

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE BORREGOS
DE ENGORDA SUPLEMENTADOS CON MONENSINA
Y/O VITAMINAS DEL COMPLEJO B

SERVANDO RAMIREZ ALVARADO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN NUTRICION ANIMAL

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



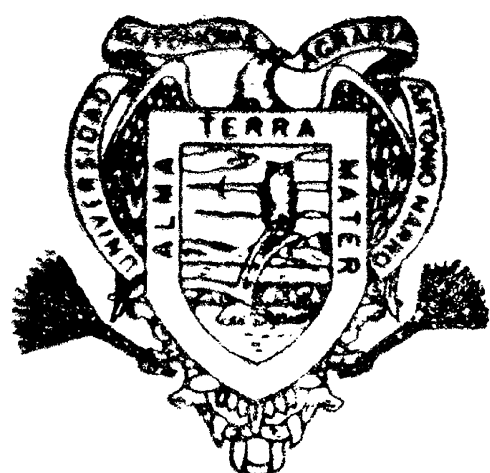
B I B L I O T E C A

**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

MAYO DE 1997

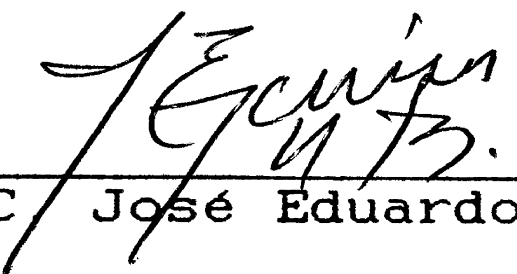


Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

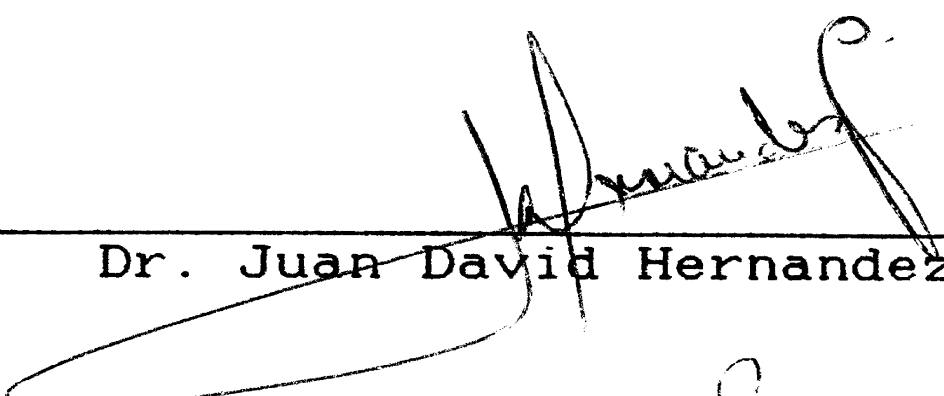
MAESTRO EN CIENCIAS EN
NUTRICION ANIMAL

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:



Ing. MC José Eduardo García Martínez

Asesor:


Dr. Juan David Hernández Bustamante

Asesor:


Ing. MC. Regino Morones Reza


Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez

Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mayo 1997

COMPENDIO

Comportamiento Productivo de Borregos de Engorda
Suplementados con Monensina y/o Vitaminas del Complejo B.

POR

SERVANDO RAMIREZ ALVARADO

MAESTRIA

NUTRICION ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAYO 1997.

Ing. MC. J. Eduardo García Martínez - Asesor -

Palabras clave: Monensina, vitaminas del complejo B,
rumiantes, borregos, engorda.

Durante un período de 56 días el cual fue dividido
en dos etapas de 28 días, se midió el consumo de materia

seca, los incrementos de peso diario y la conversión alimenticia a 16 borregos hembras alimentadas *ad libitum*. Con el objeto de evaluar el comportamiento productivo de borregos de engorda al suplementar la dieta con monensina sódica y/o vitaminas del complejo B; determinar la factibilidad de usar vitaminas del complejo B en sustitución de la monensina sódica y demostrar que la adición de estas vitaminas en la dieta de rumiantes es necesaria. El uso de las vitaminas no influyó ($P > .05$) sobre el consumo de alimento en ninguna de las dos etapas de alimentación, viéndose afectada esta variable por la monensina sódica ($P < .05$) durante la segunda etapa con un incremento en el consumo de 11 por ciento. Los incrementos de peso fueron mayores ($P < .05$) con el uso de la monensina, las vitaminas del complejo B o ambas comparados con el tratamiento testigo en 75 g/d, 51 g/d y 41 g/d respectivamente. Se mejoró la conversión alimenticia ($P < .05$) en un 33.5 por ciento con el uso de la monensina, en un 26.8 por ciento cuando sólo se usó vitaminas del complejo B y en un 21.6 por ciento cuando los dos productos fueron utilizados simultáneamente.

ABSTRACT

Productive behavior of Feedlot Sheep Fed With Monensin and/or Vitamins of B Complex.

BY

SERVANDO RAMIREZ ALVARADO

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL NUTRITION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAY 1997.

Ing. MC. J. Eduardo García Martínez - Advisor -

Key Words: Monensin, vitamins of B complex, ruminants, sheep, feedlot.

During a 56 day period, which was divided into two 28 day stages, the dry matter intake, the daily gain, and

the feed efficiency were measured on 16 female sheep fed *ad libitum*. With the object of evaluating the productive behavior of fedlot sheep when adding the sodic monensin and/or vitamins of B complex to the diet; to determine the factibility of using vitamins of B complex instead of sodic monensin, and to show that the addition of these vitamins into the ruminant diet is necessary. During the two feeding stages, the use of vitamins did not have the influence ($P > .05$) on the dry matter intake. This variable was affected by the sodic monensin ($P < .05$) during the second stage, with an 11 percent increment of the feed consumption. The daily gain was bigger ($P < .05$) because of the use of monensin, vitamins of B complex or both compared to control by 75 g/d, 51 g/d and 41 g/d respectively. The feed efficiency was improved ($P < .05$) by 25 percent with the use of monensin, 26.8 percent when vitamins of B complex were added and 21.6 percent when both products were used simultaneously.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	5
FISIOLOGIA DEL RUMEN	5
MODIFICACION DEL PATRON DE FERMENTACION DEL RUMEN	7
IONOFOROS	9
MODO DE ACCION DE LOS IONOFOROS .	11
EFECTO DE LOS IONOFOROS SOBRE LOS MICROORGANISMOS DEL RUMEN	13
MONENSINA	17
USO DE VITAMINAS DEL COMPLEJO B EN LA ALIMENTACION DE RUMIANTES	20
USO DE NIACINA	22
NIACINA EN CORDEROS	23
NIACINA EN GANADO DE CARNE	24
NIACINA EN GANADO LECHERO	26
NIACINA Y SU RELACION CON LA CETOSIS	27

	EFEECTO DE LA NIACINA	
	SOBRE LA FERMENTACION	
	RUMINAL	28
	INTERACCION ENTRE IONOFOROS Y VITAMINAS	
	DEL COMPLEJO B	30
MATERIALES Y METODOS		32
	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	32
	ANIMALES UTILIZADOS	32
	VARIABLES ESTUDIADAS	33
	TRATAMIENTOS Y ANALISIS ESTADISTICO DE	
	LOS RESULTADOS	33
	ANALISIS DE INGREDIENTES Y DIGESTIBILIDAD	
	DE LA DIETA BASE	35
RESULTADOS		38
	CONSUMO DE ALIMENTO	38
	INCREMENTO DE PESO	42
	CONVERSION ALIMENTICIA	45
	DIGESTIBILIDAD DE LAS DIETAS	47
DISCUSION		51
CONCLUSIONES		60
RESUMEN		61
LITERATURA CITADA		63
APENDICE		69

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1.	ADITIVOS IONOFOROS EMPLEADOS COMO MODULADORES DE LA FERMENTACION RUMINAL Y SU SITIO DE ACCION	10
3.1.	DISEÑO DE LOS TRATAMIENTOS QUE SE EVALUARON EN LA ENGORDA DE BORREGOS	34
3.2.	MEZCLA DE VITAMINAS DEL COMPLEJO B ADICIONADA A LA DIETA DE BORREGOS EN ENGORDA	34
3.3.	ANALISIS PROXIMAL DE LOS INGREDIENTES EMPLEADOS EN LA ELABORACION DE LA DIETA BASE PARA PROBAR EL EFECTO DE LA MONENSINA SODICA Y LAS VITAMINAS DEL COMPLEJO B	36
3.4.	COMPOSICION DE LA DIETA A LA CUAL SE ADICIONO MONENSINA SODICA Y/O VITAMINAS DEL COMPLEJO B	37
4.1.	TOTAL DE ALIMENTO CONSUMIDO PARA CADA ETAPA Y EL PERIODO TOTAL DE ALIMENTACION (KG DE MATERIA SECA) POR BORREGOS DE ENGORDA SUPLEMENTADOS A DIFERENTES NIVELES DE MONENSINA SODICA Y VITAMINAS DEL COMPLEJO B	39

- 4.2. CONSUMO DIARIO PROMEDIO PARA CADA ETAPA Y EL PERIODO TOTAL DE ALIMENTACION (KG DE MATERIA SECA/DIA) REGISTRADO POR BORREGOS DE ENGORDA SUPLEMENTADOS A DIFERENTES NIVELES DE MONENSINA SODICA Y VITAMINAS DEL COMPLEJO B
- 4.3. CONSUMO DIARIO PROMEDIO PARA CADA ETAPA Y EL PERIODO TOTAL DE ALIMENTACION EXPRESADO COMO PORCENTAJE DEL PESO VIVO, REGISTRADO POR BORREGOS DE ENGORDA SUPLEMENTADOS A DIFERENTES NIVELES DE MONENSINA SODICA Y VITAMINAS DEL COMPLEJO B
- 4.4. INCREMENTOS DE PESO TOTALES (KG) PARA CADA UNA DE LAS ETAPAS Y EL PERIODO TOTAL DE ALIMENTACION REGISTRADOS POR BORREGOS DE ENGORDA SUPLEMENTADOS A DIFERENTES NIVELES DE MONENSINA SODICA Y VITAMINAS DEL COMPLEJO B
- 4.5. INCREMENTOS DE PESO DIARIO PROMEDIO (KG) PARA CADA UNA DE LAS ETAPAS Y EL PERIODO TOTAL DE ALIMENTACION REGISTRADO POR BORREGOS DE ENGORDA SUPLEMENTADOS A DIFERENTES NIVELES DE MONENSINA SODICA Y VITAMINAS DEL COMPLEJO B
- 4.6. CONVERSION ALIMENTICIA (KG M.S./KG DE INCREMENTO), PARA CADA UNA DE LAS ETAPAS Y

EL PERIODO TOTAL DE ALIMENTACION,
REGISTRADA POR BORREGOS DE ENGORDA
SUPLEMENTADOS A DIFERENTES NIVELES DE
MONENSINA SODICA Y VITAMINAS DEL COMPLEJO
B

4.7. COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE
LA MS, FDN Y FDA (%) DE LA DIETA BASE CON
DIFERENTES NIVELES DE MONENSINA SODICA Y
VITAMINAS DEL COMPLEJO B UTILIZADA EN LA
ALIMENTACION DE BORREGOS DE ENGORDA

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
4.1.	EFECTO DE LA MONENSINA SODICA ADICIONADA A LA DIETA DE CORDEROS EN ENGORDA, SOBRE EL CONSUMO PROMEDIO DIARIO DE ALIMENTO EN CADA ETAPA DE ALIMENTACION Y EL PERIODO TOTAL	42
4.2.	INCREMENTO DE PESO DIARIO PROMEDIO REGISTRADO POR BORREGOS ALIMENTADOS A DIFERENTES NIVELES DE MONENSINA SODICA Y VITAMINAS DEL COMPLEJO B PARA CADA ETAPA Y EL PERIODO TOTAL DE ALIMENTACION	45
4.3.	CONVERSION ALIMENTICIA, PARA CADA UNA DE LAS ETAPAS Y EL PERIODO TOTAL DE ALIMENTACION, REGISTRADA POR BORREGOS DE ENGORDA SUPLEMENTADOS A DIFERENTES NIVELES DE MONENSINA SODICA Y VITAMINAS DEL COMPLEJO B	47
4.4.	DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i> DE LA MS, FDN Y FDA (%) DE LA DIETA BASE CON DIFERENTES NIVELES DE MONENSINA SODICA Y VITAMINAS DEL COMPLEJO B UTILIZADA EN LA ALIMENTACION DE BORREGOS DE ENGORDA	50

5.1.	INTERACCION DE LOS EFECTOS SIMPLES (VITAMINA B X MONENSINA) PARA EL INCREMENTO DE PESO PROMEDIO DIARIO REGISTRADO POR BORREGOS DE ENGORDA DURANTE TODO EL PERIODO DE ALIMENTACION	53
5.2.	INTERACCION DE LOS EFECTOS SIMPLES (VITAMINA B X MONENSINA) PARA LA CONVERSION ALIMENTICIA REGISTRADA POR BORREGOS DE ENGORDA DURANTE TODO EL PERIODO DE ALIMENTACION	54

INTRODUCCION

En rumiantes, la energía requerida para llevar a cabo sus funciones de mantenimiento y producción es obtenida en su mayor parte de los ácidos grasos volátiles, principales productos finales de la fermentación llevada a cabo por los microorganismos del rumen. Pero además de dichos ácidos, las fermentaciones anaeróbicas que tienen lugar en el rumen, producen una cantidad excesiva de gases, siendo estos el dióxido de carbono, el metano, el nitrógeno y cantidades traza de oxígeno e hidrógeno (Church y Pond, 1987).

El metano, que tiene un equivalente calórico elevado y que es el producto de las fermentaciones anaeróbicas por medio del cual el organismo elimina el exceso de hidrógeno, representa una pérdida directa de energía en el animal. Esta pérdida energética es importante y significativa, y dependiendo del tipo de dieta se puede perder más del 10 por ciento de la energía bruta consumida (Van Nevel y Demeyer, 1988).

Algunos investigadores (Bartley *et al.*, 1979) han sugerido la posibilidad de que exista un efecto positivo en cuanto a eficiencia alimenticia con la suplementación de estos productos (monensina y lasalocida) en combinación con vitaminas hidrosolubles, debido a que éstas tienen una intervención directa en el metabolismo energético del animal y de los microbios presentes en el rumen actuando como catalizadores metabólicos, generalmente como coenzimas.

Se sabe que después de haber desarrollado la fermentación ruminal en el animal joven, el rumiante no tiene ningún requerimiento dietético para las vitaminas del complejo B o la vitamina K, debido a que los microorganismos del rumen sintetizan todas estas vitaminas (Bryant, 1970). Sin embargo, cabe mencionar que, a pesar de que se ha establecido que el rumiante puede desarrollar todas sus actividades productivas dependiendo exclusivamente del suministro de vitaminas del complejo B que obtiene de la síntesis llevada a cabo por los microorganismos del rumen, investigadores como: Mizwicki *et al.* (1975), Overfield y Hatfield (1976) y Schaetzel y Johnson (1981) al suplementar tanto novillos como corderos con algunas vitaminas del complejo B han obtenido resultados positivos en cuanto a ganancia de peso diaria y eficiencia alimenticia se refiere.

Por lo anterior, el objetivo general del presente trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de borregos en engorda al suplementar la dieta con monensina sódica y/o vitaminas del complejo B, teniendo como objetivos particulares determinar la factibilidad de usar vitaminas del complejo B en sustitución de la monensina sódica y demostrar que la adición de vitaminas del complejo B en la dieta de rumiantes es necesaria.

Por lo tanto, las hipótesis argumentadas fueron dos: La adición de vitaminas del complejo B en la dieta del rumiante mejora la fermentación ruminal haciendo más eficiente el uso de los ingredientes alimenticios por parte de los microorganismos, de tal forma que se mejora la eficiencia en la utilización de la energía, y el uso de vitaminas del complejo B más monensina sódica en dietas para rumiantes tiene un efecto asociativo que mejora su comportamiento productivo.

REVISION DE LITERATURA

Fisiología del Rumen

Conocer la intensa actividad microbiana que se produce en el rumen proporciona un conocimiento adecuado de la nutrición y la fisiología de los rumiantes. De la materia seca digestible de la dieta común, un 70 a 85 por ciento es digerida por los microorganismos del rumen, con la producción de ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, metano, amonio y células microbianas (Bryant, 1970).

El hecho de que muchos de los microorganismos puedan sintetizar la proteínas y las vitaminas del complejo B a partir de los carbohidratos, amoniaco, minerales y ciertos ácidos orgánicos, permiten al animal rumiante mantenerse con dietas libres de aminoácidos y vitaminas del complejo B de otro modo esenciales para su crecimiento y metabolismo (Church y Pond, 1987).

El rumen difiere de otros *habitats* microbianos en su constancia relativa, y debe considerarse como un aparato de cultivo continuo y de gran eficiencia para la

propagación de los microorganismos anaerobios. Existe una entrada relativamente continua de alimentos todos los días con una mezcla constante y tránsito de los residuos alimenticios no digeridos y de las células microbianas a porciones inferiores del tubo digestivo. El contenido de humedad es relativamente constante y la presión osmótica es similar a la de la sangre. La temperatura oscila entre los 38 y 42 grados centígrados, el pH entre seis y siete. Está amortiguado por: la entrada de grandes cantidades de saliva (que contienen niveles elevados de bicarbonato y fosfato), la absorción (al torrente circulatorio) de los ácidos grasos volátiles y amonio producidos en la fermentación y la tendencia hacia el equilibrio iónico entre el contenido ruminal y la corriente sanguínea (Bryant, 1970).

La fase gaseosa del rumen dorsal contiene usualmente del 50 al 70 por ciento de bióxido de carbono; el resto es, principalmente metano con pequeñas cantidades de otros gases tales como el nitrógeno, hidrógeno y oxígeno. La porción líquida ruminal libre de células suele contener cantidades relativamente grandes de amoniaco como principal compuesto nitrogenado y de ácidos grasos volátiles y bióxido de carbono como principales compuestos carbonados. Los carbohidratos y los compuestos nitrogenados orgánicos están asociados principalmente con los sólidos que se incluyen en las células microbianas (Bryant, 1970).

De acuerdo con Bryant y Robinson (1968), se encuentra presente en el rumen de los animales mantenidos con la mayoría de los regímenes dietéticos, una mezcla muy completa de especies de microorganismos. Los protozoarios ciliados anaerobios y varios géneros bacterianos anaerobios no esporuladores, constituyen el volumen principal de la actividad y protoplasma microbianos.

Modificación del Patrón de Fermentación del Rumen

El propósito de mejorar la eficiencia animal involucra el conocimiento sistematizado de los procesos fisiológicos que se relacionan con la formación del producto, y de la serie de reacciones metabólicas que promueven la liberación de substratos utilizables por los órganos y tejidos en el animal.

Según Van Nevel y Demeyer (1988), en las especies rumiantes, este propósito enfoca principalmente en manipular y mejorar los procesos de fermentación que se desarrollan en el rumen, lo cual incluye dos puntos importantes: Primero, el incrementar la eficiencia de la actividad microbial del rumen para maximizar la producción de nutrimentos destinados a la síntesis del producto final; y segundo, minimizar los procesos que implican la pérdida de energía a través de gases o substratos.

Van Nevel y Demeyer (1988) mencionan que la fermentación del rumen puede ser caracterizada por los siguientes parámetros: la cantidad total y proporciones relativas de ácidos grasos volátiles formados; la cantidad de metano formado y materia orgánica fermentada; la cantidad de materia orgánica sintetizada; y la eficiencia de este último proceso, lo cual es más frecuentemente expresado como gramos de nitrógeno incorporados a la materia microbiana por kilogramo de materia orgánica fermentado en el rumen.

La máxima producción del rumiante usando alimentos ricos en sustancias fibrosas, puede ser obtenida sólo cuando la fermentación general y la síntesis de proteína microbiana en el rumen son máximas, esto provee más productos finales que pueden ser usados por el animal (Van Nevel y Demeyer, 1988). Debido a esto se puede decir que a través de una manipulación de la fermentación del rumen, se pueden buscar las condiciones óptimas ya sea maximizando y/o minimizando el proceso de fermentación. Una manera de alterar dicho proceso es incrementando la digestibilidad de los carbohidratos estructurales o protegiendo la proteína dietética contra la degradación microbiana.

El crecimiento microbial neto puede también ser modificado por numerosos factores tales como tiempo de

residencia de los microbios en el rumen, eliminación de protozoarios, adición de factores de crecimiento, prevención de una fermentación tipo láctica y la inclusión a la dieta de ciertos compuestos químicos llamados aditivos alimenticios (Van Nevel y Demeyer, 1988).

Uno de los grupos de aditivos que han sido utilizados como moduladores del proceso de fermentación en el rumen y que constituyen uno de los más estudiados en el campo de la ciencia animal son los ionóforos carboxílicos (Dawson, 1988).

Ionóforos

Los ionóforos pertenecen a un grupo de aditivos empleados en la alimentación animal, cuyo objetivo primario fue el de aprovechar sus propiedades antibacteriales (agentes coccidiostatos) y posteriormente, por los efectos causados en los procesos metabólicos del rumen en algunas especies (Schelling, 1984).

Se puede definir a los ionóforos como sustancias antibacteriales o compuestos polieter carboxílicos producidos por bacterias del genero *Streptomyces*, los cuales han sido ampliamente reconocidos por su habilidad para transportar elementos inorgánicos en el medio celular

(Bergen y Bates, 1984; Elsasser, 1984).

El Cuadro 2.1, presentado por Van Nevel y Demeyer (1988), muestra los aditivos ionóforos empleados como moduladores de la fermentación ruminal y su sitio de acción. De este listado de aditivos ionóforos, la monensina y la lasalocida han sido los más estudiados y aplicados en la alimentación de bovinos.

Cuadro 2.1. ADITIVOS IONOFOROS EMPLEADOS COMO MODULADORES DE LA FERMENTACION RUMINAL Y SU SITIO DE ACCION.

ADITIVO	BACTERIA PRODUCTORA (GENERO <i>Streptomyces</i>)	SITIO DE ACCION *										
Monensina	<i>S. cinnamomensis</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lasalosida	<i>S. lasaliensis</i>	1	2	3	4	5	6	7		9		11
Salynomicina	<i>S. albus</i>				4	5		7		9		11
Tetronacina	<i>S. logisporo-flavus</i>		2		4							
Laidlomocina					4	6						
Naracina												11
Polieter A	<i>S. antibioticus</i>									8		
Abierixina				2						8		
Lysocelina												11
Nigericina												11
Lenoremicina												11
X-206												11
Gramicidina							5					

* (1) degradación de fibra. (2) proteólisis. (3) deaminasa. (4) Producción y proporción de ácidos grasos volátiles. (5) Producción de metano. (6) Producción de lactato. (7) Numero protozoal. (8) Crecimiento y eficiencia microbial. (9) Cinética de la digesta. (10) Nivel de NH₃. (11) Conversión de L-triptofano a 3-metilindol.

Fuente: Van Nevel y Demeyer (1988).

Modo de Acción de los Ionóforos

Schelling (1984) propone que la adición de cualquier compuesto a un organismo vivo, provoca una determinada respuesta en el comportamiento y/o en el rendimiento. Cada compuesto incluido tendrá un efecto primario (modo básico de acción) que provocará una serie de efectos secundarios en un nivel o niveles específicos (modo sistemático de acción) y finalmente, en la capacidad productiva de los animales (respuesta animal).

Para los ionóforos, el modo básico de acción se refiere a la habilidad para transportar cationes o iones hacia el interior de la membrana celular, por medio de un mecanismo de captación, transportación y liberación, el cual está directamente relacionado con la afinidad que existe entre el ionóforo y el elemento en cuestión (Bergen y Bates, 1984; Elsasser, 1984; Schelling, 1984).

Según Bergen y Bates (1984), el transporte de elementos es un proceso cíclico que se realiza de la forma siguiente: El ionóforo se encuentra confinado en el interior de la membrana celular estabilizado por el entorno polar característico de la superficie. En su forma aniónica, el ionóforo atrae cationes metálicos o iones en forma hidratada a la terminal de ácido carboxílico o a

otros sitios internos. El enlace ionóforo-cación se realiza a través de fuerzas electrostáticas (como interacción dipolo, enlace de hidrógeno o atracción hidrofílica) y forman un ciclo lipofílico o complejo que puede difundirse al interior de la estructura biomolecular de la membrana. Una vez que el complejo alcanza la cara opuesta de la membrana, el ionóforo libera al cation debido a la reducción de fuerzas electrostáticas que estabilizaban al complejo.

Varias investigaciones desarrolladas con el uso de ionóforos en rumiantes, tanto en experimentos *in vitro* como *in vivo*, han mostrado una serie de efectos sobre los microbios ruminales y en el metabolismo, lo cual refleja el modo sistemático de acción (Bergen y Bates, 1984; Elsasser, 1984; Goodrich *et al.*, 1984).

Bergen y Bates (1984) proponen que los efectos en el medio ruminal son: inhibición de microorganismos gram positivos, productores primarios de H^+ o formato, interespecies transferidoras de H_2 , productores de lactato, entre otros; resistencia de microorganismos gram negativos, productores de succinato, entre otros; inhibición media protozoal; depresión de la eficiencia del crecimiento microbial; cambio en la proporción relativa de ácidos grasos volátiles; Incremento relativo de la producción de

propionato (vía acrilato); depresión de la actividad microbial (en términos de proteína degradada) y reducción de NH_3 (actividad deaminasa); depresión de la producción de metano; descenso de la viscosidad de líquidos en el rumen; y descenso de la producción de ácido láctico.

De acuerdo con Van Nevel y Demeyer (1988), los efectos derivados de la alimentación con ionóforos sobre el metabolismo del hospedero, esto lógicamente a causa de lo que sucede en el rumen, son los siguientes: aumento del nivel de urea, aminoácidos y glucosa en la sangre; reducción de la concentración de insulina en el plasma; incremento de propionato en el plasma; incremento de vitamina B_{12} en suero; reducción de las concentraciones de ácidos grasos saturados en tejidos; reducción del calcio excretado vía orina y de magnesio vía orina y heces; e incremento en la absorción y retención de fósforo y zinc.

Efecto de los Ionóforos sobre los microorganismos del rumen

Es variable la respuesta que los ionóforos provocan, como efecto sistemático primario, entre los microorganismos del rumen debido a la susceptibilidad que las bacterias muestran a la dosis empleada del compuesto (Dennis *et al.*, 1981).

En general, existe una mayor susceptibilidad a los ionóforos por parte de los microorganismos gram positivos en comparación con los gram negativos (Schelling, 1984) y aun dentro del tipo positivo se ha encontrado una respuesta diferente (Dennis *et al.*, 1981). Para Russell y Martin (1984), la razón por la cual los ionóforos afectan menos a bacterias gram negativas es que los componentes que forman la cubierta celular de estos microorganismos mantienen a los ionóforos lipofílicos disueltos en los lípidos de la membrana citoplasmática.

En un experimento *in vitro*, evaluando la resistencia a ionóforos, Dennis *et al.* (1981) determinaron la concentración mínima inhibitoria de monensina y lasalocida en bacterias gram positivas del rumen. Estos autores observaron que la mayoría de las bacterias (productoras y utilizadoras de lactato) fueron susceptibles a ambos compuestos, exceptuando a aquellas cuyo producto final de su fermentación es succinato (promotor del propionato).

Dawson (1988), menciona a otros microorganismos susceptibles a la presencia de ionóforos, entre los cuales se encuentran bacterias metanogénicas (*Methanobacterium barkeri*, *Methanobacterium formicium*) y bacterias utilizadoras de aminoácidos.

La inhibición provocada por los ionóforos a bacterias gram positivas, debido a que carecen de membrana exterior, está relacionada con el uso primordial de la energía intracelular (ATP) y con la variación del pH. Lo anterior deriva de la investigación desarrollada por Russell (1987), en donde se evaluó el efecto de monensina en el crecimiento de *Streptococcus bovis* (bacteria gram positiva del rumen que predomina bajo condiciones de alimentación con granos) y se propone el mecanismo de acción siguiente: a nivel membrana celular, las bacterias mantienen una autorregulación de cargas (gradiente eléctrico) la cual se realiza con la expulsión de protones y se mantiene un pH interior ligeramente alcalino y un pH exterior ligeramente ácido (gradientes del pH). El gradiente eléctrico y el gradiente del pH constituyen a la vez a la fuerza protonmóvil, la cual forma un mecanismo de captación de sustancias a la célula. En bacterias (*Streptococcus bovis*) inoculadas con monensina se observa una alteración del gradiente del pH debido a que este valor se reduce en el interior de la célula por la acumulación de protones. El valor de la fuerza protonmóvil se reduce y el gradiente eléctrico se mantiene constante debido quizá a un intercambio de cationes (salida de cationes con entrada de cationes o salida de aniones). para el caso específico de *Streptococcus bovis*, Russell (1987) propone que tuvo que desarrollarse un intercambio de potasio (K^+) y sodio (Na^+)

en la célula provocando un incremento de hidrógeno (H^+) en el interior (por la salida de K^+) y por consiguiente, la reducción del pH. El intercambio de cationes provoca un incremento en el flujo de iones H^+ al interior, y el ATP intracelular es utilizado para expeler el exceso de H^+ y mantener condiciones normales de K^+ y Na^+ en la célula.

Debido a la utilización de energía para la expulsión de protones, el crecimiento bacteriano se detiene pero no la fermentación del substrato (Dennis *et al.*, 1981; Russell, 1987).

Dawson (1988), menciona que aunque el mecanismo por el cual los ionóforos alteran las actividades ruminales no está claro, gran parte de la respuesta se explica por la actividad antimicrobiana selectiva que presentan en microorganismos que producen acetato, butirato, lactato, formato e hidrógeno como productos finales y por la resistencia que presentan microorganismos que producen succinato y propionato.

Resumiendo lo anterior, todos los efectos observados con el uso de ionóforos, son fenómenos secundarios causados por la alteración de la fisiología normal de la membrana de las bacterias; el modo básico de acción de estos compuestos es sobre el flujo de iones a

través de la membrana celular, alterando los gradientes eléctricos y de pH normales de la célula lo que origina un gasto energético de la misma para contrarrestar dichos efectos; ocasionando con esto, la detención del crecimiento celular y por lo tanto la disminución de la población de bacterias susceptibles. Y el hecho de que los ionóforos tengan un efecto inhibitorio solo sobre cierto tipo de bacterias, se debe a las características anatómicas de su membrana (Russell, 1987).

Monensina

Bergen y Bates (1984) describen la monensina sódica como un antibiótico poliéter carboxílico, producido por *streptomyces cinnamomensis*, con una actividad moderada en contra de bacterias gram positivas, cuya principal característica es actuar como acarreador de cationes monovalentes a través de barreras de lípidos con una alta afinidad para el sodio. Este compuesto también tiene propiedades anticoccidiales.

La monensina ha mejorado el rendimiento del ganado de carne, en cuanto a eficiencia alimenticia se refiere, en toda clase de dietas; desde aquellas con una alta concentración de granos (Raun *et al.*, 1976), diferentes niveles de ensilaje de maíz en la dieta (Gill *et al.*,

1976), animales en pastoreo (Potter *et al.*, 1976) y hasta en dietas donde se utilizó estiércol de gallina (Vijichulata *et al.*, 1980)

Goodrich *et al.* (1984) al trabajar con ganado de carne obtuvieron un mejor rendimiento usando monensina debido a la combinación de una mayor ganancia de peso y una disminución del consumo de alimento, con una mejorada eficiencia alimenticia. Efectos similares obtuvo Joyner *et al.* (1979) pero trabajando con corderos; este investigador observó una eficiencia alimenticia mejor en un 7 a 11 por ciento, mejora que se debió más que todo a una disminución en el consumo de alimento, dado que la ganancia diaria promedio no fue afectada.

En relación a la influencia de la monensina en el metabolismo energético del rumiante, está ampliamente comprobado que este compuesto incrementa la proporción molar de propionato en el rumen tanto *in vitro* como *in vivo* (Schelling, 1984; Richardson, *et al.*, 1976) y disminuye la producción de metano (Bartley *et al.*, 1979).

La cantidad total de ácidos grasos producidos no sufre cambios por la acción de la monensina, sino que el efecto del producto es sobre la proporción de los mismos. Es decir, provoca una disminución de los porcentajes

normales de acetato y/o butirato y un aumento en el propionato (Prange *et al.*, 1978; Bartley *et al.*, 1979).

El efecto de la monensina sobre el metabolismo energético en corderos fue estudiado por Joyner *et al.* (1979) por medio de una prueba calorimétrica de respiración. Detectando una disminución en la pérdida de energía en heces, orina y metano cuando se adicionaban 10 y 20 ppm de monensina a la dieta de los corderos. La producción de calor se incrementó ligeramente, pero la proporción de energía dietética retenida se incrementó.

Russell *et al.* (1981) al investigar el efecto de la adición de monensina sobre el metabolismo del nitrógeno en incubaciones *in vitro*, usando caseína como único substrato, encontraron que la degradación de la proteína fue significativamente disminuida después de la adición del antibiótico. Joyner *et al.* (1979) por su parte, reportan una mayor digestibilidad del nitrógeno del alimento; una disminución de la cantidad de nitrógeno excretado en la orina y un incremento en la cantidad de nitrógeno retenido por los corderos a los cuales suministraron monensina en la dieta.

Henderson *et al.* (1981) usando cultivos puros de algunas bacterias del rumen, encontraron que el efecto de

Ante tal situación y con el fin de dar respuesta a tales cuestionamientos, se han conducido investigaciones en las que se han suplementado estas vitaminas, tanto en grupo como en forma individual, obteniéndose resultados muy variables y que en ocasiones se contraponen. En este sentido es tal vez la Niacina la vitamina que más se ha estudiado en forma individual.

Durante una prueba de alimentación, la cual tuvo una duración de 56 días, Zinn *et al.* (1987) suplementaron la dieta de 144 becerros en crecimiento con una mezcla de vitaminas del complejo B a un nivel 10 veces mayor al recomendado para cerdos en crecimiento sin detectar efecto alguno sobre la ganancia de peso o la conversión alimenticia. Sin embargo, dicha suplementación tendió a reducir la morbilidad del grupo de animales. De igual forma, en una segunda prueba, el efecto de la suplementación con dichas vitaminas fue nulo sobre la eficiencia del crecimiento microbial y sobre el sitio y grado de digestión de la materia orgánica, fibra detergente ácido y nitrógeno. Durante este experimento Zinn *et al.* (1987) también midieron el grado en que cada una de las vitaminas eran metabolizadas (degradadas y/o absorvidas) a lo largo del tracto digestivo con la finalidad de calcular coeficientes de síntesis bacteriana y escape del rumen de cada una de las vitaminas suplementadas, obteniendo

resultados que indican que es posible predecir la cantidad de vitaminas del complejo B que llega al intestino del rumiante, basados en el contenido de vitaminas de la dieta y el nivel de consumo de la misma.

Al igual que Zinn *et al.* (1987); Cole *et al.* (1979; 1982) y Edwin *et al.* (1976) no encontraron respuesta productiva benéfica al adicionar una mezcla de vitaminas del complejo B o Tiamina, respectivamente, a la dieta de becerros recién destetados. Aunque Cole *et al.* (1982) reportan una ligera disminución de la morbilidad en sus pruebas realizadas.

En contraste con lo anterior, Lee *et al.* (1985) reportan que la ganancia en peso y la eficiencia con que ésta se logró, en becerros estresados por la reciente castración, fueron mejorados durante un período de 28 días por la adición de una combinación de vitamina E y una mezcla de vitaminas del complejo B a una dieta para engorda.

Uso de Niacina

Los microorganismos del rumen sintetizan niacina (Hungate, 1966) y su síntesis ha sido considerada adecuada para una producción óptima (NRC, 1978). Sin embargo,

evidencias recientes sugieren que esto puede no ser cierto para animales estresados por una alta producción (Brent y Bartley, 1984).

Incrementos en la síntesis de proteína microbial; disminución de la incidencia de cetosis e incrementos en la producción láctea en vacas frescas y de media lactancia; y mejoras en cuanto a incrementos de peso y eficiencia alimenticia se refiere, en ovinos y bovinos de engorda; son algunos de los efectos benéficos derivados de la suplementación de niacina en la dieta del rumiante (Brent y Bartley, 1984). Efectos que varían en gran medida dependiendo del origen de la proteína cruda presente en la dieta y de procesos químicos o físicos a que se someten los ingredientes empleados en la alimentación de los animales; así, las respuestas con proteína natural, ya sea de origen animal o vegetal, son mejores que cuando la fuente es nitrógeno no protéico (Shields *et al.*, 1983).

Niacina en Corderos

Shields *et al.* (1981) y Shields y Perry (1981) al agregar 100 ppm de niacina en la dieta de corderos conteniendo ya sea harina de soya o urea como fuentes de nitrógeno, encontraron que durante el período de crecimiento la niacina suplementada mejoró la producción

total de los corderos independientemente de la fuente de proteína. Se incrementó la proporción de ganancia de peso (37.8 por ciento con harina de soya y 58.1 por ciento con urea), la eficiencia alimenticia (24.4 por ciento con harina de soya y 62.6 por ciento con urea) y la cantidad de nitrógeno retenido (59 por ciento con harina de soya y 47 por ciento con urea). Durante el período de finalización, la niacina mejoró la retención de nitrógeno tanto en las dietas conteniendo harina de soya como en las que contenían urea. Pero las mejoras en ganancia de peso y conversión alimenticia sólo se registraron con la harina de soya en un 46 y 36 por ciento respectivamente.

Por su parte Mizwicki *et al.* (1975) observaron que con la suplementación de 500 ppm de niacina se mejoró la eficiencia alimenticia de corderos alimentados con una dieta alta en concentrado y conteniendo urea.

Niacina en Ganado de Carne

En lo que respecta al uso de niacina en la alimentación de ganado de engorda Byers (1981), al sumarizar 14 estudios, señala que la suplementación con niacina ayudó al ganado a adaptarse a las dietas de engorda (los primeros 21 a 38 días); se mejoró las ganancias de peso y eficiencia alimenticia en un promedio de 9.7 y 10.9

por ciento respectivamente en todas las pruebas, adicionando la niacina a la dieta a niveles desde 50 hasta 250 ppm. Produciendo efectos negativos cuando se adicionó a niveles de 500 ppm. En dos de estos estudios la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia fueron mejores cuando se empleó proteína vegetal mas niacina, que cuando se utilizó la misma vitamina con urea. Sin embargo, en algunos otros estudios donde la urea fue la única fuente de nitrógeno, las respuestas a la niacina fueron buenas.

De la sumarización de 22 estudios realizados principalmente con ganado joven (añejos) y alimentados por períodos de 73 a 176 días, Byers (1981) señala que el nivel más efectivo de niacina es el de 100 ppm. Considerando el nivel de 50 ppm como insuficiente y el de 500 ppm como excesivo.

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 lo tanto, existe la posibilidad de que la suplementación de ácido nicotínico, arriba de los requerimientos nutricionales usuales, puede influir en los microbios del rumen, en el animal o en ambos (Shaetzel y

Jhonson, 1981).

Niacina en Ganado Lechero

Kung *et al.* (1980) estudiaron el efecto de la niacina en vacas Holstein de temprana y media lactación alimentadas ya sea con harina de soya o nitrógeno no protéico proveniente del amonio de ensilaje de maíz. Encontrando una mejor respuesta en vacas de temprana lactancia alimentadas con proteína natural.

En vacas de media lactación alimentadas con dietas conteniendo urea, Riddell *et al.* (1981) encontraron, en un primer estudio, un ligero incremento en la producción láctea debido a la niacina (6 g/vaca/d) y en un segundo estudio, un ligero incremento en la producción de proteína en la leche. En un tercer estudio, realizado con vacas recién paridas, la producción diaria de leche se incrementó en 2.9 kg ($P < .05$) en vacas recibiendo niacina (5 g/d) y harina de soya pero no en aquellas que recibieron la vitamina y urea. En un cuarto estudio, vacas recién paridas, recibiendo 5 g de niacina por día y harina de soya en la dieta, presentaron mayor producción láctea que aquellas que no recibieron nada.

Por lo tanto, la respuesta a la niacina es mayor en vacas recién paridas que en vacas de media lactación y en vacas alimentadas con proteína natural que en aquellas alimentadas con urea (Brent y Bartley, 1984).

Niacina y su Relación con la Cetosis

Puede ser posible que la mayor respuesta a la niacina por parte de las vacas recién paridas en comparación con las de media lactación, se deba a que esta vitamina juega un papel en la prevención de la cetosis (Brent y Bartley, 1984).

Con el suministro de 12 g/d de niacina a vacas con cetosis clínica y subclínica, Fronk y Shultz (1979) observaron un incremento significativo en la glucosa sanguínea y la producción láctea y disminuciones también significativas de ácido hidroxibutírico y ácidos grasos libres en la sangre. Mientras el objetivo de estos investigadores fue el de curar la cetosis Brent y Bartley (1984) condujeron varios experimentos con niacina en vacas lecheras tratando de prevenir este desorden metabólico. Los experimentos fueron de la siguiente manera: para inducir la cetosis, el consumo de energía de 20 vacas recién paridas se redujo a cantidades por debajo de lo requerido. De estas vacas, a 10 se les suministró 12 g de niacina por vaca

diariamente y las 10 restantes sirvieron como testigos. Las vacas que recibieron niacina tuvieron un ligero incremento de la concentración de glucosa en sangre, una más alta producción de leche y una más baja concentración de ácidos grasos no esterificados y ácido hidroxibutírico. En este experimento se registraron dos casos de cetosis entre las vacas testigo y no se presentó ningún caso para el grupo tratado con la vitamina. En un segundo estudio, 40 vacas fueron divididas en cuatro grupos para probar 0, 3, 6 ó 12 g de niacina por vaca/d. Como resultado se observó que los 6 y 12 g de niacina redujeron las concentraciones de hidroxibutirato y ácidos grasos no esterificados y se incrementaron las concentraciones de glucosa sanguínea y la producción láctea.

Efecto de la Niacina Sobre la Fermentación Ruminal

Bartley *et al.* (1979), Riddell *et al.* (1980) y Riddell *et al.* (1981) han mostrado incrementos en la síntesis de proteína microbiana *in vitro* como efecto de la adición de niacina.

Riddell *et al.* (1980) observaron que la adición de niacina a la dieta de ganado fistulado del rumen incrementa la producción de proteína bacteriana y los porcentajes molares de propionato en el rumen.

Por otra parte, de las observaciones hechas por Riddell *et al.* (1981) se tiene que: la síntesis de proteína microbial *in vitro* fue mayor con niacina y harina de soya que con la misma vitamina más urea mezclada con maíz molido.

Las bacterias pueden sintetizar la niacina a partir del triptófano pero los protozoarios ciliados del rumen no lo pueden hacer (Foster y Moat, 1980) por lo que estos deben obtener la niacina que necesitan a partir de las bacterias o del alimento que ingresa al rumen (Brent y Bartley, 1984)

Dennis *et al.* (1982) proponen que el proceso comercial a base de calor que recibe la harina de soya puede reducir la disponibilidad ya sea de niacina o de triptófano para las bacterias, reduciendo así, el suministro de niacina a los protozoarios. Para probar lo anterior, ellos compararon el efecto de usar harina de soya convencionalmente calentada o sin calentar con o sin niacina sobre el número de protozoarios. Como resultado de este estudio se observó un incremento en el número protozoal cuando la niacina se adicionó a las dietas conteniendo harina de soya calentada, no detectándose efecto alguno (sobre el número de protozoarios) cuando se trató de harina de soya sin calentar.

Por lo tanto, parece ser que la niacina es un nutriente limitante para los microorganismos del rumen cuando el ganado es alimentado con dietas preparadas a base de harina de soya calentada (como es convencionalmente procesada).

Interacción entre Ionóforos y Vitaminas del Complejo B

En lo que respecta al uso de vitaminas del complejo B en combinación con ionóforos, Bartley *et al.* (1979) al medir los efectos de la monensina o lasalocida con y sin niacina encuentran que: la niacina sola estimula la síntesis de proteína, sin embargo, no vence los efectos depresivos que ejerce la monensina o la lasalocida sobre la síntesis de proteína. La niacina sola, deprime la producción de gas, pero no vence los efectos de los antibióticos que consisten en incrementar la producción de éste.

Daugherty *et al.* (1986) al medir los efectos de la monensina y la vitamina B₁₂ sobre el rendimiento de corderos en engorda, plantean la hipótesis de que el ácido propiónico puede ser elevado a tal grado por la monensina sódica que no puede ser óptimamente metabolizado por la vía del metilmalonil Co-A, requiriendo vitamina B₁₂ en el hígado. Los resultados sugieren la inexistencia de alguna

ventaja de suplementar con vitamina B₂ a corderos alimentados con dietas altas en concentrado y suplementados con monensina.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del Area de Estudio

El presente trabajo se realizó en la Unidad Metabólica y el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) la cual se encuentra situada a una latitud norte de 25° 23' y una longitud oeste de 101° 02' y a 1743 metros sobre el nivel del mar. Lugar para el cual, Mendoza (1983) reporta una temperatura y precipitación media anual de 19.8° C y 298.5 mm respectivamente.

Animales Utilizados

Dieciseis borregos de la raza Rambouillet del sexo femenino, con un peso inicial promedio de 29.75 kg (S = 2.7) y con nueve meses de edad, aproximadamente; previamente pesados, identificados, vitaminados (A, D y E), desparasitados (interna y externamente) y colocadas en corraletas individuales fueron alimentadas *ad libitum* durante un período de 56 días, el cual inició el 21 de Diciembre de 1995 y finalizó el 15 de Febrero de 1996. Previo a dicho período, los animales fueron adaptados

paulatinamente a la dieta durante 15 días.

VARIABLES ESTUDIADAS

Las variables medidas por considerarse relevantes para el presente estudio fueron: el consumo de alimento el cual se midió mediante el pesaje diario de la cantidad ofrecida y rechazada de alimento y por diferencia se estimó el consumo diario; la ganancia de peso, para lo cual los animales fueron pesados cada 28 días. Obteniéndose un peso inicial, un intermedio y un final; y la conversión alimenticia registrada por los borregos, calculada como una relación del consumo de alimento por unidad de peso vivo incrementado para cada una de las etapas (Dos etapas de 28 días cada una) y para el período total de alimentación (56 días).

TRATAMIENTOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

El diseño de tratamientos fue un factorial 2x2 (Cuadro 3.1) correspondiendo el factor A a la mezcla de vitaminas del complejo B (Cuadro 3.2) y el factor B a la monensina sódica con niveles de cero y 214 ppm para el primero y cero y 20 ppm para el segundo. De tal manera que se trabajó con cuatro tratamientos (producto del arreglo factorial), con cuatro repeticiones cada uno.

Cuadro 3.1. Diseño de los tratamientos que se evaluaron en la engorda de borregos.

Mezcla de vitamina B (factor A)	Monensina Sódica (factor B)	Tratamiento
0 ppm	0 ppm	1 (testigo)
	20 ppm	2
214 ppm	0 ppm	3
	20 ppm	4

Cuadro 3.2. Mezcla de vitaminas del complejo B adicionada a la dieta de borregos en engorda.

Vitamina	Porcentaje en Mezcla
Tiamina	3.5
Riboflavina	11.7
Piridoxina	4.7
Cianocobalamina	4.7
D-Pantotenato de Calcio	28.6
Nicotinamida	46.8

Dada la variación que presentaron los pesos iniciales de los animales, se procedió a bloquear por este concepto. Posterior a esto, la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales dentro de cada bloque fue hecha de una manera aleatoria por lo que el análisis de los resultados se realizó de acuerdo a un experimento factorial 2x2 en diseño bloques al azar con cuatro repeticiones.

Debido a que, por efectos ajenos a los tratamientos, se perdieron dos unidades experimentales (de diferente tratamiento); fue necesario estimar éstas, mediante el método de Yates (Steel y Torrie, 1986) antes de iniciar el análisis de los datos.

Análisis de Ingredientes y Digestibilidad de la Dieta Base

Con el fin de hacer una formulación más confiable, a cada uno de los ingredientes empleados se les realizó el análisis proximal utilizando la metodología de AOAC (1980) (Cuadro 3.2). Con los datos así obtenidos se procedió a la formulación de la dieta (Cuadro 3.3) en base a los requerimientos establecidos por el NRC (1985).

Con la finalidad de lograr una mayor comprensión del efecto de los tratamientos sobre los microorganismos del rumen, a las cuatro dietas experimentales (resultantes de la adición de los diferentes niveles de vitaminas y monensina a la dieta base) se les realizó una prueba de digestibilidad *in vitro* de la materia seca, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido basado en la técnica de Tilley y Terry (1963). Analizando los resultados obtenidos de dicha prueba para cada una de las variables por medio de un diseño completamente al azar.

Cuadro 3.3. Análisis proximal de los ingredientes empleados en la elaboración de la dieta base para probar el efecto de la monensina sódica y las vitaminas del complejo B.

PRINCIPIO NUTRITIVO (%)	INGREDIENTE			
	Sorgo en grano	Salvado de trigo	Harinolina	Heno de Alfalfa
Materia seca	90.85	90.82	92.29	92.42
Cenizas	1.51	3.75	7.02	9.49
Extracto Etereo	4.00	3.22	4.75	1.59
Proteína Cruda	10.89	16.86	46.98	17.42
Extracto Libre de Nitrógeno	82.11	69.12	32.15	39.70
Fibra Cruda	1.49	7.05	9.10	31.80

Cuadro 3.4. Composición de la dieta a la cual se adicionó monensina sódica y/o vitamina del complejo B

Ingrediente	Por ciento en la dieta
Heno de alfalfa	35.64
Grano de sorgo molido	45.05
Harinolina	3.64
Salvado de trigo	15.11
Sal común (NaCl)	0.46
Minerales traza (premezcla) ¹	0.10
Análisis Proximal	
Materia seca	92.78
Proteína cruda	16.75
Fibra cruda	13.40
Extracto etereo	3.61
Cenizas	5.88
Extracto libre de nitrógeno	60.36

¹ Producto comercial para bovinos que contiene: Magnesio 40.00 g, Manganeso 50.00 g, Zinc 50.00 g, Hierro 50.00 g, Cobre 10.00 g, Yodo 0.55 g, Selenio 0.15 g, Cobalto 0.20 g, Excipiente c.b.p. 1000.00 g.

RESULTADOS

Consumo de Alimento

Las cantidades totales de alimento consumido, el consumo diario promedio y el consumo diario promedio, expresado como porcentaje del peso vivo de los animales, registrados para cada una de las etapas, así como para el período total de alimentación, se muestran en los Cuadros 4.1, 4.2 y 4.3 respectivamente (medias de tratamientos).

Para la primera etapa (28 días), así como para el período total de alimentación (56 días), no se detectó diferencia estadísticamente significativa ($P > .05$) para las medias de los tratamientos, tanto para los efectos principales como para la interacción de los mismos, para la variable consumo de materia seca. Siendo solamente la segunda etapa (28 días) en donde se detectan diferencias significativas en el consumo ($P < .05$) por efecto de la monensina sódica (efecto principal). Registrándose en este sentido un mayor consumo por parte de los animales suplementados con el producto.

De tal manera que existe una diferencia de 3.3 kg de materia seca, si nos referimos al total de alimento consumido durante toda la etapa (segunda); de 118 g de materia seca, si se cuantifica como consumo promedio diario (Figura 4.1) y de 0.22 por ciento si el consumo diario promedio se expresa en porcentaje del peso vivo de los animales. Representando todo lo anterior alrededor de un 11 por ciento más el incremento registrado en el consumo, por concepto de adicionar monensina sódica en la dieta de los borregos.

Cuadro 4.1. Total de alimento consumido para cada etapa y el período total de alimentación (kg de Materia Seca) por borregos de engorda suplementados a diferentes niveles de monensina sódica y vitaminas del complejo B.

Primera Etapa de Alimentación (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	32.66	30.68	31.67
	214	30.01	29.58	29.79
	Media	31.34	30.12	30.73
Segunda Etapa de Alimentación (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	28.28	32.87	30.57
	214	31.39	33.41	32.40
	Media	29.83	33.14	31.49
Período Total de Alimentación (56 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	60.85	63.30	62.07
	214	61.42	63.02	62.22
	Media	61.13	63.16	62.15

Cuadro 4.2. Consumo diario promedio para cada etapa y el período total de alimentación (kg de Materia Seca/Día) registrado por borregos de engorda suplementados a diferentes niveles de monensina sódica y vitaminas del complejo B.

Primera Etapa de Alimenta- ción (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	1.140	1.085	1.113
	214	1.073	1.070	1.071
	Media	1.106	1.077	1.092
Segunda Etapa de Alimenta- ción (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	1.012	1.175	1.094
	214	1.123	1.797	1.160
	Media	1.068	1.186	1.127
Período Total de Alimenta- ción (56 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	1.087	1.130	1.109
	214	1.095	1.128	1.111
	Media	1.091	1.124	1.110

Cuadro 4.3. Consumo diario promedio para cada etapa y el período total de alimentación, expresado como porcentaje del peso vivo, registrado por borregos de engorda suplementados a diferentes niveles de monensina sódica y vitaminas del complejo B.

Primera Etapa de Alimenta- ción (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	3.958	3.640	3.779
	214	3.605	3.532	3.569
	Media	3.781	3.586	3.684
Segunda Etapa de Alimenta- ción (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	3.023	3.320	3.171
	214	3.288	3.430	3.359
	Media	3.155	3.375	3.265
Período Total de Alimenta- ción (56 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	3.493	3.483	3.488
	214	3.465	3.485	3.475
	Media	3.479	3.484	3.481

07435

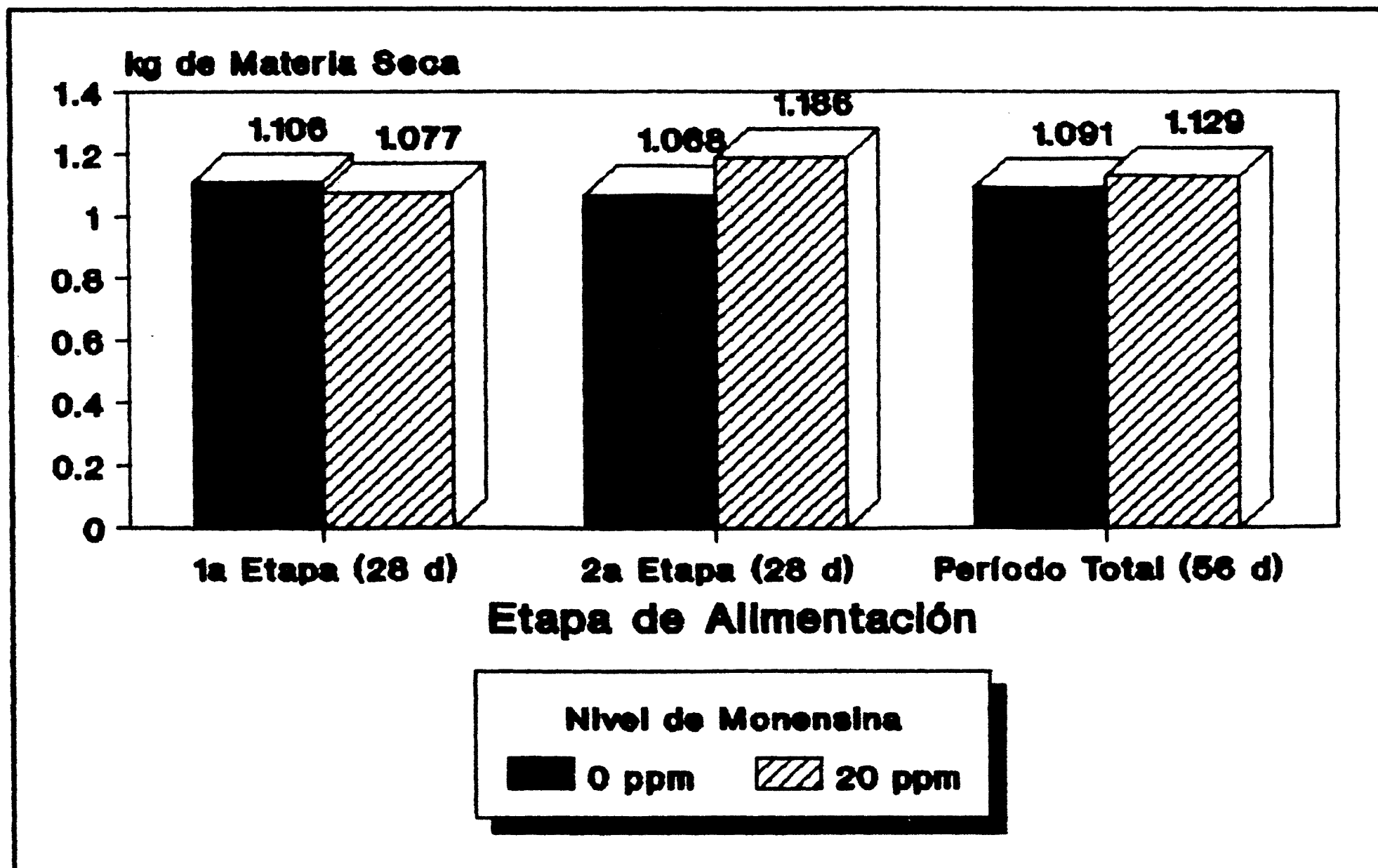


Figura 4.1. Efecto de la monensina sódica, adicionada a la dieta de corderos en engorda, sobre el consumo promedio diario de alimento en cada etapa de alimentación y el período total.

Incremento de Peso

En los Cuadros 4.4 y 4.5 se presentan los incrementos de peso totales, así como los incrementos de peso diario promedio observados para cada una de las etapas.

Al igual que para la variable consumo de alimento, no se detecta diferencia significativa ($P > .05$) entre las medias de tratamientos para esta variable durante la primer

etapa de alimentación. Sin embargo, dicha diferencia si se observa ($P < .05$) para la segunda etapa y el período total. Específicamente para la interacción de los dos factores (vitaminas x monensina) ya que para los efectos principales no existe significancia. Señalándose en los cuadros 4.4 y 4.5 las medias de tratamiento entre las que existe diferencia y por orden alfabético las mejores. El comportamiento de esta variable se representa gráficamente en la figura 4.2.

Cuadro 4.4. Incrementos de peso totales (kg) para cada una de las etapas y el período total de alimentación registrados por borregos de engorda suplementados a diferentes niveles de monensina sódica y vitaminas del complejo B.

Primera Etapa de Alimentación (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	3.90a	5.56a	4.73
214	4.63a	4.71a	4.67	
Media	4.26	5.14	4.70	
Segunda Etapa de Alimentación (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	3.43b	5.98a	4.68
214	5.56a	4.90ab	5.23	
Media	4.50	5.42	4.96	
Período Total de Alimentación (56 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	7.33b	11.50a	9.42
214	10.19a	9.61ab	9.90	
Media	8.76	10.56	9.66	

a y b representan el orden de calidad de los tratamientos.

Cuadro 4.5. Incrementos de peso diario promedio (kg) para cada una de las etapas y el período total de alimentación registrado por borregos de engorda suplementados a diferentes niveles de monensina sódica y vitaminas del complejo B.

Primera Etapa de Alimenta- ción (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	0.139a	0.198a	0.168
	214	0.165a	0.168a	0.166
	Media	0.152	0.183	0.167
Segunda Etapa de Alimenta- ción (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	0.122b	0.211a	0.167
	214	0.198a	0.174ab	0.186
	Media	0.160	0.193	0.176
Período Total de Alimenta- ción (56 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	0.130b	0.205a	0.168
	214	0.181ab	0.171ab	0.176
	Media	0.156	0.188	0.172

a y b representan el orden de calidad de los tratamientos.

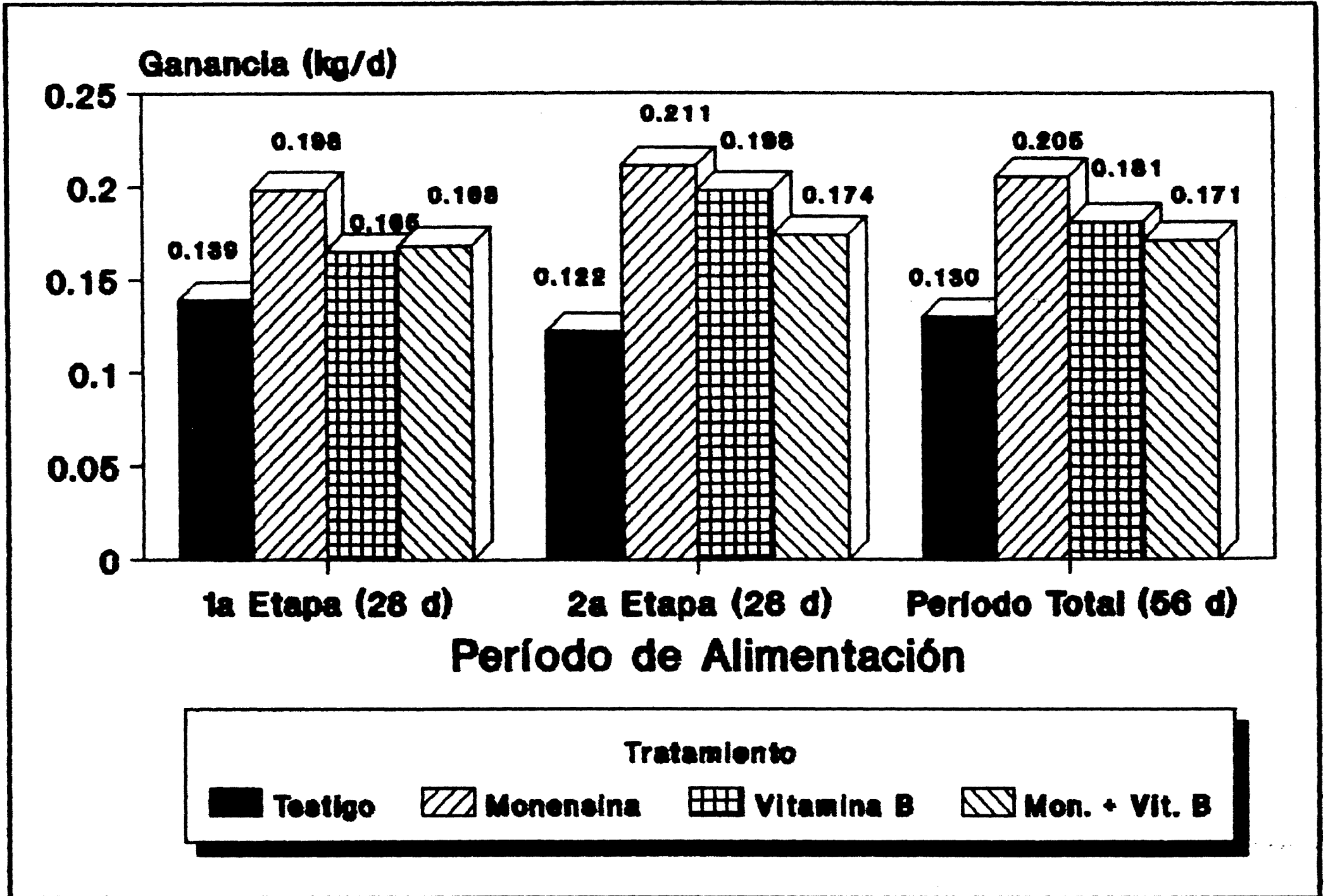


Figura 4.2. Incremento de peso diario promedio registrado por borregos alimentados a diferentes niveles de monensina sódica y vitaminas del complejo B para cada etapa y el período total de alimentación.

Conversión Alimenticia

La conversión alimenticia (Cuadro 4.6), expresada como kilogramos de materia seca de alimento consumido por unidad de peso vivo incrementado, es sólo en el período total de alimentación donde se observa diferencia estadísticamente significativa ($P < .05$) para la interacción de los dos factores (vitaminas x monensina). Señalándose en

el cuadro el orden de calidad de los tratamientos. Lo anterior también se representa gráficamente en la figura 4.3.

Cuadro 4.6. Conversión Alimenticia (kg M.S./ kg de incremento), para cada una de las etapas y el período total de alimentación, registrada por borregos de engorda suplementados a diferentes niveles de monensina sódica y vitaminas del complejo B.

Primera Etapa de Alimentación (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	8.983a	5.570a	7.276
	214	6.757a	6.790a	6.774
	Media	7.870	6.180	7.025
Segunda Etapa de Alimentación (28 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	9.170a	5.897a	7.534
	214	5.885a	6.608a	6.246
	Media	7.527	6.252	6.890
Período Total de Alimentación (56 días)	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
	0	8.495b	5.643a	7.069
	214	6.215a	6.660ab	6.437
	Media	7.355	6.151	6.753

a y b representan el orden de calidad de los tratamientos.

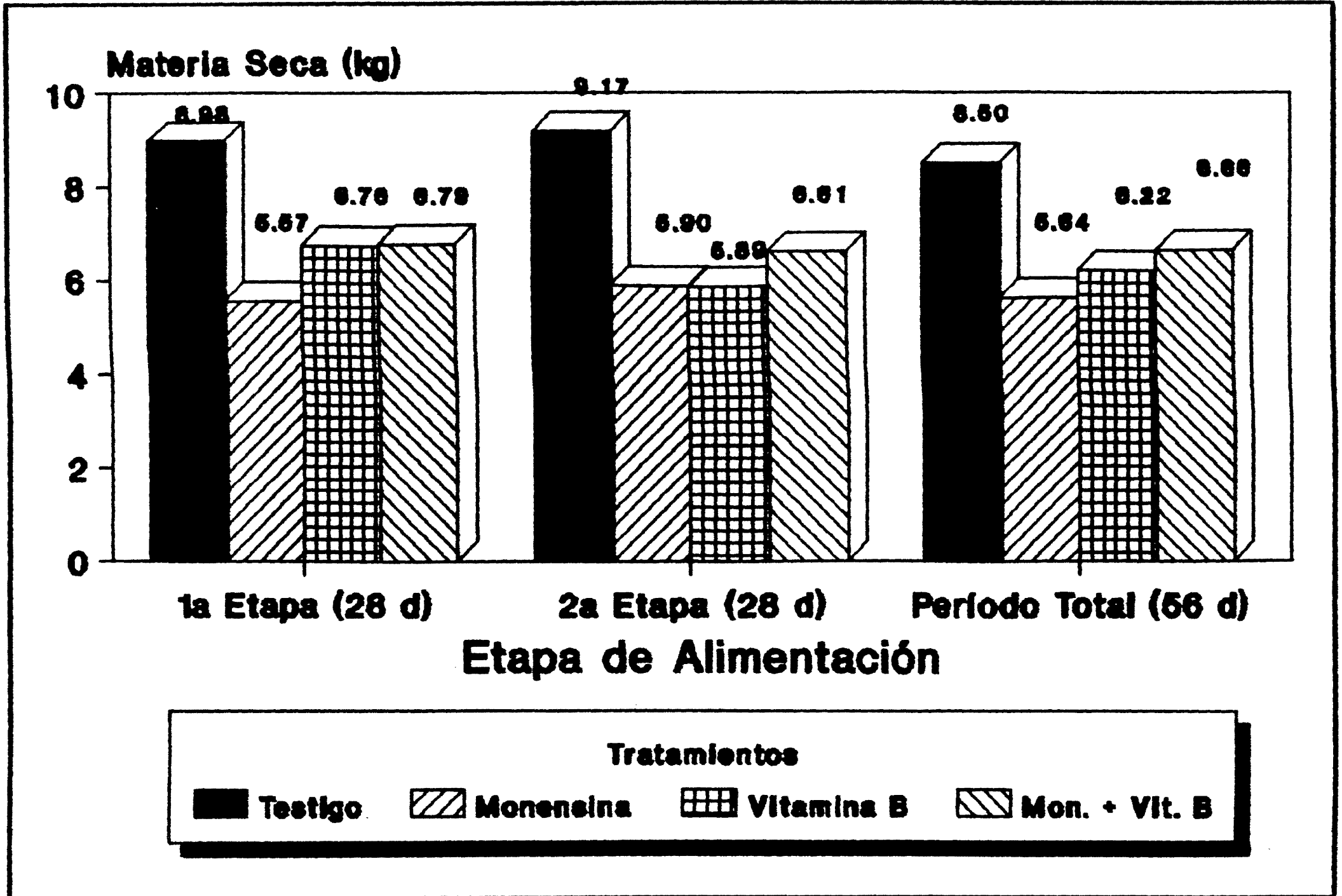


Figura 4.3. Conversión Alimenticia, para cada una de las etapas y el período total de alimentación, registrada por borregos de engorda suplementados a diferentes niveles de monensina sódica y vitaminas del complejo B.

Digestibilidad de las Dietas

El adicionar vitaminas del complejo B y/o monensina sódica a la dieta, no repercutió sobre la digestibilidad *in vitro* de su materia seca total ($P > .05$), hecho que no sucedió para el caso de la fracción de fibra. En este sentido, se observa una interacción altamente significativa ($P < .01$) entre los dos factores y no se detecta presencia

de efectos principales ($P > .05$) para el caso de la digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro.

En lo que respecta a la digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente ácido, además de ser altamente significativa ($P < .01$) la interacción entre los dos factores, también lo es el efecto principal de la monensina sódica; donde se tiene un promedio de digestibilidad de 41.85 por ciento cuando no se adiciona el producto y de 55.64 por ciento cuando si se hace. es decir, se incrementa en un 13.8 por ciento.

Las medias de tratamientos de la digestibilidad de las fracciones de la dieta estudiadas y la calidad de cada una de ellas se presenta en el cuadro 4.7 y se representan gráficamente en la figura 4.4.

Cuadro 4.7. Coeficientes de digestibilidad *in vitro* de la MS, FDN y FDA (%) de la dieta base con diferentes niveles de monensina sódica y vitaminas del complejo B utilizada en la alimentación de borregos de engorda.

	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
Materia Seca	0	76.485a	74.210a	75.347
	214	75.825a	76.201a	76.013
	Media	76.155	75.206	75.680
	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
Fibra en Detergente Neutro	0	78.918ab	73.291b	76.105
	214	74.700b	81.830a	78.265
	Media	76.809	77.560	77.185
	Vitamina B (ppm)	Monensina Sódica (ppm)		
		0	20	Media
Fibra en Detergente Acido	0	51.405a	50.181a	50.793
	214	32.305b	61.091a	46.698
	Media	41.855	55.636	48.745

a y b representan el orden de calidad de los tratamientos.

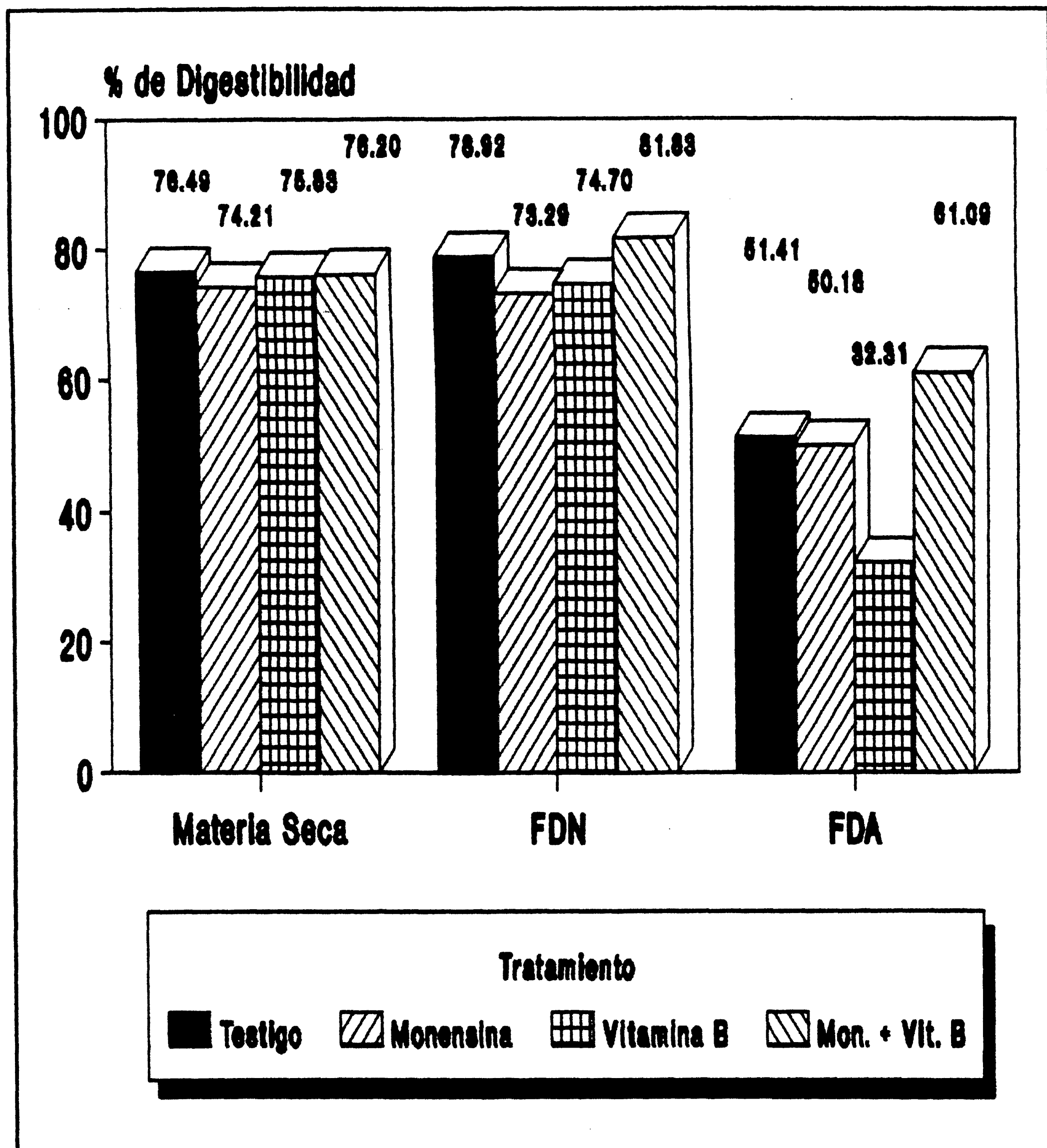


Figura 4.4. Digestibilidad *in vitro* de la MS, FDN y FDA (%) de la dieta base con diferentes niveles de monensina sódica y vitaminas del complejo B utilizada en la alimentación de borregos de engorda.

DISCUSION

La respuesta productiva de los borregos en engorda al adicionar vitaminas del complejo B en su dieta, depende del nivel en que se suministre la monensina sódica y viceversa. De tal manera que, considerando lo anterior, el comportamiento de todas las variables estudiadas es muy similar; exceptuando el consumo de materia seca, variable para la cual no existe una interacción significativa de los dos factores y sólo se vio afectada por el uso de la monensina sódica (significancia para el efecto principal), incrementándose el consumo por efecto de adicionar el producto.

Es precisamente el comportamiento detectado en este experimento del consumo de materia seca, el que está más en desacuerdo con resultados obtenidos por investigadores que han probado el efecto de la monensina sódica sobre el consumo de alimento. pues la mayoría reporta una disminución en el consumo por parte de los animales que recibieron el producto en su dieta.

Al respecto, Joyner *et al.* (1979) reportan una disminución que va desde un dos a un 18 por ciento en

borregos suplementados a diferentes niveles de monensina sódica. En este mismo sentido Calhoun *et al.* (1979) establece que, en borregos en engorda, el consumo de alimento disminuye a razón de .047 kg por día por cada 10 ppm de materia seca que se incrementa el ionóforo en la dieta.

En bovinos de engorda, se reportan también disminuciones en el consumo que van desde 3.5 hasta un 14 por ciento a medida que se incrementa la dosificación del producto (Gill *et al.*, 1976; Raun *et al.*, 1976).

Sin embargo, Nockels *et al.* (1978) no encuentran una disminución en el consumo de alimento al suplementar monensina sódica a diferentes niveles en la dieta de borregos de engorda, sino lo contrario, y aunque el incremento en el consumo no es significativo, reporta una diferencia de hasta 60 g de materia seca por día entre los animales testigo y aquellos tratados con el ionóforo.

Dado que, en lo que se refiere al incremento de peso y a la conversión alimenticia la interacción es significativa, es decir, los factores no son independientes entre sí; los efectos simples de la mezcla de vitaminas del complejo B difieren y la magnitud de dichos efectos depende del nivel del otro factor del término de la interacción que

en este caso es la monensina sódica. Resultando dicha interacción, en este caso, en una diferencia en la dirección de la respuesta. (figuras 5.1 y 5.2).

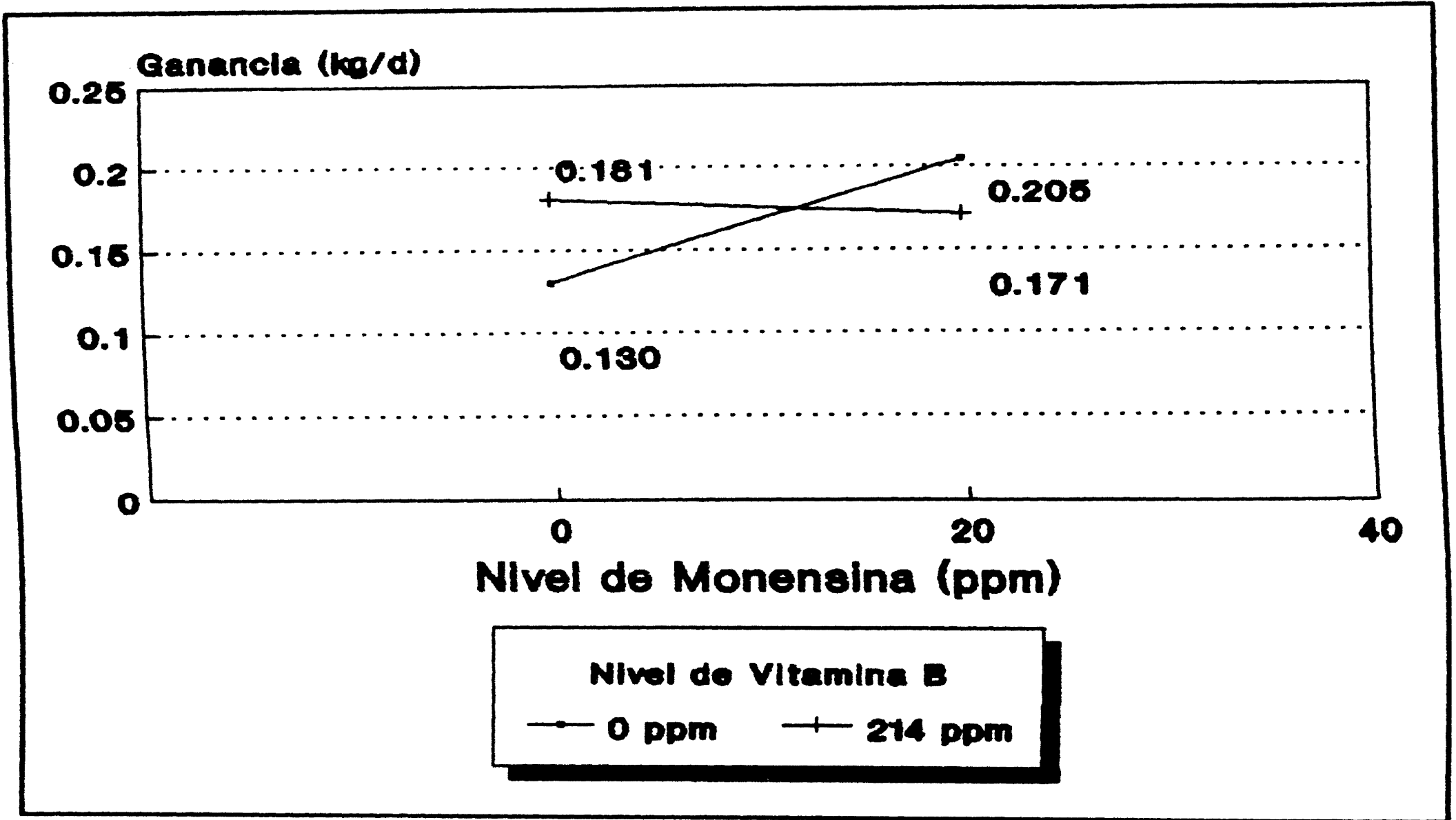


Figura 5.1. Interacción de los efectos simples (vitamina B x monensina) para el incremento de peso promedio diario registrado por borregos de engorda durante todo el período de alimentación.

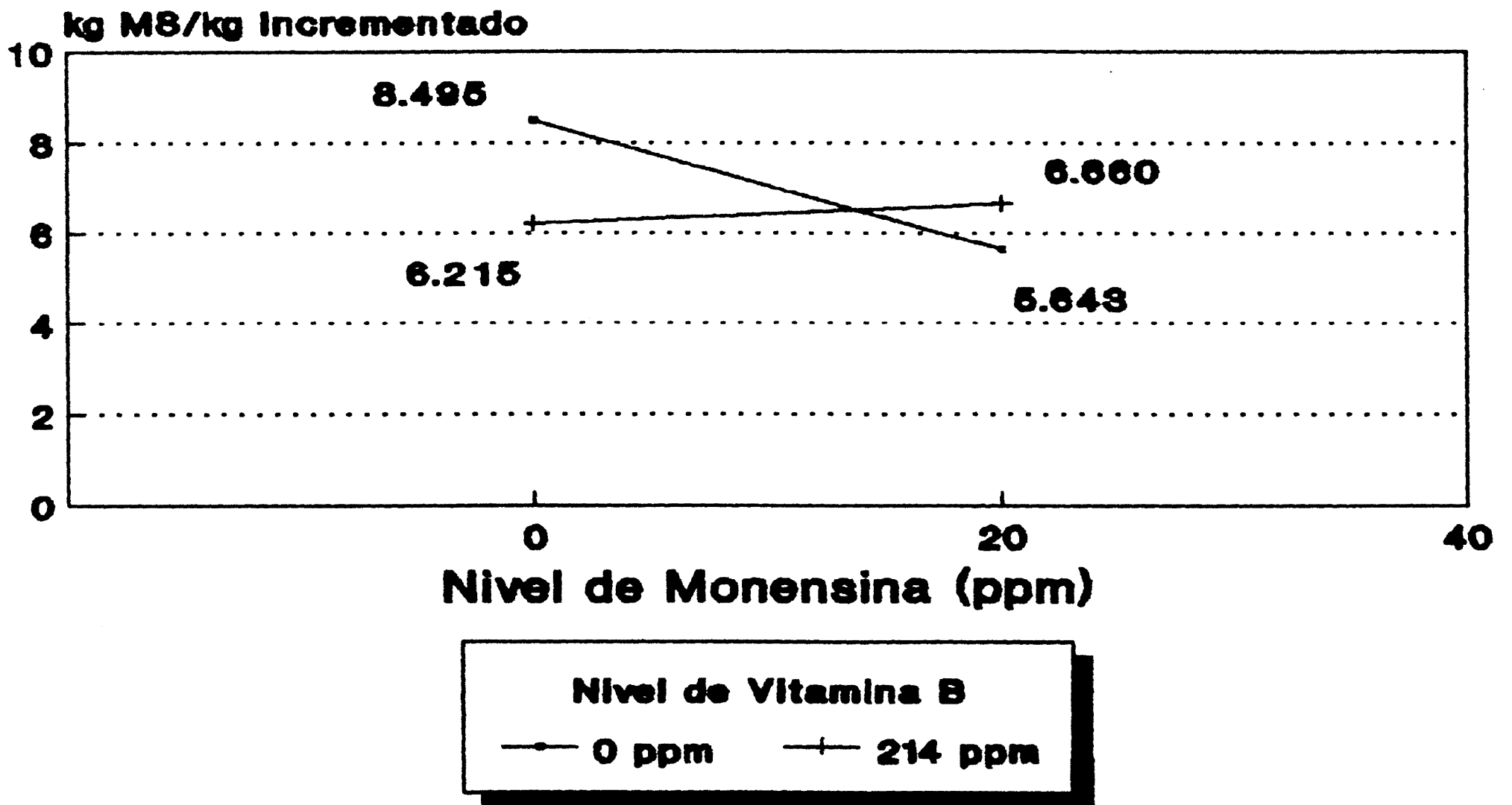


Figura 5.2. Interacción de los efectos simples (vitamina B x monensina) para la conversión alimenticia registrada por borregos de engorda durante todo el período de alimentación.

Así, el incremento de peso diario promedio y la conversión alimenticia (todo el período de alimentación) resultan mejores cuando se adiciona a la dieta, monensina sódica, vitaminas del complejo B o ambos, en comparación con el tratamiento testigo.

En el primero de los casos (cuando se adiciona a la dieta monensina sódica) el incremento de peso diario promedio presenta un aumento que va de 130 g/día (testigo) a 205 g/día (con monensina) y la conversión alimenticia se

mejora de 8.49 a 5.64 kilogramos de materia seca por kg de peso vivo incrementado lo que representa una diferencia de 75 g y 2.85 kg de materia seca, respectivamente. Situación que es congruente con lo ya reportado con anterioridad por Potter *et al.* (1976) y Nockels *et al.* (1978) en el sentido de que la monensina sódica incrementa la ganancia de peso y mejora la conversión alimenticia de los animales tratados.

Al respecto, Raun *et al.* (1976), Gill *et al.* (1976) y Joyner *et al.* (1979) concluyen que la monensina sódica no influye de una manera significativa sobre el incremento de peso en los animales, atribuyendo más bien las bondades del producto a la mejorada conversión alimenticia que presentan los animales como consecuencia de la disminución en el consumo de alimento que ellos detectan en sus experimentos.

Para el segundo caso (uso de vitaminas del complejo B), el incremento en la ganancia de peso diario va de 130 g/día (para el testigo) a 181 g/día (cuando se usan las vitaminas). Es decir, se tiene una diferencia de 51 g/día. y la conversión alimenticia se mejora pues se reduce la cantidad de kilogramos de materia seca necesarios para producir un kilogramo de peso vivo, de 8.495 kg para el testigo a 6.215 kg cuando se usan vitaminas; esto representa una diferencia de 2.28 kg que, al igual que la diferencia observada para la variable incremento de peso

diario, estadísticamente es significativa. Lo anterior contrasta con lo concluido por Zinn *et al.* (1987) y Cole *et al.* (1979, 1982) quienes no encontraron respuesta productiva benéfica al adicionar vitaminas del complejo B a la dieta de becerros recién destetados. Pero es congruente con los resultados obtenidos por Lee *et al.* (1985) quienes si reportan una mejorada ganancia de peso, para el caso de becerros y utilizando una mezcla de vitaminas. Shields *et al.* (1981), Shields y Perry (1981) y Mizwicki *et al.* (1975) encuentran también una mejorada respuesta productiva pero a diferencia de este caso ellos trabajan únicamente con niacina y no con una mezcla de vitaminas.

Como ya se mencionó anteriormente, el uso simultáneo de los dos productos (vitamina B más monensina) provoca, en comparación con el testigo, una mejora en la ganancia de peso y la conversión alimenticia, pero dicha mejora no difiere de la provocada por el uso por separado de éstos. De tal manera que las diferencias entre este tratamiento y el testigo para la ganancia de peso y la conversión alimenticia son de 40 g y 1.835 kg de materia seca por kg de peso vivo incrementado respectivamente. Diferencias que comparadas con las ya mencionadas en párrafos anteriores, cuando la mezcla de vitaminas y la monensina sódica son adicionadas a la dieta por separado, no son estadísticamente desiguales ($P > .05$).

Con base en lo discutido hasta este punto, es posible decidir entre el rechazo y no rechazo de la segunda hipótesis planteada en este trabajo cuyos resultados inclinan dicha decisión hacia la segunda opción pues si bien es cierto que existe una interacción significativa, el uso simultáneo de los productos no mejora el comportamiento productivo de los animales a niveles mayores que los obtenidos con el uso por separado de los mismos.

Con la finalidad de tener un mayor número de elementos para probar la primer hipótesis planteada en este trabajo, se realizó una prueba de digestibilidad *in vitro* de la materia seca, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido de la cual los resultados (cuadro 4.5) indican para el caso de la materia seca un efecto nulo por parte de los tratamientos, situación que es congruente con lo ya reportado con anterioridad por Dinius *et al.* (1976), Utley *et al.* (1977) y Lemenager *et al.* (1978), para el caso de la monensina; y por Erickson *et al.* (1990), para el caso de las vitaminas (niacina).

Dinius *et al.* (1976) y Lemenager *et al.* (1978) también reportan un efecto nulo de la monensina sobre la digestibilidad de la celulosa; sin embargo dicha fracción, en este trabajo, si se ve afectado de una manera positiva por el uso del producto. Erickson *et al.* (1990), por su

parte, también encuentran como no significativo el uso de la niacina sobre la digestibilidad de la FDN y FDA entre otros. En términos generales, los resultados obtenidos de la prueba de digestibilidad señalan un efecto de los tratamientos similar a lo detectado para los parámetros productivos estudiados. Es decir, la adición a la dieta de vitaminas del complejo B, monensina sódica o ambos productos deriva en un mayor coeficiente de digestibilidad para las fracciones de fibra. Sin embargo no son estos elementos, suficientes para decidir con respecto al rechazo o no rechazo de la hipótesis planteada. Para lo cual es necesario la medición de otros parámetros, que como mencionan Van Nevel y Demeyer (1988) caracterizan la fermentación ruminal, tales como: la cantidad total y proporciones relativas de ácidos grasos volátiles formados; la cantidad de metano formado y materia orgánica fermentada; la cantidad de nitrógeno incorporado a la materia microbiana por unidad de materia orgánica fermentada en el rumen y la eficiencia de este último proceso.

Como lo muestran los resultados, el efecto benéfico de adicionar monensina sódica, vitaminas del complejo B o ambos a la dieta de los borregos de engorda es similar. Por lo que el tomar la decisión de cuál de los dos productos utilizar, estará en función del precio o el incremento en

costo de alimentación que represente la dosificación de cada producto.

Así, los precios correspondientes al momento de la realización del presente trabajo, de un kilo de monensina sódica y de la mezcla de vitaminas del complejo B, eran de 520 y 213 pesos respectivamente. De tal manera que, el adicionar 20 g/ton de monensina sódica representa un incremento de 10.4 pesos en el precio de la tonelada. Mientras que 214 g/ton de la mezcla de vitaminas del complejo B aumenta en 45.6 pesos el precio por tonelada de alimento.

CONCLUSIONES

De los resultados, anteriormente presentados, se concluye que:

La adición a la dieta, ya sea de monensina sódica, vitaminas del complejo B o ambas, propicia una mejora en el comportamiento productivo (incrementos de peso y conversión alimenticia) de borregos alimentados con una dieta alta en concentrado.

El beneficio obtenido, en cuanto al comportamiento productivo se refiere, al adicionar una mezcla de vitaminas del complejo B (con las características de la mezcla utilizada en este trabajo) a la dieta de borregos en engorda es equiparable al de agregar monensina sódica.

El hecho de adicionar simultáneamente monensina sódica y vitaminas del complejo B a la dieta de borregos en engorda, no tiene como efecto una interacción que mejore el comportamiento productivo de los animales a niveles mayores de la mejora obtenida con el uso por separado de estos productos.

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el comportamiento productivo de borregos de engorda al suplementar la dieta con monensina sódica y/o vitaminas del complejo B; determinar la factibilidad de usar vitaminas del complejo B en sustitución de la monensina sódica y demostrar que la adición de estas vitaminas en la dieta de rumiantes es necesaria, se midió el consumo de alimento, los incrementos de peso y la conversión alimenticia a 16 borregos del sexo femenino que fueron alimentados *ad libitum* durante un período de 56 días, el cual fue dividido en dos etapas de 28 días, donde los tratamientos a probar fueron el resultado de un arreglo factorial 2x2 correspondiendo el factor A a una mezcla de vitaminas del complejo B y el factor B a la monensina sódica con niveles de cero y 214 ppm para el primero y cero y 20 ppm para el segundo. Además, se realizó una prueba de digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca, Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Acido a las dietas experimentales. Los resultados obtenidos sugieren, que el uso de las vitaminas no influye sobre el consumo de alimento en ninguna de las dos etapas de alimentación y que esta variable sólo se ve afectada por la monensina sódica, durante la segunda etapa, incrementándose

el consumo por efecto del producto. Mayores incrementos de peso y una mejor conversión alimenticia con el uso de la monensina, las vitaminas del complejo B o ambas para la segunda etapa y el período total de alimentación. De lo que se concluye que la adición a la dieta de estos productos provoca una mejora en el comportamiento productivo de borregos alimentados con una dieta alta en concentrado y que el beneficio obtenido al agregar vitaminas del complejo B es equiparable al de utilizar monensina sódica. No encontrando interacción alguna del uso simultáneo de estos productos.

LITERATURA CITADA

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1980. Official Methods of Analysis. 13th Ed. Washington D.C., USA.
- Bartley, E.E., E.L. Herod, R.M. Bechtle, D.A. Sapianza and B.E. Brent. 1979. Effect of monensin or lasalocid with and without niacin or amicloral on rumen fermentation and feed efficiency. J. Anim. Sci. 49:1066. United States of America.
- Bergen, W.B. and D.B. Bates. 1984. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. J. Anim. Sci. 58:1465. United States of America.
- Brent, B.E. and E.E. Bartley. 1984. Thiamin and Niacin in the rumen. J. Anim. Sci. 59:813. United States of America.
- Bryant, M.P. and I.M. Robinson. 1968. Effects of diet, time after feeding, and position sampled on numbers of viable bacteria in the bovine rumen. J. Dairy Sci. 51:1950. United States of America.
- Bryant, M.P. 1970. Microbiología del rumen. En: Dukes, H.H. y M.J. Swenson. Fisiología de los animales domésticos. Tomo I. 4a Edición. Ed. Aguilar. México.
- Byers, F.M. 1981. Another Look at niacin. Anim. Nutr. Health. 36:36. United States of America.
- Calhoun, M.C., L.H. Carroll, C.W. Livingston, and M. Shelton. 1979. Effect of dietary monensin on coccidial oocyst numbers, feedlot performance and carcass characteristics of lambs. J. Anim. Sci. 49:10. United States of America.
- Church, D.C. y W.G. Pond. 1987. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Ed. Limusa. México D.F.

- Cole, N.A., J.B. McLaren and M.R. Irwin. 1979. Influence of pretransit feeding regimen and posttransit B-vitamin supplementation on stressed feeder steers. *J. Anim. Sci.* 49:310. United States of America.
- Cole, N.A., J.B. McLaren and D.P. Hutcheson. 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. United States of America.
- Daugherty, M.S., M.L. Galyean, D.M. Hallford and J.H. Hageman. 1986. Vitamin B12 and monensin effects on performance, liver and serum vitamin B12 concentrations and activity of propionate metabolizing hepatic enzymes in feedlot lambs. *J. Anim. Sci.* 62:452. United States of America.
- Dawson, K.A. 1988. Manipulating ruminal fermentations: are there natural alternatives to ionophores for beef production? En: Lyons, T.P. *Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's Fourth Symposium.* Alltech Technical Publications. Kentucky, USA.
- Dennis, S.M., T.G. Nagaraja, and E.E. Bartley. 1981. Effects of lasalocid or monensin on lactate producing or using rumen bacteria. *J. Anim. Sci.* 52:418. United States of America.
- Dennis, S.M., M.J. Arambel, E.E. Bartley, D.O. Riddell and A.D. Dayton. 1982. Effect of heated or unheated soybean meal with or without niacin on rumen protozoa. *J. Dairy. Sci.* 65:1643. United States of America.
- Dinius, D.A., M.E. Simpson and P.B. Marsh. 1976. Effect of monensin fed with forage on digestion and the ruminal ecosystem of steers. *J. Anim. Sci.* 42:229. United States of America.
- Edwin, E.E., C.N. Herbet, R. Jackman and S. Masterman. 1976. Thiamin requirement of young ruminants. *J. Agr. Sci. (Camb.)* 87:679. United States of America.
- Elsasser, T.M. 1984. Potential interactions of ionophore drugs with divalent cations and their function in the animal body. *J. Anim. Sci.* 59:845. United States of America.

- Erickson, P.S., A.M. Trusk and M.R. Murphy. 1990. Effects of niacin source on epinephrine stimulation of plasma nonesterified fatty acid and glucose concentrations, on diet digestibility and on rumen protozoal numbers in lactating dairy cows. *J. Nutr.* 120:1648. United States of America.
- Foster, J.W. and A.G. Moat. 1980. Nicotinamide adenine dinucleotide biosynthesis and pyridinenucleotide cycle metabolism in microbial systems. *Microbiol. Rev.* 44:83. United States of America.
- Fronk, T.J. and L.H. Shultz. 1979. Oral nicotinic acid as a treatment for ketosis. *J. Dairy Sci.* 62:1804. United States of America.
- Gill, D.R., J.R. Martin, and R. Lake. 1976. High, medium and low corn silage diets with and without monensin for feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 43:363. United States of America.
- Goodrich, R.D., J.E. Garriet, D.R. Gast, M.A. Kirick, D.A. Larson, and J.C. Meiske. 1984. Influence of monensin on the performance of the cattle. *J. Anim. Sci.* 58:1484. United States of America.
- Henderson, C., C.S. Stewart, and F.V. Nekrep. 1981. The effect of monensin on pure and mixed cultures of rumen bacteria. *J. Appl. Bacteriol.* 51:159. United States of America.
- Hungate, R.E. 1966. *The Rumen and its Microbes.* Academic Press Inc., New York.
- Joyner, A. E., L.J. Brown, T.J. Fogg, and R.T. Rossi. 1979. Effect of monensin on growth, feed efficiency and energy metabolism of lambs. *J. Anim. Sci.* 48:1065. United States of America.
- Kung, L., K. Gubert and J.T. Huber. 1980. Supplemental niacin for lactating cows fed diets of natural protein or non-protein nitrogen. *J. dairy Sci.* 63:2020. United States of America.
- Lardinois, C.C., R.C. Mills, C.A. Elvehjem, and E.B. Hart. 1944. Rumen synthesis of the vitamin B complex as influenced by ration composition. *J. Anim. Sci.* 27:579. United States of America.

- Lee, R.W., R.L. Stuart, K.R. Perryman and K.W. Ridenour. 1985. Effects of vitamin supplementation on the performance of stressed beef calves. *J. Anim. Sci.* 61 (Suppl. 1):425. United States of America.
- Lemenager, R.P., F.N. Owens and B.J. Shockey. 1978. Monensin effects on rumen turnover rate, twenty-four hour VFA pattern, nitrogen components and cellulose disappearance. *J. Anim. Sci.* 47:255. United States of America.
- Mendoza, H.J.M. 1983. Boletín Meteorológico para la Zona de Influencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Mizwicki, K.L., F.N. Owens, H.R. Isaccson, and B. Shockey. 1975. Supplemental dietary niacin for lambs. *J. Anim. Sci.* 41:411. United States of America.
- Nockels, C.F., D.W. Jackson and B.W. Berry. 1978. Optimum level of monensin for fattening lambs. *J. Anim. Sci.* 47:788. United States of America.
- National Research Council (NRC). 1978. Nutrient Requirements of Domestic Animals. No. 3. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Fifth Revised Ed. National Academy of Sciences. Washington D.C., USA.
- National Research Council (NRC). 1985. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Sheep. Sixth Revised Ed. National Academy of Sciences. Washington D.C., USA.
- Overfield, J.R. and E.E. Hatfield. 1976. Dietary niacin for steers fed high grain diets. *J. Anim. Sci.* 43:329. United States of America.
- Potter, E.L., C.O. Cooley, L.F. Richardson, L.P. Raun, and R.P. Rathmacher. 1976. Effect of monensin on performance of cattle fed forage. *J. Anim. Sci.* 43:665. United States of America.
- Prange, R.W., C.L. Davis, and J.H. Clark. 1978. Propionate production in the rumen of Holstein steers fed either a control or monensin supplemented diet. *J. Anim. Sci.* 46:1120. United States of America.

- Raun, A.P., C.O. Cooley, E.L. Potter., R.P. Rathmacher, and L.F. Richardson. 1976. Effect of monensin on feed efficiency of feedlot cattle. J. Anim. Sci. 43:670. United States of America.
- Richardson, L.F., A.P. Raun, E.L. Potter, C.O. Cooley, and R.P. Rathmacher. 1976. Effect of monensin on rumen fermentation *in vitro* and *in vivo*. J. Anim. Sci. 43:657. United States of America.
- Riddell, D.O., E.E. Bartley and A.D. Dayton. 1980. Effect of nicotinic acid on rumen fermentation *in vitro* and *in vivo*. J. Dairy Sci. 63:1429. United States of America.
- Riddell, D.O., E.E. Bartley and A.D. Dayton. 1981. Effect of nicotinic acid on microbial protein synthesis *in vitro* and on dairy cattle growth and milk production. J. Dairy Sci. 64:782. United States of America.
- Russell, J.B. 1987. A proposed mechanism of monensin action in inhibiting ruminal bacterial growth: effects on ion flux and protonmotive force. J. Anim. Sci. 64:1519. United States of America.
- Russell, J.B., W.G. Bottje, and M.A. Cotta. 1981. Degradation of protein by mixed cultures of rumen bacteria: identification of *Streptococcus bovis* as an actively proteolytic rumen bacterium. J. Anim. Sci. 53:242. United States of America.
- Russell, J.B. and S.A. Martin. 1984. Effects of various inhibitors on the fermentation of aminoacids by mixed rumen microorganisms *in vitro*. J. Anim. Sci. 59:1329. United States of America.
- Schaetzel, W.P. and D.E. Johnson. 1981. Nicotinic acid and dilution rate effects on *in vitro* fermentation efficiency. J. Anim. Sci. 53:1104. United States of America.
- Schelling, G.T. 1984. Monensin mode of action in the rumen. J. Anim. Sci. 58:1518. United States of America.
- Shields, D.R., and T.W. Perry. 1981. Effect of supplementation of niacin on protein digestion in growing and finishing lambs. Purdue Agr. Exp. Sta. Sheep Day Rep., April 11. pp 3-5. United States of America.

- Shields, D.R., T.W. Perry and D.M. Schaefer. 1981. Niacin supplementation in lamb diets during adaptation to urea. Purdue Agr. Exp. Sta. Sheep Day Rep., April 11. pp 7-10. United States of America.
- Shields, D.R., D.M. Schaefer, and T.W. Perry. 1983. Influence of niacin supplementation and nitrogen source on rumen microbial fermentation. J. Anim. Sci. 57:1576. United States of America.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1986. Bioestadística, principios y procedimientos 2a Ed. Mc Graw-Hill. México.
- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Brit. Grassl. Soc. 18:104. England.
- Utley, P.R., G.L. Newton, D.M. Wilson and W.C. McCormick. 1977. Dry and propionic acid treated-high moisture corn fed with and without monensin to feedlot heifers. J. Anim. Sci. 45:154. United States of America.
- Van Nevel, C.J. and D.I. Demeyer. 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.
- Vijichulata, P., P.R. Henry, C.B. Ammerman, H.N. Becker, and A.Z. Palmer. 1980. Performance and tissue mineral composition of ruminants fed cage layer manure in combination with monensin. J. Anim. Sci. 50:48. United States of America.
- Wolin, M. J. 1960. A theoretical rumen fermentation balance. J. Dairy Sci. 43: 1452. United States of America.
- Zinn, R.A., F.N. Owens, R.L. Stuart, J.R. Dunbar and B.B. Norman. 1987. B-vitamin supplementation of diets for feedlot calves. J. Anim. Sci. 65:267. United States of America.

A P P E N D I C E

Cuadro A.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para el total de alimento consumido

FV	GL	CM PRIMER ETAPA	CM SEGUNDA ETAPA	CM PERIODO TOTAL
REPETICIONES	3	22.77 NS	13.05 NS	58.29 NS
FACTOR A	1	14.04 NS	13.43 NS	0.08 NS
FACTOR B	1	5.89 NS	43.69 *	16.40 NS
INTERACCION	1	2.38 NS	6.605 NS	0.70 NS
ERROR	7	22.86	5.167	37.91 NS
TOTAL	13			
C.V.		15.56%	7.22%	9.91%

* Significativo

NS No Significativo

Cuadro A.2. Cuadrados medios del análisis de varianza para el consumo promedio diario de MS.

FV	GL	CM PRIMER ETAPA	CM SEGUNDA ETAPA	CM PERIODO TOTAL
REPETICIONES	3	0.03 NS	0.02 NS	0.01 NS
FACTOR A	1	0.00 N	0.02 NS	0.00 NS
FACTOR B	1	0.00 NS	0.06 *	0.00 NS
INTERACCION	1	0.00 NS	0.00 NS	0.00 NS
ERROR	7	0.02	0.00	0.01
TOTAL	13			
C.V.		15.68%	7.27%	9.87%

* Significativo

NS No Significativo

Cuadro A.3. Cuadrados medios del análisis de varianza para el consumo diario promedio expresado como porcentaje del peso vivo.

FV	GL	CM PRIMER ETAPA	CM SEGUNDA ETAPA	CM PERIODO TOTAL
REPETICIONES	3	0.36 NS	0.13 *	0.21 NS
FACTOR A	1	0.21 NS	0.14 NS	0.00 NS
FACTOR B	1	0.15 NS	0.19 *	0.00 NS
INTERACCION	1	0.06 NS	0.02 NS	0.00 NS
ERROR	7	0.24	0.02	0.07
TOTAL	13			
C.V.		13.53%	4.92%	7.87%

* Significativo

NS No Significativo

Cuadro A.4. Cuadrados medios del análisis de varianza para los incrementos de peso totales.

FV	GL	CM PRIMER ETAPA	CM SEGUNDA ETAPA	CM PERIODO TOTAL
REPETICIONES	3	0.14 NS	2.43 NS	3.69 NS
FACTOR A	1	0.02 NS	1.20 NS	0.94 NS
FACTOR B	1	3.06 NS	3.40 NS	12.92 NS
INTERACCION	1	2.48 NS	10.08 *	22.56 *
ERROR	7	1.51	1.39	2.65
TOTAL	13			
C.V.		26.12%	23.77%	16.85%

* Significativo

NS No Significativo

Cuadro A.5. Cuadrados medios del análisis de varianza para los incrementos de peso diario promedio.

FV	GL	CM PRIMER ETAPA	CM SEGUNDA ETAPA	CM PERIODO TOTAL
REPETICIONES	3	0.000 NS	0.003 NS	0.001 NS
FACTOR A	1	0.000 NS	0.002 NS	0.000 NS
FACTOR B	1	0.004 NS	0.004 NS	0.004 NS
INTERACCION	1	0.003 NS	0.013 *	0.007 *
ERROR	7	0.002	0.002	0.001
TOTAL	13			
C.V.		26.21%	23.92%	16.82%

* Significativo

NS No Significativo

Cuadro A.6. Cuadrados medios del análisis de varianza para la conversión alimenticia.

FV	GL	CM PRIMER ETAPA	CM SEGUNDA ETAPA	CM PERIODO TOTAL
REPETICIONES	3	5.17 NS	1.17 NS	2.03 NS
FACTOR A	1	1.01 NS	6.63 NS	1.59 NS
FACTOR B	1	11.42 NS	6.50 NS	5.79 NS
INTERACCION	1	11.87 NS	15.96 NS	10.87 *
ERROR	7	4.19	3.58	1.24
TOTAL	13			
C.V.		29.16%	27.47%	16.49%

* Significativo

NS No Significativo

Cuadro A.7. Cuadrados medios del análisis de varianza para la digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y materia seca.

FV	GL	CM FDN	CM FDA	CM MATERIA SECA
FACTOR A.	1	27.98 NS	100.62 NS	2.609 NS
FACTOR B	1	3.37 NS	1139.6 **	5.375 NS
INTERACCION	1	244.1 **	1350.9 **	10.594 NS
ERROR	7	17.027	115.60	64.602
TOTAL	13			
C.V.		5.35%	22.05%	10.62%

** Altamente significativo

NS No Significativo