ahorro en energía, ya que las pérdidas por la producción de gases (dióxido de carbono y metano) son menores (Mir y Mir, 1994; Wampler *et al.*, 1998).

La monensina, como ya se mencionó tiene un efecto directo sobre el metabolismo energético del animal, ya que incrementa la proporción molar de ácido propiónico y disminuye la proporción de ácido acético y ácido butírico en el rumen, tanto *in vitro* como *in vivo*, así como también disminuye la producción de metano y dióxido de carbono (Bartley *et al.*, 1979; Duff *et al.*, 1995b).

En varias investigaciones se ha observado que la cantidad de AGVs producidos no sufren cambios por la acción de la monensina, pero si en su proporción, provoca disminución en la proporción de ácido acético y butírico y un aumento en el ácido propionico, así como también en la proporción de otros ácidos menores como isovalérico, isobutírico y valérico (Haimoud *et al.* 1995; Galloway *et al.* 1993).

El efecto de monensina en la utilización de nitrógeno y la producción del amoníaco ha sido un asunto de interés y especulación para investigadores en el pasado. Bergen y Bates, 1984, mencionan que la monensina disminuye la concentración de amoníaco ruminal y disminuye la degradación de la proteína dietética. Además, en experimentos *in vitro* determinan que la disminución en el amoníaco del rumen era responsable para el aumento en el flujo de nitrógeno en el intestino delgado (Van Nevel y Demeyer, 1977,; Poos *et al.*, 1979; Haimoud *et al.*, 1995).

En incubaciones *in vitro* Vijchulata *et al.*, (1980) mencionan que la adición de monensina a dietas de borregos y cabras incrementa la digestibilidad del nitrógeno. Por otra parte, la adición de 33 g de monensina por tonelada métrica de la dieta hace que disminuya la excreción fecal de nitrógeno, pero incrementa la excreción urinaria.

Bartley *et al.* (1979) en experimentos *in vitro* observaron que la monensina inhibía la producción de proteína microbial, al mismo tiempo que se disminuye la fermentación en el rumen y la degradación de proteína en amonia.

Russell y Storb (1988), encontraron que bacterias gram positivas son sensibles a la monensina, y tienen una actividad específica en la producción del amoníaco, y que las bacterias gram negativas son más resistentes a la monensina. Estas bacterias gram positivas contribuyen a la producción del amoníaco porque ellos utilizan péptidos y aminoácidos como una fuente de energía en lugar de hidratos de carbono.

Monensina en Ganado de Carne

Bergen y Bates (1984) mencionaron que para rumiantes alimentados con dietas con una alta concentración de carbohidratos rápidamente fermentables, los ionóforos (monensina) deprimen el consumo de alimento, pero no modifican la ganancia de peso, lo cual mejora la conversión alimenticia; además propusieron que cuando los rumiantes reciben dietas con una elevada cantidad de carbohidratos β -ligados (forrajes), los ionóforos no deprimen el consumo y mejoran la ganancia de peso. Estos autores mencionaron que los ionóforos mejoran la eficiencia productiva de bovinos en finalización debido a que el metabolismo energético y nitrogenado es más eficiente, y porque disminuyen los desórdenes metabólicos, especialmente la acidosis láctica crónica y el timpanismo.

Los ionóforos también causan efectos positivos en bovinos en pastoreo; Goodrich *et al.*, (1984) observaron que monensina incrementó la ganancia de peso vivo en 13 por ciento en casi 1000 vacas en pastoreo. Además, el análisis de resultados de más de 30 experimentos con unos 2000 bovinos mostró un incremento promedio de 16 por ciento en la ganancia de peso (Potter *et al.*, 1986). Por otro lado, Spratt *et al.*, (1988) mencionaron que la adición de ionóforos a vacas productoras de carne o a vaquillas de reemplazo alimentadas con forrajes, incrementa la ganancia de peso y mejora la eficiencia alimenticia.

En otro estudio, se utilizaron 16 novillos mestizos holstein, los cuales fueron alimentados con diferentes grados de fibra y monensina (T1=0 p.p.m. de monensina y 26 por ciento de Fibra, T2=120 p.p.m. de monensina y 26 por

ciento de Fibra, T3=0 p.p.m. de monensina y 15 por ciento de Fibra y T4=120 p.p.m. de monensina y 15 por ciento de fibra). Observando diferencias significativas ($P \leq .05$) entre el peso de los animales con monensina incluida en la dieta y el resto, para la variable consumo de materia seca, obteniéndose un menor consumo en el tratamiento 4. También se detectaron diferencias significativas ($P \leq .05$) en cuanto a la digestibilidad del alimento, siendo el tratamiento 4 el más favorable para esta variable, notándose que el efecto simple del monensina es también significativo ($P \leq .05$), pero no el de la fibra. Ellos concluyeron que se puede recomendar la inclusión de monensina en la dieta de los animales, para obtener resultados positivos en cuanto a consumo de materia seca y digestibilidad del alimento; sin embargo, el efecto es más notorio cuando la interacción es del tipo: Monensina (120 ppm.) y Fibra baja (15 por ciento) (<http://www.redpavpolar.infave/fagroluz/v08z/0802z050.html>).

En otro prueba utilizaron 110 novillos en pradera de trigo invernal, suplementados con un suplemento energético que contenía monensina, contra el grupo testigo que era adicionado con un suplemento mineral alto en calcio, cada uno de los dos grupos eran suplementados cada dos días a libre acceso, al final de la prueba se observó que los novillos que consumían el suplemento energético, mejora su ganancia diaria en 177 g (<http://www.ansi.okstate.edu/research/1998rr/25.html>).

Según (Wedegaertner y Johnson 1983), el uso de monensina incrementa la ganancia de peso en el ganado que pastoreaba, aumentando la eficiencia de conversión del alimento. Un rebaño en esas condiciones utilizó la energía

adicional para incrementar la ganancia diaria, mientras que otro ganado estabulado consumió menos alimento y ganó peso a la misma tasa. Con ambos tipos de ración, la monensina incremento la eficiencia de conversión alimenticia.

Byers (1980), menciona que la monensina incrementó, aparentemente la eficiencia del uso de la energía para el mantenimiento; pero no altera la eficiencia de la energía utilizada para el crecimiento. Esto explica, que la monensina quizás disminuya los requerimientos para el mantenimiento y/o incremento de la eficiencia del uso de la energía de la dieta necesaria para el mantenimiento.

Thornton y Owens (1981), examinaron el efecto de la monensina sobre la metanogénesis en becerros en crecimiento, utilizando tres dietas con tres niveles diferentes de fibra (alto, medio y bajo, usando en cada uno 0 y 200 mg de monensina/cabeza/día, resultando un aumento de la proporción molar del propionato ruminal y disminución del acetato cuando se utilizó monensina en dietas con altos y con bajos niveles de fibra. Aunque la digestibilidad de la materia seca y la retención de nitrógeno no fueron alteradas significativamente, ambas tendieron a incrementar con la monensina. La producción de metano ruminal se redujo al agregar monensina, lo cual incrementa la eficiencia alimenticia.

Monensina en Ganado Lechero

La utilización de la monensina es principalmente en las vaquillas de reemplazo; ya que al adicionar monensina a la dieta de estas vaquillas, inician su lactancia más temprano, debido a su desarrollo, mejoran su eficiencia

alimenticia y se encuentran más sanas ya que se reduce la incidencia y severidad del timpanismo, además de que mata las coccidias durante las tres etapas principales del ciclo de vida de los parásitos (Baile *et al.*, 1982).

La monensina aumenta la energía para ayudar a compensar las demandas energéticas de la lactancia temprana. Cuando se adiciona monensina, los animales reciben más energía con la misma dieta, con lo cual se reduce la incidencia y severidad de las enfermedades metabólicas. El consumo de alimento es más consistente, y se incrementa la producción en leche en el pico de la lactancia de la producción y después de este. Así como también se mantiene la producción y se recupera la condición corporal en vacas de lactancia media. En vacas secas la monensina ayuda al desarrollo y recuperación de las papilas ruminales lo cual mejora el desempeño digestivo en el periodo de adaptación a los cambios de dieta y la ayuda a mantener su condición corporal. En un estudio realizado en un grupo de vaquillas en crecimiento, se observó que estas mejoraron su eficiencia alimenticia hasta en un 12.5 por ciento (consumiendo menos alimento para ganar lo mismo), en otro grupo de vaquillas inoculadas con coccidias y suplementadas con monensina estas incrementaron más rápidamente de peso y mejoraron su eficiencia alimenticia lo cual no sucedió en el grupo testigo, el cual también fue inoculado (<http://www.ansi.okstate.edu/EXTEN.html>; Maas 1996).

Van Der Werf *et al.*, (1998), realizaron dos estudios con vacas lecheras, en el primero de ellos, se asignaron 64 vacas Holstein, en cuatro grupos que recibieron 0, 150, 300, o 450 mg/d de monensina, de 5 a 24 semanas postparto. La producción de leche tendió a aumentar (4.0, 3.3, y 5.4 por ciento,

respectivamente) para los tres grupos de vacas tratadas. La cantidad de grasa disminuyó por 0.09, 1.89, y 4.09 g/kg, respectivamente, para estos tres grupos. El efecto en la cantidad de proteína era pequeño y no significativo. El consumo de alimento fue reducido en las vacas tratadas, aunque no significativamente, y se mejoró la eficiencia alimenticia por la monensina. En un segundo estudio, se asignaron 58 vacas Holstein y 22 vacas Jersey, un grupo testigo y un grupo adicionado con monensina, el cual recibió 300 mg/d de monensina de 5 a 36 semanas postparto durante la primera lactación y de 2 semanas antes de parir la vaca a 36 semanas postparto durante una lactación subsecuente. Durante la primera lactación, las vacas en el grupo del tratamiento mostraron un 7 por ciento de aumento en la producción de leche, una disminución relativa (1.4 g/kg) en la leche el volumen de grasa, y el volumen de la proteína igual comparó con las vacas en el grupo testigo. La ganancia de peso y la condición corporal era más alto para las vacas en el grupo del tratamiento. Se encontró una disminución en las concentraciones de cetona en la sangre entre 7 y 56 d de lactación.

Por otro lado, Sprott *et al.*, (1988) mencionaron que la adición de ionóforos a vacas productoras de carne o a vaquillas de reemplazo alimentadas con forrajes, incrementa la ganancia de peso y mejora la eficiencia alimenticia.

Los ionóforos también pueden reducir el intervalo postparto, pero este efecto parece disminuir si el nivel nutricional es pobre. Aunque los ionóforos no alteran la fertilidad, ellos disminuyen la edad a la pubertad en la hembra, posiblemente como una respuesta hormonal a un incremento en la tasa propionato:acetato en el rumen; sin embargo, en estudios efectuados por

Goering *et al.*, (1989) no se encontraron efectos significativos de los ionóforos en la actividad reproductiva de vaquillas.

Otros autores han encontrado que el suplementar a las vacas con monensina no afecta el índice de concepción; como el realizado por Baile *et al.* (1982), utilizando 60 vaquillas de reemplazo con un peso inicial promedio de 195 kg, a las que se les adicionó 0, 200 o 600 mg de monensina/cabeza/día, las vaquillas suplementadas entraron en celo más temprano que el grupo control (38 y 34 días), así como también se incrementó respectivamente el índice de concepción (95, 100 y 100 por ciento).

En sementales también se han hecho pruebas para evaluar los efectos de la monensina en la reproducción, en un estudio reportado por Potter *et al.*, (1984), en el que se utilizaron 25 toros Hereford y 25 Holstein para evaluar el efecto de la monensina en el crecimiento, desarrollo, características del semen y circunferencia escrotal. Encontrando que la monensina no tiene efecto aparente en la circunferencia escrotal, consistencia testicular, libido, calidad de semen o espermias anormales.

Papel de los Nutrientes en la Reproducción

La salud animal y, por consiguiente, la actividad fisiológica normal de los diferentes órganos, incluidos entre estos los de la reproducción, se hallan estrechamente ligados a las condiciones de explotación y alimentación en que se desenvuelven los animales. Es difícil en los animales de granja establecer

una clara distinción entre la influencia de ciertos factores climáticos, tales como la temperatura, la luz, la precipitación atmosférica y el de la alimentación, debido a que la composición de los alimentos también se encuentra influida por ellos.

El estudiar la influencia que tienen los trastornos nutricionales sobre la eficiencia reproductiva es complejo, debido al hecho de que cada uno de los elementos tiene un papel particular. La acción de los niveles nutricionales o de la calidad de los alimentos se manifiesta más particularmente durante los momentos en que se establece la pubertad, tanto en el macho como en la hembra (McDonald, 1991).

En el macho la insuficiencia alimentaría durante el periodo prepuberal retarda el crecimiento general, el desarrollo de los testículos y de las glándulas anexas y el desencadenamiento de la pubertad. Los animales adultos subalimentados presentan trastornos en la espermatogénesis y en el instinto sexual (Derivaux, 1976).

A continuación veremos como afectan los diferentes nutrientes en la reproducción de los machos.

Carbohidratos y Lípidos

Por si mismo, los hidratos de carbono no parece que influyen sobre la reproducción y es poco probable que puedan ocurrir casos de esterilidad en los rumiantes a consecuencia de una carencia de lípidos porque su alimentación es suficientemente rica en estos elementos y, además, los rumiantes pueden

transformar en materias grasas otros constituyentes de la dieta (Derivaux, 1976).

Sin embargo, se ha demostrado en los animales de laboratorio y particularmente en la rata, que la carencia de ácidos grasos no saturados conduce a la esterilidad. En el macho el trastorno se presenta progresivamente y se traduce por degeneración progresiva de células germinales con trastornos de la espermatogénesis y finalmente atrofia testicular (Sorensen, 1982).

Fimbres-Durazo *et al.*, (1996) reportan que la circunferencia escrotal en toros no es un buen indicador de la calidad del semen y otras mediciones de la calidad de los espermatozoides y mencionan que la manipulación de la dieta pudiera tener una respuesta sobre el grosor de la grasa del lomo, y ésta deposición de grasa tener una influencia significativa con la circunferencia escrotal.

Proteínas

Los efectos de la carencia proteica sobre la reproducción varían según las especies animales y se hallan en función no solamente de la cantidad total de albúmina, sino de la calidad y del valor biológico de los aminoácidos.

En los toros se ha señalado la necesidad de un aporte proteico conveniente con el fin de asegurar un suficiente volumen de eyaculado así como una concentración y movilidad normal de espermatozoides.

Rekwot *et al.*, (1988), observaron que consumos bajos de proteína en toros disminuían la producción de espermatozoides. Por su parte, Walkden-Brown *et al.*, (1994), reportan cambios significativos en la masa corporal y testicular de chivos que consumieron una dieta de calidad alta (17.6 por ciento de PC y 8.3

MJ EM kg⁻¹), comparada con los que consumieron una dieta de baja calidad (6.9 por ciento de PC y 6.6 MJ EM kg⁻¹) y, que las hormonas metabólicas como la del crecimiento, la insulina y el factor de crecimiento I, son también afectados por la dieta; sugiriendo que el eje somatotrópico podría estar involucrado en este efecto y ser parte mediadora del efecto de la nutrición en el desarrollo testicular.

Vitaminas

Vitamina A

Los efectos de la carencia de vitamina A sobre la reproducción son particularmente bien conocidos; han sido señalados y observados por numerosos autores, tanto en el macho como en la hembra y, particularmente en todas las especies. En los machos se presentan trastornos en la espermatogénesis y en las hembras en la ovogénesis, en la gestación y en el desarrollo del feto. Su importancia esta en función de la gravedad del trastorno y de la edad en que se presenta la carencia (Guyton,1992; NRC, 1984).

Los toros con deficiencia de vitamina A, presentan un retraso en su pubertad, en animales adultos se observa impotencia. La incapacidad reproductora en el toro por deficiencia de esta vitamina está asociada a las siguientes lesiones: atrofia de gónadas, degeneración del epitelio seminífero, alteraciones de los espermatozoides y disminución del volumen de eyaculado como consecuencia de la reducción de la secreción de las glándulas accesorias (Derivaux, 1976; Church y Pond, 1987). McDonald, (1991) reporta que las

células germinales y de Leyding, ambas se afectan por la hipovitaminosis A, lo cual da como resultado una calidad seminal pobre, atrofia testicular, hipoplasia de las glándulas sexuales accesorias y pubertad retrasada.

Vitamina E

Cuando existe una deficiencia de la vitamina E en los animales, puede ocasionar degeneración del epitelio germinativo en el testículo y, por lo tanto, esterilidad en el macho, en las hembras puede ocasionar resorción del feto después de la concepción. Por todos estos motivos, se denomina a veces “vitamina contra la esterilidad” (Guyton 1992).

La hipovitaminosis E causa daño testicular en ratas, pero no hay pruebas de que la deficiencia de vitamina E tenga una función significativa en la infertilidad entre los animales domésticos. Una deficiencia prolongada de vitamina E en la ración de vacas lecheras y de los toros produjo algunos casos de falla cardíaca, pero no tuvo un efecto medible en la reproducción (McDonald 1991).

Vitamina C

El papel de la vitamina C en la reproducción no está bien clara, aunque algunas investigaciones mencionan una sinergia entre hormonas gonadotropas, vitamina C y estrógenos-vitamina C, pero no se conoce claramente en mecanismo de esta sinergia de acción vitamínico-hormonal. Varios autores han recomendado el empleo de ácido ascórbico o del clorobutanol, sustancia capaces de estimular la síntesis de ácido ascórbico o de favorecer su

movilización, en vacas con fertilidad reducida o en toros con semen poco concentrado y cuyos niveles sanguíneos de ácido ascórbico eran inferiores a los necesarios (Bravo, 1987).

Vitaminas del complejo B

La síntesis de las vitaminas del complejo B por la microflora bacteriana del rumen, pone a los rumiantes prácticamente al abrigo de la carencia de este elemento, teniendo en cuenta que la multiplicación bacteriana está asegurada por un suficiente aporte proteico de la ración (NRC, 1984).

Sin embargo el problema es deficiente en el cerdo y en las aves, en donde las deficiencias del complejo B producen trastornos en el aparato genital y malformaciones en el embrión (Church y Pond, 1987)

Minerales

Los minerales juegan un papel muy importante en la alimentación del ganado, para llevar a cabo las actividades metabólicas en el organismo. Sin embargo, se tiene poca información del papel que juegan en la reproducción, uno de los minerales que más se ha estudiado es el zinc y su relación que tiene sobre las características del semen de ganado bovino y caprino, y sobre todo en animales de laboratorio.

Zinc

Zinc es un elemento traza, que es importante en muchos de los procesos fisiológicos, en caso de no ser suplidos en cantidades suficientes en la dieta en la dieta, se presentan signos de deficiencia (Martín y White, 1992).

El mayor número de estudios sobre la acción del zinc en la reproducción ha sido realizado en animales de laboratorio (ratas), pero sin embargo también se han realizado en ganado caprino, bovino, equino y en humanos. En los cuales se han encontrado altas concentraciones de zinc en los órganos reproductivos, de ahí la importancia que tiene este elemento en la reproducción y una deficiencia podría afectar la fertilidad del macho (Rodríguez *et al.*, 1996).

El fluido seminal contiene mayores concentraciones de zinc que cualquier otro fluido corporal, siendo este elemento el que da la habilidad de nadar (motilidad) al esperma (Guyton, 1992).

La deficiencia de zinc causa libido bajo y reducido desarrollo testicular (NRC, 1984). Martín y White (1992), sugieren que hay dos grados de deficiencia de zinc en el crecimiento de carneros, una severa deficiencia ($<5\mu\text{g Zn g}^{-1}$), que induce lesiones en la piel (paraqueratosis), baja el índice de crecimiento y pobre desarrollo testicular y una deficiencia poco severa ($5-17\mu\text{g Zn g}^{-1}$), donde no se presentan síntomas clínicos y el crecimiento de cuerpo es normal, pero el desarrollo testicular y la producción de espermias están marcadamente reducidas. Martín *et al.*, 1994, sugieren que una deficiencia poco severa, específicamente afecta el sistema hormonal que controla el crecimiento testicular, esto principalmente en el control de la esteriodiogenesis, reduciendo

así la secreción de androgenos una situación similar ocurre en machos ratas y humanos. El tipo de deficiencia subclínica, podría explicar el pobre funcionamiento reproductivo de borregos que pastan en pasturas pobres en zinc.

En el estudio realizado por Rodríguez *et al.*, 1996, con 20 sementales caprinos, divididos en cuatro tratamientos (25, 50 y 75 ppm de zinc), observaron que los animales suplementados con 25 ppm de zinc, obtuvieron los mejores resultados en el volumen de eyaculado, en los animales suplementados con 50 ppm de zinc la motilidad espermática fueron ligeramente mayores que en los otros tratamientos. La concentración espermática y el porcentaje de vivos fue mayor en los animales suplementados con 50 y 75 ppm de zinc.

Martín *et al.* (1994), reportan que el suplementar zinc a dietas de carneros con 17 y 27 $\mu\text{g Zn g}^{-1}$, se observaron que los testículos de estos animales eran mayores que en los animales suplementados con 10 $\mu\text{g Zn g}^{-1}$ (177.7 versus 137.0 g; $P= 0.03$). De igual manera se observó que las concentraciones de zinc en los testículos fueron mas baja en los animales sin suplementar que en los animales suplementados con este mineral.

Yodo

Este mineral está presente en muchas de las células del cuerpo, y es el iodo inorgánico el que toma la glándula tiroides para sintetizar hormonas tiroideas, estas tienen un papel importante en la termoregulación, metabolismo intermediario y reproducción, crecimiento y desarrollo del animal (NRC, 1984).

Sin embargo, no existe investigación suficiente de este mineral y su efecto en la reproducción.

Manganeso

Este es un mineral esencial tanto para plantas como para animales, deficiencias de Manganeso conducen a un fracaso reproductivo degenerativo tanto en machos como en hembras, al igual que malformaciones en huesos, ataxia, despigmentación y deterioro del sistema nervioso central. El manganeso es un metal que participa como cofactor para enzimas involucradas en el metabolismo de carbohidratos y síntesis de mucopolisacaridos (Bravo, 1987: NRC, 1984). Martín y White (1992), mencionan que una deficiencia de manganeso en machos, tienden a presentar problemas en la espermatogénesis, al igual que degeneración en testículos y epididimo, problemas con hormonas sexuales y eventualmente problemas de esterilidad.

Otros problemas relacionados con minerales son las cantidades excesivas de fitoestrógenos, bociógenos y nitratos que se asocian con un deterioro de la actividad reproductora en los machos. Si bien una nutrición optima después de un periodo de privación, revierten los cambios reproductivos degenerativos, la recuperación total puede ser prolongada (McDonald, 1991).

MATERIALES Y METODOS

Descripción del Área de Estudio

El presente trabajo se realizó en la Unidad Metabólica del Departamento de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual se encuentra situada a una latitud norte de 25° 27' y una longitud oeste de 101° 59' y una altura de 1520 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 17.9°C y una precipitación media anual de 309.8 mm (García, 1988).

Animales utilizados

Se utilizaron 30 toretes de la raza Beefmaster, con una edad promedio de 12 meses y con un peso inicial promedio de 268 kg, los cuales fueron previamente pesados, vitaminados (A, D y E), desparasitados interna y externamente (Endovet) y vacunados contra fiebre carbonosa (Carbovac); para posteriormente colocar lotes de 10 animales por corral. Los animales previamente tuvieron un periodo de adaptación a la dieta y al manejo de 15 días, para después iniciar la prueba experimental en la

cual fueron alimentados por 60 días (29 de Mayo de 1999 al 27 de Julio de 1999).

Alimentación

En el Cuadro 3.1 se muestra la composición de las dietas que fueron utilizadas en el presente trabajo, las cuales fueron adicionadas con vitaminas del complejo B (200 g/ton. de alimento), o monensina sódica (200 g/ton. de alimento), la dieta uno fue utilizada en los primeros 45 días de la prueba y la dieta dos en los últimos 15 días de la misma. En el Cuadro 3.2 se presenta la mezcla de vitaminas del complejo B utilizadas en la dieta de los toretes.

Cuadro 3.1. Composición de las dietas utilizadas en las dos etapas de alimentación, adicionadas con vitaminas B o monensina sódica.

INGREDIENTE	ETAPA UNO (%) (30:70) ¹	ETAPA DOS (%) (20:80) ¹
Heno de avena	29.852	19.931
Sorgo molido	54.407	45.980
Salvado de trigo	0.000	15.116
Protemax ²	9.395	9.461
Harinolina	4.921	6.899
Carbonato de calcio	0.878	1.141
Fosfato-di-calcico	0.000	0.824
Sal	0.448	0.448
Optimin ganado ³	0.100	0.200
TOTAL	100.000	100.000

¹ Relación forraje:concentrado.

² Subproducto del hongo *Penicillium*, mezclado con sorgo (32%PC).

³ Premezcla de minerales para ganado bovino (Técnicas Nutricionales S.A de C.V).

Cuadro 3.2. Mezcla de vitaminas utilizadas en la dieta de toretes Beefmaster a razón de 200 g por tonelada.

VITAMINAS	PORCIENTO EN LA MEZCLA
TIAMINA B ₁	3.75
RIBOFLAVINA B ₂	12.50
PIRIDOXINA B ₆	5.00
CIANOCOBALAMINA B ₁₂	5.00
D-PANTETONATO DE CALCIO	30.30
ACIDO NICOTÍNICO	42.65
FOLACINA	0.80
TOTAL	100.00

Variables Estudiadas

Las variables que se consideraron en el presente estudio fueron el consumo de alimento por lote, incremento en peso y conversión alimenticia para la cual los animales fueron pesados al inicio, a los 45 días de iniciada la prueba y final del experimento (peso inicial, peso intermedio y peso final). Otras variables que se tomaron en cuenta en este experimento fueron las variables reproductivas, para lo cual al final del periodo experimental se hizo una caracterización del semen (volumen de eyaculado, motilidad espermática, concentración en millones por mililitro, por ciento de espermatozoides vivos y muertos, por ciento de anormalidades (1^a y 2^a), para esto se utilizó la técnica de electroeyaculación descrita por Sorensen (1982). Así como también la medición de circunferencia escrotal al final del periodo experimental (la medición de los testículos se realizó con una cinta métrica alrededor de estos).

Análisis Estadístico

Los tratamientos que se analizaron fueron: tratamiento 1 (testigo), tratamiento 2 (dieta adicionada con vitaminas B 200 g/ton.) y tratamiento 3 (dieta adicionada con monensina sódica 200 g/ton.), cada uno de los tratamientos con diez repeticiones. Para el análisis se aplicó un diseño completamente al azar con covarianza, utilizando el peso inicial como covariable (para incremento diario de peso), el consumo de alimento y conversión alimenticia no se analizaron estadísticamente (diferencias numéricas) ya que no se midieron consumos y rechazos individualmente, solamente por lote. Para el análisis estadístico de las variables reproductivas (características del semen y circunferencia escrotal) se utilizó un diseño completamente al azar en los tres tratamientos con diferente número de repeticiones, en las variables motilidad espermática, porcentaje de espermatozoides vivos y muertos se transformaron datos Arcoseno, y en las variables morfología (1ª y 2ª) se transformó a logaritmo ($\text{Log } x+2$). Al mismo tiempo se hizo un análisis de correlación entre las características del semen, circunferencia escrotal, peso inicial y peso final, para observar las relaciones entre ellas.

RESULTADOS

Consumo de Alimento

El consumo de alimento para este estudio se evaluó por lote y solamente se observan y reportan diferencias numéricas. En los primeros 45 días de la prueba, los animales adicionados con vitaminas B o monensina sódica registran los consumos más bajos y en los últimos 15 días de la prueba no hay grandes diferencias numéricas entre tratamientos, al analizar el periodo completo de alimentación se observa la misma tendencia que en los primeros 45 días (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Consumo diario promedio por animal, para la primera y segunda etapa y periodo completo de alimentación, de la prueba de comportamiento.

Etapas de Alimentación	Tratamientos		
	Testigo	Vitaminas B	Monensina sódica
Primera Etapa de Alimentación (45 días)	13.4	12.3	12.1
Segunda Etapa de Alimentación (15 días)	12.1	12.5	12.0
Periodo total de Alimentación (60 días)	13.08	12.4	12.1

Incremento en Peso

En el Cuadro 4.2. se reportan los resultados obtenidos en la prueba de comportamiento, como son peso inicial, peso final e incremento total de peso durante la prueba de comportamiento y en el Cuadro 4.3. se reportan los incrementos diarios de peso para cada una de las etapas de la prueba de alimentación. Para esta variable en los primeros 45 días y periodo completo de alimentación no se observa diferencia significativa ($P \geq .05$), esto tomando en cuenta que no hay efecto del peso inicial sobre este; sin embargo, para los últimos 15 días de la prueba si se observa diferencia entre tratamientos ($P \leq .05$), esto por la influencia del peso inicial. En la Figura 4.1. se observa la tendencia de esta variable.

Cuadro 4.2. Resultados de incremento en peso (kg), obtenidos en toretes Beefmaster suplementados con vitaminas B o monensina sódica, durante 60 días de prueba de comportamiento.

Variables	Tratamientos		
	Testigo	Vitaminas B	Monensina sódica
No. Observaciones	10	10	10
Peso inicial (kg)	270.40	264.90	269.00
Peso 45 días (kg)	359.20	360.50	368.50
Peso final (kg)	384.70	386.20	397.50
Incremento total de peso (kg)	114.30	121.30	128.50

Cuadro 4.3. Incremento diario de peso promedio (kg/d), para cada una de las etapas y el periodo total de alimentación registrado por toretes Beef master suplementados con vitaminas B o monensina sódica.

Etapas de Alimentación	Tratamientos		
	Testigo	Vitaminas B	Monensina sódica
Primera Etapa de Alimentación (45 días)	1.965 a	1.912 a	2.201 a
Segunda Etapa de Alimentación (15 días)	1.675 b	2.367 a	1.957 ab
Periodo Total de Alimentación (60 días)	1.901 a	1.998 a	2.140 a

Letras iguales son no significativas ($P > .05$), y letras diferentes son significativas ($P < .05$)

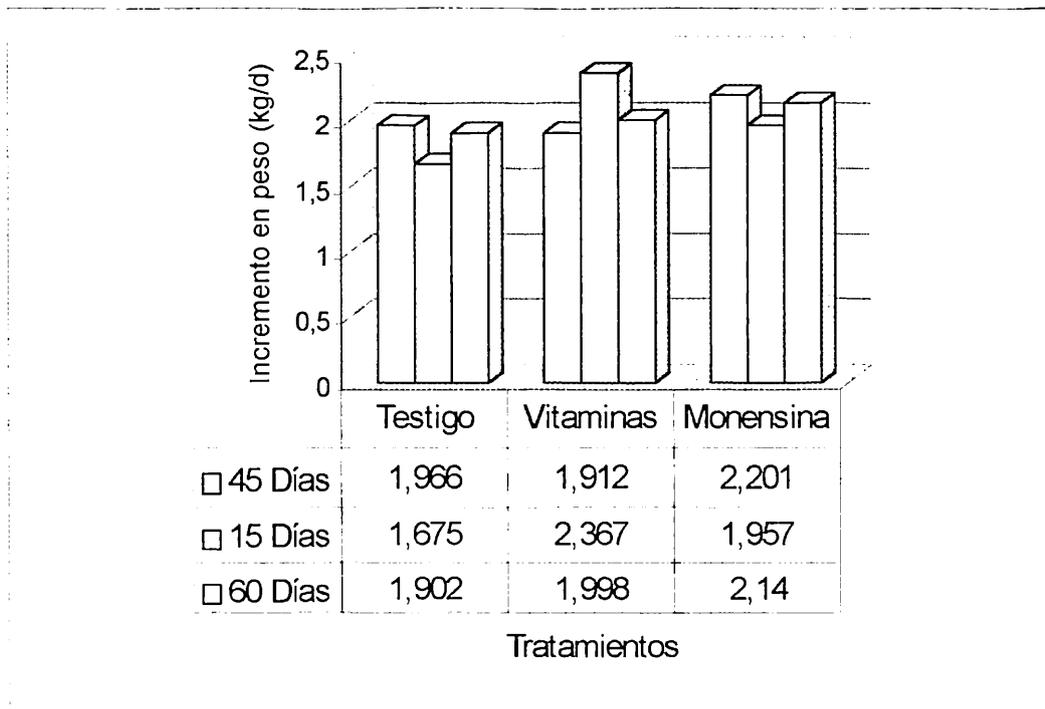


Figura 4.1. Incremento diario de peso registrado por toretes Beefmaster en prueba de comportamiento durante 60 días, suplementados con vitaminas B o monensina sódica.

Conversión Alimenticia

En esta variable solamente se puede mencionar que hay diferencia numérica entre tratamientos, siendo mejores los animales adicionados con vitaminas B o monensina sódica (Cuadro 4.4), esto expresado en kilogramos de materia seca de alimento consumido por kilogramos de peso vivo incrementado.

Cuadro 4.4. Conversión alimenticia (kg MS/kg de peso incrementado), para cada una de las etapas y etapa completa de alimentación, de toretes Beefmaster en prueba de comportamiento suplementados con vitaminas B o monensina sódica.

Etapas de Alimentación	Tratamientos		
	Testigo	Vitaminas B	Monensina sódica
Primera Etapa de Alimentación (45 días)	6.8	6.4	5.4
Segunda Etapa de Alimentación (15 días)	7.2	5.2	6.1
Periodo total de Alimentación (60 días)	6.8	6.2	5.6

Características Seminales y Circunferencia Escrotal

Para las características seminales y circunferencia escrotal (Cuadro 4.5), no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($P \geq 0.05$), para las

medias de los tratamientos. Sin embargo, al realizar un análisis de correlación (Cuadro 4.6), entre las variables de características del semen y circunferencia escrotal, se observa que hay una relación positiva y negativa entre ellas, en el volumen de eyaculado y la concentración de espermatozoides (millones/ml), hay una alta significancia (correlación significativa al nivel 0.01), entre la variable motilidad espermática y porcentaje de vivos y muertos, anomalidades de primera y segunda, también se observa una alta significancia (correlación significativa al nivel de 0.05 y 0.01), entre el porcentaje de vivos y muertos, también se observa una relación negativa entre ambos (correlación significativa al nivel de 0.01). Las correlaciones del peso inicial y peso final (Cuadro 4.7), sobre estas características y la circunferencia escrotal, se observa principalmente en esta última, observándose una mayor correlación de peso final sobre la circunferencia escrotal ($P \leq 0.01$) de igual manera el peso final tiene correlación con el porcentaje de morfología de anomalidades de primera grado ($P \leq 0,05$).

Cuadro 4.5. Características seminales y circunferencia escrotal de toretes en prueba de comportamiento suplementados con vitaminas B o monensina sódica.

Concepto	Tratamientos		
	Testigo	Vitaminas B	Monensina sódica
No. Observaciones	10	10	10
Volumen de eyaculado (ml)	8.62	4.88	7.05
Motilidad espermática (%)	67	72	53
Concentración espermática (millones/ml)	266.25	316.50	284.44
Espermatozoides vivos (%)	85	84	76
Espermatozoides muertos (%)	15	16	24
Morfología de anomalías (%)			
Anomalías 1ª (%)	1.326	1.404	2.073
Anomalías 2ª (%)	3.559	5.362	11.001
Circunferencia escrotal (cm)	34.00	33.50	34.59

No hay diferencia estadísticamente significativa para ninguna de las variables estudiadas ($P \geq 0.05$). Se reportan datos originales y no transformados.

Cuadro 4.6. Coeficientes de correlación para las variables circunferencia escrotal y características del semen de toretes Beefmaster, al final de la prueba de comportamiento.

	VOL	MOT	CON	V	M	A 1 ^a	A 2 ^a
C.E.	0.2757 ^{NS}	0.1459 ^{NS}	0.3229 ^{NS}	0.1764 ^{NS}	-0.1998 ^{NS}	0.1986 ^{NS}	0.1651 ^{NS}
VOL.	-	0.0304 ^{NS}	0.5928**	-0.1421 ^{NS}	0.1422 ^{NS}	-0.1941 ^{NS}	0.1203 ^{NS}
MOT.	-	-	0.2696 ^{NS}	0.6368**	-0.5843**	-0.4275*	-0.5318**
CON.	-	-	-	-	-0.2415 ^{NS}	-0.1312 ^{NS}	-0.0829 ^{NS}
V	-	-	-	-	-0.9928**	-0.2850 ^{NS}	-0.3429 ^{NS}
M	-	-	-	-	-	0.2808 ^{NS}	0.3114 ^{NS}
A 1 ^a	-	-	-	-	-	-	0.1562 ^{NS}

C.E.= Circunferencia escrotal, VOL.= Volumen, MOT.= Motilidad, CON.= Concentración, V= Vivos, M= Muertos, A 1^a= Anormalidades de 1^a., A 2^a= Anormalidades de 2^a. NS = Correlación no significativa al nivel de 0.05, *= Correlación significativa al nivel de 0.05, **= Correlación significativa al nivel de 0.01

Cuadro 4.7. Coeficientes de correlación para las variables circunferencia escrotal y características del semen de toretes Beefmaster, incluyendo el efecto del peso inicial y peso final.

	C.E.	VOL.	MOT.	CON.	V	M	A 1 ^a	A 2 ^a
P.I	.4634*	.2044 ^{NS}	-.0774 ^{NS}	.2352 ^{NS}	-.0321 ^{NS}	.0371 ^{NS}	.3866 ^{NS}	.1676 ^{NS}
P.F	.6049**	.2569 ^{NS}	.0847 ^{NS}	.2026 ^{NS}	-.0025 ^{NS}	.0177 ^{NS}	.4821*	.2100 ^{NS}

P.I.= Peso inicial, P.F. = Peso final, C.E.= Circunferencia escrotal, VOL.= Volumen, MOT.= Motilidad, CON.= Concentración, V= Vivos, M= Muertos, A 1^a= Anormalidades de 1^a., A 2^a = Anormalidades de 2^a.

NS = Correlación no significativa al nivel de 0.05

*= Correlación significativa al nivel de 0.05

**= Correlación significativa al nivel de 0.01

DISCUSIÓN

La respuesta productiva de toretes Beefmaster en prueba de comportamiento, al adicionar vitaminas del complejo B o monensina sódica a su dieta, depende de la cantidad en que se adicionen estos dos productos; en lo que respecta al consumo de materia seca en el cual solo se observan diferencias numéricas, se encontró que los animales que fueron adicionados con vitaminas B o monensina sódica disminuyen el consumo de materia seca hasta en un 5 y 7 por ciento respectivamente, respecto al grupo testigo.

El comportamiento de esta variable en la prueba, concuerda con los resultados obtenidos por investigadores que han probado el efecto de la monensina sódica sobre el consumo de alimento, pues la mayoría de estos investigadores reportan una disminución en el consumo de materia seca por los animales que fueron adicionados con este antibiótico en la dieta, tanto dietas altas en concentrados y dietas altas en forraje.

En un estudio realizado en Venezuela, se reporta una disminución en el consumo de materia seca en los animales tratados con monensina sódica (<http://www.redpavpolar.infave/fagroluz/v08z/0802z0505.html>). Bergen y Bates (1984), mencionan que al utilizar una dieta alta en carbohidratos fermentables y adicionada con monensina, esta deprime el consumo de alimento.

Por su parte Raun *et al.*, (1976) mencionan que en bovinos de carne el consumo disminuye a medida que se incrementa la dosificación de la monensina sódica, de un 3.5 hasta un 14 por ciento.

Zinn *et al.*, (1994) no observaron influencia al adicionar monensina, en el consumo de materia seca. En otra prueba realizada por Zinn y Borques (1993), también observaron que el suplementar monensina sódica y bicarbonato de sodio no tiene efecto sobre el consumo de materia seca.

Sin embargo, en otras investigaciones se ha observado un aumento en el consumo de materia seca al adicionar monensina, como el realizado por Ramírez (1997), con borregos de engorda, reportando un aumento en el consumo de materia seca, para la segunda etapa de la prueba de alimentación.

De igual manera, el uso de vitaminas B en algunas pruebas mencionan que estas tienden a disminuir el consumo de alimento (Zinn *et al.*, 1987), en los primeros 28 días de la prueba, dependiendo del nivel de vitaminas que se administre. Cole *et al.*, 1979 y 1982, al suplementar becerros con vitaminas B, estos consumieron más materia seca (un promedio de 4.54 kg/cabeza/día), que los animales del grupo testigo, durante el primer mes en la engorda. Además, mencionan que la suplementación con vitamina del complejo B puede tener efectos variables en el consumo de materia seca; ya que los becerros suplementados, tienden a aumentar su consumo de materia seca.

Overfield y Hatfield (1976), al suplementar niacina observaron que no tiene efecto significativo sobre el consumo de alimento. Brethour y Duitsman (1972), encontraron que becerros bajo stress y alimentados con una dieta mixta y suplementados con tiamina, tienden a consumir más alimento que los

becerros que no fueron suplementados con tiamina. Chang *et al.*, (1995), observaron que el consumo de materia seca en becerros suplementados con niacina fue bajo (1.1 a 1.5 por ciento de su peso corporal), durante la primera semana de la prueba; sin embargo, gradualmente se incremento (2 por ciento de su peso corporal), sin embargo, no observaron diferencia entre tratamientos.

En lo que se refiere al incremento diario de peso y la conversión alimenticia para la etapa completa de alimentación, resultan mejores cuando se les adiciona a la dieta vitaminas B o monensina sódica, esto en comparación con el grupo testigo. Para el primer caso testigo y vitaminas B, la diferencia para el incremento 9 g (1.904 vs 1.994 kg/d) y la conversión alimenticia mejora en un 8.8 por ciento. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por diferentes investigadores, ya que la mayoría de los autores mencionan una mejora en la ganancia diaria de peso, como Ramírez (1997), que menciona una mejora en la ganancia diaria de peso y conversión alimenticia para borregos en engorda; al igual que Kennedy *et al.*, (1992), quienes mencionan que el peso vivo de borregos Suffolk, alimentados con una dieta con suficiente cobalto y vitamina B₁₂ fue mejor que en los animales con una dieta deficiente en cobalto y vitamina B₁₂ (210 g ± 10 g/d vs 122 g ± 7 g/d).

Por su parte Lee *et al.*, (1985) también reportan una mejora en la ganancia de peso en becerros, utilizando una mezcla de vitaminas. De igual manera Chang *et al.*, (1995) observaron un incremento en la ganancia de peso de becerros suplementados con niacina y cromo hasta en un 39 por ciento (0.43

finalización. Boling *et al.*, (1977), observaron el promedio de ganancia diaria de novillos Angus, divididos en cuatro tratamientos (0, 25, 50 o 100 mg de monensina por cabeza por día) fue de 0.55, 0.55, 0.73 y 0.68 kg respectivamente. De igual manera Vijchulata *et al.*, (1980), mencionan que la ganancia diaria promedio de novillos alimentados con estiércol (0, 12.5 y 25 por ciento) con y sin monensina fue de .99, 1.04, .90 kg y 1.03, .86, 1.01 kg, respectivamente y la conversión alimenticia no fue afectada por ninguno de los tratamientos.

Basándose en lo discutido anteriormente podemos decidir entre el rechazo y no rechazo de nuestra hipótesis planteada en este trabajo, ya que los resultados indican que tanto las vitaminas del complejo B y monensina sódica mejoran el comportamiento productivo (consumo de alimento, incremento de peso y conversión alimenticia) de los animales.

Como se muestran en los resultados hay un efecto benéfico al adicionar vitaminas del complejo B o monensina sódica a la dieta de rumiantes, sin embargo, la decisión de adicionar uno de estos dos productos esta en función de precio de éstos y en cuanto se incremente el precio de la dieta por la utilización de estos.

Para probar la segunda hipótesis planteada se realizó una electroeyaculación, analizando las características del semen y circunferencia escrotal. De los cuales los resultados obtenidos muestran que no hay diferencia entre los tratamientos (Cuadro 4.5), esto concuerda con lo observado por Potter *et al.*, (1986), quienes observaron que la adición de monensina no afecta la calidad del semen y circunferencia escrotal. Martín *et al.*, (1992 y 1994),

observaron el efecto de la dieta sobre los testículos de borregos alimentados *ad libitum* y suplementados con 10, 17 o 27 mg de Zinc, no encontrando diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo los adicionados con 17 y 27 mg de zinc tuvieron los testículos mas pesados en comparación con los de 10 mg de zinc (177.7 Vs 137.0 g).

Sin embargo en el estudio realizado por Fimbres-Durazo *et al.*, (1996), mencionan que la circunferencia escrotal de machos, consumiendo un nivel alto de proteína fue de 30.6 cm, siendo un 10 por ciento mayor que el de los animales con un nivel bajo de proteína, de igual manera para el volumen de eyaculado la dieta alta en proteína fue la mejor (1.14 Vs 1.62 cc).

Sin embargo, para hacer más amplia la información se realiza un análisis de correlación entre las variables estudiadas (Cuadro 4.6 y 4.7) y se observa que hay correlaciones positivas entre las variables estudiadas, así como también el efecto del peso inicial y peso final sobre estas variables. El efecto del peso inicial y peso final son los que en mayor grado afectan la circunferencia escrotal, esto concuerda con lo observado por Fimbres-Durazo *et al.*, (1996), que reportan que el nivel de proteína se correlacionó positivamente con el aumento de peso y volumen de eyaculado, así como para la circunferencia escrotal. Observándose que la variable peso vivo afecto en mayor grado la circunferencia escrotal, resultados similares reportan Walkden-Brown *et al.*, (1994).

Con base en lo discutido anteriormente podemos decidir entre el rechazo o no rechazo de la segunda hipótesis, ya que como podemos observar, los

nutrientes juegan un papel muy importante en la reproducción de los machos, sobre todo si esta es deficiente en el periodo de desarrollo del animal.

CONCLUSIONES

De los resultados presentados se concluye que:

- ❖ El adicionar vitaminas del complejo B o monensina sódica a la dieta, trae como consecuencia un beneficio en el comportamiento productivo (consumo de alimento y conversión alimenticia, aunque solamente se observen diferencias numéricas e incremento diario de peso), de toretes con una dieta alta en concentrado.
- ❖ El adicionar la dieta con vitaminas del complejo B o monensina sódica no influyen sobre las características del semen y la circunferencia escrotal.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo y reproductivo de toretes Beefmaster en prueba de comportamiento, se suplementó la dieta con vitaminas del complejo B o monensina sódica; para así determinar si es factible el uso de las vitaminas del complejo B y de la monensina sódica en la alimentación de rumiantes y al mismo tiempo demostrar que el uso de las vitaminas del complejo B es necesario en rumiantes. Para tal efecto se midió el consumo de alimento por lote y los incrementos en peso, a 30 toretes de la raza Beefmaster, que fueron alimentados *ad libitum* durante un periodo de 60 días, (divididos en dos etapas de alimentación, 45 y 15 días) y donde los tratamientos a probar fueron tratamiento uno (testigo), tratamiento dos (adicionado con vitaminas B 200 g/ton.), tratamiento 3 (adicionado con monensina sódica 200 g/ton). Además se realizó al final del periodo experimental una prueba de fertilidad (características del semen) y medición de la circunferencia escrotal. Los resultados obtenidos muestran que el uso de vitaminas del complejo B o monensina sódica influyen sobre el consumo de materia seca durante la prueba de comportamiento (diferencias numéricas); los incrementos diarios de peso se ven influidos en la segunda etapa de alimentación (15 días), por el uso de estos productos, sin embargo, la

conversión alimenticia (diferencias numéricas) si se mejoró con la adición de vitaminas del complejo B o monensina sódica, esto ocasionado por los bajos consumos de alimento que se registraron durante la prueba de comportamiento. Por lo que se concluye que la suplementación de estos productos a la dieta de toretes en prueba de comportamiento y con una dieta alta en concentrado, mejora su comportamiento productivo, teniendo en cuenta que se obtienen los mismos resultados si suplementamos vitaminas del complejo B o monensina sódica. Los resultados obtenidos en la segunda parte del trabajo (características del semen y circunferencia escrotal), sugieren que la suplementación de vitaminas del complejo B o monensina sódica no influyen de manera directa sobre estas características, sin embargo, se muestra que el peso inicial y final de los animales sí influye directamente sobre la circunferencia escrotal de estos.

LITERATURA CITADA

- ARC. 1980. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureau. U.K.
- Armentano, L.E. y Young, J.W. 1983. Production and metabolism of volatile fatty acids, glucose and CO₂ in steers and the effects of monensin on volatile fatty acid kinetics. *J. Nutr.* 113:1265.
- Avila, G.E., Shimada, S.A., Llamas, G. 1990. Anabólicos y Aditivos en la Producción Pecuaria. Primera edición. Sistema de educación continua en Producción Animal. México, D.F.
- Baile, C.A., McLaughlin, C.L., Chalupa, W.V., Snyder, D.L., Pendlum, L.C., y Potter, E.L. 1982. Effects of monensin fed to replacement dairy heifers during the growing and gestation period upon growth, reproduction and subsequent lactation. *J. Dairy. Sci.* 65:1941-1944.
- Bartley, E.E., Herod, E.L., Bechtel, R.M., Sapienza, D.A. y Brent, B.E. 1979. Effect of monensin or lasalocid, with and without niacin or ampicillin, on rumen fermentation and feed efficiency. *J. Anim. Sci.* 49: 1066-1075.
- Bergen, W.G. y Bates, D.B. 1984. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. *J. Anim. Sci.* 58:1465-1483.
- Bravo, F.O. 1987. Vitaminas. Capítulo Uno. Manual de aditivos y suplementos para la alimentación animal. Segunda edición. Editado por Manual Agropecuario. México, D.F. p.p. 1-6.
- Bravo, F.O. 1987. Fisiopatología de los Minerales. Capítulo Tres. Manual de aditivos y suplementos para la alimentación animal. Segunda edición. Editado por Manual Agropecuario. México, D.F. p.p. 35-42.

- Brent, B.E. y Bartley, E.E. 1984. Thiamin and Niacin in the rumen. *J. Anim. Sci.* 59:813-822.
- Brethour, J.R. y Duitsman, W.W. 1972. En Cole, N.A., McLaren, J.B. y Irwin, M.R. 1979. Influence of pretransit feeding regimen and posttransit B-vitamin supplementation on stressed feeder steers. *J. Anim. Sci.* 49: 310-317.
- Boling, J.A., Bradley, N.W. and Campbell, L.D. 1977. Monensin levels for growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* 44:867-871.
- Byers, F.M. 1980. Determining effects of Monensin on energy value corn silage diets for beef cattle by linear or semi-log methods. *J. Anim. Sci.* 51: 158-168.
- Campblle, J.M., Murphy, M.R., Christensen, R.A. y Overton, T.R. 1994. Kinetics of niacin supplements in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:566-575.
- Cole, N.A., McLaren, J.B. y Irwin, M.R. 1979. Influence of pretransit feeding regimen and posttransit B-vitamin supplementation on stressed feeder steers. *J. Anim. Sci.* 49: 310-317.
- Cole, N.A., McLaren, J.B. y Hutcheson, D.P. 1982. Influence of preweaning and B-vitamin supplementation of the feedlot receiving diet on calves subjected to marketing and transit stress. *J. Anim. Sci.* 54:911-917.
- Chang, X., Mowat, D.N. y Mallard, B.A. 1995. Supplemental chromium and niacin for stressed feeder calves. *Canadian. J. Anim. Sci.* 75:351-358.
- Chen, M. y Wolin, M.J. 1979. Effect of monensin and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and rumen saccharolytic bacteria. *Abstrac. Appl. Environ. Microbiol.* 38:72-77.
- Church, D.C. Pond, W.G. 1987. *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. Ed. Limusa. México, D.F.
- Dennis, S.M., Nagaraja, T.G. y Bartley, E.E. 1981. Effects of lasalocid or monensin on lactate-producing or-using rumen bacteria. *J. Anim.Sci.* 52:418-426.
- Dennis, S.M., Arambel, M.J., Bartley, E.E., Riddell, D.O. y Dayton, A.D. 1982. Effect of heated or unheated soyben meal with or without niacin on rumen protozoa. *J. Dairy Sci.* 65:1643-1646.
- Derivaux, J. 1976. *Reproducción de los Animales Domésticos*. Segunda edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.p.p.389-407.

- Doreau, M. y Ottou, J.F. 1996. Influence of niacin supplementation on *in vivo* digestibility and ruminal digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:2247-2254.
- Duff, G.C., Galyean, M.L. and Branine, M.E. 1995b. Effects of adaptation to lasalocid or monensin on *in vitro* fermentation on prairie hay. *Canadian J. Anim. Sci.* 75: 417-423.
- Dufva, G.S., Bartley, E.E., Dayton, A.D. y Riddell, D.O. 1983. Effect of niacin supplementation on milk production and ketosis of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 66:2329-2336.
- Elliot, J.M., Barton, E.P. y Williams, J.A. 1979. Milk fat as related to vitamin B₁₂ status. *J. Dairy Sci.* 62:642-645.
- Fimbres, Durazo, H., Colin-Negrete, E., Gutiérrez, O., Tapia, A.J., Olivares, V.E. 1996. Efecto de la energía y proteína sobre la aptitud reproductiva de machos caprinos antes y después del empadre de otoño. *Memorias del Seminario Internacional de Actualización en Nutrición y Reproducción. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.* p.p.46-55.
- Fronk, T.J. y Schultz, L.H. 1979. Oral nicotinic acid as a treatment for ketosis. *J. Dairy Sci.* 62:1804-1807.
- Galloway, D.L., Goetsch, A.L., Patil, A., Forster, L.A. y Johnson, Z.B. 1993. Feed intake and digestion by Holstein steer calves consuming low-quality grass supplemented with lasalocid or monensin. *Canadian J. Anim. Sci.* 73: 869-879.
- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen.* Cuarta edición. México, D.F.
- Goodrich, R.D., Garriet, J.E., Gast, D.R., Kirick, M.A., Larson, D.A. y Meiske, J.C. 1984. Influence of monensin on the performance of the cattle. *J. Anim. Sci.* 58:1484-1498.
- Goering, T.B., Corah, L.R. y Higgins, J.J. 1989. Effects of energy and lasalocid on productivity of first-calf heifers. *J. Anim. Sci.* 67:1879-1888.
- Guyton, A.C. 1992. *Tratado de Fisiología.* Octava edición. Madrid, España. Editorial Interamericana-McGraw-Hill. p.p. 813-824.
- Haimoud, D.A., Vernay, M., Bayourthe, C. y Moncoulon, R. 1995. Avoparcin and monensin effects on the digestion of nutrients in dairy cows fed a mixed diet. *Canadian J. Anim. Sci.* 75: 379-385.

- Hoekstra, W.G., Pope, A.L. y Phillips, P.H. 1952. Synthesis of certain B.vitamins in the deficient sheep, with special reference to vitamin B₁₂. *Annu. Rev. Nutr.* 421-430.
- Hutjens, M. 1999. Como y cuando son o no son rentables los aditivos. *Hoard's Dairyman en Español*. Editores Agropecuarios. Año 6, número 11.
- Jaster, E.H., Bell, D.F. y McPherson, T.A. 1983. Nicotinic acid and serum metabolite concentrations of lactating dairy cows fed supplemental niacin. *Dairy Sci.* 66:1039-1045.
- Lee, R.W., Stuart, R.L., Perryman, K.R, y Ridenour, K.W. 1985. Effects of vitamin supplementation on the performance of stressed beef calves. *J. Anim. Sci.* 61 (Suppl. 1):425.
- Kennedy, D.G., Blanchflower, W.J., Scott, J.M., Weir, D.G., Molloy, A.M., Kennedy, S. y Young, P.B. 1992. Cobalt-vitamin B-12 deficiency decreases methionine synthetase activity and phospholipid methylation in sheep. *J. Nutrition.* 64:1384-1390.
- Kirk, D.J., Greene, L.W., Schelling, G.T., Ellis, W.C. y Byers, F.M. 1983. Effects of monensin on mineral metabolism in lambs. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl. 1): 446.
- Kung, L., Gubert, K. and Huber, J.T. 1980. Supplemental niacin for lactating cows fed diet on natural protein or nonprotein nitrogen. *J. Dairy Sci.* 63:2020.
- Martin, G.B. y White, C.L. 1992. Effects of dietary zinc deficiency on gonadotrophin secretion and testicular growth in young male sheep. *J. Reproduction & Fertility Ltd.* 96:0497-507.
- Martin, G.B., White, C.L., Markey, C.M. y Blackberry, M.A. 1994. Effects of dietary zinc deficiency on the reproductive system of young male sheep: testicular growth and secretion of inhibition and testosterone. *J. Reproduction and Fertility.* 101:87-96.
- McDonald, L.E. 1991. *Endocrinología Veterinaria y Reproducción*. Cuarta edición. Impreso en México. Editorial Interamericana-McGraw-Hill. p.p 253-293.
- Mir, P.S. y Mir, Z. 1994. Effect of live-yeast culture and lasalocid supplementation on performance of growing-finishing steers fed alfalfa-silage, corn-silage and high-grain diets sequentially. *Canadian J. Anim. Sci.* 74:563-566.

- Nagaraja, T.G., Avery, T.B., Bartley, E.E., Roof, S.K. y Dayton, A.D. 1982. Effect of lasalocid, monensin or thiopeptin on lactic acidosis in cattle. *J. Anim. Sci.* 54:649-656.
- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Sexta edición revisada. National Academy Press. Washington, D.C.
- Olivares, V.E. 1994. Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía. UANL. Marín, N.L.
- Overfiel, J.R. y Hatfield, E.E. 1976. Dietary niacin for steers fed high grain diets. *J. Anim. Sci.* 43:329. (Abstr.)
- Poos, M.I., Hanson, T.L. y Klopfenstein, T.J. 1979. Monensin effects on diet digestibility, ruminal protein bypass and microbial protein synthesis. *J. Animal Sci.* 48:1516-1522.
- Potter, E.L., Muller, R.D., Wray, M.I., Carroll, L.H. y Meyer, R.M. 1986. Effect of monensin on the performance of cattle pasture or fed harvested forage in confinement. *J. Anim. Sci.* 62:583-592.
- Ramírez, A.S. 1997. Comportamiento Productivo de Borregos de Engorda Suplementados con Monensina y/o Vitaminas del Complejo B. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Raun, A.P., Cooley, C.O., Potter, E.L., Rathmacher, R.P. y Richardson, L.F. 1976. Effect of monensin on feed efficiency of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 43:670-676.
- Rekwot, P.Y., Oyedipe, E.O., Akerejola, O.O. y Kumi-Diaka, J. 1988. The Effect of protein intake on body weight, scrotal circumference and semen production of Bunaji bulls and their Friesian crosses in Nigeria. *Anim. Reproduction. Sci.* 16:1-12.
- Richardson, L.F., Raun, A.P., Potter, E.L., Cooley, C.O. y Rathmacher, R.P. 1976. Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. *J. Anim. Sci.* 43:657-665.
- Riddell, D.O., Bartley, E.E. y Dayton, A.D. 1980. Effect of nicotinic acid on rumen fermentation in vitro and in vivo. *J. Dairy Sci.* 63:1429-1436.
- Rodriguez, M.D., Urbina, P.J., García, C.R. y Morones, R.R. 1996. Efecto de la suplementación de zinc en el comportamiento reproductivo de sementales caprinos. Memorias del Seminario Internacional de Actualización en Nutrición y Reproducción. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p.p.56-63.

- Russell, J.B. y Strobell, H.J. 1988. Effects of additives on in vitro ruminal fermentation a comparison of monensin and bacitracin another gram-positive antibiotic. *J. Anim. Sci.* 66:552-558.
- Schelling, G.T. 1984. Monensin mode of action in the rumen. *J. Anim. Sci.* 58:1518-1527.
- Sorensen, A.M. 1982. *Reproducción Animal. Principios y prácticas.* Editorial McGraw-Hill. Impreso en México. p.p. 108-145.
- Sprott, L.R., Goehring, T.B., Beverly, J.R. y Corah, L.R. 1988. Effects of ionophores on cow herd production. *J. Anim. Sci.* 66:1340-1346.
- Thornton, J.H. y Owens, F.W. 1981. Monensin supplementation and in vivo methane production by steers. *J. Anim. Sci.* 53: 628-634.
- Van Nevel, C.J. and Demeyer, D.I. 1988. Manipulation of rumen fermentation. En: Hobson, P.N. *The rumen microbial ecosystem.* Elsevier Science Publishers. Elsevier Applied Science, London. U.K. and New York, USA.
- Vijchulata, P., Henry, P.R., Ammerman, C.B., Becker, H.N. y Palmer, A.Z. 1980. Performance and tissue mineral composition of ruminants fed cage layer manure in combination with monensin. *J. Anim. Sci.* 50:48-56.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J. y Martin, G.B. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *J. Reproduction and Fertility.* 102:351-360.
- Walker, C.K. and Elliot, J.M. 1972. Lactational trends in vitamin B12 status on conventional and restricted roughage rations. *J. Dairy. Sci.* 55.
- Wampler, J.L., Martin, S.A. and Hill, G.M. 1998. Effects of laidlomycin propionate and monensin on glucose utilization and nutrient transport by *Streptococcus bovis* and *Selenomonas ruminantium*. *J. Anim. Sci.* 76:2730-2736.
- Waterman, R. y Schultz, L.H. 1972. Nicotinic acid treatment of bovine ketosis. II. Effects on long-chain fatty acid compositions of plasma lipid fractions. *J. Dairy Sci.* 55:1454-1460.
- Wedegaertner, T.C. y Johnson, D.E. 1983. Monensin effects on digestibility, methanogenesis and heat increment of a cracked com-silage diet fed for steers. *J. Anim. Sci.* 57:168-176.

- Zinn, R.A., Owens, F.N., Stuart, R.L., Dunbar, J.R. y Norman, B.B. 1987. B-vitamin supplementation of diets for feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 65:267-277.
- Zinn, R.A. y Borques, J.L. 1993. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, high-energy growing-finishing diet by feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 71:18-25.
- Zinn, R.A., Plascencia, A. y Barajas, R. 1994. Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. *J. Anim. Sci.* 72:2209-2215.

APÉNDICE

APÉNDICE A

ANÁLISIS DE COVARIANZA PARA INCREMENTO DIARIO DE PESO

Cuadro A.1. Datos de los tratamientos para incremento en peso de la primera etapa (45 días).

TRATAMIENTOS	Datos						
1 (T)	1.977	2.000	1.289	2.156	2.222	2.622	1.644
	1.489	2.133	2.200				
2 (V)	1.644	1.800	1.778	1.356	2.356	1.978	1.978
	2.244	1.911	1.978				
3 (M)	1.578	2.667	1.800	2.067	2.089	1.844	2.889
	1.756	2.444	2.911				

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro A.2. Tabla se suma de cuadrados y productos cruzados.

	XX	XY	YY
Tratamientos	163.500000	4.350586	0.499504
Error	20189.250000	63.263672	4.294304
T+E	20352.750000	67.614258	4.793808

Cuadro A.3. Análisis de covarianza para incremento en peso de la primera etapa (45 días).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Covariable	1	0.198239	0.198239	1.2583	0.272
Tratamientos	2	0.473120	0.236560	1.5016	0.240
Error	26	4.096065	0.157541		
Total	29	4.767424			

C.V. 19.584587%

Estimador Del coeficiente de regresión $\beta_1=0.00313$

Cuadro A.4. Medias de los tratamientos para incremento en peso primer etapa (45 días).

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA	MEDIA AJUSTADA
1 (T)	10	1.973200	1.965993 a
2 (V)	10	1.902300	1.912327 a
3 (M)	10	2.20400	2.201679 a

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro A.5. Datos de los tratamientos para incremento en peso de la segunda etapa (15 días).

TRATAMIENTOS	Datos						
1 (T)	1.800	1.533	1.800	1.533	1.067	1.133	2.067
	1.733	2.333	1.667				
2 (V)	2.733	2.933	1.800	2.267	2.600	2.267	2.667
	2.667	2.200	1.667				
3 (M)	2.467	1.733	1.867	2.000	2.800	1.867	1.667
	1.467	1.667	2.000				

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro A.6. Tabla se suma de cuadrados y productos cruzados.

	XX	XY	YY
Tratamientos	163.500000	-20.250977	2.577927
Error	20189.250000	-81.017578	4.319633
T+E	20352.750000	-101268555	6.897560

Cuadro A.7. Análisis de covarianza para incremento en peso de la segunda etapa (15 días).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Covariable	1	0.325116	0.325116	2.1162	
Tratamientos	2	2.399164	1.199582	7.8080	0.154
Error	26	3.994518	0.153635		0.003
Total	29	6.718797			

C.V. 19.597515%

Estimador Del coeficiente de regresión $\beta_1=0.00401$

Cuadro A.8. Medias de los tratamientos para incremento en peso de la segunda etapa (15 días).

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA	MEDIA AJUSTADA
1 (T)	10	1.666600	1.675830 b
2 (V)	10	2.380100	2.367259 a
3 (M)	10	1.953500	1.957112 ab

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro A.9. Datos de los tratamientos para incremento en peso de la etapa completa de alimentación (60 días).

TRATAMIENTOS	Datos						
1 (T)	1.933	1.883	1.500	2.000	1.933	2.250	1.750
	1.550	2.183	2.067				
2 (V)	1.916	2.083	1.783	1.583	2.416	2.050	2.150
	2.350	1.983	1.900				
3 (M)	1.800	2.433	1.816	2.050	2.267	1.850	2.583
	1.683	2.250	2.683				

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro A.10. Tabla se suma de cuadrados y productos cruzados.

	XX	XY	YY
Tratamientos	163.500000	-1.598633	0.279938
Error	20189.250000	23.85356	2.235664
T+E	20352.750000	22.254883	

Cuadro A.11. Análisis de covarianza para incremento en peso de la etapa completa de alimentación (60 días).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Covariable	1	0.032755	0.032755	0.41143	0.532
Tratamientos	2	0.287549	0.143774	1.8187	0.181
Error	26	2.055441	0.079055		
Total	29	2.375743			

C.V. 13.963448%

Estimador Del coeficiente de regresión $\beta_1=0.00127$

Cuadro A.12. Medias de los tratamientos para incremento en peso de la etapa completa de alimentación (60 días).

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA	MEDIA AJUSTADA
1 (T)	10	1.904900	1.901970 a
2 (V)	10	2.201400	1.998476 a
(M)	10	2.141500	2.140354 a

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

APÉNDICE B

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA
CARACTERÍSTICAS SEMINALES Y
CIRCUNFERENCIA ESCROTAL

Cuadro B.1. Datos de los tratamientos para la variable circunferencia escrotal.

TRATAMIENTOS	DATOS				
1 (T)	36.0000	32.0000	31.0000	30.0000	37.0000
	36.0000	35.0000	34.0000	35.0000	34.0000
2 (V)	33.0000	34.0000	35.0000	37.0000	33.0000
	33.0000	33.0000	34.0000	33.0000	30.0000
3 (M)	34.0000	32.0000	34.0000	38.0000	35.0000
	37.0000	33.0000	38.0000	35.0000	30.0000

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro B.2. Análisis de varianza para la variable circunferencia escrotal.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	2	6.066406	3.033203	0.5982	0.562
Error	27	136.898438	5.070313		
Total	29	142.964844			

C.V. 6.62%

Cuadro B.3. Medias de los tratamientos para la variable circunferencia escrotal.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1 (T)	10	34.000000
2 (V)	10	33.500000
3 (M)	10	34.599998

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro B.4. Datos de los tratamientos para la variable volumen de eyaculado.

TRATAMIENTOS	DATOS					
1 (T)	15.0000	5.5000	4.0000	7.0000	10.0000	7.0000
	7.0000	6.0000	14.5000			
2 (V)	3.5000	3.5000	5.0000	4.0000	3.0000	8.0000
	4.0000	9.0000	4.0000			
3 (M)	6.0000	2.0000	6.0000	7.0000	15.0000	6.0000
	10.0000	7.5000	4.0000			

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro B.5. Análisis de varianza para la variable volumen de eyaculado.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	2	60.100464	30.050232	2.5887	0.095
Error	23	266.986084	11.608090		
Total	25	327.086548			

C.V. 50.19%

Cuadro B.6. Medias de los tratamientos para la variable volumen de eyaculado.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1 (T)	8	8.625000
2 (V)	9	4.888889
3 (M)	9	7.055555

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro B.7. Datos de los tratamientos para la variable % motilidad espermática.

TRATAMIENTOS	DATOS				
1 (T)	60.0000	63.4400	53.7300	53.7300	55.5500
	33.2100	63.44000	60.0000		
2 (V)	56.7900	56.7900	56.79000	60.0000	63.4400
	63.4400	63.4400	45.0000		
3 (M)	56.7900	33.2100	60.0000	63.4400	42.1300
	45.0000	30.0000	63.4400	45.000	

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.
Transformados Arcoseno

Cuadro B.8. Análisis de varianza para la variable % de motilidad espermática.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	2	402.429688	201.214844	1.9911	0.159
Error	22	2223.203125	101.054688		
Total	24	2625.632813			

C.V. 18.65%

Cuadro B.9. Medias de los tratamientos para la variable % de motilidad espermática.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1 (T)	8	55.387497
2 (V)	8	58.211250
3 (M)	9	48.778889

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro B.10. Datos de los tratamientos para la variable concentración de espermatozoides en millones/ml.

TRATAMIENTOS	DATOS				
1 (T)	410.0000	210.0000	90.0000	380.0000	270.0000
	180.0000	60.0000	530.0000		
2 (V)	440.0000	310.0000	190.0000	330.0000	
	520.0000	230.0000	510.0000	2.0000	
3 (M)	140.0000	50.0000	240.0000	250.0000	570.0000
	470.0000	210.0000	420.0000	210.0000	

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro B.11. Análisis de varianza para la variable concentración de espermatozoides en millones/ml.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	2	10376.875000	5188.437500	0.1816	0.836
Error	22	628535.750000	28569.80664		
Total	24	638912.625000			

C.V. 58.51%

Cuadro B.12. Medias de los tratamientos para la variable concentración de espermatozoides en millones/ml.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1 (T)	8	266.250000
2 (V)	8	316.500000
3 (M)	9	284.444458

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro B.13. Datos de los tratamientos para la variable porcentaje de espermatozoides vivos.

TRATAMIENTOS	DATOS				
1 (T)	68.8700	64.1600	72.5400	68.8700	56.7900
	60.6700	72.5400	73.5700		
2 (V)	73.5700	64.1600	61.3400	72.5400	66.42000
	74.6600	69.7300	53.7300		
3 (M)	68.0300	39.8200	64.1600	64.1600	37.4700
	80.0200	50.7700	69.7300	61.3400	

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.
 Datos transformados Arcoseno.

Cuadro B.14. Análisis de varianza para la variable porcentaje de espermatozoides vivos.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	2	336.000000	168.000000	1.6693	0.210
Error	22	2214.070313	100.639557		
Total	24	2550.070313			

C.V. 15.58%

Cuadro B.15. Medias de los tratamientos para la variable porcentaje de espermatozoides vivos.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1 (T)	8	67.251251
2 (V)	8	67.018753
3 (M)	9	59.500000

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro B.16. Datos de los tratamientos para la variable porcentaje de espermatozoides muertos.

TRATAMIENTOS	DATOS				
1 (T)	21.1300	25.8400	17.4600	21.1300	33.2100
	29.3300	17.4600	16.4300		
2 (V)	16.4300	25.8400	28.6600	17.4600	23.5800
	15.3400	20.2700	36.2700		
3 (M)	21.9700	50.1800	25.8400	25.8400	52.5300
	3.1400	39.2300	20.2700	28.6600	

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Datos transformados Arcoseno.

Cuadro B.17. Análisis de varianza para la variable porcentaje de espermatozoides muertos.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	2	272.469727	136.234863	1.1817	0.326
Error	22	2536.366211	115.289375		
Total	24	2808.835938			

C.V. 42.37%

Cuadro B.18. Medias de los tratamientos para la variable porcentaje de espermatozoides muertos.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1 (T)	8	22.748749
2 (V)	8	22.981251
3 (M)	9	29.740000

T= Testigo. V= Vitaminas B. M= Monensina sódica.

Cuadro B.19. Datos de los tratamientos para la variable morfología en porcentaje de anomalías de 1ª.

TRATAMIENTOS	DATOS					
1 (T)	0.3010	0.4770	0.3010	0.6980	0.8450	0.7780
	0.3010	0.4770				
2 (V)	0.4770	0.9540	0.6980	0.7780	0.3010	0.4770
	0.4770	0.1000				
3 (M)	0.3010	0.8450	0.6020	0.6020	0.3010	0.4770
	1.1130	0.4770	0.7780			

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Datos transformados con logaritmo.

Cuadro B.20. Análisis de varianza para la variable morfología en porcentaje de anomalías de 1ª.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	2	0.040280	0.020140	0.3099	0.741
Error	22	1.429545	0.064979		
Total	24	1.469826			

C.V. 45.73%

Cuadro B.21. Medias de los tratamientos para la variable morfología en porcentaje de anomalías de 1ª.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1 (T)	8	0.522250
2 (V)	8	0.532750
3 (M)	9	0.610667

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro B.22. Datos de los tratamientos para la variable morfología en porcentaje de anomalías de 2ª.

TRATAMIENTOS	DATOS					
1 (T)	0.9540	0.3010	0.6020	1.0000	0.9030	0.9030
	0.6020	0.6980				
2 (V)	1.0000	0.3010	1.2300	0.6020	0.6980	0.6980
	0.9030	1.5050				
3 (M)	0.9030	0.9540	0.6020	1.1460	1.0000	1.1130
	1.7240	1.2040	1.3800			

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Datos transformados con logaritmo.

Cuadro B.23. Análisis de varianza para la variable morfología en porcentaje de anomalías de 2ª.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	2	0.604818	0.302409	3.0219	0.068
Error	22	2.201616	0.100073		
Total	24	2.806435			

C.V. 34.50%

Cuadro B.24. Medias de los tratamientos para la variable morfología en porcentaje de anomalías de 2ª.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIA
1 (T)	8	0.745375
2 (V)	8	1.867125
3 (M)	9	1.114000

T= Testigo, V= Vitaminas B, M= Monensina sódica.

Cuadro B.25. Datos de coeficientes de correlación entre circunferencia escrotal y las características seminales.

X 1	X 2	X 3	X 4	X 5	X 6	X 7	X 8
36.000	15.000	60.000	410.000	68.870	21.130	0.301	0.954
32.000	5.500	63.440	210.000	64.160	25.840	0.477	0.301
31.000	4.000	53.730	90.000	72.540	17.460	0.301	0.602
37.000	7.000	53.730	380.000	68.870	21.130	0.698	1.000
36.000	10.000	55.550	270.000	56.790	33.210	0.845	0.903
36.000	7.000	33.210	180.000	60.670	29.330	0.778	0.903
35.000	6.000	63.440	60.000	72.540	17.460	0.301	0.602
34.000	14.000	60.000	530.000	73.570	16.430	0.477	0.698
33.000	3.500	56.790	440.000	73.570	16.430	0.477	1.000
35.000	3.500	56.790	310.000	64.160	25.840	0.954	0.301
37.000	5.000	56.790	190.000	61.340	28.660	0.698	1.230
33.000	4.000	60.000	330.000	72.540	17.460	0.778	0.602
33.000	8.000	63.440	520.000	66.420	23.580	0.301	0.698
34.000	4.000	63.440	230.000	74.660	15.340	0.477	0.698
33.000	9.000	63.440	510.000	69.730	20.270	0.477	0.903
30.000	4.000	45.000	2.000	53.730	36.270	0.204	1.505
34.000	6.000	56.790	140.000	68.030	21.970	0.301	0.903
32.000	2.000	33.210	50.000	39.820	50.180	0.845	0.954
34.000	6.000	60.000	240.000	64.160	25.840	0.602	0.602
38.000	7.000	63.440	250.000	64.160	25.840	0.602	1.146
35.000	15.000	42.130	570.000	37.470	52.530	0.301	1.000
37.000	6.000	45.000	470.000	80.020	3.140	0.477	1.113
33.000	10.000	30.000	210.000	50.770	39.230	1.113	1.724
38.000	7.500	63.440	420.000	69.730	20.270	0.477	1.204
35.000	4.000	45.000	210.000	61.340	28.660	0.778	1.338

Variable 1 = Circunferencia escrotal (cm).

Variable 2 = Volumen de eyaculado (ml).

Variable 3 = Motilidad de espermatozoides (%)

Variable 4 = Concentración de espermatozoides (millones/ml).

Variable 5 = Espermatozoides vivos (%).

Variable 6 = Espermatozoides muertos (%).

Variable 7 = Morfología, anomalías de 1ª (%).

Variable 8 = Morfología, anomalías de 2ª (%).

NS = Correlación no significativa al nivel de 0.05

*= Correlación significativa al nivel de 0.05

**= Correlación significativa al nivel de 0.01

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y SIGNIFICANCIA

R (1 2) = 0.2757 NS
R (1 3) = 0.1459 NS
R (1 4) = 0.3229 NS
R (1 5) = 0.1764 NS
R (1 6) = 0.1998 NS
R (1 7) = 0.1986 NS
R (1 8) = 0.1651 NS

R (2 3) = 0.0304 NS
R (2 4) = 0.5928 **
R (2 5) = 0.1421 NS
R (2 6) = 0.1422 NS
R (2 7) = 0.1941 NS
R (2 8) = 0.1203 NS

R (3 4) = 0.2696 NS
R (3 5) = 0.6368 **
R (3 6) = 0.5843 **
R (3 7) = 0.4275 *
R (3 8) = 0.5318 **

R (4 5) = 0.2228 NS
R (4 6) = 0.2415 NS
R (4 7) = 0.1312 NS
R (4 8) = 0.0829 NS

R (5 6) = 0.9928 **
R (5 7) = 0.2850 NS
R (5 8) = 0.3429 NS

R (6 7) = 0.2808 NS
R (6 8) = 0.3114 NS

R (7 8) = 0.1562 NS

CUADRO B.26. Datos de peso inicial, peso final, características seminales y circunferencia escrotal, para coeficientes de correlación.

X 1	X 2	X 3	X 4	X 5	X 6	X 7	X 8	X 9	X 10
266.000	382.000	36.000	15.000	60.000	410.000	68.870	21.130	0.301	0.954
268.000	381.000	32.000	5.500	63.440	210.000	64.160	25.840	0.477	0.301
230.000	320.000	31.000	4.000	53.730	90.000	72.540	17.460	0.301	0.602
300.000	416.000	37.000	7.000	53.730	380.000	680870	21.130	0.698	1.000
283.000	418.000	36.000	10.000	55.550	270.000	56.790	33.210	0.845	0.903
295.000	388.000	34.000	7.000	33.210	180.000	60.670	29.330	0.778	0.903
276.000	407.000	35.000	6.000	63.440	60.000	72.540	17.460	0.301	0.602
307.000	431.000	34.000	14.500	60.000	530.000	73.570	16.430	0.477	0.698
276.000	383.000	33.000	3.500	56.790	440.000	73.570	16.430	0.477	1.000
255.000	380.000	35.000	3.500	56.790	310.000	64.160	25.840	0.954	0.301
311.000	440.000	37.000	5.000	56.790	190.000	61.340	28.660	0.698	1.230
314.000	428.000	33.000	4.000	60.000	330.000	72.540	17.460	0.778	0.602
280.000	399.000	33.000	8.000	63.440	520.000	66.420	23.580	0.301	0.698
224.000	365.000	34.000	4.000	63.440	230.000	74.660	15.340	0.477	0.698
242.000	357.000	33.000	9.000	63.440	510.000	69.730	20.270	0.477	0.903
226.000	321.000	30.000	4.000	45.000	2.000	53.730	36.270	0.204	1.505
268.000	403.000	34.000	6.000	56.790	140.000	68.030	21.970	0.301	0.903
274.000	375.000	32.000	2.000	33.210	50.000	39.820	50.180	0.845	0.954
230.000	385.000	34.000	6.000	60.000	240.000	64.160	25.840	0.602	0.602
295.000	441.000	38.000	7.000	63.440	250.000	64.160	25.840	0.602	1.146
272.000	383.000	35.000	15.000	42.130	570.000	37.470	52.530	0.301	1.000
266.000	375.000	37.000	6.000	45.000	470.000	80.020	3.140	0.477	1.113
280.000	441.000	33.000	10.000	30.000	210.000	50.770	39.230	1.113	1.724
282.000	418.000	38.000	7.500	63.440	420.000	69.730	20.270	0.477	1.204
291.000	414.000	35.000	4.000	45.000	210.000	61.340	28.660	0.778	1.308

Datos transformados a Arcoseno (X 5, X 7 y X 8), a Logaritmo (X 9 y xX10), datos no transformados (X 1, X 2, X 3 , X 4 y X 6).

Variable 1 = peso inicial, Variable 2 = peso final, Variable 3 = circunferencia escrotal, Variable 4 = volumen de eyaculado, Variable 5 = motilidad espermática, Variable 6 = concentración de espermatozoides, Variable 7 = espermatozoides vivos, Variable 8 = espermatozoides muertos, Variable 9 = morfología anormalidades de 1ª, Variable 10 = morfología anormalidades de 2ª.

NS = Correlación no significativa al nivel de 0.05

*= Correlación significativa al nivel de 0.05

**= Correlación significativa al nivel de 0.01

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y SIGNIFICANCIA

R (1 2) = 0.8317 **
 R (1 3) = 0.4634 *
 R (1 4) = 0.2044 NS
 R (1 5) = 0.0774 NS
 R (1 6) = 0.2352 NS
 R (1 7) = 0.0321 NS
 R (1 8) = 0.0371 NS
 R (1 9) = 0.3866 NS
 R (1 10) = 0.1676 NS

R (2 3) = 0.6049 **
 R (2 4) = 0.2569 NS
 R (2 5) = 0.0847 NS
 R (2 6) = 0.2026 NS
 R (2 7) = 0.0025 NS
 R (2 8) = 0.0177 NS
 R (2 9) = 0.4821 *
 R (2 10) = 0.2100 NS

R (3 4) = 0.2782 NS
 R (3 5) = 0.2261 NS
 R (3 6) = 0.3530 NS
 R (3 7) = 0.1927 NS
 R (3 8) = 0.2167 NS
 R (3 9) = 0.1650 NS
 R (3 10) = 0.1689 NS

R (4 5) = 0.0304 NS
R (4 6) = 0.5928 **
R (4 7) = 0.1421 NS
R (4 8) = 0.1422 NS
R (4 9) = 0.1941 NS
R (4 10) = 0.1153 NS

R (5 6) = 0.2696 NS
R (5 7) = 0.6368 **
R (5 8) = 0.5843 **
R (5 9) = 0.4275 *
R (5 10) = 0.5323 **

R (6 7) = 0.2228 NS
R (6 8) = 0.2415 NS
R (6 9) = 0.1312 NS
R (6 10) = 0.0847 NS

R (7 8) = 0.9928 **
R (7 9) = 0.2850 NS
R (7 10) = 0.3421 NS

R (8 9) = 0.2808 NS
R (8 10) = 0.3109 NS

R (9 10) = 0.1598 NS